



**DGK** Veröffentlichungen der DGK  
Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

---

Reihe C

Dissertationen

Heft Nr. 877

**Reinhard Walter Mundt**

**Schätzung von Boden- und Gebäudewertanteilen  
aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke**

**München 2021**

**Bayerische Akademie der Wissenschaften**

**ISSN 0065-5325**

**ISBN 978-3-7696-5289-5**

---

Diese Arbeit ist gleichzeitig veröffentlicht in:  
Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover  
ISSN 0174-1454, Nr. 372, Hannover 2021





**DGK** Veröffentlichungen der DGK

Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

---

Reihe C

Dissertationen

Heft Nr. 877

## Schätzung von Boden- und Gebäudewertanteilen aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke

Von der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
zur Erlangung des Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)  
genehmigte Dissertation

von

**Dipl.-Ing. Reinhard Walter Mundt**  
geboren am 07.12.1971 in Hamm, Deutschland

**München 2021**

Bayerische Akademie der Wissenschaften

ISSN 0065-5325

ISBN 978-3-7696-5289-5

---

Diese Arbeit ist gleichzeitig veröffentlicht in:  
Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover  
ISSN 0174-1454, Nr. 372, Hannover 2021

## Adresse der DGK:



### Ausschuss Geodäsie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (DGK)

Alfons-Goppel-Straße 11 • D – 80 539 München

Telefon +49 – 89 – 23 031 1113 • Telefax +49 – 89 – 23 031 -1283 / - 1100

e-mail [post@dgk.badw.de](mailto:post@dgk.badw.de) • <http://www.dgk.badw.de>

#### Prüfungskommission:

Vorsitzende: Prof. Dr.-Ing.habil. Monika Sester, Leibniz Universität Hannover

Referent: Prof. Dr.-Ing. Winrich Voß, Leibniz Universität Hannover

Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Alexandra Weitkamp, Technische Universität Dresden  
Prof. Dr.-Ing.habil Christian Heipke, Leibniz Universität Hannover

Tag der mündlichen Prüfung: 29.01.2021

---

© 2021 Bayerische Akademie der Wissenschaften, München

Alle Rechte vorbehalten. Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es auch nicht gestattet,  
die Veröffentlichung oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen

ISSN 0065-5325

ISBN 978-3-7696-5289-5

## Kurzfassung

Die Gutachterausschüsse für Grundstückswerte unterliegen dem gesetzlichen Auftrag, regelmäßig flächendeckend Bodenrichtwerte für das Gebiet ihrer Zuständigkeit bereitzustellen. Die praktische Umsetzung dieses Auftrages ist jedoch oft mit erheblichen Problemen verbunden. So liegen regelmäßig – im Verhältnis zur Zahl der fortzuführenden Bodenrichtwertzonen – nur sehr wenige geeignete Vergleichskauffälle unbebauter Grundstücke vor. Zwar stehen auch verschiedene leistungsstarke alternative Verfahren der Bodenrichtwertermittlung zur Verfügung, diese sind für viele Gutachterausschüsse jedoch nicht praktisch umsetzbar. Oft fehlen die hierfür erforderlichen regionalspezifischen Daten, personellen Kapazitäten oder beides.

Mit der Zielsetzung, die Gutachterausschüsse in ihrer Aufgabe der Bodenrichtwertermittlung zu unterstützen, wird im Rahmen dieser Arbeit ein Verfahren zur Schätzung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Einfamilienhausgrundstücke entwickelt. Damit kann die Datenbasis zur Bodenrichtwertermittlung für diesen wesentlichen Teilmarkt erheblich erhöht und die Qualität der Bodenrichtwerte deutlich gesteigert werden. Da das Verfahren ohne zusätzliche Datenerhebungen auskommt und zudem in einfacher Weise programmierbar ist, steht dessen Implementierung in den automatisierten Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse nichts entgegen.

Nun werden im Sinn des Baugesetzbuches und der Immobilienwertermittlungsverordnung die Werte bebauten und unbebauten Bodens gleichgesetzt. Im Verständnis des Marktteilnehmers, also im ökonomischen Sinn, ist diese Wertgleichheit jedoch nicht zwangsläufig gegeben. Da es sich um Güter mit unterschiedlichen Eigenschaften handelt, mag der Marktteilnehmer durchaus zu einer differenzierten Einschätzung kommen. Diese Perspektive sollte aber gerade dann, wenn die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht, berücksichtigt werden. Hierbei ist insbesondere an Fragen der Entschädigung, der Besteuerung oder auch der Bilanzierung zu denken.

Es wird daher auch untersucht, welchen Wert der Marktteilnehmer den Grundstücksbestandteilen Boden und Gebäude beimisst. Dies erfolgt, aufbauend auf den Erkenntnissen aus Ökonomie und Psychologie, anhand der mathematischen Modellierung des Prozesses der Kaufpreisbildung.

Somit werden in dieser Arbeit Lösungen für zwei verschiedene Aufgaben vorgelegt. Es wird zunächst ein Verfahren entwickelt, welches die Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Einfamilienhausgrundstücke im Sinn der Immobilienwertermittlungsverordnung ermöglicht. Zum anderen wird beantwortet, welchen Anteil am Gesamtwert der genannten Grundstücksarten der Marktteilnehmer dem Boden und den aufstehenden Gebäuden beimisst. Damit wird die seit Jahrzehnten kontrovers diskutierte Repartitionsfrage gelöst.

## Abstract

Due to their statutory mandate, the Property Valuation Committees have to provide comprehensive standard land values for their respective area of responsibility. However, the practical implementation implies considerable difficulties. In comparison to the number of standard land value zones to be updated only very limited numbers of suitable comparative purchase prices for undeveloped property are available. Though there are various alternative powerful methods for the derivation of standard land values, they are not practically applicable for many Property Valuation Committees. Often there is a lack of required region-specific data, personnel capacities or both.

With the objective to support the Property Valuation Committees, the present dissertation develops a method to estimate land values from purchase prices of developed plots for single-family homes. With this approach, the database for the derivation of standard land values can be increased significantly and therewith the quality of standard land values within this important market sector notably improved. Since the method does not build on additional data collection and moreover is easy programmable, it can be implemented in the automated sales price collections of the Property Valuation Committees.

However, the values in terms of the Federal Building Code (Baugesetzbuch) and the Property Valuation Ordinance (Immobilienwertermittlungsverordnung) of developed and undeveloped land are equated. In the understanding of the market participant – thus in terms of economics – the equality does not apply inevitably. As they are goods with differing characteristics the market participant may reach another assessment. Particularly when the economic interests are affected this perspective should be taken into account. This may include questions relating compensation, taxation or accounting.

Therefore, it is also examined what value the market participant attributes to the land and buildings of a developed property. This is achieved by the mathematical modeling of the price formation process, based on findings from economics and psychology.

Consequently, solutions for two different tasks are presented with this dissertation. First, a method to deviate land values from purchase prices of developed plots for single-family homes in terms of the Property Valuation Ordinance is developed. Second, the question is answered which portions of the total value of those plots represent the land and buildings, in understanding of the market participants. Thereby the controversial and for decades open discussion of purchase price repartition is resolved.

**Schlüsselwörter**

Bodenrichtwertableitung, Kaufpreisaufteilung, Repartition

**Keywords**

derivation of standard land values, division of purchase prices, repartition

**Gender-Hinweis**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Die entsprechenden personenbezogenen Begriffe (z. B. „der Marktteilnehmer“) umfassen ausdrücklich alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat ausschließlich redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.





## Danksagung

Viele Personen haben in unterschiedlicher Weise zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen. Jedem einzelnen bin ich für seinen Beitrag von Herzen dankbar. Es ist mir aber eine Bedürfnis, an dieser Stelle einigen Personen meinen ganz besonderen Dank auszusprechen.

Mein erster Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Winrich Voß für sein Vertrauen in meine Arbeit und für seine hervorragende Betreuung. Einen besseren Doktorvater kann ich mir nicht wünschen.

Ganz besonders danke ich Frau Professor Dr.-Ing. Alexandra Weitkamp für Ihre herausragende Betreuung als Zweitgutachterin sowie für die gemeinsamen Gespräche mit so vielen wertvollen Gedankenanstößen.

Ganz herzlich danke ich Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Christian Heipke für seine freundliche Betreuung als Zweitgutachter sowie Frau Professor Dr.-Ing. habil. Monika Sester für den Vorsitz im Promotionsverfahren.

Zahlreichen Gutachterausschüssen, auf deren namentliche Nennung ich allein aus Gründen des Umfangs an dieser Stelle verzichten möchte, danke ich für die Bereitschaft, mir die Daten aus ihren Kaufpreissammlungen unkompliziert und im erforderlichen Umfang zur Verfügung zu stellen. Auch danke ich für die freundlichen Gespräche und kompetenten Beratungen.

Meinen ehemaligen und derzeitigen Vorgesetzten sowie Kolleginnen und Kollegen bin ich dankbar für die immer gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit. Letztendlich tragen sie maßgeblich dazu bei, dass mir mein Beruf so viel Freude bereitet.

Schließlich möchte ich meinen Eltern Walter und Waltraud Mundt sowie meinen Großeltern Heinrich und Rosa Veeseer einmal ganz besonders danken. Ihr habt mich durch meine Schul- und Studienzeit nicht nur begleitet, sondern Ihr habt mich in jeder Hinsicht gefördert und unermüdlich unterstützt. Ohne Euch hätte ich mein berufliches Ziel nie erreichen können.



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Forschung: Literaturreview und Beurteilung</b>	<b>8</b>
2.1	Die Boden- und Gebäudewertermittlung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke . . . . .	9
2.1.1	Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels Umkehrung der Wertermittlungsverfahren . . . . .	10
2.1.2	Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels konstantem Verteilungsschlüssel . . . . .	14
2.1.3	Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sachverständigem Ermessen . . . . .	19
2.1.4	Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sonstiger Ansätze . . . . .	22
2.1.5	Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition ohne Benennung eines spezifischen Ansatzes . . . . .	24
2.2	Bodenwertermittlung über den direkten und indirekten Preisvergleich	30
2.2.1	Verfahren des direkten Preisvergleichs . . . . .	30
2.2.2	Verfahren des indirekten Preisvergleichs . . . . .	31
2.3	Zusammenfassung und Beurteilung der Verfahren zur Bodenwertermittlung und Repartition . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Zielstellung und Methodik</b>	<b>39</b>
3.1	Forschungslücke und Forschungsbeitrag . . . . .	39
3.2	Eingrenzung der Untersuchung . . . . .	40
3.3	Methodik . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Die Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Ziel 1)</b>	<b>48</b>
4.1	Definition wesentlicher Begriffe . . . . .	48
4.1.1	Der Marktteilnehmer . . . . .	48
4.1.2	Preis und Wert . . . . .	48
4.1.3	Die Trennung von Boden und Gebäude . . . . .	50
4.2	Prozess der Kaufentscheidung . . . . .	52
4.3	Verhalten des Marktteilnehmers . . . . .	55
4.4	Dem Marktteilnehmer zugängliche Marktdaten . . . . .	60
4.5	Mathematischer Ansatz . . . . .	65
4.6	Erläuterungen zu den Merkmalen . . . . .	75
4.7	Die kausale Unabhängigkeit von Gebäude- und Bodenwertanteil . . . . .	80

4.8	Regressionsanalyse – Verfahrenswahl . . . . .	81
4.9	Die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips gemäß Mann (2004) . . . . .	84
4.9.1	Das Verfahren im Überblick . . . . .	84
4.9.2	Schritt 1: Teilmarktdefinition . . . . .	87
4.9.3	Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen . . . . .	91
4.9.4	Schritt 3: Regressionsanalyse . . . . .	96
4.9.5	Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung . . . . .	99
4.10	Bodenrichtwerte aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke . . . . .	103
<b>5</b>	<b>Fallstudien, Parameterschätzung und Validierung</b>	<b>105</b>
5.1	Innere und äußere Genauigkeit . . . . .	105
5.2	Datenbasis – Wahl der Testregionen und des Untersuchungszeitraums	105
5.3	Parameterschätzung – Empirische Untersuchung anhand ausgewählter Fallstudien . . . . .	109
5.3.1	Einführende Hinweise . . . . .	109
5.3.2	Dresden, Doppelhaushälften . . . . .	112
5.3.3	Dresden, Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	121
5.3.4	Düsseldorf, Doppelhaushälften . . . . .	131
5.3.5	Düsseldorf, Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	140
5.3.6	Frankfurt a. M., Doppelhaushälften . . . . .	149
5.3.7	Frankfurt a. M., Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	158
5.3.8	Freiburg i. Br., Doppelhaushälften . . . . .	167
5.3.9	Freiburg i. Br., Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	176
5.3.10	Hannover, Doppelhaushälften . . . . .	185
5.3.11	Hannover, Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	195
5.3.12	Stuttgart, Doppelhaushälften . . . . .	205
5.3.13	Stuttgart, Freistehende Einfamilienhäuser . . . . .	214
5.4	Innere Genauigkeit . . . . .	222
5.4.1	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	222
5.4.2	Eine Besonderheit in Hannover? . . . . .	227
5.5	Die multiple lineare Regression im Vergleich . . . . .	230
5.5.1	Lösung des Modells mithilfe der Methode der klassischen multiplen linearen Regression . . . . .	230
5.5.2	Überführung des Regressionsmodells in eine einfache lineare Form . . . . .	231
5.5.3	Vergleich der Ergebnisse . . . . .	234
5.5.4	Die Frage der Objektivierung . . . . .	240
5.5.5	Zur Bestätigung der Verfahrenswahl . . . . .	240
5.6	Äußere Genauigkeit – Validierung des Verfahrens . . . . .	241
5.7	Anwendungsbeispiel . . . . .	246

---

<b>6 Die überregionale Vergleichbarkeit des Preisbildungsmechanismus</b>	<b>249</b>
6.1 Die Korrekturfunktionen $f_k(BW)$ , $g_k(FL)$ und $u_k(GSW)$ . . . . .	249
6.2 Der Normpreis $N$ . . . . .	257
6.3 Fazit . . . . .	260
<b>7 Die Repartition von Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Ziel 2)</b>	<b>262</b>
7.1 Entwicklung eines Ansatzes zur Repartition . . . . .	262
7.2 Bedeutung und Interpretation der korrigierten Konstanten $\beta_{0 \text{ kor}}$ . . .	263
7.3 Plausibilisierung der Interpretation der korrigierten Konstanten $\beta_{0 \text{ kor}}$ durch Expertenbefragung . . . . .	269
7.4 Diskussion und Schlussfolgerungen aus dem Repartitionsansatz . . . .	271
7.5 Modellgröße und Marktgröße vs. Markttransparenz . . . . .	280
<b>8 Schlussbetrachtung</b>	<b>282</b>
8.1 Methodenkritik . . . . .	282
8.2 Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	284
<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>288</b>
Literatur . . . . .	288
Interviews . . . . .	296
<b>Anhang: Plots und Berechnungsprotokolle</b>	<b>297</b>

## Variablenverzeichnis

Im Folgenden werden ausschließlich Variablen von globaler Bedeutung innerhalb der vorliegenden Arbeit aufgeführt. Temporär verwendete oder aus anderen Veröffentlichungen zitierte Variablen werden in unmittelbarer Umgebung ihrer Verwendung erklärt. Die Aufstellung der Variablen folgt keiner strengen alphabetischen Ordnung. Zur besseren Übersicht werden diese, soweit erforderlich, nach inhaltlichen Gesichtspunkten gruppiert aufgeführt.

$\beta_0$ .....	Regressionskonstante des Regressionsmodells zur Modellierung der Zielgröße <i>KP</i> .
$\beta_{0 \text{ korrr}}$ .....	Um $a_{BW}$ , $a_{FL}$ und $a_{GSW}$ bereinigtes $\beta_0$ .
$\beta_{BW}$ .....	Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses des Merkmals <i>BW</i> auf die Zielgröße <i>KP</i> innerhalb des Regressionsmodells.
$\beta_{FL}$ .....	Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses des Merkmals <i>FL</i> auf die Zielgröße <i>KP</i> innerhalb des Regressionsmodells.
$\beta_{GSW}$ .....	Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses des Merkmals <i>GSW</i> auf die Zielgröße <i>KP</i> innerhalb des Regressionsmodells.
$\beta_J$ .....	Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses des Merkmals <i>J</i> auf die Zielgröße <i>KP</i> innerhalb des Regressionsmodells.
$\bar{\beta}_{BW}$ .....	Aus der funktionalen Beschreibung des Zusammenhangs zwischen <i>BW</i> und $\beta_{BW}$ ermittelter ausgeglichener Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses von <i>BW</i> auf <i>KP</i> . Es gilt: $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ .
$\bar{\beta}_{FL}$ .....	Aus der funktionalen Beschreibung des Zusammenhangs zwischen <i>FL</i> und $\beta_{FL}$ ermittelter ausgeglichener Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses von <i>FL</i> auf <i>KP</i> . Es gilt: $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$ .
$\bar{\beta}_{GSW}$ .....	Aus der funktionalen Beschreibung des Zusammenhangs zwischen <i>GSW</i> und $\beta_{GSW}$ ermittelter ausgeglichener Regressionskoeffizient zur Beschreibung des Einflusses von <i>GSW</i> auf <i>KP</i> . Es gilt: $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$ .
$\bar{\beta}_{BW \text{ korrr}}$ .....	Um $a_{BW}$ bereinigtes $\bar{\beta}_{BW}$ .
$\bar{\beta}_{BW N}$ .....	$\bar{\beta}_{BW}$ bei der Ausprägung des Bodenwertes in Höhe der Bodenwertnorm $BW_N$ . Es gilt: $\bar{\beta}_{BW N} = f(BW_N) = f(300)$ .
$\bar{\beta}_{FL \text{ korrr}}$ .....	Um $a_{FL}$ bereinigtes $\bar{\beta}_{FL}$ .
$\bar{\beta}_{FL N}$ .....	$\bar{\beta}_{FL}$ bei der Ausprägung der Grundstücksfläche in Höhe der Grundstücksflächennorm $FL_N$ . Es gilt: $\bar{\beta}_{FL N} = g(FL_N) = g(550)$ .
$\bar{\beta}_{GSW \text{ korrr}}$ .....	Um $a_{GSW}$ bereinigtes $\bar{\beta}_{GSW}$ .

---

$\bar{\beta}_{GSW_N}$ .....	$\bar{\beta}_{GSW}$ bei der Ausprägung des Gebäudesachwertes in Höhe der Gebäudesachwertnorm $GSW_N$ . Es gilt: $\bar{\beta}_{GSW_N} = u(GSW_N) = u(150.000)$ .
$\beta_{J_N}$ .....	$\beta_J$ des gewählten Normjahres 2011. Ein funktionaler Zusammenhang zwischen $J$ und $\beta_J$ wird nicht modelliert.
$a_{BW}$ .....	Konstante des linearen Modells $f(BW) = \bar{\beta}_{BW} = a_{BW} + b_{BW} \cdot BW$ . Die Funktion $f(BW)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{BW}$ .
$a_{FL}$ .....	Konstante des linearen Modells $g(FL) = \bar{\beta}_{FL} = a_{FL} + b_{FL} \cdot FL$ . Die Funktion $g(FL)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{FL}$ .
$a_{GSW}$ .....	Konstante des linearen Modells $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW} = a_{GSW} + b_{GSW} \cdot GSW$ . Die Funktion $u(GSW)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{GSW}$ .
$b_{BW}$ .....	Faktor des linearen Modells $f(BW) = \bar{\beta}_{BW} = a_{BW} + b_{BW} \cdot BW$ . Die Funktion $f(BW)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{BW}$ .
$b_{FL}$ .....	Faktor des linearen Modells $g(FL) = \bar{\beta}_{FL} = a_{FL} + b_{FL} \cdot FL$ . Die Funktion $g(FL)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{FL}$ .
$b_{GSW}$ .....	Faktor des linearen Modells $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW} = a_{GSW} + b_{GSW} \cdot GSW$ . Die Funktion $u(GSW)$ dient der Berechnung des ausgeglichenen Regressionskoeffizienten $\bar{\beta}_{GSW}$ .
$k_{BW}$ .....	Korrekturgröße zur Anpassung des Normpreises $N$ an den Kaufpreis $KP$ in Abhängigkeit von $BW$ . Diese lässt sich funktional beschreiben. Es gilt $f_k(BW) = k_{BW}$ .
$k_{FL}$ .....	Korrekturgröße zur Anpassung des Normpreises $N$ an den Kaufpreis $KP$ in Abhängigkeit von $FL$ . Diese lässt sich funktional beschreiben. Es gilt $g_k(FL) = k_{FL}$ .
$k_{GSW}$ .....	Korrekturgröße zur Anpassung des Normpreises $N$ an den Kaufpreis $KP$ in Abhängigkeit von $GSW$ . Diese lässt sich funktional beschreiben. Es gilt $u_k(GSW) = k_{GSW}$ .
$k_J$ .....	Korrekturgröße zur Anpassung des Normpreises $N$ an den Kaufpreis $KP$ in Abhängigkeit von $J$ . Aufgrund der Unregelmäßigkeit der konjunkturellen Entwicklungen ist eine funktionale Modellierung dieser Größe nicht sinnvoll.
$AP_{BW}$ .....	Faktor zur Anpassung der Modellgröße $BW_{ub\ ges}$ an den Bodenwertanteil $BWA$ im ökonomischen Sinn.
$AP_{GSW}$ .....	Faktor zur Anpassung der Modellgröße $GSW$ an den Gebäudewertanteil $GWA$ im ökonomischen Sinn.
$BRW$ .....	Bodenrichtwert gemäß § 196 BauGB i. V. m. § 16 Abs. 1 ImmoWertV in EUR/m <sup>2</sup> . Da Bodenrichtwerte für bebaute Gebiete denen

---

	unbebauter Gebiete gleichgesetzt werden, handelt es sich um eine Modellgröße.
$BWA$ .....	Bodenwertanteil am Verkehrswert oder Kaufpreis eines bebauten Grundstücks im ökonomischen Sinn in EUR. Dieser ergibt sich nach der Repartition des Verkehrswertes oder Kaufpreises.
$BW$ .....	Relativer Bodenwert in EUR/m <sup>2</sup> . Dieser wird unter Berücksichtigung der wertrelevanten Grundstücksmerkmale des zu bewertenden Grundstücks aus dem Bodenrichtwert $BRW$ abgeleitet. Er folgt dem Sinn des § 196 BauGB i. V. m. § 16 Abs. 1 ImmoWertV und ist damit eine Modellgröße.
$BW_N$ .....	Als Norm festgelegter Bodenwert. Es gilt: $BW_N = 300$ EUR/m <sup>2</sup> .
$BW_{\text{beb}}$ .....	Relativer Wert des bebauten Bodens in EUR/m <sup>2</sup> . Dieser ist im ökonomischen Sinn zu interpretieren und streng von der Modellgröße $BW_{\text{ub}}$ im Sinn des § 196 BauGB i. V. m. § 16 Abs. 1 ImmoWertV zu unterscheiden.
$BW_{\text{ub ges}}$ .....	Absoluter Wert des unbebauten oder fiktiv unbebauten Bodens in EUR. Dieser ergibt sich aus dem Produkt des relativen Bodenwertes $BW_{\text{ub}}$ und der Grundstücksfläche $FL$ . Weitere Anpassungen werden nicht berücksichtigt. Es handelt sich um eine Modellgröße.
$BW_{\text{ub}}$ .....	Relativer Wert des tatsächlich bebauten, aber fiktiv unbebauten Bodens im Sinn des § 196 BauGB i. V. m. § 16 Abs. 1 ImmoWertV in EUR/m <sup>2</sup> . Es handelt sich um eine Modellgröße.
$FL$ .....	Grundstücksfläche in m <sup>2</sup> .
$FL_N$ .....	Als Norm festgelegte Grundstücksfläche. Es gilt: $FL_N = 550$ m <sup>2</sup> .
$GSW$ .....	Sachwert der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen (kurz: Gebäudesachwert) gemäß NHK 2000 in EUR. Es handelt sich um eine Modellgröße.
$GSW_N$ .....	Als Norm festgelegter Gebäudesachwert. Es gilt: $GSW_N = 150.000$ EUR.
$GWA$ .....	Gebäudewertanteil am Verkehrswert oder Kaufpreis eines bebauten Grundstücks im ökonomischen Sinn in EUR. Dieser ergibt sich nach der Repartition des Verkehrswertes oder Kaufpreises.
$J$ .....	Jahrgang der Grundstücksveräußerung.
$J_N$ .....	Als Norm festgelegter Jahrgang. Es gilt: $J_N = 2011$ .
$KP_{\text{berein}}$ .....	Der um konjunkturelle Einflüsse bereinigte Kaufpreis eines Grundstücks in EUR.
$KP_{\text{BW}}$ .....	Kaufpreis in EUR für ein Grundstück mit den Normmerkmalen $FL_N$ , $GSW_N$ und $J_N$ .
$KP_{\text{FL}}$ .....	Kaufpreis in EUR für ein Grundstück mit den Normmerkmalen $BW_N$ , $GSW_N$ und $J_N$ .
$KP_{\text{GSW}}$ .....	Kaufpreis in EUR für ein Grundstück mit den Normmerkmalen $BW_N$ , $FL_N$ und $J_N$ .



---

$KP_J$ .....	Kaufpreis in EUR für ein Grundstück mit den Normmerkmalen $BW_N$ , $FL_N$ und $GSW_N$ .
$KP$ .....	Kaufpreis eines Grundstücks in EUR.
$N$ .....	Normpreis eines bebauten Grundstücks in EUR. Dieser ergibt sich durch Definition der Grundstücksnormmerkmale im Rahmen des in dieser Arbeit gewählten Regressionsverfahrens.
$VW$ .....	Verkehrswert eines Grundstücks in EUR.

## Tabellenverzeichnis

2.1	Verfahren des indirekten Preisvergleichs nach Kötter und Guhl (2013, S. 2) . . . . .	33
2.2	Nachteile der Verfahren des indirekten Preisvergleichs nach Kötter und Guhl (2013) . . . . .	37
3.1	Methodische Schritte zur Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke im Sinn der ImmoWertV (Ziel 1) sowie zur Repartition von Kaufpreisen bebauter Grundstücke im ökonomischen Sinn (Ziel 2) . . . . .	47
4.1	Häufigkeit der Anwendung der Verfahren comparison computations und concrete referent zur Werteinschätzung von Immobilien . . . . .	56
4.2	Werteinschätzung zu zwei Immobilien durch professionelle Wertermittler und Laien unter Annahme unterschiedlicher Listenpreise . . . . .	59
4.3	Für die Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke benötigte Merkmale . . . . .	76
4.4	Korrelationskoeffizienten zwischen dem Bodenwert und Gebäudesachwert verschiedener Märkte . . . . .	82
4.5	Mindestgrößen der zu untersuchenden Einfamilienhausgrundstücke . . . . .	91
4.6	Klassierung der erklärenden Variablen . . . . .	97
4.7	Merkmale des Normgrundstücks . . . . .	101
5.1	Fläche, Einwohnerzahl und Einwohnerdichte der untersuchten Städte zum Stichtag 31.12.2012 . . . . .	108
5.2	Datenquelle und zur Verfügung stehende Jahrgänge . . . . .	108
5.3	Inhalt und Zielstellung der Analyseplots im Rahmen der Regressionsanalyse . . . . .	111
5.4	Signifikanzcodes zur Einordnung der p-Werte . . . . .	111
5.5	Doppelhaushälften in Dresden: Teilmarktdefinition . . . . .	113
5.6	Doppelhaushälften in Dresden: Klassenstatistik . . . . .	113
5.7	Doppelhaushälften in Dresden: Kenngrößen der Regressionsanalysen . . . . .	114
5.8	Doppelhaushälften in Dresden: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	115
5.9	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Teilmarktdefinition . . . . .	122
5.10	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Klassenstatistik . . . . .	122
5.11	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	124

---

5.12	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	125
5.13	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Teilmarktdefinition . . . . .	132
5.14	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Klassenstatistik . . . . .	132
5.15	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	134
5.16	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	135
5.17	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Teilmarktdefinition . . . . .	141
5.18	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Klassenstatistik . . . . .	141
5.19	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	143
5.20	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	144
5.21	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition . . . . .	150
5.22	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Klassenstatistik . . . . .	150
5.23	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	152
5.24	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	153
5.25	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition . . . . .	159
5.26	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Klassenstatistik . . . . .	159
5.27	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	161
5.28	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	162
5.29	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition . . . . .	168
5.30	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Klassenstatistik . . . . .	168
5.31	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	170
5.32	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	171
5.33	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition . . . . .	177
5.34	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Klassenstatistik . . . . .	177
5.35	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	179
5.36	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	180
5.37	Doppelhaushälften in Hannover: Teilmarktdefinition . . . . .	186
5.38	Doppelhaushälften in Hannover: Klassenstatistik . . . . .	187
5.39	Doppelhaushälften in Hannover: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	189

5.40	Doppelhaushälften in Hannover: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	190
5.41	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Teilmarktdefinition . . .	196
5.42	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Klassenstatistik . . . . .	196
5.43	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	198
5.44	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	199
5.45	Doppelhaushälften in Stuttgart: Teilmarktdefinition . . . . .	206
5.46	Doppelhaushälften in Stuttgart: Klassenstatistik . . . . .	206
5.47	Doppelhaushälften in Stuttgart: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	207
5.48	Doppelhaushälften in Stuttgart: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	208
5.49	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Teilmarktdefinition . . .	215
5.50	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Klassenstatistik . . . . .	215
5.51	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen . . . . .	216
5.52	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	217
5.53	Adjustierte Bestimmtheitsmaße der Regressionsanalysen gemäß Abschnitt 5.3 . . . . .	225
5.54	Modellierbarkeit der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$ . . . . .	226
5.55	Vergleich der Modellparameter aus dem Verfahren der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips (RPM) und der multiplen linearen Regression (MLR) . . . . .	235
5.56	Minimale und maximale regionalspezifische Merkmalsausprägungen . . . . .	236
5.57	Mittels Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung (RPM) und multipler linearer Regression (MLR) ermittelte hypothetische Grundstückskaufpreise $KP$ für die in Tabelle 5.56 angegebenen Merkmalsausprägungen . . . . .	237
5.58	Mittelwert, Median und Standardabweichung der relativen Soll-Ist-Abweichungen $\Delta KP$ . . . . .	243
6.1	Regional- und teilmarktspezifische Bodenwertniveaus in den Testregionen . . . . .	256
6.2	Zusammenstellung der in Kapitel 5 berechneten Normpreise $N$ . . . . .	258
6.3	Repräsentativer Normpreis für die Teilmärkte DHH und EH in den sechs Testregionen . . . . .	260
7.1	Ausprägungen der Modellparameter $\beta_0$ korrr, $b_{BW}$ , $b_{FL}$ und $b_{GSW}$ . . . . .	270

---

7.2	Einschätzung der Öffentlich bestellten und vereidigten und/oder nach DIN EN ISO/IEC 17024 oder vergleichbar zertifizierten Mitglieder des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen zur Interpretation der korrigierten Konstanten $\beta_{0 \text{ korrr}}$ im Sinn des Abschnittes 7.2 . . . . .	271
7.3	Kenngrößen für $b_{\text{GSW}}$ innerhalb des Modells $\bar{\beta}_{\text{GSW korrr}} = b_{\text{GSW}} \cdot \text{GSW}$ gemäß Gleichung 7.10 i. V. m. Tabelle 7.1 . . . . .	275
7.4	Bodenwertanteil $BWA$ eines bebauten Grundstücks im Repartitionsmodell im Vergleich zum Bodenwert $BW_{\text{ub ges}}$ im Sachwertmodell bei verschiedenen Grundstückskonstellationen . . . . .	279
Ü.1	Übersicht über die Plots und Berechnungsprotokolle im Anhang . . .	299

## Abbildungsverzeichnis

3.1	Konzeption und Zielsetzung dieser Arbeit . . . . .	41
4.1	Prozess der Kaufentscheidung nach Kotler (2011, S. 298) . . . . .	52
4.2	Anzahl der Aufrufe des Dienstes BORISplus.NRW sowie der registrier- ten Kaufverträge in Nordrhein-Westfalen . . . . .	64
4.3	Zusammenhang zwischen den modellierten Grundstücksmerkmalen und dem Kaufpreis . . . . .	73
4.4	Prinzip der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips . . . . .	85
4.5	Funktionsfitting im Vergleich . . . . .	93
4.6	Beispiel für die Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwi- schen $BW$ und $\beta_{BW}$ sowie zur Identifikation potenzieller Ausreißer . .	95
5.1	Untersuchte großstädtische Immobilienmärkte . . . . .	107
5.2	Doppelhaushälften in Dresden: Teilmarktdefinition . . . . .	112
5.3	Doppelhaushälften in Dresden: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	117
5.4	Doppelhaushälften in Dresden: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressi- onskoeffizienten gemäß Tabelle 5.8 . . . . .	118
5.5	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Teilmarktdefinition . . . .	121
5.6	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Analyseplots zur Regres- sionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	127
5.7	Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Funktionsfitting zur Mo- dellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.12 . . . . .	128
5.8	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Teilmarktdefinition . . . . .	131
5.9	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	136
5.10	Doppelhaushälften in Düsseldorf: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regres- sionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.16 . . . . .	137
5.11	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Teilmarktdefinition . .	140
5.12	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Analyseplots zur Re- gressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	145

---

5.13	Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.20 . . . . .	146
5.14	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition . . . . .	149
5.15	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	154
5.16	Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.24 . . . . .	155
5.17	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition	158
5.18	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	163
5.19	Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.28 . . . . .	164
5.20	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition . . . . .	167
5.21	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	172
5.22	Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.32 . . . . .	173
5.23	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition	176
5.24	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	181
5.25	Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.36 . . . . .	182
5.26	Doppelhaushälften in Hannover: Teilmarktdefinition . . . . .	185
5.27	Doppelhaushälften in Hannover: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	191
5.28	Doppelhaushälften in Hannover: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.40 . . . . .	192
5.29	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Teilmarktdefinition . . .	195
5.30	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	201
5.31	Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.44 . . . . .	202
5.32	Doppelhaushälften in Stuttgart: Teilmarktdefinition . . . . .	205
5.33	Doppelhaushälften in Stuttgart: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	209

5.34	Doppelhaushälften in Stuttgart: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.48 . . . . .	210
5.35	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Teilmarktdefinition . . .	214
5.36	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination . . . . .	218
5.37	Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.52 . . . . .	219
5.38	Nutzung von BORIS je Kauffall in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen . . . . .	229
5.39	Identifikation kritischer Datensätze innerhalb des auf den Bodenwert $BW$ partiell aufgelösten Regressionsmodells am Beispiel des Teilmarktes der Doppelhaushälften in Freiburg i. Br. . . . .	239
5.40	Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung $\Delta KP$ zwischen $KP_{Soll}$ und $KP_{Ist}$ für Dresden, Düsseldorf und Frankfurt a. M. . . . .	244
5.41	Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung $\Delta KP$ zwischen $KP_{Soll}$ und $KP_{Ist}$ für Freiburg i. Br., Hannover und Stuttgart . . . . .	245
6.1	Die Korrekturfunktionen $f_k(BW) = k_{BW}$ für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten . . . . .	250
6.2	Die Korrekturfunktionen $u_k(GSW) = k_{GSW}$ für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten . . . . .	251
6.3	Die Korrekturfunktionen $f_k(BW) = k_{BW}$ und $u_k(GSW) = k_{GSW}$ für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten . . . . .	253
6.4	Die Korrekturfunktionen $g_k(FL) = k_{FL}$ für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten . . . . .	254
6.5	Steigungen der regionalspezifischen Korrekturfunktionen $g_k(FL)$ in Abhängigkeit vom jeweiligen Bodenwertniveau . . . . .	255
6.6	Vergleich zwischen dem Normpreis $N$ und dem regionalen Bodenwertniveau $BW_{reg}$ . . . . .	259
7.1	Zusammenhang zwischen dem regionalen Bodenwertniveau $BW_{reg}$ und der korrigierten Regressionskonstanten $\beta_{0\text{ korr}}$ . . . . .	264
7.2	Das regionale Gebäudesachwertniveau $GSW_{reg}$ und die korrigierte Regressionskonstante $\beta_{0\text{ korr}}$ . . . . .	265
7.3	Die regionalspezifischen korrigierten Funktionen $f_{\text{korr}}(BW) = \bar{\beta}_{BW\text{ korr}}$ und $u_{\text{korr}}(GSW) = \bar{\beta}_{GSW\text{ korr}}$ für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten . . . . .	273
7.4	Ausprägung des Faktors $b_{FL}$ im Modell $\bar{\beta}_{FL\text{ korr}} = b_{FL} \cdot FL$ in Abhängigkeit vom regionalen Bodenwertniveau $BW_{reg}$ . . . . .	274



- 
- 7.5 Gegenüberstellung des Bodenwertanteils  $BWA$  im Repartitionsmodell  
und des Bodenwertes  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell für Dresden (EH) 276
- 7.6 Gegenüberstellung des Bodenwertanteils  $BWA$  im Repartitionsmodell  
und des Bodenwertes  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell für Stuttgart (EH) 277



# 1 Problemstellung

Für das reibungslose Funktionieren eines Wirtschaftssystems ist ein hohes Maß an Markttransparenz, das heißt eine möglichst umfassende Verfügbarkeit erforderlicher Marktdaten, von entscheidender Bedeutung. Denn nur unter Kenntnis entsprechender Ausgangsdaten und Rahmenbedingungen können rationale und risikominimierte Kaufentscheidungen getroffen werden – ein wesentliches Bedürfnis für alle Akteure auf dem Immobilienmarkt.<sup>1</sup>

Diese Erkenntnis hatte bereits einen wesentlichen Stellenwert bei der Einführung des Bundesbaugesetzes (BBauG) im Jahr 1960. So ist der Drucksache 336 des Deutschen Bundestages zum Entwurf eines Bundesbaugesetzes zu entnehmen:

«In erster Linie muß erreicht werden, daß für die Marktteilnehmer der sie interessierende Markt hinreichend übersichtlich wird. Die Möglichkeit der Marktbeobachtung und das so gewonnene Urteil über den wirklichen Grad der Knappheit des betreffenden Wirtschaftsgutes gehören zu den wesentlichen Vorbedingungen für das gute Funktionieren eines jeden Marktes. Erst wer vergleichen und aus diesem Vergleich Schlüsse über den Wert eines Gegenstandes ziehen kann, wird gegen Übervorteilung geschützt» (Deutscher Bundestag – 3. Wahlperiode (1958, S. 106)).

Mit einer international angelegten Studie zum Thema des Zusammenhangs zwischen der Markttransparenz (gemessen im eigens entwickelten Transparenzindex) und dem Transaktionsvolumen auf dem Immobilienmarkt (gemessen in % des Bruttoinlandsproduktes (GDP)) konnte die Jones Lang LaSalle IP, Inc. (2016, S. 17) die Bedeutung der Markttransparenz für die Immobilienwirtschaft statistisch nachweisen und das Bestreben nach derselben als permanente Aufgabe herausstellen.

Wird nun berücksichtigt, dass die Immobilienwirtschaft mit Anteilen von 18,2 % an der Gesamtwertschöpfung, 25,1 % aller Unternehmen und 9,5 % aller sozialversicherten Beschäftigten einen der gewichtigsten Wirtschaftszweige in Deutschland darstellt,<sup>2</sup> wird deutlich, welchen Stellenwert der Schaffung einer möglichst umfassenden Markttransparenz beigemessen werden muss.

Markttransparenz kann durch verschiedenste Institutionen geschaffen werden. So tragen Hochschulen, Statistische Ämter, Banken, Marktforschungsinstitute, Maklerbüros, Verbände und sonstige Interessenvertretungen durch ihre Untersuchungen und Veröffentlichungen maßgeblich zur Markttransparenz bei.<sup>3</sup> In Deutschland – im internationalen Vergleich einmalig – beauftragt der Gesetzgeber weitere unabhängige

<sup>1</sup>Vgl. Gudat und Voß (2011, S. 4 ff.).

<sup>2</sup>Quelle: Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. et al. (2017, S. 10).

<sup>3</sup>Vgl. Gudat und Voß (2011, S. 195 ff.).

Stellen mit der Marktbeobachtung und stattet diese mit besonderen Befugnissen aus: die Gutachterausschüsse (§ 192 BauGB<sup>4</sup>) und Oberen Gutachterausschüsse bzw. Zentralen Geschäftsstellen (§ 198 BauGB).

Die Gutachterausschüsse sind beauftragt, durch die flächendeckende Bereitstellung von Bodenrichtwerten und sonstigen für die Wertermittlung erforderlichen Daten (§ 193 Abs. 5 BauGB) den Immobilienmarkt transparent zu machen. Den Oberen Gutachterausschüssen bzw. Zentralen Geschäftsstellen kommt insbesondere die Aufgabe zu, überregionale Auswertungen und Analysen des Grundstücksmarktgeschehens zu erstellen (§ 198 Abs. 2 BauGB) und damit die regionalen Informationen der Gutachterausschüsse zu vereinheitlichen, zu bündeln und in einem landeseinheitlichen Kontext darzustellen.

Die Bedeutung der Gutachterausschüsse, Oberen Gutachterausschüsse und Zentralen Geschäftsstellen gegenüber den anderen Stellen besteht in ihrer fachlichen Selbstständigkeit und Unabhängigkeit (vgl. § 192 Abs. 1 BauGB), welche die Grundlage für eine maximal objektive und nicht durch politische oder wirtschaftliche Interessen beeinflusste Marktanalyse legt. Gleichzeitig werden sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben gesetzlich verpflichtet. Vor diesem Hintergrund ergibt sich in Deutschland ein gesetzlich geregeltes Mindestangebot an im Regelfall dauerhaft verfügbarer Marktinformation: den Bodenrichtwerten und den sonstigen für die Wertermittlung erforderlichen Daten. Zu den letztgenannten zählen die Liegenschaftszinssätze, Sachwertfaktoren, Umrechnungskoeffizienten und Vergleichsfaktoren (vgl. § 193 Abs. 5 BauGB).

Die Bodenrichtwerte nehmen in diesem Datenbestand eine herausragende Position ein<sup>5</sup> – repräsentieren sie doch den Wert des substanziell unvergänglichen und nur in engen Grenzen veränderbaren Teils eines Grundstücks. Damit schaffen Bodenrichtwertübersichten in besonderer Weise einen Überblick über die verschiedenen Wertigkeiten und Lagequalitäten innerhalb einer Gemeinde, zeigen detailliert regionale und lokale Preisentwicklungen auf und legen, auch wenn sie vergangenes Marktverhalten abbilden, die Grundlage für vorausschauendes Wirtschaften.<sup>6</sup>

Eine besondere, im BauGB ausdrücklich verankerte Bedeutung haben die Bodenrichtwerte für die Finanzbehörden. Auf Basis der Bodenrichtwerte (in Funktion der in genau definierten Zonen generalisierten Bodenwerte) kann ein transparentes, objektives und damit letztendlich gerechtes Besteuerungssystem gepflegt werden.

---

<sup>4</sup>Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.

<sup>5</sup>Vgl. § 1 Abs. 3 der Bodenrichtwertrichtlinie (BRW-RL) vom 11. Januar 2011: Bodenrichtwerte tragen zur Transparenz auf dem Immobilienmarkt bei. Sie dienen in besonderem Maße der Unterrichtung der Öffentlichkeit über die Situation am Immobilienmarkt, darüber hinaus sind sie eine Grundlage zur Ermittlung des Bodenwerts [...] und dienen der steuerlichen Bewertung.

<sup>6</sup>Vgl. Morgenstern (1935, S. 345): „Man sieht hieraus auch zugleich die große Rolle der Vergangenheit für das wirtschaftliche Verhalten [...]. Es ist vollkommen unmöglich, aus dem gegenwärtigen Verhalten der Wirtschaftler und Unternehmer sich die Vergangenheit wegzudenken [...]“.

Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass die Bodenwerte wesentlicher Bestandteil des Sachwertverfahrens sind. Qualitativ hochwertige Bodenwertinformationen sind somit die Voraussetzung für tragfähige Wertermittlungen insbesondere nicht renditeorientierter Immobilien.

Insofern ist es nicht überraschend, dass der Gesetzgeber die Gutachterausschüsse mit § 193 Abs. 5 i. V. m. § 196 Abs. 1 BauGB verpflichtet, Bodenrichtwerte flächendeckend und mindestens im zweijährigen Rhythmus bereitzustellen.

Die Gutachterausschüsse stehen mit dieser Aufgabe jedoch regelmäßig vor einer großen Herausforderung. Da ein Markt für bebauten Boden ohne Gebäude aufgrund der rechtlichen Einheit von Boden und aufstehenden Gebäuden i. d. R. nicht existiert,<sup>7</sup> können Bodenwerte für bebaute Grundstücke nicht aus unmittelbaren Marktbeobachtungen abgeleitet werden.<sup>8</sup> Vielmehr muss versucht werden, diese auf indirektem Weg abzuleiten. Sollen daher nun Bodenwerte bebauter Grundstücke aus denen unbebauter Grundstücke abgeleitet werden, ergibt sich jedoch ein Problem: Da es sich bei bebautem und unbebautem Boden um Güter mit unterschiedlichen Eigenschaften handelt, ist zunächst zu prüfen, ob der Markt diese unterschiedlich betrachtet, ob also die Eigenschaft „bebaut“ zu einem anderen Wertverständnis als die Eigenschaft „unbebaut“ führt.<sup>9</sup>

So wurde über Jahrzehnte die Frage der Bodenwertbeeinflussung durch die aufstehende Bebauung unter dem Begriff der Bodenwertdämpfung überaus kontrovers diskutiert.<sup>10</sup> Tatsächlich konnte bis heute keiner dieser Ansätze allgemeine Anerkennung finden.<sup>11</sup> Zugunsten einer einheitlichen Vorgehensweise in der Bewertung bebauten Bodens sah sich der Ordnungsgeber daher genötigt, eine verbindliche Regelung vorzuschreiben<sup>12</sup> – ungeachtet dessen, dass diese Regelung nicht aus dem Markt abgeleitet wurde und damit auch nicht zwangsläufig das tatsächliche Wertverständnis der Marktteilnehmer widerspiegelt. Vielmehr ist sie als Modell mit mehr oder weniger ausgeprägtem Marktbezug zu verstehen. Die besagte Regelung ist heute in § 16 Abs. 1 ImmoWertV zu finden. Demnach ist der Wert des Bodens bebauter Grundstücke bis auf wenige Ausnahmen ohne Berücksichtigung der vorhandenen baulichen Anlagen, d. h. fiktiv unbebaut, zu ermitteln.

Mit diesem Ansatz konnte zwar eine gewisse überregionale Einheitlichkeit der Bodenrichtwertermittlung erreicht werden, verschiedene Probleme sind damit aber noch nicht beseitigt. So werden die eigenständigen Boden- und/oder Gebäudewerte bebauter Grundstücke in verschiedenen Aufgaben der Verwaltung benötigt und oft zum

---

<sup>7</sup>Vgl. Kleiber (2020, Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 56, Zugriff 26.01.2018).

<sup>8</sup>Auch die Betrachtung von Verkäufen des Grund und Bodens bebauter Erbbaurechtsgrundstücke hilft an dieser Stelle nicht weiter, da es sich aufgrund der Belastung des Bodens mit einem Erbbaurecht um einen Teilmarkt mit gesonderten Rahmenbedingungen handelt.

<sup>9</sup>Vgl. Kleiber (ebd., Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 49, Zugriff 26.01.2018).

<sup>10</sup>Vgl. Kleiber (ebd., Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 50, Zugriff 26.01.2018).

<sup>11</sup>Vgl. Kleiber (ebd., Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 65, Zugriff 26.01.2018).

<sup>12</sup>Vgl. Kleiber (2013a, Rn 56).

Gegenstand der Rechtsprechung erhoben. Möckel (2020, S. 4.1.3/1 ff.) nennt und beleuchtet im Detail die folgenden fünf Themenbereiche:

1. Erstbestellung oder Erneuerung eines Erbbaurechts für ein bebautes Grundstück,
2. Entschädigung für das Bauwerk gemäß § 27 ErbbauVO bei Zeitablauf des Erbbaurechts,
3. Sanierungsbedingte Bodenwerterhöhungen zur Erhebung von Ausgleichsbeträgen nach § 154 BauGB bei bebauten Grundstücken,
4. Gebäudewertentschädigungen bei teilweise Rückbau im Zuge von Ordnungsmaßnahmen in der städtebaulichen Sanierung,
5. Steuerliche Absetzung für Abnutzung (AfA) der Gebäude und Grundstücke bei der Aufteilung von Anschaffungskosten in einen Boden und einen Gebäudewertanteil.

Insbesondere vor dem Hintergrund des Gerechtigkeitsanspruches der Marktakteure sollte in diesen Fragen nicht *modell*konform, sondern *markt*konform entschieden werden.

Darüber hinaus wird ein nicht marktkonformer Bewertungsansatz für den bebauten Boden im Rahmen der Anwendung des Sachwertverfahrens zum Problem. Ist die Abweichung zwischen der Modellgröße „Bodenwert im Modell der ImmoWertV“ gegenüber der Marktgröße „Bodenwert im Verständnis des Marktteilnehmers“ zu groß, ist eine entsprechend ausgeprägte Korrektur bei der Überführung der Modellgröße Sachwert in die Marktgröße Verkehrswert erforderlich (Sachwertfaktor). Zum ernsthaften Problem entwickelt sich ein nicht marktkonformer Bodenwertansatz, wenn dieser bereits den tatsächlichen Kaufpreis eines bebauten Grundstücks überschreitet, ohne dass die baulichen Anlagen als abgängig einzustufen wären. Auf dieses Phänomen in den Großstädten Berlin, München und Leipzig weisen u. a. Möckel (2002, S. 259), Groß (1998, S. 1) und Loose (2009, S. 217) hin.

Abschließend führt der vom Ordnungsgeber gewählte Ansatz zu einer weiteren Schwierigkeit. Werden die Bodenwerte bebauten und unbebauten Bodens per Definition gleichgeschaltet, wird zwar die Frage der Bodenwertdämpfung ausgeklammert, die Schwierigkeit der Bodenrichtwertermittlung wird aber nicht gelöst, sondern lediglich auf einen anderen Schauplatz verlagert, da auf diese Weise die Zahl dringender benötigter Vergleichspreise massiv eingeschränkt wird. Immerhin sind Verkäufe unbebauter Baugrundstücke regelmäßig nur in relativ geringer Zahl zu verzeichnen. So weist der Arbeitskreis der Oberen Gutachterausschüsse, Zentralen Geschäftsstellen und Gutachterausschüsse in der Bundesrepublik Deutschland (2019, S. 29) in seinem Immobilienmarktbericht für Deutschland ein Volumen von 278.700 Transaktionen für Eigenheime, aber lediglich 95.700 Transaktionen für Bauplätze für Eigenheime aus,

was einem Verhältnis unbebaut zu bebaut von rund 1:3 entspricht. Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Düsseldorf (2019, S. 12), dessen Daten beispielhaft für eine deutsche Großstadt herangezogen werden sollen, nennt für bebaute Grundstücke ein Transaktionsvolumen von 1.085 und für unbebaute Grundstücke von 200, was ein Verhältnis unbebaut zu bebaut von rund 1:5 ausmacht. Für den Bereich des individuellen Wohnungsbaus verschlechtert sich das dortige Verhältnis sogar auf rund 1:10.

Diese ungünstige Datenlage verschärft sich noch dadurch, dass freigelegte oder kurzfristig freizulegende Grundstücke (Baulücken) oder (ggf. großflächige) Ankäufe durch Bauträger nicht dem gewöhnlichen Geschäftsverkehr im Sinn des § 194 BauGB entsprechen und daher nicht oder nur durch weitere Anpassungen in die Bodenrichtwertermittlung einbezogen werden können. Damit steht den Gutachterausschüssen zur Ableitung von Bodenrichtwerten regelmäßig nur eine unzureichende Anzahl an geeigneten Vergleichspreisen zur Verfügung, mit welcher aber dennoch ein oft umfangreiches System an Bodenrichtwertzonen zu entwickeln und lückenlos fortzuschreiben ist.

Vor diesem Hintergrund wurden bereits die verschiedensten alternativen Verfahren zur Bodenrichtwertableitung entwickelt. Diese sind überwiegend sehr leistungsstark und geeignet, die ihnen angedachte Aufgabe qualitativ hochwertig auszuführen. Dennoch sind viele der Verfahren nicht für alle Gutachterausschüsse geeignet. Oft liegen zur Anwendung erforderliche regionalspezifische Ausgangsdaten nicht vor oder es müssen umfangreiche Datenerhebungen und -fortführungen erfolgen (insbesondere bei den hedonischen Verfahren), welche die Kapazitäten vieler Gutachterausschüsse übersteigen.<sup>13</sup> Aus diesem Grund konnte sich bei den Gutachterausschüssen noch keine einheitliche Vorgehensweise herausbilden (vgl. hierzu Abschnitt 2.2). Kötter und Guhl (2013) sehen daher einen dringenden Bedarf zur Weiterentwicklung der Verfahren für die Ableitung von Bodenrichtwerten. Diesen Bedarf beziehen sie u. a. explizit auf die Ableitung von Bodenrichtwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke:

«Darüber hinaus besteht auch dringender Bedarf zur Weiterentwicklung der Verfahren für die Ableitung von BRW, und zwar zum einen hinsichtlich der Ableitung von BRW aus Kaufpreisen von bebauten Grundstücken, da meistens im Kaufvertrag keine Aufspaltung zwischen Boden und Gebäude erfolgt, und zum anderen hinsichtlich der Ermittlung von BRW für unterschiedliche Qualitätsstufen des Baulandes» (Kötter und Guhl (2013, S. 8)).

An diesem praktischen Bedarf orientiert, sollen in der vorliegenden Arbeit zwei Lösungsansätze erarbeitet werden:

1. Es soll ein Verfahren entwickelt werden, welches in der Lage ist, aus den Kaufpreisen bebauter Grundstücke die Bodenwerte im Modell des § 16 Abs. 1 ImmoWertV (Bodenwert bebaut = Bodenwert unbebaut) zu extrahieren. Die so

---

<sup>13</sup>Vgl. Kötter und Guhl (2013).

ermittelten Bodenwerte können, da sie zum Modell des Bodenrichtwertsystems konform sind, unmittelbar der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden. Die Gutachterausschüsse erhalten damit eine vielfach höhere Zahl an Vergleichsdaten, wodurch die Qualität der Bodenrichtwerte und damit die Markttransparenz im Sinn hochwertiger und verlässlicher Marktinformation wesentlich gesteigert werden kann.

2. Darüber hinaus soll das Verfahren auch in der Lage sein, Kaufpreise bebauter Grundstücke in die auf den Boden und die baulichen Anlagen entfallenden Anteile im ökonomischen Sinn aufzuspalten (Repartition). Damit wird die Möglichkeit eröffnet, Fragen der Rechtsprechung und Verwaltung in marktkonformer – und damit im Verständnis der Marktakteure gerechter – Weise zu beantworten.

Im Kern beider Aufgaben steht die Modellierung der Kaufpreisbildung. Zunächst wird aufbauend auf den Erkenntnissen aus Ökonomie und Psychologie beschrieben, welche der zur Verfügung stehenden Informationen der Marktteilnehmer zur Findung des angemessenen Grundstückskaufpreises nutzt. Anschließend wird anhand tatsächlicher Kauffälle untersucht, in welcher Weise diese Informationen in die Kaufpreisbildung eingehen. Es kann somit darauf geschlossen werden, welchen Wert der Marktteilnehmer den Grundstücksbestandteilen Boden und Gebäude beimisst. Im Ergebnis können die Werte für Boden und Gebäude im Modell der ImmoWertV und im Verständnis der Marktteilnehmer gegenübergestellt und miteinander verglichen werden. Unter Anwendung der so gewonnenen Erkenntnisse können beide Aufgaben gelöst werden: Es können aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke sowohl die Bodenwerte im Sinn der ImmoWertV als auch die Boden- und Gebäudewerte im Sinn der Ökonomie abgeleitet werden.

Mit dem oben beschriebenen Ansatz unterscheidet sich ein zentraler Aspekt dieser Arbeit wesentlich von dem anderer Untersuchungen auf dem Gebiet der Immobilienwertermittlung, in welchen im Rahmen der Entwicklung der Regressionsstrategie regelmäßig die Wahl der Einflussgrößen, welche die Zielgröße erklären sollen, iterativ und anhand von statistischen Kenngrößen erfolgt. Ziegenbein (1977) vermerkt hierzu:

«In der Grundstückswertermittlung können Regressionsfunktionen für vorgegebene Stichproben nur schrittweise bestimmt werden, da die Art der Abhängigkeiten und die signifikanten Einflußgrößen nicht von vornherein bekannt sind» (Ziegenbein (1977, S. 94)).

Statt das Regressionsmodell iterativ abzuleiten und die zur Beschreibung der Zielgröße erforderlichen Einflussgrößen experimentell zu identifizieren, wird in dieser Arbeit das Modell in seiner grundsätzlichen Gestalt zunächst ohne Verwendung irgendwelcher Vergleichsdaten theoretisch aus den Erkenntnissen der oben genannten Wissenschaften abgeleitet. Mittels Regressionsanalyse werden anschließend die Regressionskoeffizienten ermittelt und damit das Modell am tatsächlichen Markt justiert. Die grundsätzliche Gestalt des Modells wird aber nicht mehr verändert.



---

Damit ergibt sich ein wesentlicher Vorteil in Form einer zusätzlichen Plausibilisierung. Wenn nämlich das aus anderen Disziplinen theoretisch entwickelte Modell ohne größere (systematische) Abweichungen auf die Marktdaten anwendbar ist, kann die zuvor entwickelte Theorie als realitätskonform – oder zumindest als zur Beschreibung der Realität (in diesem Fall des Markthandelns) geeignet – eingestuft werden. Nach der sonst üblichen Vorgehensweise, wenn also das Modell aus den Daten selbst abgeleitet wird, ist dies nicht der Fall. Dort bilden Daten und Modell ein nach außen geschlossenes (gewissermaßen isoliertes) System. Die Frage der Kausalität, also die der tatsächlichen Ursache-Wirkung-Verknüpfung („Besteht *tatsächlich* ein Zusammenhang zwischen Einflussgröße und Zielgröße oder ergibt sich dieser zufällig oder aufgrund anderer nicht modellierter oder modellierbarer Zusammenhänge?“) wird u. U. nicht oder nur zweitrangig behandelt. Der hier gewählte Ansatz spannt dagegen einen größeren Rahmen und verbindet Theorie und Praxis aus unterschiedlichen Ebenen miteinander.

## 2 Stand der Forschung: Literaturreview und Beurteilung

Die Alltagserfahrung zeigt, dass sowohl der Boden als auch die baulichen Anlagen den Kaufpreis eines bebauten Grundstücks maßgeblich bestimmen, deren Werte<sup>1</sup> diesem somit immanent sein müssen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht überraschend, dass die Frage der Kaufpreisaufteilung in die auf Boden und ggf. auch auf die aufstehenden Gebäude entfallenden Anteile bereits über Jahrzehnte diskutiert und zahlreiche entsprechende Lösungsansätze veröffentlicht wurden. Die damit verbundene Zielsetzung dient zum einen der Bodenwertermittlung (primär zugunsten der Bodenrichtwertableitung) und zum anderen der Kaufpreisaufteilung im ökonomischen Sinn (Repartition). Beide Zielsetzungen sind jedoch streng voneinander zu unterscheiden, da im ersten Fall die Modellgröße im Sinn der gesetzlichen Vorgaben und im zweiten Fall die Marktgröße im Verständnis des Marktteilnehmers im Fokus steht.

In Bezug auf die Bodenwertermittlung im Sinn der ImmoWertV ist die Kaufpreisaufteilung sogar nur ein möglicher Weg von vielen. Gerade in jüngerer Zeit wurden verschiedene leistungsfähige Verfahren mit derselben Zielstellung entwickelt.<sup>2</sup> Die in der vorliegenden Arbeit gestellte Aufgabe zur Entwicklung eines Verfahrens zur Ableitung von Bodenwerten im Sinn der ImmoWertV aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke sowie zur Ableitung von Boden- und Gebäudewerten im ökonomischen Sinn muss sich daher in die bisherige Forschung einordnen. Es sind zwei Themenfelder von entscheidender Bedeutung:

1. Welche Verfahren zur Aufspaltung von Kaufpreisen oder Verkehrswerten bebauter Grundstücke wurden bereits entwickelt? Inwieweit können diese der Ermittlung von Bodenwerten im Sinn der ImmoWertV bzw. der Ermittlung von Boden- und Gebäudewerten im ökonomischen Sinn zugeführt werden? Wo liegen die Schwächen dieser Verfahren?
2. Welche sonstigen Verfahren zur Bodenwertermittlung im Sinn der ImmoWertV – abseits der Kaufpreis- oder Verkehrswertaufspaltung – wurden entwickelt? Worin liegt die Notwendigkeit zur Entwicklung eines weiteren Verfahrens, wenn dieses zwar einen anderen Ansatz, aber dieselbe Zielsetzung verfolgt?

---

<sup>1</sup>Der Begriff des Wertes wird an dieser Stelle umgangssprachlich verwendet. Zur fachlich korrekten Verwendung des Begriffs wird auf Abschnitt 4.1.2 verwiesen.

<sup>2</sup>Vgl. z. B. Knospe und Schaar (2011) oder Zeißler (2012).

Beide Themenfelder werden im Rahmen eines Literaturreviews in den Abschnitten 2.1 und 2.2 behandelt. Abschnitt 2.3 liefert eine zusammenfassende Beurteilung der Forschungssituation, welche mit Abschnitt 3.1 in der Formulierung der Forschungslücke, der in dieser Arbeit zu lösenden Forschungsfrage und dem damit geleisteten Forschungsbeitrag mündet.

Da die gedankliche Trennung von Boden und Gebäude ein typisch deutscher Ansatz ist, welcher sich durch die Struktur des deutschen Sach- und Ertragswertverfahrens zwangsläufig ergibt und durch die breite Verfügbarkeit von Bodenrichtwerten (für unbebaute und bebaute Flächen) auch im Bewusstsein des nicht sachverständigen Marktteilnehmers etabliert, befasst sich das folgende Review bewusst nur mit deutscher Literatur. Im anderen Fall bestünde die Gefahr, unterschiedliche Sichtweisen auf das Gut Boden und dessen Wertschätzung miteinander zu vermengen und angestrebte Schlussfolgerungen, welche primär dem deutschen Marktverständnis dienen sollen, zu erschweren.

## **2.1 Die Boden- und Gebäudewertermittlung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke**

Die bis heute entwickelten Vorschläge zur Aufteilung von Kaufpreisen bebauter Grundstücke zum Zweck der Bodenrichtwertermittlung oder zur Ermittlung von Boden- und Gebäudewertanteilen beruhen im Wesentlichen auf drei verschiedenen Ansätzen:

1. Sowohl das Sachwertverfahren als auch das Ertragswertverfahren greifen zur Ermittlung des Verkehrswertes auf die Größe „Bodenwert“ zurück. Wenn nun der Verkehrswert – oder diesem angenähert der Kaufpreis – eines bebauten Grundstücks vorliegt, muss sich nach Auffassung einiger Autoren unter Umkehrung des Verfahrensgangs der Bodenwert ermitteln lassen.
2. Es wird angenommen, dass zwischen dem Boden- und Gebäudewertanteil eine (teilmarktspezifisch) konstante Relation besteht. Ist der sich daraus ableitende Verteilungsschlüssel bekannt, kann jeder beliebige Kaufpreis unter dessen Anwendung in seine Wertanteile für Boden und Gebäude aufgespalten werden.
3. Verschiedene Autoren entwickeln Ansätze, welche ihrer Auffassung nach plausibel und angemessen erscheinen. Im Vordergrund steht hierbei die sachverständige Einschätzung.

Darüber hinaus liegen wenige Beiträge vor, welche auf Methoden beruhen, die sich nicht in die oben genannten Kategorien einordnen.

Die folgenden Abschnitte vermitteln einen Überblick über die bisher geleisteten Ansätze, indem die jeweiligen Beiträge kurz dargestellt und in ihrer wesentlichen

Aussage kommentiert werden.<sup>3</sup> Die Ordnung der Beiträge folgt nachstehendem Schema:

- Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels Umkehrung der Wertermittlungsverfahren: Abschnitt 2.1.1
- Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels konstantem Verteilungsschlüssel: Abschnitt 2.1.2
- Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sachverständigem Ermessen: Abschnitt 2.1.3
- Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sonstiger Ansätze: Abschnitt 2.1.4
- Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition ohne Benennung eines spezifischen Ansatzes: Abschnitt 2.1.5

## **2.1.1 Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels Umkehrung der Wertermittlungsverfahren**

### **2.1.1.1 Stumpf (1969): Der Bodenwert eines bebauten Grundstücks.**

Der Autor vertritt die Ansicht, der Boden- und Gebäudewertanteil eines bebauten Grundstücks könne grundsätzlich aus dem Grundstückskaufpreis unter Ansatz der Umkehrung der drei gängigen Wertermittlungsverfahren (Sachwertverfahren, Ertragswertverfahren und Vergleichswertverfahren) gewonnen werden. Das Problem stelle die Sicherheit der hierfür erforderlichen Eingangsgrößen dar: nachhaltig erzielbare Miete, Kapitalisierungsfaktor, Neubaukosten, Baupreisindex, Wertminderung wegen Alters, Zu- oder Abschläge wegen baulicher Ausnutzung und Bauart etc. Stumpf sieht in der Beseitigung dieser Unsicherheiten eine wesentliche Aufgabe der Gutachterausschüsse.

Der Autor lässt leider nicht erkennen, auf welcher Basis seine Einschätzung beruht. Von größerer Bedeutung sind daher die Beiträge der Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008) (Abschnitt 2.1.1.6) und von Jacoby (2018) (Abschnitt 2.1.1.8), welche sich zur Erprobung desselben Ansatzes auf umfassende Untersuchungen stützen. Leider kommen die Autoren zu jeweils unterschiedlichen Ergebnissen.

---

<sup>3</sup>Auch wenn die Auflistung keinen Anspruch auf uneingeschränkte Vollständigkeit erheben kann, ist dennoch die Annahme daran geknüpft, die wesentlichen Beiträge und – dies ist von weitaus höherer Bedeutung – die grundlegenden Ansätze zur Problemlösung zu skizzieren.

### **2.1.1.2 Bonorden (1974): Auswertung von Kaufpreisen bebauter Grundstücke für die Ermittlung von Richtwerten.**

Bonorden folgt der Anschauung, die Summe aus Bodenwert und Gebäudewert entspreche dem Verkehrswert eines bebauten Grundstücks:

«Wenn es gelingt, den Gebäudewert mit einiger Sicherheit zu ermitteln, führt die Differenz von Kaufpreis und Gebäudewert zwangsläufig zum Bodenwert» (Bonorden (1974, S. 219)).

Dieser Ansatz ist insofern als problematisch einzustufen, da der Autor voraussetzt, dass der Gebäudewert marktnah beschreibbar ist. Tatsächlich handelt es sich jedoch um eine Modellgröße, welche ggf. einer individuellen Marktanpassung bedarf. Sofern diese nicht erfolgt, ist nach der vorgeschlagenen Vorgehensweise theoretisch jeder Bodenwert unter Berufung auf „richtige“ Gebäudewerte begründbar. Daher ist der Ansatz, welcher übrigens zeitweise unter dem Begriff der Restwertmethode für steuerliche Bewertungen angewendet, dann aber als ungeeignet erkannt wurde,<sup>4</sup> als sehr kritisch einzustufen.

### **2.1.1.3 Freise (1977): Bodenwert bebauter Grundstücke.**

Freise stellt die These auf, dass sich der Bodenwertanteil eines bebauten Grundstücks aus der Differenz von Grundstückswert und Gebäudewert ermitteln lasse und folgt damit dem Ansatz der Restwertmethode. Gleichzeitig spricht er sich – anders als Bonorden (1974) (vgl. Abschnitt 2.1.1.2) – gegen eine Wertbeeinflussung des Bodens durch die Bebauung aus:

«Wenn man davon ausgeht, daß der Eigentümer eines bebauten Grundstücks in der Regel die gleiche Handlungsfreiheit genießt wie der Eigentümer eines unbebauten Grundstücks, so ist kein Argument dafür zu finden, warum der Bodenanteil eines bebauten Grundstücks ein anderer sein sollte als der eines unbebauten Grundstücks [...]. Bei wirtschaftlicher Betrachtungsweise wird der Eigentümer versuchen, das Grundstück seinem höchsten und besten Nutzen zuzuführen» (Freise (1977, S. 63)).

Seine eigenen Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Summe aus vermeintlichen Boden- und Gebäudewerten nicht zum Verkehrswert führen. Die Ursache führt er auf eine marktfremde Gestaltung des Sachwertverfahrens zurück:

«Dies bedeutet nichts anderes, als daß das Abschreibungsverfahren des Sachwertverfahrens nicht marktkonform ist» (Freise (1977, S. 66)).

Leider nennt der Autor für seine Thesen keine Belege.

---

<sup>4</sup>Vgl. Urteil des BFH vom 15.01.1985: „Das FG sei dabei unzutreffend von der in der Rechtsprechung längst aufgegebenen Restwertmethode ausgegangen [...]“ (BFH, AZ: IX R 81/83, RN 5).

#### **2.1.1.4 Hannen (1978): Erwiderung zum Aufsatz von Harald Lucht „Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke“.**

In einem sehr kurzen Beitrag kritisiert Hannen die Vorgehensweise von Lucht (1977) (da dessen Ansatz auf einem anderen Prinzip beruht, folgt dessen Betrachtung erst unter Abschnitt 2.1.4.2) und fasst seine zentrale Aussage im folgendem Statement zusammen:

«Wenn also beim Vergleich des Gesamtverkehrswertes eines bebauten Grundstückes gegenüber der Addition des Verkehrswertes des „Würde-Wenn-Bodens“ [gemeint ist der als unbebaut betrachtete Boden, Anm. d. Verf.] und des Sachwertes des Gebäudeteiles ein Defizit festzustellen ist, dann ist dieses Defizit der „Zeiterscheinung“ Gebäude anzulasten und nicht dem „ewigen“ Boden» (Hannen (1978, S. 258)).

Damit schließt sich Hannen der Auffassung von Freise (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.1.3), welcher die Ungleichheit von Verkehrswert und der Summe aus Bodenwert und Gebäudewert auf die Unzulänglichkeit der Gebäudewertermittlung zurückführt, an. Dabei lässt er leider nicht erkennen, ob seine Meinung auf spezifischen Erkenntnissen oder lediglich subjektiver Einschätzung beruht.

#### **2.1.1.5 Vogel (1995): Zur Verkehrswertermittlung von baulichen Anlagen auf fremdem Grund.**

Mit der Frage der Wertermittlung von baulichen Anlagen auf fremdem Grund befasst sich der Autor zwangsläufig mit der Aufspaltung des Verkehrswertes des Grundstücks in einen Gebäude- und Bodenwertanteil. Zur Lösung dieser Aufgabe stellt er die folgenden Thesen auf:

1. Die Summe aus dem als unbebaut betrachteten Bodenwert eines bebauten Grundstücks und dem Gebäudesachwert führe nicht zum Verkehrswert. Es sei eine Marktanpassung erforderlich, um den substanzorientierten Sachwert in einen marktorientierten Verkehrswert zu überführen.
2. Für unbebaute oder als unbebaut zu betrachtende Grundstücke sei eine Marktanpassung nicht erforderlich.
3. Aus 1. und 2. sei zu schließen, dass die Marktanpassung durch das Gebäude ausgelöst werde und dementsprechend auch nur auf dieses wirke.

Darauf aufbauend kommt Vogel zu dem Schluss, dass der Gebäudewertanteil am Verkehrswert des Grundstücks sich aus dem um den Marktanpassungsfaktor bereinigten Gebäudesachwert ergebe.

Die Schlussfolgerung des Autors ist kritisch zu hinterfragen. So ist es eine bekannte Alltagserfahrung, dass der Preis einer Sache regelmäßig nicht der Preissumme der einzelnen Bestandteile dieser Sache entspricht. Nun bleibt offen, ob diese Preisdifferenz nur einzelnen Bestandteilen dieser Sache zugeschrieben werden kann.

Auch die Argumentation, ein unbebautes Grundstück benötige gegenüber dem bebauten Grundstück keine Marktanpassung, ist nicht hilfreich. Denn hier werden zwei nicht identische Dinge miteinander verglichen: der bebaute und der unbebaute Boden. Der Preisbildungsmechanismus ist jedoch nur in Bezug auf den unbebauten Boden erforscht.

#### **2.1.1.6 Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008): Qualitätssicherung bei der Ermittlung von Bodenrichtwerten.**

Die Autoren beleuchten in ihrem Beitrag sowohl den Ansatz der Bodenwertermittlung aus der Umkehrung der Wertermittlungsverfahren als auch die These der konstanten Wertverhältnisse zwischen Gebäude und Boden eines bebauten Grundstücks. Der zweite Ansatz wird aufgrund seines inhaltlichen Bezugs in Abschnitt 2.1.2.6 betrachtet. Zum ersten Ansatz vermerken die Autoren:

«Auch die **Herausrechnung des Bodenwerts** aus dem Gesamtkaufpreis unter Anwendung des Sach- oder Ertragswertverfahrens führt zu keinem angemessenen oder hinreichend genauen Ergebnis. Selbst wenn bei Sachwertobjekten der Kaufpreis mit üblichen Marktanpassungsfaktoren zunächst auf das Niveau des Sachwerts hochgerechnet wird und anschließend der Gebäudesachwert hiervon abgezogen wird, geht die Unsicherheit der Ermittlung des Wertes der baulichen Anlagen voll zu Lasten der Genauigkeit der Bodenwertermittlung. Bei einem Verhältnis von 30 % Bodenwert und 70 % Gebäudewert wirkt sich eine Unsicherheit der Gebäudewertermittlung von 10 % mit einer Abweichung im Bodenwert von 23 % aus.

Handelt es sich um ein Ertragswertobjekt, so ist die Bodenwertermittlung noch wesentlich unsicherer, da der Bodenwert einfluss beim Ertragswertverfahren nur sehr untergeordnet ist» (Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 9), Hervorh. im Original).

Damit schätzen sie den Ansatz, primär aus fehlertheoretischen Gründen, als ungeeignet ein.

#### **2.1.1.7 Deutscher Bundestag – 18. Wahlperiode (2016): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Grundgesetzes (Artikel 105).**

In Bezug auf die Frage der künftigen angemessenen grundsteuerlichen Bewertung befasst sich der Deutsche Bundestag mit einer eigenen Variante der Kaufpreisaufteilung. Der Wert eines bebauten Grundstücks wird interpretiert als die Summe aus dem Bodenwert, welcher dem eines unbebauten Grundstücks gleichzusetzen ist, und dem Gebäudewert. Letzterer wird auf der Grundlage pauschaler Herstellungskosten ermittelt (vgl. Deutscher Bundestag – 18. Wahlperiode (2016, S. 41)).

Es ist jedoch deutlich hervorzuheben, dass dieses Modell nicht auf den Verkehrswert eines bebauten Grundstücks, sondern auf dessen Kostenwert, welcher den Investitionsaufwand für die Immobilie abbilden soll, abgestellt ist (vgl. Deutscher Bundestag – 18. Wahlperiode (2016, S. 40)). Damit ist dieses Verfahren für die Betrachtung der

Kaufpreisaufteilung im Sinn der Verkehrswertermittlung oder im ökonomischen Sinn irrelevant.

#### **2.1.1.8 Jacoby (2018): Kaufpreisaufteilung für bebaute Grundstücke.**

Zu einer anderen Einschätzung als die Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008) (vgl. Abschnitt 2.1.1.6) gelangt Jacoby (2018) und bewertet eine Umkehrung des Ertragswertverfahrens als durchaus geeignet, vom Ertragswert auf den Wert der Grundstücksbestandteile Gebäude und Boden zu schließen. Im Rahmen seiner Untersuchung entwickelt er zu diesem Zweck das Modell eines vereinfachten umgekehrten Ertragswertverfahrens. Jedoch merkt der Autor an:

«Je älter die zu bewertenden baulichen Anlagen sind, desto detaillierter und genauer müssen die jeweils vorhandenen Gebäudeeigenschaften anhand von Zu- oder Abschlägen bei der Ermittlung der Restnutzungsdauer oder bei den besonderen objektspezifischen Grundstücksmerkmalen berücksichtigt werden, da es ansonsten zu Ungenauigkeiten und zu Abweichungen im Aufteilungsergebnis kommen kann» (Jacoby (2018, S. 208)).

Zudem kann die Wahl der angemessenen Verfahrensgrößen (insbesondere des Liegenschaftszinssatzes) problematisch werden. Liegt die Zielstellung in einer dem Steuerrecht konformen Kaufpreisaufteilung – diese verfolgt Jacoby primär –, sind mit dem Anhalt rechtskonformer Ansätze (z. B. gemäß der Veröffentlichungen der Gutachterausschüsse oder der Vorgaben des Bewertungsgesetzes) keine Schwierigkeiten verbunden. Geht es dagegen um die marktkonforme Kaufpreisaufteilung, können sich durchaus Konflikte einstellen. Immerhin stellen die Veröffentlichungen der Gutachterausschüsse und vielmehr noch die Angaben der Fachliteratur oder Rechtsquellen stark generalisierte Größen dar, welche den Markt in seiner Gesamtheit zwar gut zu erklären vermögen, im Einzelfall aber durchaus kritisch zu hinterfragen sind. Der Ansatz von Jacoby wird also i. d. R. nicht ohne sachverständige Beurteilung des Einzelfalls auskommen und ist daher für die massenhafte Kaufpreisauswertung in den Geschäftsstellen der Gutachterausschüsse eher ungeeignet.

### **2.1.2 Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels konstantem Verteilungsschlüssel**

#### **2.1.2.1 Frenkler (1966): Bauart und Bodenwert.**

Nach Frenkler beeinflusst nicht nur das mögliche Maß der Bebauung, sondern auch die Art und die tatsächliche Gestaltung der Bebauung den Bodenwert eines Grundstücks. Nach dieser Auffassung besteht ein Zusammenhang zwischen Bodenwert und Gebäudewert. Er fasst zusammen:

«Die ungewöhnlich teure Bauweise eines Hauses stellt eine besonders intensive Nutzung des Grundstücks dar, durchaus vergleichbar mit der hohen baulichen Ausnutzung



der Fläche und [ist] daher bei der Bewertung des Bodens auch genauso zu beachten» (Frenkler (1966, S. 76)).

Leider gibt der Autor keine Auskunft darüber, auf welcher Datenbasis seine These beruht.

#### **2.1.2.2 Streich (1974) und Streich (1975): Unterschiede in Bodenwerten von bebauten und unbebauten Grundstücken.**

Der Autor untersucht die Kaufpreise von kurzfristig freizulegenden Grundstücken in den Vororten Lübecks und stellt fest, dass diese im Durchschnitt etwa dem dreifachen Bodenrichtwert entsprechen. Daraus zieht er den Schluss, dass der Bodenwert bebauter Grundstücke 1/3 des Wertes unbebauter Grundstücke entspreche.

Zu beachten ist, dass der Autor kurzfristig freizulegende Grundstücke – also mit großer Wahrscheinlichkeit Baulücken – untersucht. Nach heutigem Verständnis handelt es sich bei Baulücken jedoch um Grundstücke mit einem besonderen Merkmal, welches nicht durch den Bodenrichtwert repräsentiert wird.<sup>5</sup>

#### **2.1.2.3 Ross und Brachmann (1979): Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken. Ermittlung des Bodenwertes aus dem Verhältnis von Bodenwert zum Bauwert. S. 29–33.**

Ross und Brachmann veröffentlichen in ihrem Buch eine Tabelle zur Ermittlung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke, welche auf Untersuchungen von Sammet (Karlsruhe) aus den 1960er Jahren beruht. Die Autoren gehen von dem Ansatz aus, dass ein enger Zusammenhang zwischen dem Bodenwert und den Gebäudeherstellungskosten bestehe:

«Der Bauplatzpreis steht je nach Lage und Ausnutzbarkeit des Grundstücks in einem bestimmten Verhältnis zu den Baukosten des auf diesem Grundstück zu erstellenden oder erstellten Gebäudes, wodurch die Rentabilität des Anwesens gewährleistet wird» (Ross und Brachmann (1979, S. 29)).

Vor diesem Hintergrund entwickeln die Autoren eine Kreuztabelle, welche den Bodenwert als das Ergebnis aus GFZ und der Wertrelation zwischen Bodenwert und Gebäudeherstellungskosten (Bodenanteilprozentsatz) erklärt. Damit ergibt sich jedoch das Problem, dass zur Anwendung der Tabelle der teilmarktspezifische Bodenanteilprozentsatz bereits bekannt sein muss. Neben einer relativ allgemein gehaltenen Empfehlung führen die Autoren aus:

«Es ist in das Ermessen des Sachverständigen gestellt, den Bodenanteilprozentsatz zu bestimmen, wobei er Lage, Größe und Ausnutzung des Grundstücks gebührend zu berücksichtigen hat» (Ross und Brachmann (1979, S. 30)).

---

<sup>5</sup>Vgl. Rheinland-Pfalz – Ministerium des Innern und für Sport (2009, S. 83).

Sich der damit verbundenen Problematik bewusst, fassen sie zusammen:

«Es ist klar, daß diese Werte nur als Anhalt für den Sachverständigen gedacht sind, um seine Überlegungen und Ermittlungen zu unterstützen. Nie dürfen diese Werte ohne weiteres übernommen werden» (Ross und Brachmann (1979, S. 29)).

Somit kann aus der grundsätzlich wertvollen Erkenntnis des Zusammenhangs zwischen Bodenwert und Gebäudeherstellungskosten zunächst kein weiterer praktischer Nutzen gezogen werden.

#### **2.1.2.4 Böser und Preuss (1982): Aufspaltung des Gesamtkaufpreises in Bodenwert und Gebäudewert und die sich daraus ergebenden Probleme im Großstadtraum Karlsruhe.**

Bei dem hier vorgeschlagenen Ansatz handelt es sich um eine Weiterentwicklung und Aktualisierung der Methode von Ross und Brachmann (1979) (vgl. Abschnitt 2.1.2.3). Auch hier steht die Beobachtung im Vordergrund, dass in vergleichbaren Lagen immer wieder ähnliche Bebauung und damit ähnliche Wertrelationen zwischen dem Bodenwert und den Gebäudeherstellungskosten (Bodenanteilprozentsätze) anzutreffen seien. Davon ausgehend teilen die Autoren das Karlsruher Stadtgebiet in vier verschiedene Lageklassen mit repräsentativen Bodenanteilprozentsätzen ein. Auf diese Weise geben sie dem Anwender einen brauchbaren Hinweis an die Hand, welcher Bodenanteilprozentsatz innerhalb des Karlsruher Stadtgebietes zu verwenden ist. Jedoch sind auch der Anwendung dieses Verfahrens enge Grenzen gesetzt, da die Bodenanteilprozentsätze lediglich eine räumlich und zeitlich eingeschränkte Momentaufnahme der Karlsruher Marktdaten darstellen. Die Autoren weisen selbst deutlich darauf hin, dass eine „[...] Übertragung der Ergebnisse auf andere Städte oder Gebiete [...] nicht ohne weiteres möglich“ sei (Böser und Preuss (1982, S. 453)).

#### **2.1.2.5 Mann (2003): „Düsseldorfer Türmchen“. Eine neue Methode zur Ermittlung von Bodenwerten für Baulandgrundstücke.**

Ebenso wie Ross und Brachmann (1979) (vgl. Abschnitt 2.1.2.3) sowie Böser und Preuss (1982) (vgl. Abschnitt 2.1.2.4) geht auch Mann davon aus, dass der Boden und die aufstehenden Gebäude in einem modellierbaren Wertverhältnis zueinander stehen. So entwickelt er typisierte Wertverhältniszahlen zwischen unbebauten Grundstücken und bebauten Grundstücken bzw. Wohnungseigentum. Die Wertverhältniszahlen werden abgeleitet aus als sicher einzustufenden Bodenrichtwerten und den Marktrichtwerten. Die Marktrichtwerte wiederum stellen teilmarktspezifische gebietstypische Werte je m<sup>2</sup> Wohnfläche, differenziert nach verschiedenen preisbildenden Merkmalen, dar. Sollen nun Bodenwerte aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke abgeleitet werden, so sind die Kaufpreise durch die teilmarktspezifische Wertverhältniszahl zu dividieren. Im Ergebnis liefert Mann ein Verfahren, welches

- mit vertretbarem Aufwand vorbereitet werden kann (Ermittlung der Wertverhältniszahlen auf der Grundlage von Immobilienrichtwerten oder Kaufpreisen einerseits und Bodenrichtwerten andererseits) und
- in der Anwendung einfach und intuitiv ist (Ableitung eines rel. Bodenwertes durch Multiplikation des rel. Kaufpreises mit der Wertverhältniszahl).

Allerdings ist mit diesem Verfahren immer auch ein gewisser Kompromiss verbunden. Werden die Referenzgrundstücke in Bezug auf ihre preisrelevanten Merkmale und deren Ausprägungen im Detail beschrieben und klassiert, wird das Verfahren aufwändig und könnte an einer nicht ausreichenden Anzahl an Vergleichsdaten scheitern. Werden die Grundstücksmerkmale dagegen nur grob klassiert, führt auch die Anwendung der daraus ermittelten Wertverhältniszahlen nur zu Näherungsergebnissen.

#### **2.1.2.6 Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008): Qualitätssicherung bei der Ermittlung von Bodenrichtwerten.**

Die Autoren beleuchten in ihrem Beitrag sowohl den Ansatz der Bodenwertermittlung aus der Umkehrung der Wertermittlungsverfahren als auch die These der konstanten Wertverhältnisse zwischen Gebäude und Boden eines bebauten Grundstücks. Der erste Ansatz wurde aufgrund seines inhaltlichen Bezugs im Abschnitt 2.1.1.6 betrachtet. Zum zweiten Ansatz vermerken die Autoren:

«Sofern örtlich zutreffende Erkenntnisse über das Verhältnis des Bodenwertanteils des unbebauten Grundstücks am Gesamtkaufpreis von Immobilien bestimmter Art und Lage vorliegen, könnte erwogen werden, Bodenanteile aus dem Gesamtkaufpreis nach diesem Verhältnis ableiten [sic]» (Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 9)).

Allerdings schätzen sie diese Methode als relativ unsicher ein:

«Dieses Verhältnis ist so unsicher, dass hieraus in der Regel kein Bodenwertniveau abgeleitet werden kann» (Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 9)).

#### **2.1.2.7 Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Bergisch Gladbach (2013): Grundstücksmarktbericht 2013.**

Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Bergisch Gladbach (2013, S. 48) greift den Gedanken der konstanten Wertverhältnisse zwischen Boden und Gebäude auf. In seinem Grundstücksmarktbericht veröffentlicht der Gutachterausschuss objektspezifische Bodenwertanteile am Sachwert bebauter Grundstücke.

Da im Grundstücksmarktbericht keine weiteren Informationen zur Art der Ableitung der Bodenwertanteile mitgeteilt wird, wurde der Leiter der Geschäftsstelle des Gutachterausschusses (Eckmann (2018)) um diesbezügliche Auskunft gebeten.

Es wurde mitgeteilt, dass die Bodenwertanteile auf der Grundlage des nicht marktangepassten Sachwertes berechnet wurden.

Die Tabelle, auf deren Wiedergabe hier aus Platzgründen verzichtet wird, lässt eine gewisse Systematik der Verhältnisse zwischen den Modellgrößen des unbebauten Bodenwertes und des Gebäudesachwertes erkennen.

#### **2.1.2.8 Kleiber (2013b): ImmoWertV.**

Kleiber veröffentlicht in seinem Beitrag zu § 16 ImmoWertV unter Rn 30 eine Tabelle, welche nach Auskunft von Bühren (2018) auf eine Untersuchung der Deutschen Immobilien-Akademie an der Universität Freiburg GmbH (DIA) zurückgeht. Diese zeigt, dass unabhängig von der Höhe des Bodenwertes die Bodenwertanteile bebauter Bürogrundstücke in hochwertigen Innenstadtlagen verschiedener Städte bei jeweils ca. 30 % des Verkehrswertes liegen. Damit wird ausdrücklich ein überregionaler Vergleich angestellt und ein Indiz dafür geliefert, dass die Relationen regional unabhängig sein könnten.

Leider ist über die Datenlage dieser Untersuchung wenig bekannt. Gemäß Bühren (2018) wurden die Ergebnisse aus der Analyse von Verkehrswertgutachten über gemischte Büro-, Verwaltungs- und Technikobjekte abgeleitet. Gerade aufgrund dieser relativ breiten Teilmarktdefinition wäre zur Beurteilung der Ergebnisse die Kenntnis über die Anzahl der untersuchten Grundstücke und die Streuung der Ergebnisse von besonderem Interesse.

#### **2.1.2.9 Möckel (2020): Bodenwert bebauter Grundstücke.**

Der Autor skizziert nach eigener Auskunft den von Gerardy entwickelten und bereits in früheren Fassungen der „Praxis der Grundstücksbewertung“ (Gerardy et al. (2020)) veröffentlichten Ansatz zur Aufteilung von Boden- und Gebäudewertanteilen bebauter Grundstücke nach konstantem Verteilungsverhältnis.<sup>6</sup> Möckel vermerkt:

«Bauplätze, die sich für Wohnungen des gehobenen Bedarfs eignen, sind teurer als Bauplätze, auf denen nur Wohnungen des normalen Bedarfs errichtet werden können. Teure Grundstücke werden entweder aufwendiger bebaut oder stärker ausgenutzt als andere Grundstücke. In bestimmten Lagen entstehen daher ungefähr die gleichen Gebäudetypen, was dazu führt, dass Bodenwert und Gebäudewert dort nahezu in dem gleichen Verhältnis zueinander stehen» (Möckel (2020, S. 4.1.3/13)).

Im Ergebnis präsentiert der Autor eine Tabelle mit Lageklassenbeschreibungen und dem jeweiligen Bodenwertanteil am Grundstücksgesamtwert. Problematisch hierbei

---

<sup>6</sup>Es ist anzunehmen, dass sich dieser Hinweis auf Gerardy (1980) bezieht. Da dieses Werk durch die Folgewerke (insbesondere die Loseblattsammlung Gerardy et al. (2020)) ersetzt wurde, kann eine diesbezügliche Recherche jedoch nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand betrieben werden. Da die wesentliche Aussage von Möckel (2020) übernommen wird, soll hierauf verzichtet werden.

ist jedoch, dass sich die Verhältniszahlen auf den Zeitpunkt der Neubebauung beziehen. Aufgrund der Wertminderung wegen Alters der baulichen Anlagen wird sich das Werteverhältnis zwischen Boden und Gebäude über dessen Nutzungsdauer permanent ändern. Dies modelliert Möckel, indem er das Maß der Alterswertminderung in die Folgeberechnungen einführt. Jedoch muss hierzu angemerkt werden, dass es sich bei der Alterswertminderung um ein Modell handelt. Inwieweit dies die tatsächliche (marktorientierte) Wertminderung abbildet, muss offen bleiben. Damit ist dieser Ansatz durchaus interessant, dessen Leistungsfähigkeit zur Ableitung marktkonformer Boden- und Gebäudewertanteile jedoch nicht belegt.

### **2.1.3 Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sachverständigem Ermessen**

#### **2.1.3.1 Brandau (1977): Zur Harmonisierung der Bodenwerte.**

Im Kern von Brandaus Beitrag geht es um die Entwicklung eines modifizierten Ertragswertverfahrens, welches Bodenwerte in gedämpfter Form als Verfahrensbestandteil ermittelt. Das Verfahren beruht auf dem Gedanken, aus dem Reinertrag den angemessenen Gebäudewert und den durch die Bebauung beeinflussten Bodenwertanteil eines bebauten Grundstücks zu ermitteln. Der Ertragswert des Grundstücks ergibt sich nach Brandau aus der Summe beider Größen. Eine für das Verfahren wesentliche Komponente ist der Lagewertfaktor. Diesem liegt die Idee zugrunde, dass der Bodenwertanteil eines bebauten Grundstücks in der Regel in einem bestimmten Verhältnis zum Gesamtgrundstückswert stehe. Die Entwicklung des Lagewertfaktors ist jedoch nicht Bestandteil Brandaus Aufsatzes. Sowohl wird die Theorie des Lagewertfaktors als richtig angenommen als auch die Kenntnis des teilmarktspezifischen Lagewertfaktors vorausgesetzt. Damit ist diese Arbeit eher als gedankliches Experiment einzustufen. Ein praktisch belegbarer Nutzen ergibt sich hieraus nicht.

#### **2.1.3.2 Brandau (1980): Bewertung von bebauten Grundstücken.**

Brandau baut mit diesem Beitrag auf seinem vorigen (Brandau (1977)) (vgl. Abschnitt 2.1.3.1) auf und überarbeitet sein modifiziertes Ertragswertverfahren, mit welchem nach Auffassung Brandaus u. a. auch der Bodenwert des bebauten Grundstücks ermittelt werden kann. Wenngleich sowohl der Verfahrensgang als auch die daraus resultierenden Ergebnisse sich nicht unwesentlich voneinander unterscheiden, bleibt dennoch das grundsätzliche Problem der Schätzung des Lagewertfaktors bestehen. Da zudem auch dieses Mal kein Beleg für die Marktkonformität des Verfahrens geliefert wird, ist der praktische Nutzen gering. Zur weiteren Kritik des Verfahrens siehe auch Güttler (1981) (vgl. Abschnitt 2.1.3.3).

### **2.1.3.3 Güttler (1981): Zur Problematik der Ermittlung des Bodenwertes bebauter Grundstücke durch Anwendung eines kombinierten Sach-Ertragswertverfahrens – Anmerkungen zum Lagewertverfahren nach Brandau.**

Güttler untersucht das modifizierte Ertragswertverfahren von Brandau (1980) (vgl. Abschnitt 2.1.3.2) an verschiedenen praktischen Beispielen und kommt zu folgendem Schluss:

«Die interne Zurechnung von Ertragsanteilen auf Boden und Gebäude und die hierauf beruhende Bestimmung des Bodenwertes bebauter Grundstücke nach dem oben diskutierten Verfahren bringt wertermittlungstechnisch im Vergleich zum Ansatz Bodenwert „unbebaut“ keine hinreichend plausibleren Lösungen. Hinzu kommen Probleme bei der hier nicht näher erörterten Ermittlung der „Lagewertzahl“ aus Bodenwert und Baukosten, die sich als Fehlerquelle möglicherweise stark auswirkende Annahme des Zinssatzes und die Ermittlung des (nachhaltigen) Jahresreinertrages, welche starke Schwankungen der Bodenwerte bewirken können, so daß nach dieser Berechnungsmethode keine fundierte Grundlage für die Trennung von Bau- und Bodenwert bebauter Grundstücke gelegt wird» (Güttler (1981, S. 400)).

### **2.1.3.4 Rüffel (1982): Fehlertheoretische Untersuchung zum Lagewertverfahren nach Brandau.**

Rüffel knüpft an die Untersuchungen von Güttler (1981) (vgl. Abschnitt 2.1.3.3) zum Lagewertverfahren von Brandau (1980) (vgl. Abschnitt 2.1.3.2) an und liefert ergänzende Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit des Verfahrens aus fehlertheoretischer Sicht. Er kommt zu dem Schluss, dass sich in Brandaus Verfahren erhebliche Unsicherheiten verbergen.

### **2.1.3.5 Möckel (1984): Zum Bodenwert bebauter Ertragsgrundstücke.**

Möckel stellt fest, dass in Berlin Baulandwerte über den Preisen bebauter Renditegrundstücke liegen, ohne dass die aufstehenden Gebäude als Abbruchobjekte einzuschätzen wären. Er kommt zu dem Schluss, dass diesem Problem nur durch die Berücksichtigung einer Bodenwertdämpfung begegnet werden kann. Sein hier vorgestelltes Modell zur Berechnung der Bodenwertdämpfung gehe auf Ansätze von Gerardy (1980) (vgl. hierzu den Hinweis im Abschnitt 2.1.2.9) und Brandau (1980) (vgl. Abschnitt 2.1.3.2) zurück. Im Kern des Verfahrens steht die Aufteilung des Bodenwertes in einen rentierlichen und einen unrentierlichen Anteil. Beide Anteile werden auf unterschiedlichem Weg berechnet, liegen in ihrer Summe aber unter dem als unbebaut betrachteten Vergleichsbodenwert.

Möckel selbst merkt an, dass das Verfahren mit „[...] erheblichen Unsicherheiten behaftet ist“ (Möckel (1984, S. 250)). Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass verschiedene Größen im Rahmen des Verfahrens geschätzt werden müssen. Darüber hinaus erbringt der Autor keinen Nachweis der Marktkonformität seines Ver-

fahrens. Somit mag es vor dem Hintergrund der in Berlin bestehenden Bodenrichtwertsituation durchaus geeignet sein, Verkehrswerte nach dem Ertragswertverfahren zu ermitteln; die Plausibilität der ermittelten Bodenwertanteile muss jedoch kritisch hinterfragt werden.

#### **2.1.3.6 Möckel (1989): Zur Bedeutung und Ermittlung des aktuellen Bodenwertes bebauter Grundstücke im Ertragswertverfahren.**

In diesem Beitrag stellt Möckel das „Berliner Modell“ vor, welches im Wesentlichen dem in Möckel (1984) (vgl. Abschnitt 2.1.3.5) vorgestellten Verfahren entspricht. Dementsprechend hat sich auch nichts an der Aussagekraft des Verfahrens geändert. Auch der Autor ist sich dessen bewusst. Er weist ausdrücklich darauf hin, dass das Berliner Modell „[...] *eine* der Möglichkeiten, einen fiktiven Bodenwert zu quantifizieren“ (Möckel (1989, S. 166), Hervorh. im Original) darstellt.

#### **2.1.3.7 Groß (1998): Geminderter Bodenwert bei bebauten Grundstücken.**

Groß folgt dem bereits von Bonorden (1974) (vgl. Abschnitt 2.1.1.2) vertretenen Ansatz: Wenn zwischen Bodenwert und Gebäudewert eine genau definierte Wertrelation besteht, müsse diese auch für die gesamte Lebensdauer des Gebäudes erhalten bleiben. Leider lässt auch Groß nicht erkennen, ob seine Schlüsse auf empirischen Untersuchungen oder lediglich auf Gedankenexperimenten beruhen. Die Intention, welche Groß mit seinem auf dieser These beruhenden mathematischen Ansatz verfolgt, lässt jedoch erkennen, dass es nicht um die Abbildung des üblichen Markthandelns geht. Vielmehr ist sein Ansatz, sehr ähnlich denen von Möckel (1984) (vgl. Abschnitt 2.1.3.5) und Möckel (1989) (vgl. Abschnitt 2.1.3.6), darauf ausgelegt, verfahrenstechnische Probleme im Zug der Verkehrswertermittlung zu beseitigen. Er selbst weist folgendermaßen darauf hin:

«**Kein Handlungsbedarf** besteht, wenn der Verkehrswert (Gesamtwert) eines aus Grundstück [gemeint ist der Grund und Boden, Anm. d. Verf.] und Gebäude/n bestehenden Anwesens im klassischen Ertrags- oder Sachwertverfahren zu ermitteln ist und der Ansatz des „unbebauten“ Bodenwertes in diesen Verfahren entweder plausibel ist oder akzeptiert wird, weil Grundstücks- und Gebäudewert nicht in einem offensichtlich unvernünftigen Verhältnis zueinanderstehen» (Groß (1998, S. 1 f.), Hervorh. im Original).

#### **2.1.3.8 Möckel (2002): Bodenwerte von Ertragsgrundstücken mit Bestandsbebauung bei hohem Bodenwertniveau.**

Möckel liefert eine Modifizierung des Berliner Modells gemäß Möckel (1989) (vgl. Abschnitt 2.1.3.6). Das hier vorgestellte Verfahren, welches als „2. Berliner Modell“ bezeichnet wird, dient ebenfalls der Ermittlung von gedämpften Bodenwerten im

Rahmen der Ertragswertermittlung. Ein Nachweis der Marktkonformität seines Verfahrens unterbleibt jedoch auch hier. Sich dieses Problems bewusst, legitimiert er sein Modell folgendermaßen:

«**Möglichst einfache**, aber dennoch plausible Funktionen für Bodenwert(minderungs)faktoren bedürfen einiger Vorgaben, wie sie bei jeder Aufschlüsselung von Gesamtwerten (Kaufpreisen) in einen Boden- und einen Gebäudeanteil unumgänglich sind. Auch der durch die WertV vorgegebene Ansatz mit voller Verzinsung des Bodenwerts im klassischen Ertragswertverfahren ist rein hypothetisch und ebenso wenig „beweisbar“ wie ein geminderter verzinslicher Bodenwert» (Möckel (2002, S. 265), Hervorh. im Original).

Dieser Einschätzung ist jedoch insofern entgegenzutreten, dass das klassische Ertragswertverfahren nicht die Aufgabe hat, marktkonforme Bodenwertanteile bebauter Grundstücke zu ermitteln. Die in das Verfahren eingehenden Bodenwerte dienen ausschließlich der Verkehrswertermittlung des Gesamtgrundstücks. Modelldefekte werden im Wesentlichen durch den empirisch zu ermittelnden Liegenschaftszinssatz kompensiert. Die Zielsetzung des 2. Berliner Modells besteht jedoch gerade in der Ableitung plausibler und nachvollziehbarer Bodenwerte.

#### **2.1.4 Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition mittels sonstiger Ansätze**

##### **2.1.4.1 Kleiber (1975): Zur Harmonisierung der Bodenwerte.**

Der Autor spricht sich gegen die Berücksichtigung einer Bodenwertdämpfung aus. Seiner Auffassung nach entspreche die Gleichbewertung von bebautem und unbebautem Boden der Rechtsprechung, einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise, dem gesetzgeberischen Willen und dem Inhalt der Wertermittlungsverordnung. Nun ist anzumerken, dass Fragen der Verkehrswertermittlung in erster Linie wissenschaftlicher Natur sind. Der Gesetzgeber ist sich dessen durchaus bewusst. Sehr treffend spiegelt dies einige Jahre später der Bundesrat in seinem „Entwurf eines Gesetzes über das Baugesetzbuch“ wider:

«§ 142 Abs. 3 des geltenden Rechts, wonach bei bebauten Grundstücken nach Möglichkeit der Bodenwert getrennt anzugeben ist, und zwar so, wie wenn der Boden unbebaut wäre, soll in Zukunft entfallen. Hierfür ist ausschlaggebend, daß diese Vorschrift zu Mißverständnissen führen kann. Aus ihr muß nämlich geschlossen werden, daß der Bodenwert eines bebauten Grundstücks ein anderer ist, als der eines unbebauten Grundstücks. Dies ist aber in Wissenschaft und Praxis heftig umstritten und kann auch von Fall zu Fall unterschiedlich beurteilt werden» (Bundesrat (1985, S. 150)).

Der Klärung wissenschaftlicher Fragen mit dem gesetzgeberischen Willen und der Rechtsprechung zu begegnen ist daher nicht weiter hilfreich.

Positiv hervorzuheben ist jedoch der Ansatz der wirtschaftlichen Betrachtungsweise. Letztendlich dient die Verkehrswertermittlung der Beschreibung wirtschaftlichen



Handelns. Dieses zu modellieren und in die Verkehrswertermittlung einfließen zu lassen, ist sinnvoll. Jedoch lässt Kleiber offen, auf welcher Grundlage seine Einschätzung beruht, die Gleichsetzung von bebauten und unbebauten Boden entspreche einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise.

#### **2.1.4.2 Lucht (1977): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke.**

Lucht beabsichtigt das Maß der Bodenwertdämpfung anhand realer Vergleichsdaten zu ermitteln. Hierzu stehen ihm 32 Kauffälle unbebauter Grundstücke aus den Jahren 1966 bis 1975 sowie 100 Kauffälle citynaher bebauter Ein- und Zweifamilienhausgrundstücke aus den Jahren 1972 bis 1976 zur Verfügung. In den untersuchten Zonen bestehe ein weitestgehend einheitliches Bodenrichtwertniveau.

Der Autor entwickelt nun zunächst ein lineares Regressionsmodell, welches den Kaufpreis als Zielgröße und den Gebäudesachwert sowie die Grundstücksfläche als Regressoren vorsieht. Mit diesem versucht er die erforderliche Anpassung der Modellgröße Gebäudesachwert an die Marktgröße Kaufpreis aufzudecken. Das Modell lasse sich nach Auskunft Luchts mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,91$  auflösen.

Mit einem zweiten linearen Regressionsmodell, welches den Bodenwert des bebauten Grundstücks als Zielgröße und allein die Grundstücksfläche als Regressor aufweist, versucht er die Bodenwertdämpfung zu quantifizieren. Je nach untersuchter Zone lässt sich das Modell jedoch nur noch mit Bestimmtheitsmaßen  $R^2$  von 0,51 bis 0,17 auflösen. Damit scheint es nicht geeignet zu sein, das tatsächliche Marktgeschehen angemessen zu beschreiben. Zudem fällt die Datenlage über den gesamten Beobachtungszeitraum relativ dünn aus. Dennoch ist bemerkenswert, dass Lucht mit seinem Beitrag versucht, das Marktgeschehen mit den Mitteln der Statistik zu beschreiben und objektive sowie jederzeit nachprüfbar Ergebnisse zu liefern. Damit unterscheidet sich seine Vorgehensweise wesentlich von der vieler anderer Autoren.

#### **2.1.4.3 Bundesministerium der Finanzen (2018): Anleitung für die Berechnung zur Aufteilung eines Grundstückskaufpreises.**

Ist für steuerliche Zwecke eine Aufteilung des Kaufpreises eines bebauten Grundstücks in die auf das Gebäude sowie auf den Grund und Boden entfallenden Anteile erforderlich, wird das folgende durch höchstrichterliche Rechtsprechung gedeckte Verfahren verwendet (vgl. Bundesministerium der Finanzen (2018, S. 1 ff.)):

1. Der Wert des Grund und Bodens wird auf der Grundlage der Bodenrichtwerte ermittelt. Dabei wird der Bodenwert des bebauten Grundstücks dem eines unbebauten Grundstücks gleichgesetzt.

2. Auf der Grundlage der NHK 2010 wird unter Berücksichtigung der Außenanlagen, einer linearen Alterswertminderung von maximal 70 % und eines Baupreisindexes der Wert der baulichen Anlagen geschätzt.
3. Die sich ergebende Relation aus Bodenwertanteil und Gebäudewertanteil wird auf den Kaufpreis übertragen.

Damit kommt das Verfahren ohne Sachwertfaktor aus. Dieser kann unberücksichtigt bleiben, da vorausgesetzt wird, dass im Rahmen des Sachwertverfahrens der Sachwertfaktor auf den Grund und Boden einerseits und das Gebäude andererseits gleichermaßen wirkt (vgl. Bundesministerium der Finanzen (2018, S. 1)). Die Relation zwischen dem Gebäude- und Bodenwertanteil bleibt demnach unabhängig vom Sachwertfaktor gleich.

Sollte diese Überlegung marktkonform sein, würde dies aber voraussetzen, dass beide Modellgrößen (Gebäudewert und Bodenwert) über Defekte in derselben Größenordnung verfügen. Das ist jedoch kaum zu erwarten. Ist bei der Bodenwertermittlung etwa die Grundstücksfläche, der Grundstückszuschnitt, die bauliche Ausnutzung, die Lage im Erschließungssystem usw. zu berücksichtigen, sind bei der Sachwertermittlung des Gebäudes die Normalherstellungskosten, die Alterswertminderung, die Restnutzungsdauer, der Baupreisindex usw. an den Markt anzupassen. Vor diesem Hintergrund wurde bereits von Stumpf (1969) darauf hingewiesen, dass ohne eine ausreichende Modellierung aller wertrelevanten Eingangsgrößen sich nur unbefriedigende Ergebnisse erzielen lassen.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass durch die Übertragung des Wertverhältnisses zwischen Boden und Gebäude vom vorläufigen Sachwert auf den Kaufpreis unterstellt wird, dass der Marktteilnehmer den Preis für die Einzelbestandteile einer Sache in unverändertem Maßstab in die Preisfindung für die Sache als Ganzes einfließen lässt. Dieser Nachweis ist bisher jedoch ausgeblieben. Das verwendete Verfahren kann damit in Bezug auf seine Marktnähe nicht als valide eingestuft werden. Die Autoren selbst führen an:

«Es handelt sich um eine qualifizierte Schätzung, die sachverständig begründet widerlegbar ist» (Bundesministerium der Finanzen (2018, S. 1)).

## **2.1.5 Beiträge zur Bodenwertableitung oder Repartition ohne Benennung eines spezifischen Ansatzes**

### **2.1.5.1 Meissner (1975): Unterschiede von bebauten und unbebauten Grundstücken.**

Meissner stellt die Aussagen von Streich (1974) (vgl. Abschnitt 2.1.2.2) infrage. Er widerspricht der Theorie der Bodenwertbeeinflussung durch die aufstehenden Gebäude (Bodenwertdämpfung) zwar nicht grundsätzlich, jedoch spricht er sich gegen eine Bodenwertdämpfung in konstanter Form aus. Leider gibt der Autor keine Auskunft darüber, auf welcher Datenbasis seine These beruht.

### **2.1.5.2 Kleiber (1977): Zum sog. „Lagewertverfahren“ – Abschließende Stellungnahme zum vorstehenden Beitrag.**

Dieser Beitrag folgt in der Ausgabe der VR vom März 1977 dem Beitrag von Brandau (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.3.1) und bezieht sich auf diesen. Kleiber geht dabei auf verschiedene Aspekte des von Brandau entwickelten Verfahrens ein und beurteilt diese kritisch. Da das Verfahren unter Abschnitt 2.1.3.1 aufgrund der Problematik des Lagewertfaktors bereits als ungeeignet zur Lösung der behandelten Fragestellung kommentiert wurde, soll auf die von Kleiber vorgebrachten Details nicht weiter eingegangen werden. Wesentlicher ist dagegen Kleibers grundsätzlicher Standpunkt zur Bewertung bebauten Bodens, welcher sich primär an praktischen Gesichtspunkten orientiert als an wissenschaftlichen Erkenntnissen:

«Einen endgültigen Beweis für die Richtigkeit der jeweils vertretenden Auffassung [gemeint sind die Auffassungen zur Bewertung bebauten Bodens, Anm. d. Verf.] mußten und müssen beide Seiten schuldig bleiben, solange der Boden und die Bausubstanz eines Grundstücks im gewöhnlichen Geschäftsverkehr nur gemeinsam gehandelt werden. Diejenigen aber, die die These von bausubstanzabhängigen Bodenwerten vertreten, befinden sich in der (bewertungstheoretisch) schwierigeren Situation, da sie nämlich die Wertminderung des Bodens gegenüber vergleichbaren unbebauten Grundstücken ohne direkten Preisvergleich quantifizieren müssen» (Kleiber (1977, S. 74)).

Kleibers Argumentation ist nicht schlüssig. Sowohl die Annahme der Ungleichheit als auch die der Gleichheit von bebautem und unbebautem Boden sind Thesen, deren Beweis auf Marktkonformität gleichermaßen komplex ausfällt.<sup>7</sup> Sofern das Bewertungsergebnis marktkonform ausfallen soll, stehen also somit die Anhänger beider Thesen in der Pflicht, einen entsprechenden Nachweis vorzutragen. Dass sich der Gesetzgeber zugunsten einer Vereinheitlichung der Wertermittlungsansätze für eine Variante entschieden hat, ist noch kein Beleg dafür, dass diese auch tatsächlich marktkonform ist. Auf das Fehlen eines entsprechenden wissenschaftlichen Belegs weist der Autor im Übrigen selbst hin:

«Angesichts dieser durchweg unbefriedigenden Situation hielt es der Ausschuß für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau [...] dankenswerterweise für geboten, die wissenschaftliche Streitfrage, ob eine getrennte Ermittlung von Gebäudewert und Bodenwert überhaupt richtig ist und ob der Bodenwert eines bebauten Grundstücks so zu bewerten ist, als wäre das Grundstück unbebaut, gesetzgeberisch zu entscheiden» (Kleiber (1977, S. 74 f.))

### **2.1.5.3 Lucht (1978a): Stellungnahme zu den Argumenten von Herrn Hannen.**

Lucht fasst als Erwiderung auf den Beitrag von Hannen (1978) (vgl. Abschnitt 2.1.1.4) noch einmal die Grundgedanken seines Beitrages aus dem Jahr 1977 (Lucht (1977), vgl. Abschnitt 2.1.4.2) zusammen. Neue Erkenntnisse werden jedoch nicht vermittelt.

<sup>7</sup>Zur Anforderung eine Marktbeurteilung zu belegen, sei es nun die Ungleichheit oder die Gleichheit, vgl. z. B. Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 7).

#### **2.1.5.4 Möckel (1978): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke.**

Möckel nimmt Bezug auf Lucht (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.4.2) und hinterfragt den gewählten Regressionsansatz und die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse. Er kritisiert, dass das Modell nicht auf die technischen Gebäudeeigenschaften (Wohnfläche, Ausstattung, Alter etc.) eingehe.

#### **2.1.5.5 Lucht (1978b): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke II.**

Lucht reagiert mit diesem Beitrag auf die Anmerkungen von Möckel (1978) (vgl. Abschnitt 2.1.5.4). Er liefert vertiefende Informationen zum Bremer Grundstücksmarkt und zu seinen Überlegungen zur Auswertung in Lucht (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.4.2). Eine Anpassung oder Weiterentwicklung seines Modells erfolgt jedoch nicht.

#### **2.1.5.6 Sprengnetter (1978): Fortbildungsseminar des Deutschen Vereins für Vermessungswesen über „Grundstücksbewertung“ vom 11. bis 14. Oktober 1977 und vom 28. Februar bis 3. März 1978 (Wiederholungsseminar) in Bonn.**

In seinem Beitrag geht der Autor auf das Modell von Lucht (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.4.2) ein und kritisiert dessen Interpretation des Regressionsmodells:

«Da es grundsätzlich nicht zulässig ist, Teile einer multiplen Regressionsfunktion zu verselbständigen (weder für Berechnungen noch für Interpretationen), kann hierin jedoch nicht der Beweis dafür gesehen werden, dass es in Bremen den sog. „gedämpften Bodenwert“ gibt» (Sprengnetter (1978, S. 270 f.), zitiert aus Sprengnetter (2020a, S. 5/2/2/4).

#### **2.1.5.7 Seele (1988): Zur Bedeutung und Ermittlung des aktuellen Bodenwertes bebauter Grundstücke.**

Seele entwickelt ein Modell zur Ableitung des „aktuellen Bodenwertes“, d. h. des Bodenwertes, welcher der tatsächlich vorhandenen Bebauung angemessen ist. Sein Beitrag zielt damit auf nicht planungsadäquat bebaute Grundstücke ab. Der Bodenwertanteil eines planungsadäquat bebauten Grundstücks entspricht nach Seeles Auffassung dagegen dem des unbebauten Grundstücks. Darauf habe auch das Alter des Gebäudes keinen Einfluss (vgl. Seele (1988, S. 367)). Dennoch schließt der Autor die Berücksichtigung einer Bodenwertdämpfung nicht kategorisch aus:

«Daß unterschiedliche Meinungen zum Bodenwert bebauter Grundstücke bestehen, zeigt sich in der diesbezüglichen Literatur [...]. Im Kern geht es um die Frage, ob der Bodenwert eines bebauten Grundstücks mit dem übereinstimmt, den das Grundstück hätte, wenn es unbebaut wäre und allein aus dem Grund und Boden bestünde (bloßes Grundstück).

Auch wenn diese Frage verneint wird, sollte unter dem Bodenwert schlechthin stets, insbesondere bei bebauten Grundstücken, der Verkehrswert des bloßen Grundstücks verstanden werden. Diese Forderung schließt nicht aus, daneben einen besonderen, die Bebauung des Grundstücks berücksichtigenden Bodenwert zu definieren und im Sinne des Verkehrswertes zu verwenden» (Seele (1988, S. 365)).

#### **2.1.5.8 Möckel (1995): Besonderheiten des Bodenwertes bebauter Grundstücke in der WertV und der Berliner Grundstücksmarkt.**

Möckel spricht mit seinem Beitrag erneut das Problem der unplausiblen Verfahrensergebnisse an, welche sich ergeben, wenn für den Berliner Grundstücksmarkt angenommen werde, der Bodenwert eines bebauten Grundstücks entspreche dem des unbebauten Grundstücks. Er fordert das Folgende:

«Es wäre in dieser Richtung sicherlich hilfreich, wenn das starre Dogma, daß der Bodenwert eines bebauten Grundstücks *immer* identisch ist mit dem Bodenwert eines unbebauten Grundstücks gleicher Lage, endlich aufgegeben würde und in der WertV entsprechenden Niederschlag finden würde» (Möckel (1995, S. 235 f.), Hervorh. im Original).

#### **2.1.5.9 Reuter (2006): Zur Ermittlung von Bodenwerten in kaufpreisarmen Lagen.**

Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine Studie, mit welcher der Autor die Vorgehensweise der Gutachterausschüsse zur Bodenrichtwertermittlung in kaufpreisarmen Lagen untersucht. Als Datengrundlage dienen die Auskünfte von über 200 Gutachterausschüssen. Hierbei ergab sich eine bemerkenswerte Erkenntnis:

«Bei der Frage nach dem passenden Verfahren der Abspaltung des Bodenanteils am Gesamtkaufpreis eines Grundstücks trat auch zutage, dass die Angabe des Bodenanteils im Kaufvertrag bei der Ermittlung von Bodenwerten und Bodenrichtwerten (zumindest ergänzend) eingesetzt wird» (Reuter (2006, S. 98)).

Nun stellt sich die Frage, wie marktkonform dieser Ansatz ist. Drei Szenarien sind zu unterscheiden:<sup>8</sup>

1. Die Kaufpreisaufteilung spiegelt den Prozess der Kaufpreisfindung wider. Die Vertragsparteien haben sich vor dem Hintergrund einer Werteinschätzung des Grund und Bodens sowie der baulichen Anlagen auf einen Preis geeinigt und halten diese Verhandlungsgrundlage im Kaufvertrag fest.
2. Die Kaufpreisaufteilung wird mit einer spezifischen Zielsetzung vorgenommen – etwa aus steuerrechtlichen Erwägungen.
3. Die Kaufpreisaufteilung erfolgt nach willkürlich gewähltem Ansatz.

<sup>8</sup>Vgl. Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 10).

Wenn nun die Kaufpreisaufteilung gemäß Kaufvertrag dem Anspruch an 1. genügt, handelt es sich um eine sehr wertvolle Information, welche das tatsächliche Handeln der Vertragsparteien widerspiegelt und eine überaus wertvolle Hilfe zur Entwicklung eines marktkonformen Repartitionsmodells darstellt. Folgt die Kaufpreisaufteilung jedoch den Ansätzen nach 2. oder 3. ist sie für die vorliegende Fragestellung absolut wertlos. Das Problem ist nun, dass aus dem Kaufvertrag nicht ersichtlich ist, auf welcher Grundlage die Kaufpreisaufteilung beruht. Auch eine Befragung der Vertragsparteien dürfte aus naheliegenden Gründen wenig erfolgversprechend sein. Insofern fasst Reuter (2006) zusammen:

«Erfahrungsgemäß ist bei solchen Vertragsangaben Vorsicht geboten. Sie sollten vorab auf Plausibilität überprüft werden» (Reuter (2006, S. 98)).

#### **2.1.5.10 Kleiber (2020): Verkehrswertermittlung von Grundstücken.**

In seiner Kommentierung zur ImmoWertV geht der Autor erneut auf die Frage der Bodenwertdämpfung ein. Er stellt fest:

«Im Kern geht es bei dem aufgeworfenen Problem des „richtigen“ Bodenwerts bebauter Grundstücke nicht um die Frage nach der tatsächlichen Höhe des Bodenwerts (i. S. der Definition des Verkehrswerts nach § 194 BauGB), denn der Grund und Boden ist für sich allein aufgrund der Schicksalsgemeinschaft von Boden und Bebauung im Allgemeinen nicht „verkehrsfähig“ und ließe sich ohnehin nicht direkt aus dem Markt ableiten. Es muss vielmehr darum gehen, welcher Bodenwert aus Gründen der Praktikabilität und der mit der Wertermittlung verbundenen Zielsetzung anzusetzen ist. Dabei ist zunächst in Erinnerung zu rufen, dass es hier i. d. R. um die Ermittlung des (*Gesamt*-)Verkehrswerts eines bebauten Grundstücks nach dem durch die ImmoWertV vorgegebenen Wertermittlungsverfahren geht [...]» Kleiber (2020, Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 56, Zugriff 26.01.2018), Hervorh. im Original).

Nun ist hierzu auszuführen, dass es sicher richtig ist, dass die überwiegende Zielsetzung der Wertermittlung in der Ableitung von Verkehrswerten ohne differenzierte Ausweisung der jeweiligen Boden- und Gebäudewertanteile besteht. Jedoch wird hierbei offensichtlich ignoriert, dass es durchaus diesbezügliche Aufgabenstellungen gibt (vgl. hierzu etwa die im Abschnitt 1 zitierten Ausführungen von Möckel (2020)). An dieser Stelle allein mit der „Praktikabilität“ zu argumentieren, ist nicht zielführend.

#### **2.1.5.11 Möckel (2020): Bodenwert bebauter Grundstücke.**

Der Autor stellt in seinem Beitrag zum Handbuch „Praxis der Grundstücksbewertung“ (Gerardy et al. (2020)) verschiedene Ansätze zur Ermittlung der Boden- und Gebäudewertanteile bebauter Grundstücke vor.<sup>9</sup> Damit zeigt er einerseits eine angenehme Offenheit Lösungsvorschlägen Dritter gegenüber, lässt andererseits aber auch

<sup>9</sup>Sämtliche Beiträge werden auch in der vorliegenden Arbeit behandelt. Auf eine Zusammenfassung der Inhalte kann somit an dieser Stelle verzichtet werden. Es handelt sich um die folgenden Beiträge: Lucht (1977), Möckel (1984), Seele (1988), Vogel (1995), Groß (1998), Möckel (2002), Gerardy (siehe Möckel (2020)).

erkennen, dass noch kein Ansatz eine allgemeine Anerkennung erfahren konnte. Denn welcher unter den vorgestellten und inhaltlich sich teilweise durchaus widersprechenden Ansätzen nun ein marktkonformes Ergebnis liefert, bleibt offen.

### 2.1.5.12 Sprengnetter (2020a): Immobilienbewertung. Lehrbuch und Kommentar.

In Teil 5 des Lehrbuches geht der Autor auf die „Grundsätze der Ermittlung des Bodenwert(anteil)s bebauter Grundstücke“ ein. In diesem Zusammenhang verweist er zunächst auf verschiedene Veröffentlichungen, ohne jedoch deren Inhalte tiefer zu diskutieren.<sup>10</sup> Auf diese Weise wird zwar ein sehr guter Eindruck über die Vielfältigkeit der Standpunkte vermittelt, ein wissenschaftlich fundiertes Ergebnis wird jedoch nicht abgeleitet. Vielmehr schließt sich Sprengnetter dem Standpunkt von Kleiber (1977) (vgl. Abschnitt 2.1.5.2) an und zieht im Wesentlichen aus praktischen Erwägungen die Gleichbewertung von bebautem und unbebautem Boden vor. Er fasst zusammen:

«Es erscheint **nicht ratsam**, wegen des nur scheinbaren „Vorteils“ des gedämpften Modells (marktnäherer vorläufiger Sachwert), der zudem nur beim Sachwertverfahren besteht, **die sonstigen Nachteile der gedämpften Modelle in Kauf zu nehmen, namentlich:**

- **zusätzlicher Rechenschritt „Dämpfung“, der zudem bei nicht linearer Dämpfung die Bewertungsmodelle u. U. wesentlich verkompliziert, ohne dass er Auswirkungen auf die Bewertungsergebnisse hat;**
- **„Glaubenskrieg“, ob Bodenwerte und/oder Gebäudewerte gedämpft werden sollen.**

[...]

Bei der Bewertung bebauter Grundstücke, die so genutzt sind, wie sie nach Freilegung und Neubebauung wirtschaftlich optimal genutzt würden, sollte kein genereller Bebauungsabschlag am Bodenwert angebracht werden; der Bodenwert sollte als sog. „freigelegter Bodenwert“ angesetzt werden» (Sprengnetter (2020a, S. 5/2/4/1), Hervorh. im Original).

Insofern muss auch hier vorgetragen werden, dass die Einfachheit eines Verfahrens nicht über dessen Marktkonformität entscheiden kann. Sofern das Verfahrensziel allein im Verkehrswert besteht, welcher sich zweifelsfrei aus den gegebenen Modellgrößen ableiten lässt, ist hiergegen nichts einzuwenden. Ist aber der Bodenwert eines bebauten Grundstücks oder dessen Gebäudewert das Ziel der Wertermittlung, ist die von Sprengnetter vorgetragene Argumentation nicht zielführend.

<sup>10</sup>Sämtliche Beiträge werden auch in der vorliegenden Arbeit behandelt. Auf eine Zusammenfassung der Inhalte kann somit an dieser Stelle verzichtet werden. Es handelt sich um die folgenden Beiträge: Kleiber (1975), Freise (1977), Brandau (1977), Kleiber (1977), Lucht (1977), Hannen (1978), Lucht (1978a), Möckel (1978), Lucht (1978a), Sprengnetter (1978), Seele (1988).

## 2.2 Bodenwertermittlung über den direkten und indirekten Preisvergleich

Wie aus Abschnitt 2.1 ersichtlich ist, wurde bereits viel Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Repartition von Kaufpreisen oder Verkehrswerten bebauter Grundstücke geleistet. Das primäre Ziel hierbei ist, aus dem Kaufpreis oder Verkehrswert eines bebauten Grundstücks den Bodenwertanteil zu extrahieren und diesen nach Anpassung an die Wertverhältnisse unbebauter Grundstücke der Bodenrichtwertermittlung zuzuführen. Sicherlich auch, weil keiner der vorgeschlagenen Ansätze allgemeine Anerkennung finden konnte, die Bodenrichtwertableitung aber zu den gesetzlichen Pflichtaufgaben der Gutachterausschüsse gehört und lückenlos oft nur mit großen Schwierigkeiten erfüllt werden kann, wurden zahlreiche alternative Verfahren zur Bodenrichtwertermittlung entwickelt. Diese beruhen auf den Ansätzen des direkten oder indirekten Preisvergleichs. Eine Betrachtung und Beurteilung dieser Verfahren erfolgt in den Abschnitten 2.2.1 und 2.2.2.

### 2.2.1 Verfahren des direkten Preisvergleichs

Der direkte Preisvergleich basiert auf der Annahme, dass die Eigenschaften eines Gutes über dessen angemessenen Preis<sup>11</sup> entscheiden. Sind die Eigenschaften zweier Güter identisch, muss auch der angemessene Preis beider Güter identisch sein. Gilt dies auch für den Immobilienmarkt, muss der angemessene Preis eines Grundstücks auf ein anderes übertragbar sein, wenn beide Grundstücke sich in ihren wertbestimmenden Merkmalen entsprechen.<sup>12</sup> Insofern ist der direkte Preisvergleich ein sehr einfaches und zuverlässiges Verfahren zur Immobilienwertermittlung. Das Problem besteht jedoch in der Verfügbarkeit der erforderlichen Vergleichsdaten:

1. Nur selten sind zwei Grundstücke in ihren wertbestimmenden Eigenschaften identisch. Selbst geringfügige Lageunterschiede – bei bebauten Grundstücken etwa am Anfang oder Ende derselben Anliegerstraße oder bei Wohnungseigentumen in der Geschosslage desselben Gebäudes – können zu unterschiedlichen angemessenen Preisen führen.
2. Da die Kaufpreise für Immobilien i. d. R. frei verhandelt werden, decken sich die tatsächlich vereinbarten Kaufpreise nicht zwangsläufig mit den angemessenen Kaufpreisen.<sup>13</sup> Um sich dem angemessenen Kaufpreis anzunähern, ist daher eine größere Anzahl an vergleichenden Kaufpreisen erforderlich. Dies verschärft das unter 1. genannte Problem weiter.

<sup>11</sup>Zu den Begrifflichkeiten „Preis“ und „Wert“ siehe Abschnitt 4.1.2.

<sup>12</sup>Vgl. § 15 Abs. 1 ImmoWertV.

<sup>13</sup>Vgl. Sprengnetter (1982, S. 39). Vor dem Hintergrund der freien Verhandelbarkeit und der Unvorhersehbarkeit des Ergebnisses bezeichnet dieser den Kaufpreis als stochastisch unabhängige Zufallsgröße.



Insofern kommt der direkte Preisvergleich nur in seltenen Ausnahmefällen zur Anwendung. In Bezug auf die Bodenrichtwertermittlung schreiben Kötter und Guhl (2013) hierzu:

«Da oft weder die Qualität des Vergleichsgrundstücks mit der des Bodenrichtwertgrundstücks noch die allgemeinen Wertverhältnisse (Konjunktur) zur Zeit der Preisbemessung mit denen am Stichtag für die BRW vollkommen übereinstimmen, wird der indirekte Preisvergleich zum Standardverfahren» (Kötter und Guhl (2013, S. 1)).

Ohne dass sich aus dem Vorgenannten eine grundsätzlich andere Aussage ergibt, sei darauf hingewiesen, dass Reuter (1989, S. 178) auch den Vergleich von Bewertungsobjekten, die sich in *einem* Merkmal unterscheiden, zum direkten Preisvergleich zählt.

## 2.2.2 Verfahren des indirekten Preisvergleichs

Anders als der direkte Preisvergleich ist der indirekte Preisvergleich nicht auf die (annähernd) vollständige Gleichheit von Bewertungsgrundstück und Vergleichsgrundstück angewiesen. Mittels verschiedener Methoden werden die relevanten Grundstücksmerkmale und damit die Wertunterschiede erfasst und berücksichtigt.

Gerade mit dem Ziel der Bodenrichtwertermittlung wurde in jüngerer Vergangenheit viel Entwicklungsarbeit in Verfahren des indirekten Preisvergleichs investiert. Zum einen machten wachsende Anforderungen an die amtliche Wertermittlung die massenhafte Bereitstellung von Bodenrichtwerten erforderlich, zum anderen ermöglichten Entwicklungen im Bereich der Informations- und Datenverarbeitungstechnik den effizienten Einsatz insbesondere mathematisch-statistischer Verfahren. So wurden etwa in den 1990er Jahren Bodenrichtwerte für die neuen Bundesländer in großem Umfang mittels statistischen Preisvergleichs entwickelt. Beispielhaft hierfür sollen die Ansätze von Sommer und Zimmermann (1991), Hüttenrauch et al. (1992) sowie Upmeyer (1999) genannt werden.

Mit Novellierung des § 196 BauGB im Jahr 2009 wurde die flächendeckende Bereitstellung zonaler Bodenrichtwerte erforderlich. Auch hier konnten im indirekten Preisvergleich Bodenrichtwertzonen definiert werden – je nach gewähltem Ansatz sogar mit einem hohen Automatisierungsgrad.

Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang die Arbeit der DIA-Consulting AG Freiburg, welche in Zusammenarbeit mit dem Gutachterausschuss für die Ermittlung von Grundstückswerten in Freiburg im Breisgau ein vollständig neues zonales Bodenrichtwertsystem für dessen Zuständigkeitsbereich aufbauen konnte (Thomsen und Nitsch (2010)). Hierzu wurde anhand von etwa 2.200 Referenzgrundstücken im statistischen Vergleich ein Indikatorenset von rund 130 Grundstücksmerkmalen hedonisch modelliert und die sich daraus als wertrelevant ergebenden Indikatoren zur IT-unterstützten Schaffung von Bodenrichtwertzonen verwendet.

Einen ähnlichen Weg wählte der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Essen. Mit einem Indikatorenset von über 60 Grundstücksmerkmalen wurden

unter Verwendung des Verfahrens der Geographically Weighted Regression anhand von ca. 1.200 Vergleichsgrundstücken 6.800 Bodenrichtwertzonen gebildet (Knospe und Schaar (2011)).

Mit grundsätzlichen Fragen der Modellierung von Bodenrichtwerten im indirekten Vergleich, insbesondere zum Zweck der Bodenrichtwertableitung in kaufpreisarmen Lagen beschäftigen sich Jeschke (2011), Zeißler (2012) und Hendricks (2017).

Voß und Bakker (2017) erforschen den Ansatz, die Lagequalität mithilfe von aggregierten Geodaten zu beschreiben und der Bodenrichtwertermittlung zuzuführen.

Da der indirekte Preisvergleich jedoch nicht Thema der vorliegenden Arbeit ist, soll an dieser Stelle kein ausführliches Literaturreview erfolgen. Stattdessen soll auf die systematische Zusammenstellung der mittlerweile in der Wertermittlung etablierten Verfahren des indirekten Preisvergleichs nach Kötter und Guhl (2013) zurückgegriffen werden. Diese findet sich in Tabelle 2.1. Eine Beurteilung der Verfahren folgt in Abschnitt 2.3

## **2.3 Zusammenfassung und Beurteilung der Verfahren zur Bodenwertermittlung und Repartition**

Wie aus den Abschnitten 2.1 und 2.2 ersichtlich ist, stehen grundsätzlich zahlreiche Ansätze zur Bodenwertableitung im Sinn der ImmoWertV zur Verfügung. Diese basieren auf einer Umkehrung der Wertermittlungsverfahren (Abschnitt 2.1.1), auf der These der konstanten Wertverhältnisse zwischen Boden und Gebäude (Abschnitt 2.1.2), auf freier sachverständiger Einschätzung (Abschnitt 2.1.3), auf sonstigen nicht klassifizierbaren Ansätzen (Abschnitt 2.1.4), auf dem direkten Preisvergleich (Abschnitt 2.2.1) oder dem indirekten Preisvergleich (Abschnitt 2.2.2). Zur Aufteilung des Kaufpreises in seine auf Boden und Gebäude entfallenden Anteile im ökonomischen Sinn (Repartition) stehen bisher nur die Verfahren der freien sachverständigen Einschätzung zur Verfügung (Abschnitt 2.1.3). Die anderen Ansätze sind hierzu nicht in der Lage, da sie mit dem Bodenwert und Gebäudewert jeweils im Sinn einer Modellgröße arbeiten. Ein Bezug zu den jeweiligen Marktgrößen – also dem Bodenwert und Gebäudewert im Verständnis der Marktteilnehmer – ist zunächst nicht gegeben.

Die vorliegenden Ansätze sollen nun in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit (im Sinn einer Eignung für eine zielführende praktische Anwendung) beurteilt werden.

- Die auf einer Umkehrung der Wertermittlungsverfahren beruhenden Ansätze werden teilweise von den Autoren selbst als unzureichend klassifiziert. Als Ursache wird zunächst eine unzureichende Modellierung der Verfahrensgrößen (Herstellungskosten, Alterswertminderung, Baupreisindizes, nachhaltig erzielbare Miete usw.) angeführt. Darüber hinaus weist die Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008) auf den ungünstigen fehlertheoretischen Aspekt dieses Ansatzes hin. Nicht weniger bedeutend ist das Problem des

**Tabelle 2.1:** Verfahren des indirekten Preisvergleichs nach Kötter und Guhl (2013, S. 2)

Typen des indirekten Preisvergleichs	Verfahren
Statistischer Preisvergleich	<p><b>Multikriterielle statistische Verfahren:</b> Ermittlung der BRW als Funktion bodenwertbeeinflussender Parameter (Hedonische Verfahren mit Indikatorenset)</p> <p><b>Monokriterielle statistische Verfahren:</b> Ermittlung der BRW mittels Umrechnungskoeffizienten z. B. für das Maß der baulichen Nutzung aus Kaufpreisen</p>
	<p><b>Ertragsbasierte Verfahren:</b> Ermittlung der BRW als Funktion der Grundstückserträge, z. B. der Erdgeschossmiete oder der Miete in allen Geschossen (Mietsäule)</p> <p><b>Lagewertverfahren:</b> Ermittlung von BRW durch Ableitung der Lageunterschiede zwischen BRW-Zonen mittels messbarer Indikatoren (z. B. Passantenströme)</p>
Deduktiver Preisvergleich	<p><b>Differentielle Schätzverfahren:</b> Ermittlung des BRWs durch freie Schätzung von Zu- oder Abschlägen auf vorliegende Kaufpreise</p> <p><b>Lagewertverfahren:</b> Ermittlung von BRW durch Ableitung der Lageunterschiede zwischen BRW-Zonen mittels freier Schätzung von Indikatoren</p> <p><b>Multikriterielle Schätzverfahren:</b> Ermittlung der BRW durch freie Schätzung mittels Indikatorensets</p>

Sachwertfaktors und des Liegenschaftszinssatzes. Beide Größen werden aus einer großen Anzahl unterschiedlicher Grundstücke hergeleitet. Sie repräsentieren damit gewissermaßen das Standardgrundstück innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches. In der Umkehrung des Verfahrens kann somit auch wieder nur auf das Standardgrundstück geschlossen werden. Unterschiedet sich das zu bewertende Grundstück aber in seinen wertbestimmenden Eigenschaften (Grundstücksgröße, Zuschnitt, Lage im Erschließungssystem, Gebäudebaujahr, Ausstattung, Wohnfläche und dergleichen mehr) vom Standardgrundstück, kann nicht auf die individuellen Modellgrößen Bodenwert und Gebäudesachwert geschlossen werden. Dies wäre nur dann zu bewerkstelligen, wenn bekannt wäre, in welcher Weise die wertbestimmenden Grundstückseigenschaften die Ausprägung des Sachwertfaktors bzw. des Liegenschaftszinssatzes beeinflussen. Nur in diesem Fall wäre eine entsprechende Anpassung der Modellgrößen möglich. Da entsprechende Untersuchungen jedoch nicht vorliegen, ist dieser Ansatz zur Bodenwertableitung bis heute als sehr kritisch einzustufen.<sup>14</sup>

- Aussichtsreicher sind die Ansätze, welche sich mit einem konstanten teilmarkt-spezifischen Verteilungsschlüssel zwischen Boden- und Gebäudewertanteil bebauter Grundstücke befassen. Die Idee hierzu wurde bereits von Frenkler (1966) (vgl. Abschnitt 2.1.2.1) geäußert und seitdem mehrfach empirisch bestätigt. Leider lassen einige Autoren nicht erkennen, auf welcher Datenlage und welchem Ansatz ihre Untersuchungen beruhen, was eine Beurteilung der Ergebnisse wesentlich erschwert. Inhaltlich nachvollziehbar und plausibel ist dagegen der Ansatz von Mann (2003) (vgl. Abschnitt 2.1.2.5), welcher sich jedoch nur auf die Stadt Düsseldorf und ein relativ grobes objektspezifisches Raster bezieht. Der Untersuchung der DIA, veröffentlicht in Kleiber (2013b) (vgl. Abschnitt 2.1.2.8), liegt zwar ein überregionaler Vergleich zugrunde, die Teilmarktdefinition ist dagegen aber nur pauschal gefasst. Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Bergisch Gladbach (2013) (vgl. Abschnitt 2.1.2.7) verbleibt mit seiner Untersuchung bei den Verfahrensgrößen und stellt keine Verbindung zum tatsächlichen Kaufpreis bzw. Verkehrswert her. Dennoch lassen alle Untersuchungen erkennen, dass ein modellierbarer Zusammenhang zwischen dem Bodenwert eines unbebauten Grundstücks und dem Verkehrswert eines adäquat bebauten Grundstücks besteht.
- Nur bedingt zielführend für die Frage der Bodenwertableitung oder Repartition sind die Beiträge, welche sich ausschließlich auf die sachverständige Einschätzung berufen. Zwar ist die Wertermittlung grundsätzlich keine rein mathematische Wissenschaft und bedarf an vielen Stellen zwingend der sachverständi-

---

<sup>14</sup>Vgl. Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008, S. 9).

gen Einschätzung,<sup>15</sup> diese muss aber andererseits auf Erfahrung und damit auf objektiver Marktbeobachtung beruhen.<sup>16</sup> Wenn nun aber die vorgeschlagenen Ansätze nicht auf Erfahrungen oder Erkenntnissen aus empirischer Forschung beruhen, sind sämtliche Arbeiten in dieser Hinsicht zunächst als reine Gedankenexperimente einzustufen.

- Zu den sonstigen, aufgrund ihrer Individualität nicht klassifizierbaren Ansätzen zählen die Beiträge von Kleiber (1975) (Abschnitt 2.1.4.1), Lucht (1977) (Abschnitt 2.1.4.2) und vom Bundesministerium der Finanzen (2018) (Abschnitt 2.1.4.3). Während sich der erstgenannte Beitrag nur für eine grundsätzliche rechtliche und wirtschaftliche Betrachtungsweise ausspricht, wird im letztgenannten Beitrag von den Autoren selbst hervorgehoben, dass die Verfahrensergebnisse sachverständig widerlegbar seien (vgl. Bundesministerium der Finanzen (2018, S. 1)). Der Beitrag von Lucht (1977) verfolgt dagegen einen in Teilen plausiblen Ansatz, welcher jedoch aufgrund der sehr spärlichen Datenlage, der statistisch unsicheren Ergebnisse und der fraglichen Ergebnisinterpretation nicht als validiert eingestuft werden kann.
- Der direkte Preisvergleich ist grundsätzlich als sehr marktnah und in seiner Anwendung einfach einzustufen. Dennoch kann er aufgrund des Bedarfs an verschiedenen (nahezu) gleichartigen Vergleichsobjekten nur in Ausnahmefällen angewendet werden.
- Der indirekte Preisvergleich kann vor dem Hintergrund geleisteter Forschungsarbeiten und erfolgreicher praktischer Anwendungen als sehr leistungsstark beurteilt werden. Dennoch haben die Verfahren des indirekten Preisvergleichs auch spezifische Nachteile, welche deren Anwendung einschränken oder unter bestimmten Rahmenbedingungen gänzlich unmöglich machen. Tabelle 2.2 fasst die diesbezügliche Einschätzung von Kötter und Guhl (2013) zusammen. Es wird deutlich, dass, wie die Autoren resümieren, keine einheitliche Standardmethode zur Bodenrichtwertableitung ausgemacht werden kann. „Vielmehr ist

<sup>15</sup>„[...] die Statistik möge überall ihren angemessenen Stellenwert in der Grundstücksbewertung erlangen, nirgendwo aber als deren Allerneustes Testament betrachtet werden – kann doch auf Erfahrungen im Verkehr mit Grundstücken und deren Bewirtschaftung ebenso wenig verzichtet werden wie auf bodenordnerische, raumplanerische, bau- und grundstücksrechtliche Kenntnisse“ (Walter Seele im Vorwort zu Reuter (1989)).

„Sowohl die Wahl der Wertermittlungsmethode als auch die Ermittlung selbst unterliegen notwendig wertenden Einschätzungen, die nicht geeignet sind, Erwerbsinteressenten die Gewissheit zu vermitteln, das Objekt werde bei einer Veräußerung genau den ermittelten Wert erzielen“ (BGH, Beschluss vom 19. Juni 2008 – V ZB 129/07).

<sup>16</sup>„Sachverständige benutzen den Hinweis auf ihre ‚Erfahrung‘ häufig als eigentlich untaugliches Begründungsmittel, wenn sie zur Begründung keine nachprüfbaren Fakten für ihren angeblichen Erfahrungsschatz vorlegen können. Wenn sie nämlich tatsächlich entsprechende Erfahrungen hätten, könnten sie das Erfahrene auch darlegen und bräuchten sich nicht auf ihren Erfahrungsschatz zu berufen“ (Kleiber (2020, Teil II, 1.1 Einführung, Zugriff 27.08.2020).

je nach Gebietskulisse (Bebauungs- und Nutzungsstruktur) und Datenlage der am besten geeignete Ansatz auszuwählen“ (Kötter und Guhl (2013, S. 7)). Wird abschließend auf die oft hohen Anforderungen der Verfahren an das Ausgangsdatenmaterial – und zwar sowohl in Bezug auf die Ersterhebung als auch auf die regelmäßige Fortführung – im Zusammenhang mit den i. d. R. auch beschränkten Ressourcen bei den Gutachterausschüssen hingewiesen, ist nachvollziehbar, dass auch bei allgemein vorauszusetzender Kenntnis aller Verfahren eine flächendeckende Anwendung nicht gepflegt wird.<sup>17</sup>

Es bleibt festzuhalten: Mit Ausnahme des direkten und indirekten Preisvergleichs kann keiner der vorgenannten Ansätze uneingeschränkt zur Ableitung von Bodenwerten im Sinn der ImmoWertV empfohlen werden. Sie führen entweder – wie die Autoren teilweise selbst vermerken – zu unzureichenden Ergebnissen, sind nicht am Markt erprobt oder sind nur aus einem sehr engen regionalen Teilmarkt abgeleitet worden und damit ohne weitere Erprobung nicht überregional anwendbar. Die Verfahren des direkten und indirekten Preisvergleichs sind dagegen grundsätzlich sehr leistungsstark, sind aber aufgrund gewisser Anforderungen oft nicht praktisch anwendbar. Insofern ist das Ergebnis der Umfrage von Reuter (2006) wenig überraschend, welche zeigt, dass rund zwei Drittel der befragten Gutachterausschüsse für die periodische Ableitung und Fortschreibung von Bodenrichtwerten neben anderen Verfahren auf die Fähigkeit der Ausschussmitglieder verweisen, „die wenigen zur Verfügung stehenden Kaufpreise mit Marktgespür und Sachverstand zu verwerten“ (Reuter (2006, S. 98)). Was von den Gutachterausschüssen vermutlich als Marktgespür und Sachverstand interpretiert wird, ist jedoch von den systematisierten Verfahren des intersubjektiven Preisvergleichs<sup>18</sup> streng zu unterscheiden. Zwar sind jene unzweifelhaft wesentliche Bestandteile aller Wertermittlung, dennoch ist zu beachten, dass sich auch Marktgespür und Sachverstand auf Erfahrung und damit vergleichenden Informationen stützen muss. Fehlen diese, tritt also eher das subjektive Empfinden in den Vordergrund, besteht die Gefahr, sich in Vermutungen und diffusen Ahnungen zu verlieren.<sup>19</sup>

Noch ungünstiger steht es um die Lösung der Repartitionsfrage. Die meisten Ansätze basieren auf sachverständiger Einschätzung ohne praktischen oder wissenschaftlichen Beleg ihrer Eignung. Eine positive Ausnahme bildet der Beitrag von Jacoby (2018), welcher auf einer umfassenden Untersuchung beruht. Jedoch greift das dort entwickelte Verfahren auf Modellgrößen (z. B. Bodenwert im Sinn der ImmoWertV und Liegenschaftszinssatz gemäß ImmoWertV bzw. Bewertungsgesetz) zurück, sodass das Repartitionsergebnis allein in diesem Rahmen Gültigkeit haben kann. Eines der Ziele der vorliegenden Arbeit liegt jedoch nicht in der Entwicklung eines *mo-*

---

<sup>17</sup>Vgl. Reuter (2006).

<sup>18</sup>Vgl. z. B. Steinbrecher (2017).

<sup>19</sup>Vgl. Kleiber (2020, Teil II, 1.1 Einführung, Zugriff 27.08.2020).

**Tabelle 2.2:** Nachteile der Verfahren des indirekten Preisvergleichs nach Kötter und Guhl (2013)

Verfahren	Nachteile des Verfahrens
Multikriterielle statistische Verfahren:	Aufwändige Datenerhebung / -beschaffung, auch unter Einbeziehung Dritter.
Monokriterielle statistische Verfahren:	Für kaufpreisarme Lagen nur begrenzt geeignet, da ausreichend geeignete Kauffälle für die Ermittlung der Umrechnungskoeffizienten vorhanden sein müssen.
Ertragsbasierte Verfahren:	Vergleichskaufpreise sowie Geschäfts-, Gewerbe-, Büro- und Wohnungsmieten müssen je nach Nutzungsmix in ausreichender Dichte, Aktualität und Qualität vorhanden sein.
Lagewertverfahren:	Geeignet nur für die Ableitung von relativen Lageunterschieden. Für die Marktanpassung müssen Mieten oder Kaufpreise verwendet werden. Je nach Lagemerkmale können die Datenerhebung und Fortführung sehr aufwändig sein (z. B. Passantenströme).
Differenzielle Schätzverfahren (intersubjektiver Vergleich):	Vergleichskaufpreise in geeigneter Anzahl sind erforderlich. Mit steigenden Wertunterschieden der Vergleichsdaten nimmt die Sicherheit ab.
Lagewertverfahren (intersubjektiver Vergleich):	Ergebnisunsicherheit durch subjektive Auswahl der Indikatoren, freie Schätzung der Indikatorenwerte und Gewichtung der Kriterienbereiche.
Multikriterielle Schätzverfahren (Zielbaum):	Hohe Ergebnisunsicherheit durch subjektive Auswahl der Indikatoren, freie Schätzung der Indikatorenwerte und Gewichtung der Kriterienbereiche.

*dell*konformen, sondern eines *markt*konformen (also dem Denken und Handeln der Marktteilnehmer entsprechenden) Repartitionsansatzes.



## 3 Zielstellung und Methodik

### 3.1 Forschungslücke und Forschungsbeitrag

In den voranstehenden Abschnitten wurde auf die Verpflichtung der Gutachterausschüsse zur regelmäßigen und flächendeckenden Bereitstellung von Bodenrichtwerten hingewiesen. Es wurde dargelegt, dass den Gutachterausschüssen mit den Verfahren des direkten und indirekten Preisvergleichs zahlreiche Werkzeuge zur Erfüllung dieser Aufgabe zur Verfügung stehen (vgl. Abschnitt 2.2.1 und 2.2.2). Trotzdem sind diese Verfahren nicht für alle Gutachterausschüsse gleichermaßen zur Anwendung geeignet (vgl. Tabelle 2.2). Tatsächlich sind viele Gutachterausschüsse aufgrund der hohen Anforderungen an Daten, Datenhaltung und -fortführung sowie Personal nicht in der Lage, überhaupt eines der Verfahren anzuwenden. In der Konsequenz greifen diese neben den wenigen zur Verfügung stehenden Vergleichskaufpreisen unbebauter Grundstücke auf das Prinzip der sachverständigen Einschätzung zurück.<sup>1</sup> Diese ist grundsätzlich nicht anzuzweifeln. Dennoch fehlt ihr, sofern sie nicht den Regeln des intersubjektiven Vergleichs unterworfen wird, das Element der Objektivität und Nachvollziehbarkeit. Somit besteht auch aktuell ein Bedarf an Verfahren zur Bodenwertableitung, welche in ihrer Anwendung einfach sind und dennoch zu guten Ergebnissen führen.

Die Frage der Repartition des Kaufpreises, also die Aufteilung desselben in seine auf Boden und Gebäude entfallenden Anteile im ökonomischen Sinn, erhält immer dann eine Bedeutung, wenn die Frage der *gerechten* Aufteilung im Fokus steht, wobei der Begriff der Gerechtigkeit am Denken und Handeln des Marktteilnehmers orientiert ist. Hier ist an Fragen des Erbbaurechts sowie der Besteuerung oder der Entschädigung zu denken (vgl. Abschnitt 1, insbes. Möckel (2020, S. 4.1.3/1 ff.)). Wie in den voranstehenden Abschnitten gezeigt, wurden zur Lösung der Repartitionsfrage in der Vergangenheit bereits einige Vorschläge unterbreitet, welche jedoch keine allgemeine Anerkennung finden konnten. Als Hauptgrund mag hierfür das Fehlen eines Nachweises der Marktkonformität der Ansätze vermutet werden. Tatsächlich basiert die Mehrzahl der Ansätze auf einer freien sachverständigen Einschätzung, ohne an realen Marktdaten überprüft worden zu sein. Ein geringerer Teil basiert zwar auf Marktuntersuchungen, der zur Verfügung stehende Datenbestand ist jedoch so gering, dass eine Verallgemeinerung der Ergebnisse unzulässig wäre. Rechtsprechung und Verwaltung stützen sich daher bis heute auf Repartitionsverfahren, welche einer Überprüfung der Marktkonformität nicht standhalten. So bezeichnet

---

<sup>1</sup>In kaufpreisarmen Lagen trifft dies nach Reuter (2006, S. 98) auf mehr als zwei Drittel der zu diesem Thema befragten Gutachterausschüsse zu.

das Bundesministerium der Finanzen sein Verfahren mit entwaffnender Ehrlichkeit als „qualifizierte Schätzung, die sachverständig begründet widerlegbar“ sei (Bundesministerium der Finanzen (2018, S. 1)). Offen ist jedoch die Frage, inwieweit die sachverständige Begründung einer geeigneteren Repartition – mangels anerkannter Repartitionsverfahren – angeführt werden kann. Auch hier steht aktuell nur der Weg der sachverständigen *Einschätzung* offen.

Die vorliegende Arbeit nimmt sich beider Aufgaben an. Es soll ein Verfahren entwickelt werden, welches in der Lage ist, den Kaufpreis bebauter Einfamilienhausgrundstücke aufzuspalten – und zwar in zweierlei Hinsicht:

- Ziel 1: Es soll zunächst der Bodenwert im Sinn des § 16 Abs. 1 ImmoWertV aus dem Kaufpreis isoliert werden. Dieser steht somit den Gutachterausschüssen zur Bodenrichtwertermittlung zur Verfügung. Aufgrund der üblicherweise vorliegenden hohen Anzahl an Kauffällen bebauter Einfamilienhausgrundstücke ist damit der Pool an Vergleichsdaten um ein Vielfaches vergrößert. Die Bodenrichtwertableitung wird in qualitativer Hinsicht wesentlich verbessert.
- Ziel 2: Darüber hinaus soll das Verfahren in der Lage sein, aus dem Kaufpreis eines bebauten Grundstücks den Bodenwertanteil und Gebäudewertanteil im ökonomischen Sinn – also in einem dem Denken und Handeln der Marktteilnehmer entsprechenden Sinn – aufzuspalten. Damit steht der Rechtsprechung und Verwaltung ein Werkzeug zur marktkonformen und damit gerechten Bewertung der Grundstücksbestandteile Boden und Gebäude zur Verfügung.

Im Zentrum des Verfahrens muss damit ein Modell der Kaufpreisbildung stehen, welches in der Lage ist, zwischen den Modellgrößen Bodenwert und Gebäudewert im Sinn der ImmoWertV und den Marktgrößen Bodenwert und Gebäudewert im ökonomischen Sinn zu unterscheiden. Abbildung 3.1 stellt den Ansatz in schematischer Form dar.

Von besonderer Bedeutung ist die Einfachheit des zu entwickelnden Verfahrens. Es soll ohne die Erhebung und Verwendung zusätzlicher Indikatoren oder Marktdaten auskommen. Damit soll das Verfahren in seiner Anwendung einfach und ohne wesentlichen personellen Mehraufwand durch die Gutachterausschüsse anwendbar sein.

## 3.2 Eingrenzung der Untersuchung

In den folgenden Abschnitten soll ein Modell entwickelt werden, welches in der Lage ist, das Verhalten der Marktteilnehmer zu erklären und künftige Vorhersagen zu deren Verhalten zu treffen.<sup>2</sup> Die Zielsetzung der Erklärung und Vorhersage von Ereignissen mit Modellen wird von vielen Wissenschaften verfolgt. Es stellt sich dabei

---

<sup>2</sup>Es ist hier nicht die Beschreibung und Vorhersage des Verhaltens eines einzelnen Marktteilnehmers, sondern des für die gesamte Gruppe typischen Verhaltens gemeint.

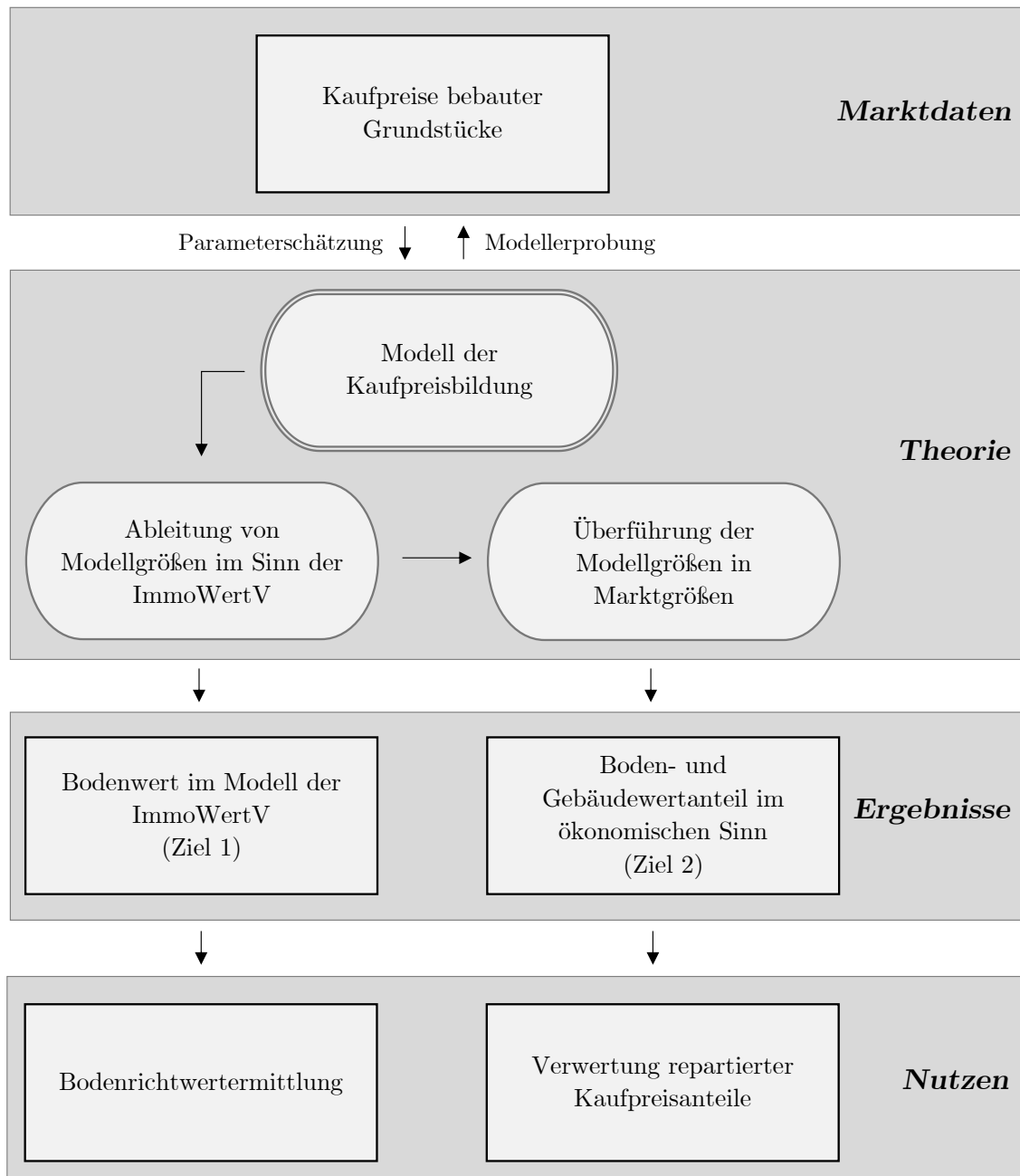


Abbildung 3.1: Konzeption und Zielsetzung dieser Arbeit

jedoch regelmäßig ein Problem: Das menschliche Handeln, die belebte oder unbelebte Umwelt, oder um welches Forschungsgebiet es sich handeln mag, sind so komplex, dass ein Modell nicht in der Lage ist, sämtliche Rahmenbedingungen zu fassen und deren Wechselwirkung miteinander zu beschreiben. So müssen sich Modelle regelmäßig damit begnügen, dass sie einen genau definierten Ausschnitt der Realität betrachten und unzählige weitere Facetten außer Acht lassen. Damit ist das Modell aber auch nicht mehr zwangsläufig ein exaktes Abbild der Realität, sondern lediglich ein Werkzeug zur Beschreibung spezifischer Beobachtungen und zur Vorhersage von Ereignissen unter spezifischen Rahmenbedingungen. In Bezug auf die physikalischen Wissenschaften fasst Niederer (1982) seine diesbezüglichen Gedanken, welche sicherlich auch auf die Theoriebildung im Bereich der Immobilienwertermittlung übertragbar sind, zusammen:

«[...] denn wie überhaupt nie ein Weltbild mit der Welt identisch ist, so ist auch das physikalische Bild der Wirklichkeit, vornehmlich aus zwei Gründen, nicht identisch mit dem Bereich der unmittelbaren Erfahrung. Erstens bedingt die Anwendung der Mathematik und der Messung, wie bereits oben erwähnt, eine grundsätzliche Einschränkung der Wirklichkeit auf ihre quantitativen Aspekte; das Reich der Qualitäten steht ausserhalb der physikalischen Betrachtung. Zweitens muss auch dieser Bereich des Quantitativen noch so weit eingeschränkt oder vereinfacht werden, dass er den jeweils vorhandenen Forschungsmitteln, sowohl den mathematischen als auch den experimentellen, zugänglich wird» (Niederer (1982, S. 226)).

Die Konsequenz hieraus ist, dass die Anwendung der entwickelten Modelle ausschließlich auf genau den zu definierenden Ausschnitt der Realität zulässig ist. Die Anwendung der Modelle auf einen erweiterten Bereich der Realität kann aufgrund der Einschränkungen der Modelle gegenüber der Realität zu realitätsfremden Ergebnissen führen. Am Beginn einer Forschungsarbeit steht somit die präzise und zielgerechte Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit werden zunächst auf den deutschen Immobilienmarkt beschränkt. Dies ist damit zu begründen, dass in den überwiegend angelsächsisch orientierten internationalen Wertermittlungsverfahren der Bodenwert von untergeordneter Bedeutung ist.<sup>3</sup> Bodenrichtwerte im deutschen Verständnis liegen in der Regel dort nicht vor. Sofern Boden(richt)werte dennoch vorliegen, wäre vor einer entsprechenden Untersuchung zu klären, nach welchen Grundsätzen diese abgeleitet werden. Entsprechen diese nicht den deutschen im BauGB und der ImmoWertV normierten Regeln, ist eine länderübergreifende Betrachtung ohne entsprechende Normierung – sofern diese überhaupt möglich ist – nicht zielführend.

Die Zielstellung, Boden- und Gebäudewerte aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke abzuleiten, macht nur dann Sinn, wenn der Kaufpreis tatsächlich auf der Grundlage der beiden Grundstücksbestandteile Boden und Gebäude basiert. Ist dies nicht der Fall, führt eine Kaufpreisaufteilung zu rein fiktiven Ansätzen ohne Marktbezug. Gerade für die Besteuerung oder Entschädigung eines Immobilieneigentums sind aber

---

<sup>3</sup>Vgl. Naubereit (2007, S. 321 ff.).

marktkonforme, d. h. am Denken und Handeln der Marktakteure orientierte Boden- und Gebäudewerte zwingend erforderlich.

Hieraus ist der Schluss zu ziehen, dass im Rahmen der vorliegenden Forschungsaufgabe nur die Teilmärkte untersucht werden können, deren Preisbildungsmechanismen überwiegend auf der unabhängigen Betrachtung von Boden- und Gebäudewerten beruhen. Auf den Teilmarkt der Einfamilienhäuser im planungsrechtlichen Innenbereich trifft dies regelmäßig zu. Entsprechende Ausführungen hierzu folgen in den Abschnitten 4.2 bis 4.4.

Der planungsrechtliche Außenbereich stellt aufgrund seiner rechtlichen Eigenschaften eine Besonderheit dar. Modelle zur Kaufpreisbildung im Innenbereich können daher nicht ungeprüft auf den Außenbereich übertragen werden, weswegen dieser ebenfalls von der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen wird. Zur Problematik der Bodenbewertung bebauter Grundstücke im Außenbereich wird stattdessen auf die einschlägige Literatur verwiesen (z. B. Störy (2017), Mundt (2016), Drees et al. (2011)).

Auch auf die Teilmärkte der Gewerbeimmobilien und der aus gewerblichen Gründen vermieteten Wohnimmobilien trifft die oben getroffene Grundannahme regelmäßig nicht zu. Investoren erwerben Immobilien i. d. R. vor dem Hintergrund der aus dem bebauten Grundstück erzielbaren Rendite – sei es aus Vermietung und Verpachtung oder aus einer künftigen Veräußerung. Die Rendite spaltet sich jedoch, anders als im deutschen Ertragswertverfahren modellhaft dargestellt, nicht in einen Bodenwert- und Gebäudewertanteil auf. Stattdessen wird die Immobilie in Ertrag und Aufwand als Ganzes betrachtet. Dieser Ansatz entspricht dem Gedanken der angelsächsisch geprägten und international anerkannten Wertermittlungsverfahren, auf deren Grundlage die Bewertung, insbesondere unter Beteiligung von ausländischen Investoren, in den überwiegenden Fällen auch erfolgt.<sup>4</sup>

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass eine Aufspaltung des Kaufpreises in einen Boden- und Gebäudeanteil ohnehin nur dann sinnvoll ist, wenn beide Grundstücksbestandteile einen wesentlichen Anteil am Kaufpreis ausmachen. So ist aber gerade bei Grundstücken mit hoher baulicher Ausnutzung (z. B. Mehrfamilienhäuser, Geschosswohnungsbau, Bürogebäude) oder bei Wohnungseigentumen der (modellhafte) Anteil des Bodenwertes am Gesamtpreis so gering, dass er im Rahmen der Preisverhandlungen kaum mehr eine Rolle spielt. Im Umkehrschluss kann damit natürlich auch keine sinnvolle Abspaltung des Bodenwertes bzw. Bodenwertanteils vorgenommen werden. Die Entwicklung eines Modells zur Ableitung von Bodenwerten bzw. zur Repartition von Kaufpreisen bebauter Gewerbegrundstücke oder Mehrfamilienhausgrundstücke hätte damit keinen praktischen Bezug.

Es soll daher im Folgenden ausschließlich der Teilmarkt der bebauten Einfamilienhausgrundstücke im planungsrechtlichen Innenbereich betrachtet werden. Dies umfasst sowohl Freistehende Einfamilienhäuser als auch Doppelhaushälften. Für Reihen-

---

<sup>4</sup>Vgl. Naubereit (ebd., S. 321 ff.).

end- und Reihenmittelhäuser ist die Datenlage – dies sei an dieser Stelle vorgreifend mitgeteilt – sehr ungünstig. Es steht in einigen der im Folgenden zu untersuchenden Testregionen nur eine unzureichende Anzahl an Vergleichsdaten dieses Teilmarktes zur Verfügung. Hinzu kommt, dass insbesondere bei Reihenmittelhäusern aufgrund der relativ geringen Grundstücksgröße der Bodenwert gegenüber dem Gebäudewert einen unbedeutenderen Teil einnimmt. Es ist also auch hier zu erwarten, dass im Rahmen der Preiskalkulation der Bodenwertanteil in den Hintergrund tritt und folglich eine Ermittlung des Bodenwertes bzw. Bodenwertanteils mit höheren Unsicherheiten behaftet sein muss.

### 3.3 Methodik

Um den Kaufpreis eines bebauten Grundstücks in seine auf Boden und Gebäude entfallenden Anteile aufzuspalten, muss die Frage beantwortet werden, in welcher Weise beide Grundstücksbestandteile den Kaufpreis bestimmen. Diese Frage ist nicht allein mit den Methoden der Wertermittlung zu lösen, da diese zwar regelmäßig den Kaufpreis, nicht aber die Mechanik der Kaufpreisbildung zum Thema haben. Die Wirtschaftswissenschaften befassen sich dagegen sehr intensiv mit der Frage der Kaufpreisbildung und liefern entsprechende Erkenntnisse. Jüngere Forschungen auf dem Gebiet der Psychologie ergänzen und verfeinern diese.

Im Zentrum dieser Arbeit steht somit die Frage der Kaufpreisbildung nach einem Modell, welches den Erkenntnissen der Ökonomie und Psychologie genügt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Berücksichtigung der Informationen, welche dem Marktteilnehmer im Rahmen der Kaufpreisbildung zur Verfügung stehen. Eine zentrale Information ist der Bodenrichtwert im Modell der ImmoWertV. Es wird zu zeigen sein, dass der Marktteilnehmer diesen in die Kaufpreisbildung einfließen lässt. Hierzu wird auf die Fachliteratur zurückgegriffen.

Im folgenden Schritt wird das entwickelte Modell in eine mathematische Form gebracht. Mittels Regressionsanalyse werden anhand realer Vergleichsdaten verschiedener Gutachterausschüsse die Modellparameter entwickelt.

Das hier skizzierte Vorgehen unterscheidet sich wesentlich von der üblichen Praxis zur Entwicklung von Modellen auf dem Gebiet der Immobilienwertermittlung. Regelmäßig werden zur Lösung einer Aufgabe verschiedene Regressionsmodelle unter Zuhilfenahme oder Ausschluss potenzieller Einflussgrößen entwickelt.<sup>5</sup> Anhand statistischer Gütekriterien wird abschließend ein Modell als das geeignetste ausgewählt. Wie oben beschrieben, steht in dieser Arbeit jedoch das Denken und Handeln der Marktteilnehmer, welches in ein Modell gefasst wird, im Vordergrund. Die Regressionsanalyse dient daher allein der *Justierung* des Modells am Marktgeschehen, ohne jedoch eine *Modifikation* desselben zuzulassen.

---

<sup>5</sup>Vgl. Ziegenbein (1977, S. 94).

Insofern kommt den Vergleichsdaten eine zweifache Aufgabe zu. Zum einen werden, wie erwähnt, auf deren Grundlage die Regressionsparameter ermittelt und damit das Modell auf das tatsächliche Marktgeschehen abgestimmt (Parameterschätzung). Zum anderen zeigt sich im Rahmen der Regressionsanalyse – also der Anwendung des Modells auf die Marktdaten – ob und wie genau das Modell den tatsächlichen Markt zu beschreiben vermag (Fallstudie). Denn nur wenn das aus Ökonomie und Psychologie abgeleitete Modell der Kaufpreisbildung dem tatsächlichen Handeln der Marktakteure entspricht, kann dieses ohne wesentliche Defizite (etwa in Form von größeren, ggf. systematischen Abweichungen der Residuen) auf die Marktdaten angewendet werden.

Damit kommt auch der Wahl des Regressionsverfahrens eine wesentliche Bedeutung zu. Im Hinblick auf die anzustrebende praktische Anwendung durch die Gutachterausschüsse soll dieses transparent, leicht verständlich und mit einfachen Werkzeugen ausführbar sein. Da nicht vorausgesetzt werden kann, dass sich die Beziehungen zwischen den Einflussgrößen und der Zielgröße in linearer Form gestalten, muss das Verfahren zudem in der Lage sein, auch nicht lineare Abhängigkeiten aufzuzeigen und anschaulich darzulegen.

Ein Regressionsverfahren, welches diesen Ansprüchen genügt, ist das von Mann (2004) entwickelte Verfahren der multivariaten Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips.

Die Validierung des Verfahrens und der Ergebnisse ist für eine wissenschaftliche Arbeit von wesentlicher Bedeutung. Es gilt zu prüfen, ob das Verfahren in der Lage ist, Daten, welche nicht an der Bildung des Modells und dessen Parameterschätzung beteiligt waren, mit der angestrebten Güte zu erklären. Nur wenn dies der Fall ist, können die Ergebnisse aus dem neu entwickelten Verfahren als marktkonform, und damit dem Handeln und Denken der Marktakteure entsprechend, eingestuft werden. Zu diesem Zweck wird in der vorliegenden Arbeit das Prinzip der Kreuzvalidierung genutzt. Jedoch ist vor dem Hintergrund des gewählten Verfahrens zu dessen Validierung eine besondere Strategie zu entwickeln.

Da die Schätzung der Regressionsparameter in dieser Arbeit mehrfach, nämlich auf der Grundlage der Vergleichsdaten regional unabhängiger Gutachterausschüsse erfolgt, können diese in einem überregionalen Vergleich gegenübergestellt werden. Es können Hinweise auf eine überregionale Systematik der Kaufpreisbildung aufgedeckt werden (s. Kapitel 6).

Das erste Ziel dieser Arbeit ist die Ableitung von Bodenwerten im Modell der ImmoWertV. Nachdem der Beleg gelungen ist, dass der Bodenwert im Sinn der ImmoWertV (abgeleitet aus dem Bodenrichtwert) Bestandteil der Kaufpreisbildung ist, kann in Umkehrung dieses Ansatzes vom Kaufpreis und unter Kenntnis der anderen Parameter des Modells auf den grundstücksspezifischen Bodenwert im Sinn der ImmoWertV geschlossen werden.

Das zweite Ziel dieser Arbeit ist die Aufspaltung des Grundstückskaufpreises in seine auf Boden und Gebäude entfallenden Anteile im ökonomischen Sinn. Nun ist

bekannt, dass die Summe der Modellgrößen Bodenwert und Gebäudewert nicht unmittelbar zur Marktgröße Kaufpreis führen. Es hat demnach eine gewisse Anpassung zu erfolgen, welche die Modellgrößen in Marktgrößen überführt. Würde es sich bei dem Modell der Kaufpreisbildung um ein rein statistisches Modell handeln, könnte dieses für keinen anderen Zweck als zur Modellierung der Zielgröße angewendet werden. Da das in dieser Arbeit entwickelte Modell aber das tatsächliche Denken und Handeln der Marktteilnehmer abbildet (siehe oben), kann anhand des am Marktgeschehen justierten Modells der Kaufpreisbildung abgelesen werden, in welcher Weise eine Anpassung der in das Modell eingehenden Informationen auf dem Weg zur Marktgröße erfolgt. Die marktkonforme Modellierung der Kaufpreisbildung ist somit der Schlüssel zur Repartition des Kaufpreises.

Die hier skizzierte Methodik stellt den Rahmen der vorliegenden Arbeit dar. Zahlreiche Detailfragen zur praktischen Umsetzung sind noch zu klären. Dies erfolgt in den jeweiligen Abschnitten des folgenden Kapitels 4. Tabelle 3.1 stellt zur Übersicht noch einmal die wesentlichen Schritte und deren Textreferenz zusammen.



**Tabelle 3.1:** Methodische Schritte zur Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke im Sinn der ImmoWertV (Ziel 1) sowie zur Repartition von Kaufpreisen bebauter Grundstücke im ökonomischen Sinn (Ziel 2)

Methodischer Schritt	Textreferenz
<b>Schaffung theoretischer Grundlagen</b>	
Definition wesentlicher Begriffe	Abschnitt 4.1
Modellierung der Kaufpreisbildung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Wirtschaftswissenschaft und Psychologie	Abschnitt 4.2 bis 4.4
Überführung des Modells in einen mathematischen Ansatz	Abschnitt 4.5 bis 4.7
Wahl des Regressionsverfahrens und Erläuterung des Verfahrensgangs	Abschnitt 4.8 bis 4.9
Auflösung des Modells zur Größe Bodenwert; Schaffung der Grundlage zur Ableitung von Bodenrichtwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke	Abschnitt 4.10
<b>Parameterschätzung, Fallstudien und Validierung</b>	
Schätzung der Regressionsparameter und empirische Untersuchung anhand ausgewählter Fallstudien	Abschnitt 5.1 bis 5.4
Validierung des Verfahrens	Abschnitt 5.5 bis 5.6
Anwendungsbeispiel zur Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke	Abschnitt 5.7
Vergleich der regionalspezifischen Regressionsparameter; Untersuchung einer überregionalen Systematik	Abschnitt 6.1 bis 6.3
<b>Interpretation des Ansatzes im Sinn der Repartitionsfrage</b>	
Ableitung der erforderlichen Marktgrößen	Abschnitt 7.1 bis 7.3
Diskussion und Schlussfolgerungen aus dem Repartitionsansatz	Abschnitt 7.4 bis 7.5

## 4 Die Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Ziel 1)

### 4.1 Definition wesentlicher Begriffe

#### 4.1.1 Der Marktteilnehmer

In dieser Arbeit wird häufig der Marktteilnehmer zitiert. Bei diesem soll es sich jedoch nicht um einen realen Marktteilnehmer handeln. Jeder Mensch ist durch ein gewisses Maß an individuellen Vorlieben und Emotionen geprägt, welche seine Entscheidungen beeinflussen können. Einen ideal rational und durch keine persönliche Prägung handelnden Marktteilnehmer gibt es nicht.<sup>1</sup> Dementsprechend sind Handlungsprognosen zu einem einzelnen Marktteilnehmer nicht zuverlässig zu treffen. In einer größeren Gruppe von Marktteilnehmern, welche *überwiegend* rational und *überwiegend* objektiv handeln, kristallisiert sich dagegen sehr deutlich ein einheitliches und modellierbares Marktverhalten heraus.<sup>2</sup> Der künftig genannte Marktteilnehmer soll demnach als fiktiver Repräsentant dieser größeren Gruppe verstanden werden.

#### 4.1.2 Preis und Wert

Zur Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke sowie zur Lösung der Repartitionsfrage ist auch die Betrachtung ökonomischer Grundsätze erforderlich. Nun ist das Problem, dass die Ökonomie die Begriffe Preis und Wert anders versteht als die Wertermittlungslehre. Da beide Begriffe im Folgenden häufiger verwendet werden, muss eine Klarstellung erfolgen.

Für die Ökonomie ist der Wert einer Sache etwas höchst subjektives. Menschen definieren Werte abhängig von individuellen Rahmenbedingungen. Ändern sich die Rahmenbedingungen, kann sogar derselbe Mensch den Wert einer Sache zu unterschiedlichen Zeitpunkten höchst unterschiedlich einschätzen. Vornholz (2014) definiert den Begriff Wert folgendermaßen:

«Die Ökonomie ist zu dem Schluss gekommen, dass der Wert von den Vorstellungen eines Individuums in einer bestimmten Situation sowie den Angebotsbedingungen abhängig ist» (Vornholz (2014, S. 139)).

Den Preis versteht die Ökonomie dagegen als das Ergebnis aus dem Wertverständnis der Marktteilnehmer. Vornholz (2014) definiert dies folgendermaßen:

---

<sup>1</sup>Vgl. Frey und Benz (2001, S. 13).

<sup>2</sup>Zur Diskussion dieser These aus ökonomischer und psychologischer Sicht vgl. Frey und Benz (ebd., S. 14 ff.).

«Demnach ist der Preis eines Gutes der Ausdruck für den Wert eines Gutes aus der Sicht eines Individuums» (Vornholz (2014, S. 139)).

Einen inhaltlich identischen, jedoch etwas detaillierter ausgeführten Ansatz liefern Kotler et al. (2011):

«Aus einer anderen Perspektive heraus betrachtet ist der Preis die Summe aller Werte, die ein Verbraucher für den Nutzen, den ein Produkt oder eine Dienstleistung ihm liefert, auszugeben bereit ist» (Kotler et al. (2011, S. 730)).

Demgegenüber definiert § 194 BauGB:

«Der Verkehrswert (Marktwert) wird durch den Preis bestimmt, der in dem Zeitpunkt, auf den sich die Ermittlung bezieht, im gewöhnlichen Geschäftsverkehr nach den rechtlichen Gegebenheiten und tatsächlichen Eigenschaften, der sonstigen Beschaffenheit und der Lage des Grundstücks oder des sonstigen Gegenstands der Wertermittlung ohne Rücksicht auf ungewöhnliche oder persönliche Verhältnisse zu erzielen wäre» (§ 194 BauGB).

Somit definiert auch das BauGB einen Zusammenhang zwischen Preis und Wert. Auch wird auf die Eigenschaften des Grundstücks – und damit auf den Nutzen für den Eigentümer – verwiesen. Jedoch sind Ursache und Wirkung vertauscht. Hier ist die Ausgangsbasis der Preis, welcher kein kalkuliertes Ergebnis, sondern eine stochastisch unabhängige Zufallsgröße darstellt (vgl. Sprengnetter (1982, S. 39)). Der Wert (hier der Verkehrswert oder Marktwert) ist das Ergebnis – nämlich das Ergebnis, welches sich aus der Betrachtung und Analyse möglichst vieler Einzelpreise innerhalb eines genau definierten Marktsegmentes ergibt. Damit erhält der Wert im Verständnis der Wertermittlungslehre absolute und objektive Eigenschaften, welche er im Verständnis der Ökonomie gerade nicht hat.

Die Konsequenz aus dieser Umkehrung ist durchaus interessant. Im Sinn der Wertermittlungslehre kann es nämlich keinen Wert des Grund und Bodens ohne Gebäude oder des Gebäudes ohne Grund und Boden geben. Denn der Wert einer Sache ergibt sich ja aus den am Markt erzielten Preisen. Wenn es nun keinen Markt für diese Grundstücksbestandteile gibt, kann kein Wert definiert werden.<sup>3</sup> Im Verständnis der Ökonomie macht diese Betrachtung jedoch durchaus Sinn. Ein Marktteilnehmer kann dem Bestandteil eines Grundstücks sehr gut einen Wert beimessen. Wie bereits oben zitiert, geht nach Kotler et al. (2011) die Ökonomie sogar davon aus, dass jedem Bestandteil einer Sache durch den Marktteilnehmer ein Wert zugewiesen wird. Und letztendlich ist dies die entscheidende Frage. Im Hinblick auf die Lösung der Repartitionsfrage kommt es gerade nicht darauf an, eine theoretische oder modellhafte Lösung im Sinn der Wertermittlungslehre zu finden. Stattdessen geht es darum, das Verständnis und Handeln des Marktteilnehmers abzubilden und – im Sinn der Ökonomie – eine marktkonforme Lösung zu entwickeln.

<sup>3</sup>Vgl. Kleiber (2020, Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 56, Zugriff 26.01.2018).

Bei der Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke ist die Ausgangslage wieder anders. Bodenrichtwerte beschreiben den Wert (im Sinn der Wertermittlungslehre) bzw. den generalisierten Preis (im Sinn der Ökonomie) für unbebaute Grundstücke. Das bedeutet, dass der im ökonomischen Sinn abgeleitete Bodenwert eines bebauten Grundstücks nicht unmodifiziert der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden kann. Zur Lösung ist damit entweder ein entsprechendes Verfahren zur Umrechnung beider Größen zu entwickeln oder es ist zu klären, ob und in welcher Weise der Bodenrichtwert bzw. der daraus abgeleitete Bodenwert zur Preisbildung bebauter Grundstücke beiträgt. Besteht eine Wirkung und ist diese modelliert, kann damit in der Umkehrung auch wieder von einem Kaufpreis auf den Bodenwert im Sinn der Wertermittlungslehre geschlossen werden. Es sei bereits an dieser Stelle vorweggenommen, dass dieser Gedanke dem im Folgenden zu entwickelnden Verfahren zugrunde liegt.

Aus alledem folgt, dass in Bezug auf die Verwendung der Begriffe Preis und Wert im Sinn der Ökonomie oder Wertermittlungslehre sauber zu unterscheiden ist. Dort wo es von Bedeutung ist, wird daher in dieser Arbeit deutlich darauf hingewiesen, um welchen Wertbegriff es sich handelt.

#### **4.1.3 Die Trennung von Boden und Gebäude**

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, den Kaufpreis eines bebauten Grundstücks in die auf den Boden und die Gebäude entfallenden Anteile aufzuspalten. Dies dient zunächst der Bodenwertermittlung im Sinn des § 16 Abs. 1 ImmoWertV (fiktiv unbebautes Grundstück) und anschließend der Wertfindung im ökonomischen Sinn zugunsten einer gerechten Besteuerung, Entschädigung und dergleichen mehr. Jedoch stellt sich die Frage, ob eine Aufspaltung überhaupt sinnvoll ist. Immerhin ist eine Aufspaltung im ökonomischen Sinn – dass heißt im Sinn des Markthandelns – nur dann sinnvoll, wenn diese sich im Denken und Handeln der Marktteilnehmer wiederfindet.

Wie bereits im Abschnitt 3.2 aufgeführt, findet sich eine gedankliche Aufteilung zwischen Boden und Gebäude durchaus nicht in allen Teilmärkten wieder. Spätestens dann, wenn der Bodenwert verschwindend gering gegenüber den Gebäudeherstellungskosten ausfällt, spielt dieser für Investoren keine Rolle mehr. Im Teilmarkt der hier zu behandelnden Ein- und Zweifamilienhausgrundstücke in deutschen Großstädten besteht jedoch ein mehr oder weniger ausgewogenes Verhältnis zwischen den Kaufpreisen für unbebauten Boden und den Gebäudeherstellungskosten, sodass eine Aufteilung zumindest rechnerisch sinnvoll ist.

Auch findet sich in der juristischen Definition des Grundstücks eine gewisse Trennung zwischen Boden und Gebäude wieder. So lautet gemäß Ludwig (2017) die juristisch anerkannte Grundstücksdefinition:

«Ein Grundstück im Rechtssinne [...] ist ein räumlich abgegrenzter Teil der Erdoberfläche, der auf einem besonderen Grundbuchblatt unter einer besonderen Nummer im Verzeichnis der Grundstücke gebucht ist» (Ludwig (2017, Rn 4, Zugriff 16.04.2019)).

Die aufstehenden Gebäude bleiben hierbei zunächst unberücksichtigt. Erst mit § 94 Abs. 1 BGB<sup>4</sup> werden diese als wesentlicher Bestandteil des Grundstücks definiert. Folgt diese Anschauung nun aber dem Denken und Handeln der Marktteilnehmer?

Letztendlich kann die Frage eindeutig mit ja beantwortet werden. Für Bauwillige stellen sich der Grunderwerb und die Errichtung der aufstehenden Gebäude ganz natürlich und zwangsläufig als voneinander unabhängige Aufgaben dar. Aber auch für Erwerber einer Bestandsimmobilie ist die Unterschiedlichkeit von Boden und Gebäude von Bedeutung. So wird in den folgenden Abschnitten gezeigt werden, dass dem Marktteilnehmer zur Verfügung stehende Marktinformationen, dies umfasst insbesondere auch die Bodenrichtwerte, eine wesentliche Rolle im Prozess der Preisbildung spielen. Damit wird der Marktteilnehmer (vielleicht sogar unbewusst) in ein gewisses Denkmodell gelenkt – und zwar seit Jahrzehnten. Immerhin schreibt das Bundesbaugesetzbuch aus dem Jahr 1960 vor:

«Bei bebauten Grundstücken ist der Verkehrswert des Bodenanteils und der Bauteile getrennt zu ermitteln, wenn dies auf Grund von Vergleichspreisen möglich ist; sie sind im Gutachten gesondert anzugeben» (§ 141 Abs. 3 Bundesbaugesetz vom 23. Juni 1960, Bundesgesetzblatt I S. 341-388)

Natürlich ist dies kein Zufall. Es ist offensichtlich, dass es sich bei Boden und Gebäude um Güter mit höchst unterschiedlichen Eigenschaften handelt. Der Boden zeichnet sich gegenüber den aufstehenden Gebäuden durch seine Unvergänglichkeit aber auch Unvermehrbarkeit aus. So zeichnet etwa Niemann (1952) ein sehr deutliches und in seiner Schlussfolgerung für heutiges Verständnis fast schon irritierendes Bild:

«Die Unvermehrbarkeit und Unbeweglichkeit des Grund und Bodens macht es notwendig, in der Preisbildung den Boden nicht als Sache und damit Handelsware zu betrachten» (Niemann (1952, S. 137))

Im selben Beitrag weist der Autor noch auf einen weiteren Sachverhalt hin: Der Eigentümer verfügt nur über einen sehr engen Gestaltungs- und Entwicklungsspielraum in Bezug auf den Boden. Insofern hat er auch keinen unmittelbaren Einfluss auf die Bodenwertentwicklung. Der Autor zieht daraus sogar einen Schluss:

«Es soll unterbunden werden, daß [...] der durch keine persönlichen Leistungen beteiligte Eigentümer aus städtebaulichen Entwicklungen Kapital schlägt» (Niemann (1952, S. 137))

Allgemein dürfte diese Aussage heute als nicht mehr haltbar angesehen werden und muss im Kontext der Zeit – der Preisstopp gemäß Verordnung über das Verbot von Preiserhöhungen vom 26. November 1936 (RGBl I 955) hatte noch Gültigkeit –

<sup>4</sup>Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S.738), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 31. Januar 2019 (BGBl. I S. 54) geändert worden ist.



**Abbildung 4.1:** Prozess der Kaufentscheidung nach Kotler (2011, S. 298)

verstanden werden. Dennoch wird auch hieran der unterschiedliche Blick auf Boden und Gebäude deutlich.

Um die Aufzählung der gedanklichen Trennung von Boden und Gebäude mit durchaus praktischem Bezug fortzusetzen, sollen das Erbbaurecht gemäß ErbbauRG<sup>5</sup> sowie die differenzierte Betrachtung des Bodens und der Gebäude aus steuerlicher Sicht, etwa zur Ermittlung der Bemessungsgrundlage für Absetzungen für Abnutzung von Gebäuden nach § 7 Abs. 4 bis 5a EStG<sup>6</sup>, genannt werden.

Es kann also festgehalten werden, dass die gedankliche Aufspaltung des Grundstücks in Boden und Gebäude ein durchaus gegenwärtiges Modell ist – und zwar sowohl im rechtlichen Sinn als auch im ökonomischen Verständnis der Marktteilnehmer. Wenn nun Boden und Gebäude trotz ihrer materiellen Untrennbarkeit in ihren Eigenschaften und Merkmalen aber dennoch als unterschiedlich betrachtet werden, steht einer Erforschung ihrer individuellen preisbildenden Wirkung nichts im Weg. Dies ist die Aufgabe der folgenden Abschnitte.

## 4.2 Prozess der Kaufentscheidung

Die Ökonomie beschreibt den Prozess der Kaufentscheidung in den fünf Schritten gemäß Abbildung 4.1. Für die hier zu behandelnden Aufgaben sind die Schritte 1 (Wahrnehmung des Bedarfs) und 5 (Verhalten in der Nachkaufphase) nicht von Bedeutung, da sie auf die Preisbildung keinen unmittelbaren Einfluss ausüben.

Die Wahrnehmung des Bedarfs (Schritt 1) ist in keiner Weise mit der Kaufentscheidung und den damit verbundenen Preisbildungsmechanismen verknüpft, da hier zunächst nur eine Empfindung aufgebaut wird.<sup>7</sup> Das aktive Handeln – und damit die Einwirkung des Akteurs auf den Markt – erfolgt erst zu einem späteren Zeitpunkt.

<sup>5</sup>Erbbaurechtsgesetz in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 403-6, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 7 des Gesetzes vom 1. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3719) geändert worden ist

<sup>6</sup>Einkommensteuergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3366, 3862), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2019 (BGBl. I S. 1122) geändert worden ist

<sup>7</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 298 f.).

Das Verhalten in der Nachkaufphase (Schritt 5) kann einen Markt grundsätzlich beeinflussen. So entscheidet die Zufriedenheit mit dem erworbenen Produkt darüber, ob zu einem späteren Zeitpunkt dasselbe Produkt oder ein Produkt derselben Marke / desselben Herstellers erneut gekauft wird.<sup>8</sup> Auf dem Immobilienmarkt ist dieses Handeln i. d. R. jedoch nicht anzutreffen. Aufgrund der Kostspieligkeit einer Immobilie kaufen private Erwerber oft nur eine Immobilie im Lauf ihres Lebens.<sup>9</sup> Werden dennoch zwei oder mehr Immobilien erworben, geschieht dies i. d. R. aufgrund von geänderten Rahmenbedingungen (neuer Wohnort, veränderter Wohnflächenbedarf, neue finanzielle Situation), sodass vom selben Marktteilnehmer kaum zwei vergleichbare Immobilien erworben werden. Die gesammelten Erfahrungen des Immobilienkaufs können daher i. d. R. nicht auf künftiges Markthandeln wirken.

Damit kann festgehalten werden, dass für die Preisbildung im Rahmen des Prozesses der Kaufentscheidung allein die Schritte 2 bis 4 von Bedeutung sind. Es sind dies die Folgenden:

- Informationssuche,
- Bewertung von Alternativen und
- Kaufentscheidung.

### **Informationssuche**

Hier geht es darum, Produktinformationen zu sammeln.<sup>10</sup> Es gilt, den eigenen Bedarf zu definieren und die Angebotssituation in Bezug auf den finanziellen Rahmen und die Deckung des eigenen Bedarfs zu überblicken.

### **Bewertung von Alternativen**

Anschließend sind alle möglichen Alternativen in eine Beziehung zueinander zu setzen und zu bewerten. Die Bewertung erfolgt auf der Grundlage der optimalen Deckung der eigenen Bedürfnisse.<sup>11</sup>

### **Kaufentscheidung**

Zuletzt erfolgt eine Abschätzung des Risikos. Ein als zu hoch angenommenes Risiko kann durchaus zu einer Änderung oder Aufschiebung der Kaufabsicht führen. Bei Unsicherheit werden zusätzliche absichernde und risikominimierende Maßnahmen ergriffen. Hierzu gehört auch die erneute oder vertiefte Einholung von Informationen.<sup>12</sup>

Es kann festgehalten werden, dass das wesentliche Element innerhalb der drei genannten Schritte die Information ist, mit welcher der Kaufinteressent das Angebot

---

<sup>8</sup>Vgl. Kotler et al. (ebd., S. 304 ff.).

<sup>9</sup>Vgl. Voigtländer (2013, S. 60).

<sup>10</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 299).

<sup>11</sup>Vgl. Kotler et al. (ebd., S. 300 ff.).

<sup>12</sup>Vgl. Kotler et al. (ebd., S. 303 f.).

möglichst objektiv beurteilen und eine rationale Entscheidung treffen kann. Im Umkehrschluss ist hieraus sogar zu folgern, dass bei einem Mangel an Informationen oder unter dem Vertrauen auf nicht erkannte Fehlinformationen, wesentliche Fehlentscheidungen getroffen werden können. Voigtländer (2013) schreibt in Bezug auf die Finanzmarktkrise ab 2007 das Folgende:

«Im Kern wurde diese Finanzmarktkrise – wie auch vorhergehende – durch ein Informationsproblem ausgelöst. Aufgrund der Komplexität der Verträge und der Heterogenität der Produkte lag zwischen den Käufern und Verkäufern der Verbriefungsprodukte eine Informationsasymetrie vor. Schließlich dürften auch die Kreditvermittler und die Käufer der Forderungen über ungleiche Informationen verfügt haben. Dieses Informationsproblem hat Fehlanreize induziert, die letztendlich zu den Verwerfungen an den Finanzmärkten führten» (Voigtländer (2013, S. 67)).

Nun ist die Menge der für den Käufer erforderlichen Informationen u. a. vom Preis der zu kaufenden Sache und dem damit verbundenen Risiko abhängig. Je höher beides ausfällt, desto mehr Informationen werden benötigt, desto mehr Personen sind am Prozess der Kaufentscheidung beteiligt und desto intensiver fallen die Überlegungen zum Kauf aus.<sup>13</sup> Damit versucht der Käufer eine Fehlinvestition durch eine emotional gelenkte, durch Marketingstrategien oder auch durch ein Markenimage beeinflusste Kaufentscheidung zu verhindern. Die Kaufentscheidung soll stattdessen die Bedürfnisse des Käufers in optimaler Weise befriedigen. Dieses stark auf Informationen gestützte Verhalten des Käufers wird als komplexes Kaufverhalten bezeichnet.<sup>14</sup>

Nach Kotler et al. (2011) geht der Kaufinteressent mit den gesammelten Informationen im Rahmen des komplexen Kaufverhaltens folgendermaßen um: Der Kaufinteressent betrachtet die zum Kauf erwogenen Produkte als „Bündel ihrer Eigenschaften“ (Kotler et al. (2011, S. 300)) und gleicht diese Eigenschaften mit seinen Bedürfnissen ab. Nur wenn eine ausreichende Deckung der eigenen Bedürfnisse, welche durchaus hierarchisch geordnet sein können, gewährleistet erscheint, wird ein Kauf in Erwägung gezogen. Liefern verschiedene Produkte einen ähnlichen Deckungsgrad, fällt die Entscheidung aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen zugunsten des günstigeren Produktes aus.<sup>15</sup>

Dass nach oben beschriebenem Modell der Erwerb einer Immobilie aufgrund ihrer Kostspieligkeit i. d. R. dem komplexen Kaufverhalten zuzuordnen ist, darf vorausgesetzt werden. Zusätzlich baut das Modell jedoch auf zwei Thesen auf, welche im Zusammenhang mit der hier zu behandelnden Forschungsfrage auf ihre Gültigkeit hin zu überprüfen sind. Hierzu wird im folgenden Abschnitt 4.3 auf verschiedene experimentelle Studien zum Marktverhalten zurückgegriffen.

<sup>13</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 299 f.).

<sup>14</sup>Je nach Komplexität der Kaufentscheidung unterscheiden Kotler et al. (ebd.) zwischen habituiertem Kaufverhalten, Variety Seeking, Dissonanz reduzierendem Kaufverhalten und komplexem Kaufverhalten.

<sup>15</sup>Zur Diskussion dieses Verhaltensmodells vgl. Frey und Benz (2001).



### 4.3 Verhalten des Marktteilnehmers

Das im Abschnitt 4.2 beschriebene Modell des Prozesses der Kaufentscheidung geht von zwei Annahmen aus, die, auf den Immobilienmarkt übertragen, folgendermaßen lauten:

1. Das wesentliche Element der Kaufentscheidung ist der Vergleich.
2. Der Marktteilnehmer handelt rational und objektiv.

Beide Annahmen entsprechen einer gewissen Alltagserfahrung und erscheinen daher plausibel, sollen im Folgenden aber näher untersucht werden.

#### **Annahme 1: Das wesentliche Element der Kaufentscheidung ist der Vergleich.**

Im Rahmen eines Experiments von Northcraft und Neale (1987) im US-amerikanischen Raum wurden in zwei Durchgängen insgesamt 170 Probanden (im ersten Durchgang 69 Probanden, darunter 48 Laien („amateurs“) und 21 professionelle Wertermittler („experts“); im zweiten Durchgang 101 Probanden, darunter 54 Laien und 47 professionelle Wertermittler) mit der Aufgabe betraut, den angemessenen Preis einer Immobilie zu schätzen. Zu diesem Zweck wurden den Probanden alle (nach Maßgabe unabhängiger Experten) für eine sachgerechte Werteinschätzung erforderlichen Daten zur Verfügung gestellt sowie eine Ortsbesichtigung durchgeführt. In der abschließenden Auswertung wurden die Probanden nach dem Ansatz ihrer Einschätzung befragt. Als wesentliche Ansätze ergaben sich:

- Comparison computations: Dieser Ansatz entspricht weitestgehend dem Prinzip des deutschen Vergleichswertverfahrens („Computations based upon comparisons with neighborhood housing and market values“ (Northcraft und Neale (1987, S. 91))).
- Features-only computations: Nach diesem Ansatz erfolgt die Preiseinschätzung auf der Grundlage absoluter, nicht vergleichender Ansätze („computations focused only on the features of the considered property“ (Northcraft und Neale (1987, S. 91))).
- Concrete referent: Dieser Ansatz beschreibt eine deduktive Vorgehensweise unter Rückgriff auf bekannte Referenzwerte („adjustment from a concrete referent-value“ (Northcraft und Neale (1987, S. 91))).

Tabelle 4.1 gibt der Häufigkeit der Anwendung der Verfahren comparison computations und concrete referent wieder. Wenig überraschend ist hierbei die vergleichsweise häufige Anwendung der vergleichenden Methode (comparison computations) unter den Experten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der in den USA gut ausgebauten und leicht zugänglichen Immobiliendatenbanken mit umfangreichen

**Tabelle 4.1:** Häufigkeit der Anwendung der Verfahren comparison computations und concrete referent zur Werteinschätzung von Immobilien. Zusammenstellung nach Northcraft und Neale (1987, S. 91 und 94).

Durchgang	Comparison computations		Concrete referent	
	Experts	Amateurs	Experts	Amateurs
1	78 %	67 %	10 %	15 %
2	72 %	64 %	5 %	22 %

Vergleichsdaten (z. B. Multiple Listing Service) zu verstehen. Aber auch unter den Laien ist der Rückgriff auf vergleichende Methoden nur unwesentlich geringer als unter den Experten. Wird berücksichtigt, dass auch der deduktive Ansatz des concrete referent auf einen vergleichenden Referenzwert angewiesen ist, kann festgehalten werden, dass in beiden Durchgängen auch Laien zu rund 85 % auf vergleichende Methoden zur Werteinschätzung zurückgreifen. Es darf angenommen werden, dass dies insbesondere auf den intuitiven Charakter und die leichte Nachvollziehbarkeit der vergleichenden Methode zurückzuführen ist.

Der Vergleich erfüllt aber noch eine weitere wesentliche Aufgabe. Die Wirtschaftswissenschaft beschäftigt sich bereits seit geraumer Zeit mit der Bedeutung der Fairness zwischen den Marktteilnehmern. So weisen etwa Fehr und Schmidt (2000, S. 3 f.) unter Bezug auf verschiedene Studien darauf hin, dass Fairness – im Sinn sowohl einer wohlwollenden Behandlung der eigenen Person als auch einer gleichberechtigten Behandlung Dritten gegenüber<sup>16</sup> – durchaus nicht nur ein Begriff des privaten Umfeldes ist, sondern ein wichtiges Element wirtschaftlicher Beziehungen darstellt. Auch wenn dieser Aspekt aufgrund seiner Vielschichtigkeit noch nicht vollständig erforscht ist,<sup>17</sup> kann vorausgesetzt werden, dass Anbieter und Nachfrager fair behandelt werden möchten und – sofern sie in ihren Entscheidungen frei sind – Angebote meiden, welche einen unfairen Handel, und damit eine Übervorteilung der jeweils eigenen Seite, erahnen lassen.

<sup>16</sup>„An alternative hypothesis is that subjects are concerned not only about the absolute amount of money they receive but also about their relative standing compared to others“ (Fehr und Schmidt (2000, S. 14)).

<sup>17</sup>So ist etwa zu unterscheiden, ob eine einmalige oder wiederholte Handelsbeziehung besteht, auf welchem Preisniveau sich das Handelsgut bewegt, in welchem Rahmen der Anbieter frei über sein Angebot entscheiden kann usw. Vgl hierzu z. B. Anderson und Simester (2010), Fehr, Goette et al. (2009), Kahnemann et al. (1986), Güth et al. (1983). Fehr und Schmidt (2000) schließen ihre Studie mit dem Hinweis: „We hope that this is just the beginning. There is no shortage of important questions to which the newly developed tools and insights can be applied“ (Fehr und Schmidt (ebd., S. 48)).

So konnte beispielsweise experimentell bestätigt werden, dass sich Kunden unfair behandelt fühlten, wenn der Preis für eine kurz zuvor erworbene Ware unerwartet gesenkt wurde. Hieraus ergaben sich sogar unmittelbare Konsequenzen für künftige Handelsbeziehungen:

«The findings reveal that many customers stop purchasing if a firm charges a lower price than they previously paid for the same item. We characterize the loss in demand as a customer boycott of the firm. The loss in profits was sufficient to cause the firms that participated in our two field experiments to reduce the frequency of price adjustments» (Anderson und Simester (2010, S. 763)).

Bemerkenswert ist dieses Ergebnis insofern, dass die Kunden durch die Reduzierung des Preises keinen unmittelbaren Schaden erlitten haben, die Ungleichbehandlung des Anbieters aber dennoch als unfair beurteilen und mit Konsequenzen bedenken.

Nun handelt es sich hierbei um ein Experiment, welches nicht den Immobilienmarkt, sondern ein anderes Marktsegment zum Gegenstand der Untersuchung hat. Wie im Abschnitt 4.2 bereits angemerkt, wird der Prozess der Kaufentscheidung in wesentlicher Abhängigkeit von Preis und Risiko für den Erwerber von diesem unterschiedlich komplex behandelt. Dennoch wird an dieser Stelle vorausgesetzt, dass grundlegende Mechaniken – und so auch die Abneigung des Käufers gegen ungleiche und damit (scheinbar) unfaire Behandlung Dritten gegenüber – auf alle Marktsegmente übertragbar ist.

Wie werden nun Preissteigerungen vom Nachfrager beurteilt? Diese Frage untersuchten Kahnemann et al. (1986). Im Rahmen von telefonischen Interviews im Raum Toronto und Vancouver zwischen Mai 1984 und Juli 1985 wurden die Befragten gebeten, verschiedene fiktive Szenarien in Bezug auf ihr Maß an Fairness zu beurteilen. Für die hier zu behandelnde Fragestellung sind die beiden folgenden Szenarien von besonderem Interesse.

Szenario 1:

«A landlord owns and rents out a single small house to a tenant who is living on a fixed income. A higher rent would mean the tenant would have to move. Other small rental houses are available. The landlord's costs have increased substantially over the past year and the landlord raises the rent to cover the cost increases when the tenant's lease is due for renewal» (Kahnemann et al. (1986, S. 733)).

Szenario 2:

«A landlord rents out a small house. When the lease is due for renewal, the landlord learns that the tenant has taken a job very close to the house and is therefore unlikely to move. The landlord raises the rent \$40 per month more than he was planning to do» (Kahnemann et al. (1986, S. 735)).

Im Szenario 1 schätzten von 151 Befragten 75 % das Handeln des Vermieters als akzeptabel („acceptable“) ein. Im Szenario 2 schätzten von 157 Befragten 91 % das Handeln des Vermieters als unfair („unfair“) ein.

Die Autoren ziehen aus der Beurteilung dieser und weiterer Szenarien den folgenden Schluss: Der Nachfrager ist durchaus bereit, Preissteigerungen zu akzeptieren, wenn diese für den Anbieter zur Notwendigkeit werden, wenn er etwa eigene erhöhte Ausgaben hierdurch decken und – dies ist möglicherweise eine nicht erwartete Schlussfolgerung – seinen Profit schützen kann („Protecting Profit“, Kahnemann et al. (1986, S. 732)). Gehen Preissteigerungen dagegen auf Profitbestrebungen unter Ausnutzung der besseren Marktposition zurück („Exploitation of Increased Market Power“, Kahnemann et al. (1986, S. 734)), wird diese vom Nachfrager regelmäßig als unfair betrachtet und nicht toleriert.

Wenn die wirtschaftswissenschaftliche Forschung nun darauf hinweist, dass der Aspekt der Fairness eine nicht unwesentliche Bedeutung bei Handelsbeziehungen innehat, stellt sich die Frage, wie ein unfaires von einem fairen Immobilienangebot unterschieden werden kann. Wie oben bereits angedeutet, ist der Vergleich das entscheidende Element. Über einen Vergleich von vorliegenden Marktdaten (Vergleichskaufpreise, Immobilienrichtwerte, Bodenrichtwerte) können sowohl Anbieter als auch Nachfrager eine entsprechende Einschätzung treffen und Preisvorstellungen in gewissen Grenzen als fair oder ungerechtfertigt (hoch oder niedrig) einstufen.

### **Annahme 2: Der Marktteilnehmer handelt rational und objektiv.**

Im Rahmen des oben zitierten Experiments von Northcraft und Neale (1987) wurden zwei Gruppen mit insgesamt 170 Probanden (darunter 68 professionelle Wertermittler („experts“) sowie 102 Laien („amateurs“)) mit der Aufgabe betraut, den Wert jeweils einer Immobilie zu schätzen. Zu diesem Zweck wurden den Probanden (nach Maßgabe unabhängiger Experten) alle für eine sachgerechte Werteinschätzung erforderlichen Daten, einschließlich des regionalspezifischen Preises je Wohnflächeneinheit, zur Verfügung gestellt sowie eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Der tatsächliche Listenpreis der Immobilie („actual listing price“) wurde im Vorfeld des Experiments von unabhängigen Experten ermittelt. Im Rahmen des Experiments erhielten alle Probanden identische Informationen – mit der Ausnahme des vermeintlichen Listenpreises („listing price“). Dieser wich in unterschiedlichem Maß vom tatsächlichen Listenpreis der Immobilie ab.

Das Ziel des Experiments bestand nun in der Beantwortung der Frage, ob und in welchem Maß als vertrauenswürdig betrachtete Informationen die Werteinschätzung („appraisal value“) der Laien und professionellen Wertermittler beeinflussen. Das Ergebnis zeigt Tabelle 4.2.

Nach Auskunft unabhängiger Experten sei eine Werteinschätzung der Immobilien unter den gegebenen Umständen und mit den zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten von  $\pm 5\%$  möglich. Dennoch zeigt sich, dass sowohl die Laien als auch die professionellen Wertermittler einer systematischen Beeinflussung durch den angeblichen Listenpreis unterliegen, welches zu Fehleinschätzungen von bis zu  $15\%$  – und zwar bei den professionellen Wertermittlern und Laien gleichermaßen – führt. Bemerk-

**Tabelle 4.2:** Werteinschätzung zu zwei Immobilien durch professionelle Wertermittler und Laien unter Annahme unterschiedlicher Listenpreise. Zusammenstellung nach Northcraft und Neale (1987, S. 88 – 90 und 92 – 93).

Actual listing price	Listing price	Appraisal value	
		Experts	Amateurs
74.900 \$	65.900 \$	67.811 \$	63.571 \$
	71.900 \$	–	67.452 \$
	77.900 \$	–	70.423 \$
	83.900 \$	75.190 \$	72.196 \$
134.900 \$	119.900 \$	114.204 \$	116.833 \$
	129.900 \$	126.772 \$	122.220 \$
	139.900 \$	125.041 \$	125.536 \$
	149.900 \$	128.754 \$	144.454 \$

kenswert dabei ist, dass ein Großteil der Laien bestätigte, den angeblichen Listenpreis in die eigene Werteinschätzung einbezogen zu haben. Der Großteil der professionellen Wertermittler verneinte dies jedoch. Ob die Aussage wahrheitsgemäß ist und es sich damit um eine unbewusste Berücksichtigung der angeblichen Listenpreise handelt (die Psychologie spricht in diesem Zusammenhang von einem Ankereffekt (vgl. z. B. Betz (2011, S. 59)) oder ob andere Erwägungen zu dieser Aussage geführt haben, konnte im Rahmen des Experiments nicht geklärt werden.<sup>18</sup> Jedoch konnte anschaulich und mit (nach Auskunft der Autoren) statistisch ausreichender Sicherheit belegt werden, dass im Rahmen der Preisfindung (vermeintlich) vertrauenswürdige Informationen die Einschätzung von Laien und professionellen Wertermittlern in vergleichbarer Weise beeinflussen.

### Schlussfolgerung

Anhand der in diesem Abschnitt zitierten Untersuchungen kann zusammenfassend das Folgende festgehalten werden:

1. Der Marktteilnehmer ermittelt den angemessenen Kaufpreis für eine Immobilie im Wesentlichen auf der Grundlage von Merkmals- und Preisvergleichen. Hierbei geht es sowohl um den rein technischen Aspekt der Werteinschätzung

<sup>18</sup>Vgl. Northcraft und Neale (1987, S. 95).

als auch um die Beurteilung des Angebotes auf seine Fairness hin. Annahme 1 kann damit als experimentell bestätigt eingestuft werden.

2. Der Marktteilnehmer greift auf Informationen zurück, welche seiner Einschätzung nach seriös und glaubwürdig sind – ggf. auch ohne die Plausibilität der Informationen zu hinterfragen oder hinterfragen zu können – und leitet auf deren Grundlage sein individuelles Ergebnis ab. Die Annahme 2 ist damit nicht vollständig bestätigt. Der Marktteilnehmer handelt nicht vollständig rational und objektiv, sondern unterliegt der Beeinflussung durch Informationen Dritter. Solange er die Information jedoch als glaubwürdig einschätzt, bezieht er sie in seine Kaufentscheidung ein. Das Handeln des Marktteilnehmers ist somit als subjektiv rational einzustufen.

Kritisch anzumerken ist an dieser Stelle, dass die in diesem Abschnitt zitierten Studien nur zum Teil aus Deutschland stammen. Vielmehr sind neben der Schweiz insbesondere die USA als Urheber derselben vertreten. Damit stellt sich zu Recht die Frage, ob die daraus gewonnen Erkenntnisse ohne Weiteres auf den deutschen Markt übertragbar und damit zur Lösung der hier gestellten Aufgabe verwendbar sind.

Nun kann an dieser Stelle ein Beweis weder für noch gegen die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse erbracht werden. Die Forschungsinhalte noch einmal aus einer gewissen Distanz betrachtend – es geht im Wesentlichen um das Bedürfnis nach fairer Behandlung sowie um das Vertrauen in seriös und glaubwürdig erscheinende Informationen – kann aber festgehalten werden, dass es um sehr grundsätzliche Verhaltensmuster des menschlichen Zusammenlebens geht. Auch wenn kulturelle Prägungen diese sicher in Tendenzen zu beeinflussen vermögen, soll an dieser Stelle dennoch die Überzeugung vertreten werden, dass Fairness und Vertrauen keine Begriffe sind, die in den genannten Kulturen gänzlich andere Bedeutungen erfahren. Es soll somit davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der genannten Studien in ihrer Grundaussage auch auf den deutschen Marktteilnehmer übertragbar sind.

#### 4.4 Dem Marktteilnehmer zugängliche Marktdaten

Die Erkenntnisse des Abschnittes 4.3 sind nun auf den deutschen Immobilienmarkt zu übertragen. Gemäß vorstehender Überlegungen kann vorausgesetzt werden, dass der Marktteilnehmer i. d. R. vergleichend vorgeht. Ein direkter Preisvergleich ist jedoch kaum möglich. Aufgrund der Individualität der Immobilien ist es unwahrscheinlich, dass zwei oder mehr gleichartige Grundstücke gleichzeitig angeboten werden.<sup>19</sup> Selbst wenn dies in Bezug auf die technischen Grundstücksmerkmale der Fall sein sollte, stehen Lageunterschiede einer unmittelbaren Vergleichbarkeit entgegen. Der Marktteilnehmer steht also zunächst vor der schwierigen Aufgabe, unterschiedliche Grundstücke mit jeweils unterschiedlichen Preisforderungen zueinander in Beziehung

---

<sup>19</sup>Vgl. Kötter und Guhl (2013, S. 1).

zu setzen und zu beurteilen. Rational (ggf. aus subjektiver Sicht) und nachvollziehbar kann die Aufgabe nur unter Zuhilfenahme weiterführender Informationen gelöst werden.

Die Kenntnis des angemessenen Kaufpreises stellt für beide Seiten eine unverzichtbare Information dar. Für den Veräußerer ist diese Information der wesentliche Ausgangspunkt für seine festzusetzende Preisforderung. Für den potenziellen Erwerber dient die Kenntnis des angemessenen Preises der Beurteilung der Preisforderung und der damit verbundenen Entscheidung über den Kauf der Immobilie oder der Ablehnung des Angebotes.<sup>20</sup>

Nun befindet sich der Veräußerer im Allgemeinen in einer etwas günstigeren Ausgangslage, da er in Bezug auf die Feststellung des angemessenen Preises auf die Unterstützung und Erfahrung professioneller Immobilienfachleute (Sachverständige für Immobilienwertermittlung, Makler) aufbauen kann. Der potenzielle Erwerber kann dies nur eingeschränkt. Auch wenn der Kaufinteressent auf die Unterstützung eines Maklerbüros zurückgreift, muss er sich bewusst sein, dass das Büro zumindest nicht primär seine Interessen, sondern mindestens ebenso die des Veräußerers sowie eigene wirtschaftliche Überlegungen vertritt. Auch die Unterstützung von Sachverständigen steht dem potenziellen Käufer nur selten zur Verfügung – zum einen aus Kostengründen (es ist zu bedenken, dass der Kaufinteressent im Rahmen seiner Recherchen zahlreiche Immobilienangebote zu beurteilen hat), zum anderen aufgrund der Tatsache, dass ihm die Möglichkeit der sachverständigen Begutachtung der angebotenen Immobilie nur mit ausdrücklichem Einverständnis des Eigentümers offensteht.

Damit ist zu klären, auf welche Informationen zur Findung des angemessenen Preises der Kaufinteressent zurückgreifen kann.

Im Rahmen des Experiments von Northcraft und Neale (1987) stand den Probanden ein umfangreicher Datenpool einschließlich der Vergleichsgröße „durchschnittlicher Kaufpreis je Wohnflächeneinheit“ zur Verfügung. Dies stellt heute eine durchaus realistische Situation auf dem US-amerikanischen Immobilienmarkt dar. Durch Multiple Listing Services (MLS)<sup>21</sup> und ähnlicher Dienste stehen zunächst Fachleuten, in beschränktem Maß aber auch Laien, umfangreiche und aktuelle Datenbanken an Vergleichskaufpreisen (Angebotspreise und tatsächlich erzielte Verkaufspreise)<sup>22</sup> sowie allen erforderlichen beschreibenden Grundstücksmerkmalen zur Verfügung.

Auf dem deutschen Immobilienmarkt befinden sich potenzielle Erwerber von Einfamilienhausgrundstücken dagegen in einer weniger komfortablen Ausgangslage. Zwar veröffentlichen auch die Gutachterausschüsse in ihren Grundstücksmarktberichten

---

<sup>20</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 732).

<sup>21</sup> „Simply put, an MLS is a platform that serves as a comprehensive database for information about the residential properties for sale within a specific geographic market at any given time. MLSs exist to facilitate connections between folks on opposite sides of the transaction by increasing listing exposure for sellers and by reducing search costs for buyers“ Bradbury (2019, S. 267).

<sup>22</sup>Vgl. z. B. die Regelungen des Bright MLS, veröffentlicht unter: Bright MLS Rules & Regulations, Section 2.5 Reporting Sales to Bright MLS, Stand April 2018.

regelmäßig Angaben zum Durchschnittspreis je Wohnflächeneinheit. Diese Angaben sind i. d. R. jedoch stark generalisiert, nur eingeschränkt aktuell sowie aufgrund der Vielfältigkeit und hohen Individualität deutscher Wohnimmobilien für eine sachgerechte Preisfindung im konkreten Einzelfall kaum geeignet.

Auch die Auskunft aus den Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse kann hier nur bedingt helfen. Aus Gründen des Datenschutzes stellen zahlreiche Gutachterausschüsse Privatleuten nur generalisierte Auskünfte zur Verfügung.<sup>23</sup> Ohne genaue Kenntnis der Vergleichsgrundstücke und ihrer Kaufpreise ist eine solche Auskunft jedoch nur eingeschränkt hilfreich.

Eine Information, welche dagegen nahezu flächendeckend zur Verfügung steht und gleichzeitig den Anspruch auf Zuverlässigkeit und lokale Marktnähe erhebt, ist der Bodenrichtwert. Dieser steht heute Sachverständigen und Laien oft sogar kostenfrei zur Verfügung und ist zudem aufgrund der webbasierten Veröffentlichung durch die Gutachterausschüsse ohne größeren Aufwand zu recherchieren.

Hinzu kommt das besondere Vertrauen, welches den Gutachterausschüssen – und damit auch den Bodenrichtwerten – entgegengebracht werden kann. Weisen die Gutachterausschüsse in ihren Veröffentlichungen doch recht- und regelmäßig auf ihre Unabhängigkeit und Weisungsungebundenheit hin<sup>24</sup> und stellen damit heraus, dass ihre Produkte weder durch politische noch wirtschaftliche Interessen beeinflusst werden.

Natürlich löst die Kenntnis des Bodenrichtwertes nicht die Aufgabe der Findung des angemessenen Kaufpreises einer Immobilie vollständig. Wohl aber leistet der Bodenrichtwert einen ganz wesentlichen Anteil hieran. Denn gerade abstrakte Merkmale wie die lokale Preisstruktur, die individuelle Lagequalität eines Grundstücks, der allgemeine Quartiercharakter, die demographische Situation, der Werteeinfluss durch Immissionen oder durch Zustand und Umfang der vorhandenen Infrastruktur sind durch Laien schwer greifbar und anhand von Vergleichsangeboten kaum zu beziffern. Auf der Grundlage des Bodenrichtwertes können jedoch mit Leichtigkeit alle diese Eigenschaften plausibel und intuitiv erfasst und aus dem Preisangebot isoliert werden. Bei Berücksichtigung des Bodenrichtwertes wird dem Kaufinteressenten der schwierigste Teil seiner Aufgabe abgenommen. Als Rest verbleibt ihm die Aufgabe der Beurteilung der überwiegend technischen Merkmale des Gebäudes (Wohnfläche, Alter, Zustand, Ausstattung etc.).

---

<sup>23</sup>Dies geht auf die Regelung des § 195 Abs. 3 BauGB zurück, nach welcher unter Maßgabe landesrechtlicher Vorschriften Auskünfte aus der Kaufpreissammlung nur bei Vorliegen eines berechtigten Interesses des Antragstellers erteilt werden dürfen. Wird ein Kaufinteresse nicht als berechtigtes Interesse verstanden, dürfen nur generalisierte Auskünfte, welche nicht als Auskünfte aus der Kaufpreissammlung im Sinn des BauGB zu interpretieren sind, erteilt werden. Vgl. hierzu etwa § 10 Abs. 4 der SächsGAVO: „Die Abgabe nach Satz 1 [Auswertungen aus der Kaufpreissammlung in anonymisierter Form, Anm. d. Verf.] ist keine Auskunft aus der Kaufpreissammlung im Sinne des § 195 Abs. 3 BauGB“ (Sächsische Gutachterausschussverordnung vom 15. November 2011 (SächsGVBl. S. 598), die zuletzt durch die Verordnung vom 10. August 2014 (SächsGVBl. S. 455) geändert worden ist).

<sup>24</sup>Vgl. z. B. Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Köln (2017, S. 4).



Vor dem Hintergrund der Erkenntnisse von Kahnemann et al. (1986) sowie Northcraft und Neale (1987), welche die Bedeutung von verlässlichen und objektiven Vergleichsdaten herausstellen, muss angenommen werden, dass der Kaufinteressent, welcher Kenntnis über die von den Gutachterausschüssen veröffentlichten Bodenrichtwerte hat, diese für seine Kaufpreiskalkulation nutzt und sie somit zu einem wesentlichen Element auf dem Weg zur Kaufpreisfindung macht.

So unterstreicht auch die seit einigen Jahren steigende Nachfrage nach Bodenrichtwerten den Bedarf einerseits und das Vertrauen andererseits in dieses Vergleichsmerkmal. Der Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen benennt beispielsweise die Zugriffszahlen auf das Nordrhein-Westfälische Bodenrichtwertinformationssystem BORISplus.NRW gemäß Abbildung 4.2. Vergleichend hierzu sind in derselben Abbildung die Zahlen der registrierten Kaufverträge dargestellt. Es ist erkennbar, dass sich in Nordrhein-Westfalen bei annähernd konstanter Verkaufstätigkeit die Zahl der Zugriffe auf das Bodenrichtwertinformationssystem im Zeitraum 2013 bis 2017 um mehr als 70 % erhöht hat.

Es bleibt also festzuhalten, dass dem Kaufinteressenten in Form der Bodenrichtwerte ein wesentliches Werkzeug zum objektiven Vergleich verschiedener Grundstücksangebote an die Hand gegeben wird. Dabei spielt es keine Rolle, dass es sich bei dem aus dem Bodenrichtwert abgeleiteten Bodenwert tatsächlich nur um eine Modellgröße handelt, welche zunächst keine Auskunft über den angemessenen Preis bebauter Flächen im ökonomischen Sinn erteilt. Entscheidend ist nur, dass es sich bei dem Bodenrichtwert um eine Information handelt, welche

- leicht verfügbar sowie
- seriös und vertrauenswürdig ist, damit
- zur Objektivierung der Kaufpreisbetrachtung beiträgt und
- eine Einschätzung darüber ermöglicht, inwieweit ein Angebot den Anforderungen an die Fairness genügt.

Vor diesem Hintergrund kommt übrigens auch der Zielsetzung des § 16 Abs. 1 ImmoWertV, die Theorie der Bodenwertdämpfung abzuschaffen und den Boden eines bebauten Grundstücks im Regelfall wie den eines unbebauten zu bewerten, eine besondere Bedeutung zu. Kleiber (2013a) vermerkt hierzu:

«Für diejenigen, die sich mit Hilfe von Bodenrichtwerten über die Verhältnisse auf dem Grundstücksmarkt informieren oder den Verkehrswert von Grundstücken nach Maßgabe des § 16 Abs. 1 Satz 2 ImmoWertV a. a. O. ermitteln wollen, wäre die Aussagekraft der Bodenrichtwerte für bebauten Gebiete erheblich beeinträchtigt, wenn diese mangels eindeutiger Lösbarkeit des Repartitionsproblems von Gutachterausschuss zu Gutachterausschuss nach anderen – Außenstehenden möglicherweise uneinsichtigen – Verfahren aus dem Gesamtwert abgeleitet werden würden» (Kleiber (2013a, Rn 56)).



**Abbildung 4.2:** Anzahl der Aufrufe des Dienstes BORISplus.NRW sowie der registrierten Kaufverträge in Nordrhein-Westfalen.

(Aufrufe BORISplus.NRW:

Information und Technik Nordrhein-Westfalen, schriftliche Mitteilung vom 03.07.2018.

Registrierte Kaufverträge:

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2014, S. 8),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2015, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2016, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2017, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2018, S. 12).)

Es kann unterstrichen werden, dass aufgrund der Tatsache, dass noch keine plausible Lösung zur Kaufpreisaufteilung gefunden wurde, einer *einheitlichen* Betrachtung des Bodenwertes bebauter Grundstücke – auch wenn diese nicht uneingeschränkt marktkonform sein mag – zugunsten der Transparenz der Vorzug gegenüber den verschiedensten und nicht miteinander zu vereinbarenden Lösungsansätzen zu geben ist.

Abschließend ist zu betrachten, auf welcher Informationsgrundlage der Veräußerer den angemessenen Kaufpreis findet. Grundsätzlich stehen dem Veräußerer dieselben Informationen wie dem Kaufinteressenten zur Verfügung. D. h. auch hier können Vergleichsangebote und Bodenrichtwerte herangezogen werden. Wie bereits erwähnt, steht dem Veräußerer aber auch sachverständige Unterstützung zur Verfügung.

Im Rahmen der sachverständigen Begutachtung<sup>25</sup> werden Ein- oder Zweifamilienhäuser, da es sich um Sachwertobjekte i. S. der deutschen Wertermittlungstheorie handelt, i. d. R. mithilfe des Sachwertverfahrens und/oder des Vergleichswertverfahrens bewertet. Im Sachwertverfahren ist die Trennung zwischen modellhaftem Bodenwert und Gebäudewert verfahrensbedingt und unumgänglich. Im Vergleichswertverfahren kann auf eine Trennung zwischen modellhaftem Bodenwert und Gebäudewert nur dann verzichtet werden, wenn die zu vergleichenden Grundstücke in ihren wertbestimmenden Merkmalen identisch sind. Dies ist in der Praxis jedoch selten zu erwarten. Dementsprechend werden auch hier die Vergleichsobjekte zwecks individueller Normierung in ihre Bestandteile Boden und Gebäude zerlegt. Damit beruht auch unter sachverständiger Beurteilung die Findung des angemessenen Kaufpreises auf dem Gedanken der voneinander getrennten Wertanteile für Boden und Gebäude.

Grundsätzlich bewegen sich also Erwerber und Veräußerer im selben System. In beiden Fällen wird eine gedankliche Trennung zwischen dem Boden und den aufstehenden Gebäuden vorgenommen. Gemäß voranstehender Schlussfolgerungen dient als Grundlage für die Bewertung des Bodens der Bodenrichtwert. Das Gebäude wird demnach auf der Grundlage des Gebäudesachwertes (im Sachwertverfahren) bzw. aufgrund seiner technischen Eigenschaften im Kontext von Vergleichspreisen (bei vergleichendem Ansatz) bewertet.

## 4.5 Mathematischer Ansatz

Die Ökonomie muss in Bezug auf die Kaufpreisbildung grundsätzlich zwischen Erwerber und Veräußerer unterscheiden. Dies ist darin begründet, dass beide Seiten unterschiedliche Kalkulationen in die Findung des angemessenen Preises einfließen lassen müssen. Während gemäß Kotler et al. (2011) der Kaufinteressent den Kaufpreis primär anhand der Befriedigung seiner Bedürfnisse aus dem jeweiligen Handelsgut bemisst, entscheiden für den Anbieter zusätzliche Rahmenbedingungen über

---

<sup>25</sup>Vgl. hierzu etwa Kleiber (2020) oder Sprengnetter (2020a).

den festzusetzenden Preis. Hier sind etwa Produktionskosten, Lagerkosten, Marketingstrategien und dergleichen mehr zu berücksichtigen.<sup>26</sup>

Nun sind die Betrachtungen der Abschnitte 4.2 (Prozess der Kaufentscheidung) und 4.3 (Verhalten des Marktteilnehmers) zunächst nicht universell, sondern überwiegend auf die Sicht des Kaufinteressenten fokussiert. Insofern ist vor der Entwicklung eines mathematischen Modells der Kaufpreisbildung für Einfamilienhausgrundstücke die Frage zu beantworten, ob für beide Seiten – Erwerber und Veräußerer – die Preisbildung nach einheitlichen oder unterschiedlichen Kriterien erfolgt, ob dementsprechend also ein einheitlicher oder individueller Ansatz für beide Seiten zu entwickeln ist.

Zunächst kann festgehalten werden, dass das Verkaufsangebot von Einfamilienhausgrundstücken sich grundlegend vom Verkaufsangebot vieler anderer Güter unterscheidet. Natürlich werden auch Einfamilienhausgrundstücke mit der Absicht der Gewinnerzielung von Bauträgern bebaut und zum Verkauf angeboten. Dies ist jedoch im Verhältnis zur Gesamtzahl aller Veräußerungen der weitaus kleinere Anteil. Die Gutachterausschüsse behandeln solche Verkäufe regelmäßig sogar als nicht dem gewöhnlichen Geschäftsverkehr zugehörig und schließen diese aus ihren Auswertungen aus oder betrachten diese – bei Vorliegen einer ausreichenden Anzahl an Vergleichsfällen – gesondert. Der gewöhnliche Geschäftsverkehr wird demgegenüber weit überwiegend durch den Verkauf von Bestandsimmobilien aus privater Hand gebildet. So weist etwa der GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (2018, Zugriff 07.09.2020) aus, dass sich mit Stand 2018 von 41,4 Mio. Wohneinheiten in Deutschland lediglich 8,7 Mio. Wohneinheiten (das entspricht einem Anteil von 21 %) in der Hand professionell-gewerblicher Anbieter befinden. Demgegenüber verfügen private Kleinanbieter und Amateurvermieter sowie Selbstnutzer über 32,7 Mio. (79 %) Wohneinheiten.

Demzufolge stellen sich für den Veräußerer in der weit überwiegenden Zahl der Fälle nicht die Fragen von Produktion, Lagerung, Marketing, Konkurrenz etc. Überwiegend erfolgt der Immobilienverkauf situativ bedingt und unterliegt dabei keiner langfristigen Strategie. Auch ist zu beachten, dass dem privaten Veräußerer i. d. R. keine unbegrenzte Zeitspanne für den Verkauf seines Grundstücks zur Verfügung steht. Ist der Verkauf etwa mit dem Umzug des Eigentümers begründet, kann sogar ein gewisser Zeitdruck vorausgesetzt werden. Soll dagegen eine (ggf. vermietete) Zweitimmobilie veräußert werden, ist der Zeitdruck zwar geringer, aber dennoch nicht ganz ausgeschlossen. So zwingen häufig persönliche oder wirtschaftliche Verhältnisse, Leerstand, Sanierungsbedarf etc. zur zeitnahen Veräußerung. Die Möglichkeit überhöhte Preisforderungen „auszusitzen“, also abzuwarten bis ein Käufer gefunden wird, der aus persönlichen Gründen genau dieses Grundstück kaufen möchte oder mit unzureichender Marktkenntnis agiert und daher bereit ist, einen überhöhten Preis zu zahlen, sind zwar durchaus möglich, aber eher selten anzutreffen. Es kann somit der

---

<sup>26</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 295 ff. und S. 723 ff.).

Schluss gezogen werden, dass der Veräußerer sich unabhängig von seinen bisherigen eigenen Investitionen in das Grundstück am tatsächlichen und aktuellen Marktgeschehen orientieren muss. Damit muss auch dieser vergleichend vorgehen und die Eigenschaften seines Grundstücks mit denen anderer Grundstücke vergleichen, um damit zu einer (aus seiner Sicht natürlich möglichst hohen aber dennoch) angemessenen Preisforderung zu kommen. Somit unterscheiden sich grundsätzlich die Möglichkeiten von Veräußerer und Kaufinteressent nicht wesentlich voneinander. Beide Parteien werden auf die ihnen zur Verfügung stehenden Marktinformationen zurückgreifen und das zu diskutierende Grundstück vergleichend, d. h. im Hinblick auf seine Eigenschaften im Kontext anderer Grundstücksangebote, beurteilen. Hieran ändert sich auch nichts, wenn der Veräußerer auf professionelle sachverständige Hilfe zur Kaufpreisfindung zurückgreifen kann. Nutzt der Sachverständige hierzu das Vergleichswertverfahren, findet sich ohnehin derselbe Ansatz. Nutzt der Sachverständige dagegen andere Verfahren, wird zwar ein anderer Weg beschritten, das Ziel zur Ermittlung eines angemessenen Verkaufspreises unter Berücksichtigung der vorhandenen Grundstücksmerkmale – und zwar so, dass das Ergebnis sich in den bestehenden Markt einfindet – bleibt unverändert bestehen. Es kann somit festgehalten werden, dass die Erkenntnisse aus den Abschnitten 4.2 und 4.3 grundsätzlich sowohl für den Kaufinteressenten als auch für den Anbieter gelten. Der mathematische Ansatz zur Modellierung des Prozesses der Kaufpreisbildung kann dementsprechend für beide Parteien gleichermaßen gebildet werden. Aus diesem Grund wird in den folgenden Betrachtungen allgemein vom Marktteilnehmer gesprochen. Eine Differenzierung zwischen Erwerber und Veräußerer erfolgt nur noch dann, wenn es der Zusammenhang erfordert.

Wenn nun, wie von Kotler et al. (2011) beschrieben, der Kaufinteressent – und wie oben abgeleitet ebenso der Anbieter – die Immobilie als „Bündel ihrer Eigenschaften“ betrachten und der Preis „die Summe aller Werte, die ein Verbraucher für den Nutzen, den ein Produkt oder eine Dienstleistung ihm liefert“ (Kotler et al. (2011, S. 730)) repräsentiert, muss gelten:

$$AP = WBM_1 + WBM_2 + \dots + WBM_m + WGM_1 + WGM_2 + \dots + WGM_n \quad (4.1)$$

mit

- $AP$  = Angemessener Kaufpreis,
- $WBM$  = Wert eines Merkmals des Grund und Bodens im ökonomischen Sinn,
- $WGM$  = Wert eines Merkmals der baulichen Anlagen im ökonomischen Sinn,
- $m$  = Anzahl der wertrelevanten Bodenmerkmale,
- $n$  = Anzahl der wertrelevanten Gebäudemerkmale.

Wird vorausgesetzt, dass zwischen den Grundstücksmerkmalen und deren Wert (im ökonomischen Sinn) jeweils eine eindeutige Beziehung besteht, lässt sich daraus das Folgende schließen:

$$AP = f(BM_1, BM_2, \dots, BM_m, GM_1, GM_2, \dots, GM_n) \quad (4.2)$$

mit

- $AP$  = Angemessener Kaufpreis,
- $BM$  = Wertrelevantes Merkmal des Grund und Bodens,
- $GM$  = Wertrelevantes Merkmal der baulichen Anlagen,
- $m$  = Anzahl der relevanten Bodenmerkmale,
- $n$  = Anzahl der relevanten Gebäudemerkmale.

Nun wird der Marktteilnehmer keine angemessenen Preise für einzelne Grundstücksmerkmale benennen können. Auch der angemessene Gesamtpreis kann aufgrund seiner regionalen Unterschiedlichkeit nur unter Kenntnis von regionalen Vergleichsdaten (tatsächliche Verkaufspreise oder Angebotspreise) beurteilt werden. Die Gleichungen 4.1 und 4.2 sind daher, isoliert betrachtet, nicht eindeutig lösbar. Das bedeutet, der Marktteilnehmer ist darauf angewiesen, verschiedene Immobilienangebote miteinander in Beziehung zu setzen. Es sind also verschiedene Immobilien, deren Eigenschaften und die jeweiligen Kaufpreisforderungen der Veräußerer miteinander zu vergleichen:

$$\begin{aligned} KP_1 &= f(B_1M_1, B_1M_2, \dots, B_1M_m, G_1M_1, G_1M_2, \dots, G_1M_n) \\ KP_2 &= f(B_2M_1, B_2M_2, \dots, B_2M_m, G_2M_1, G_2M_2, \dots, G_2M_n) \\ &\dots \\ KP_k &= f(B_kM_1, B_kM_2, \dots, B_kM_m, G_kM_1, G_kM_2, \dots, G_kM_n) \end{aligned} \quad (4.3)$$

mit

- $KP_{(1\dots k)}$  = Kaufpreise (tatsächliche oder Angebotspreise) der Grundstücke 1 bis  $k$  in [EUR],
- $B_{(1\dots k)}M_{(1\dots m)}$  = Wertrelevante Bodenmerkmale 1 bis  $m$  der Grundstücke 1 bis  $k$ ,
- $G_{(1\dots k)}M_{(1\dots n)}$  = Wertrelevante Gebäudemerkmale 1 bis  $n$  der Grundstücke 1 bis  $k$ ,
- $k$  = Anzahl der Grundstücke,
- $m$  = Anzahl der relevanten Bodenmerkmale,
- $n$  = Anzahl der relevanten Gebäudemerkmale.

Dieser Ansatz ist für den Marktteilnehmer bereits etwas besser zu lösen. Es besteht zwar immer noch das Problem der Bewertung der einzelnen Grundstücksmerkmale, durch den Vergleich lässt sich aber eine Hierarchie entwickeln. Vor dem Hintergrund

der Deckung der eigenen Vorstellungen und Wünsche im Zusammenhang mit dem geforderten Preis lässt sich das optimale Kaufangebot ausfindig machen.

Es gibt aber noch eine weitere Unterstützung für den Marktteilnehmer: Wie im Abschnitt 4.3 erläutert, ist vorauszusetzen, dass der Marktteilnehmer alle zur Verfügung stehenden Marktinformationen in seine Kalkulation einfließen lässt. Die wesentliche zur Verfügung stehende Information ist der Bodenrichtwert, welcher gleichsam alle wertrelevanten Merkmale des Grund und Bodens in sich vereinigt. Unter der zunächst zu treffenden Vereinfachung,<sup>27</sup> dass die Grundstückseigenschaften des Bewertungsobjektes dem des Bodenrichtwertgrundstückes entsprechen, Bodenrichtwert und relativer Bodenwert des Bewertungsobjektes somit gleich sind, lässt sich das Gleichungssystem 4.3 folgendermaßen darstellen:

$$\begin{aligned} KP_1 &= f(BW_{\text{ges } 1}, G_1M_1, G_1M_2, \dots, G_1M_n) \\ KP_2 &= f(BW_{\text{ges } 2}, G_2M_1, G_2M_2, \dots, G_2M_n) \\ &\dots \\ KP_k &= f(BW_{\text{ges } k}, G_kM_1, G_kM_2, \dots, G_kM_n) \end{aligned} \quad (4.4)$$

wobei gilt

$$BW_{\text{ges } (1\dots k)} = BW_{(1\dots k)} \cdot FL_{(1\dots k)} \quad (4.5)$$

mit

$KP_{(1\dots k)}$	=	Kaufpreise (tatsächliche oder Angebotspreise) der Grundstücke 1 bis $k$ in [EUR],
$BW_{\text{ges } (1\dots k)}$	=	Bodenwerte gesamt der Grundstücke 1 bis $k$ in [EUR],
$BW_{(1\dots k)}$	=	Bodenwerte relativ der Grundstücke 1 bis $k$ in [EUR/m <sup>2</sup> ],
$FL_{(1\dots k)}$	=	Flächen der Grundstücke 1 bis $k$ in [m <sup>2</sup> ],
$G_{(1\dots k)}M_{(1\dots n)}$	=	Wertrelevante Gebäudemerkmale 1 bis $n$ der Grundstücke 1 bis $k$ ,
$k$	=	Anzahl der Grundstücke,
$n$	=	Anzahl der relevanten Gebäudemerkmale.

Dass es sich bei  $BW_{\text{ges}}$  um eine aus  $BW$  und  $FL$  abgeleitete Größe handelt, darf nicht übersehen werden. Zwar ist davon auszugehen, dass der Marktteilnehmer bei seinen Betrachtungen schlussendlich den Gesamtbodenwert im Fokus hat. Gleichzeitig ist aber auch aus den Untersuchungen zahlreicher Gutachterausschüsse bekannt, dass die Grundstücksgröße einen spezifischen Effekt auf den Kaufpreis ausübt.<sup>28</sup> Nun ist es durchaus möglich, dass auch der Bodenwert  $BW$  über das offensichtlich zu

<sup>27</sup>Gedanken zur Verallgemeinerung dieses Ansatzes folgen im Abschnitt 4.6.

<sup>28</sup>Vgl. Sprengnetter (2020b, S. 3.10.2/1 ff.).

erwartende Maß hinaus auf den Kaufpreis wirkt. Vielleicht sind Grundstücke mit höheren oder niedrigeren relativen Bodenwerten stärker gefragt und werden daher mit einem zusätzlichen Zuschlag versehen. Würden nun  $BW$  und  $FL$  in einem Merkmal  $BW_{\text{ges}}$  zusammengefasst und gemeinschaftlich betrachtet, wären deren individuelle Effekte nicht mehr erkennbar. Die tatsächlichen Abhängigkeiten – und damit letztendlich die gesuchten Marktmechanismen – wären nicht mehr beschreibbar. Daher sollen auch im Modell der Kaufpreisbildung die beiden Merkmale  $BW$  und  $FL$  unabhängig voneinander betrachtet werden.

Mit Gleichung 4.4 in Verbindung mit Gleichung 4.5 ist der Marktteilnehmer nun in die Lage versetzt, den Kaufpreis allein vor dem Hintergrund der technischen Gebäudemerkmale (Wohnfläche, Alter, Zustand, Ausstattung etc.) und seiner individuellen Bedürfnisse zu beurteilen.

Für die mathematische Beschreibung dieses Ansatzes bietet sich ein hedonisches Verfahren an. Damit ist es grundsätzlich möglich, auf der Grundlage einer Regressionsanalyse aus einer möglichst großen Menge von Vergleichskauffällen den Einfluss aller relevanten Grundstücksmerkmale auf den Kaufpreis zu bestimmen. Unter Verwendung eines linearen Ansatzes<sup>29</sup> gilt:

$$\begin{aligned}
 KP_i &= \beta_0 \\
 &+ \beta_1 \cdot BW_i + \beta_2 \cdot FL_i \\
 &+ \beta_3 \cdot GM_{1\ i} + \beta_4 \cdot GM_{2\ i} + \dots + \beta_{(n+2)} \cdot GM_{n\ i} \\
 &+ \varepsilon_i
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

mit

$KP_i$	=	Kaufpreis des Grundstücks $i$ in [EUR],
$BW_i$	=	Bodenwert relativ des Grundstücks $i$ in [EUR/m <sup>2</sup> ],
$FL_i$	=	Fläche des Grundstücks $i$ in [m <sup>2</sup> ],
$GM_{(1\dots n)\ i}$	=	Wertrelevante Gebäudemerkmale 1 bis $n$ des Grundstücks $i$ ,
$\beta_{(0\dots(n+2))}$	=	Parameter der Regressionsgleichung,
$\varepsilon_i$	=	Restglied,
$n$	=	Anzahl der relevanten Gebäudemerkmale,
$i$	=	Laufindex: $i$ -tes Element aus dem Vektor 1 bis $k$ , wobei $k$ der Anzahl der zur Verfügung stehenden Vergleichsgrundstücke entspricht.

Diese Gleichung ist mathematisch lösbar, aufgrund der zahlreichen wertrelevanten Gebäudemerkmale  $GM_i$  jedoch höchst komplex. Zu erwarten ist nämlich eine enorme Zahl an wertbeeinflussenden Gebäudemerkmalen. Neben den offensichtlichsten Merkmalen wie Wohnfläche, Alter, Zustand und Ausstattung sind auch zahlreiche andere

<sup>29</sup>Die Annahme der Linearität dient zunächst der Vereinfachung. In Abschnitt 4.8 wird der Ansatz auch auf nicht lineare Abhängigkeiten erweitert.



Merkmale wie die Anzahl der Geschosse, die Anzahl der vorhandenen Bäder, das Vorhandensein einer Terrasse, eines oder mehrerer Balkone, die Ausrichtung des Gebäudes, die vorhandene Heizungsanlage, der energetische Standard und dergleichen mehr zu berücksichtigen. Dies macht die Lösung der Gleichung 4.6 nicht nur sehr komplex, sondern aufgrund eines Mangels an ausreichenden Informationen geradezu unmöglich. Die hierfür erforderliche Vielfalt an Detailinformationen wird in den Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse nämlich regelmäßig nicht geführt. Gleichzeitig liefert ein Rückgriff auf Exposés zwar einen hohen Detailgrad an Informationen, dagegen aber keine tatsächlichen Verkaufspreise. Darüber hinaus ist zu beachten, dass zur statistisch gesicherten Lösung der Regressionsgleichung aufgrund der Vielfältigkeit der wertrelevanten Gebäudemerkmale auch eine entsprechend hohe Zahl an Vergleichskauffällen benötigt wird.

Die eigentlich anzustrebende Präzision kann somit aus Mangel an den notwendigen Daten nicht realisiert werden. Es bietet sich jedoch ein Kompromiss an: Wenn es gelingt, ähnlich wie alle wertbeeinflussenden Merkmale des Grund und Bodens unter der Variablen Bodenwert  $BW$  subsumiert werden, alle wertbeeinflussenden Merkmale der baulichen Anlagen unter einer Variablen zusammenzufassen, kann auf die Beschreibung der individuellen Gebäudemerkmale verzichtet und Gleichung 4.6 erheblich vereinfacht werden. Hierzu die folgende Überlegung:

Im Rahmen der Kauffallauswertung durch die Geschäftsstellen der Gutachterausschüsse wird jeder Kauffall individuell betrachtet und, sofern es die personelle Besetzung erlaubt, mit einem hohen Detailgrad ausgewertet. Um insbesondere auch die baulichen Anlagen angemessen zu beurteilen, werden regelmäßig Bauakten, welche die Bauzeichnungen sowie alle relevanten technischen Daten enthalten, herangezogen. Gutachterausschüsse, welchen die Bauakten aus organisatorischen Gründen nicht zur Verfügung stehen, greifen oft auf das Werkzeug der Befragung der Erwerber per Fragebogen (online oder postalisch) zu den technischen und sonstigen Ausstattungsmerkmalen der Immobilie zurück. Selbst bei personeller Unterbesetzung der Geschäftsstellen werden mindestens Luftbilder gesichtet, um einen groben Eindruck von den vorhandenen baulichen Anlagen zu erhalten. Das bedeutet, dass, auch wenn in den Kaufpreissammlungen die technische Gebäudebeschreibung nicht mit maximalem Detailgrad geführt wird, sich das zuständige Personal der Geschäftsstelle im Rahmen der Kauffallauswertung intensiv mit den Merkmalen der baulichen Anlagen auseinandergesetzt hat. Alle in diesem Zusammenhang festgestellten wertrelevanten Merkmale münden in einer Zahl: dem Sachwert der baulichen Anlagen. Der Sachwert der baulichen Anlagen ist damit gleichsam ein Repräsentant sämtlicher Gebäudemerkmale.

Insofern spielt es auch keine Rolle mehr, ob es sich beispielsweise um ein großes Gebäude älteren Baujahres oder um ein kleineres jüngerer Gebäude handelt. Wenn der Marktteilnehmer ein älteres Haus und ein kleines neues Haus als gleichwertig betrachtet, ist die individuelle Betrachtung von Baujahr und Größe für die Lösung der Gleichung 4.6 irrelevant. Wichtig ist allein, dass ein Gebäude im gewählten Modell

zu einem eindeutigen Gebäudesachwert führt, also ein eindeutiges Merkmal aufweist. Dass umgekehrt derselbe Sachwert verschiedenen Gebäuden zugeordnet werden kann, ist unerheblich (1:n-Beziehung).

Ferner ist von Bedeutung, dass die Gebäudesachwerte bei unterschiedlichen Merkmalen einer annähernd marktkonformen Relation zueinander stehen. Diese Voraussetzung darf bei den auf den Normalherstellungskosten aus dem Jahr 2000 (NHK 2000) mit dem entsprechenden Modell der Alterswertminderung beruhenden Ansätzen als erfüllt angesehen werden, da diese (bereits aus den NHK 1995 hervorgegangen) über viele Jahre praktisch erprobt sind. Wesentliche Mängel in der Systematik der NHK 2000 in Bezug auf das Modell der Alterswertminderung, der Gebäudetypen und -ausstattung etc. würden andernfalls zu regelmäßigen Unstimmigkeiten in der Verkehrswertermittlung führen. Entsprechendes ist jedoch nicht bekannt.

Werden nun also alle wertrelevanten Gebäudemerkmale durch die Variable Gebäudesachwert  $GSW$  ersetzt, vereinfacht sich Gleichung 4.6 folgendermaßen:

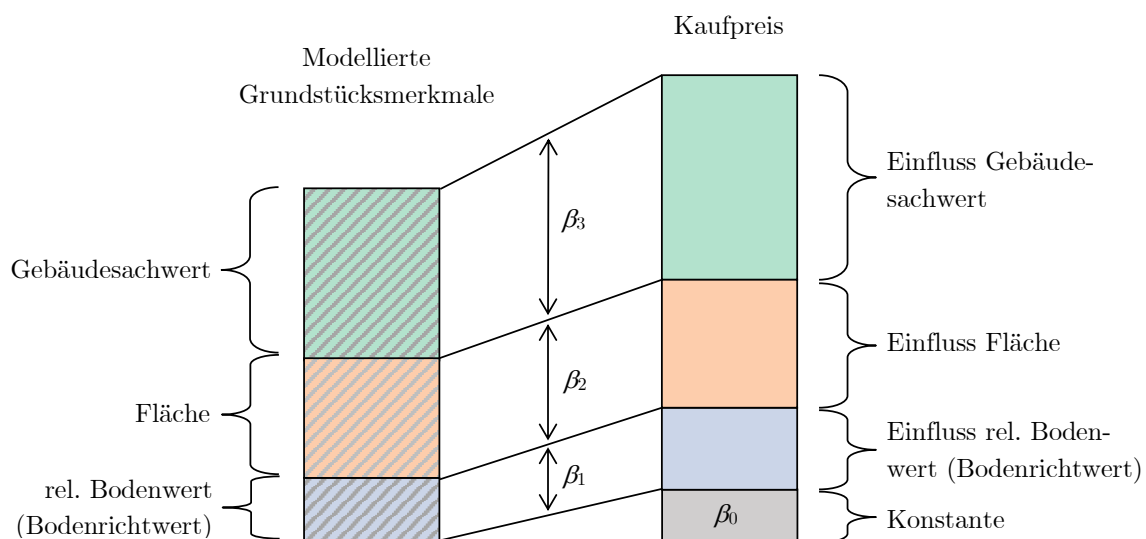
$$KP_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot BW_i + \beta_2 \cdot FL_i + \beta_3 \cdot GSW_i + \varepsilon_i \quad (4.7)$$

mit

- $KP_i$  = Kaufpreis des Grundstücks  $i$  in [EUR],
- $BW_i$  = Bodenwert relativ des Grundstücks  $i$  in [EUR/m<sup>2</sup>],
- $FL_i$  = Fläche des Grundstücks  $i$  in [m<sup>2</sup>],
- $GSW_i$  = Gebäudesachwert des Grundstücks  $i$  in [EUR],
- $\beta_{(0...3)}$  = Parameter der Regressionsgleichung,
- $\varepsilon_i$  = Restglied,
- $i$  = Laufindex:  $i$ -tes Element aus dem Vektor 1 bis  $k$ ,  
wobei  $k$  der Anzahl der zur Verfügung stehenden  
Vergleichsgrundstücke entspricht.

Dabei ist es unerheblich, dass es sich bei  $GSW$  um eine reine Modellgröße handelt, die weder marktkonform noch dem Marktteilnehmer überhaupt bekannt sein muss. Durch den Koeffizienten  $\beta_3$  in Gleichung 4.7 wird die Modellgröße  $GSW$  an das tatsächliche Markthandeln angepasst. Ebenso liefern  $\beta_1$  und  $\beta_2$  Ergebnisse dafür, in welchem Umfang die Preisinformation  $BRW$  und die Fläche  $FL$  die Kaufpreisbildung beeinflussen. Abbildung 4.3 skizziert diesen Sachverhalt in graphischer Form. Die Konstante  $\beta_0$  und deren Bedeutung wird in den Abschnitten 7.2 und 7.3 gesondert betrachtet.

Grundsätzlich sind damit alle zur Modellierung der Kaufpreisbildung im Rahmen einer Regressionsanalyse erforderlichen Einflussgrößen (Regressoren) sowie die Zielgröße gefunden. Als Datenquelle sollen die Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse dienen. Diese beinhalten alle für die Untersuchung erforderlichen Daten und bilden darüber hinaus den zu untersuchenden Teilmarkt vollständig ab. Andere Datenquellen – etwa Maklerexposés, Angebotsportale oder auch Datenbanken der Beleihungsinstitute – genügen diesen Ansprüchen nicht oder nicht vollständig.



**Abbildung 4.3:** Zusammenhang zwischen den modellierten Grundstücksmerkmalen und dem Kaufpreis. Die Darstellung ist symbolisch zu verstehen. Nicht zwangsläufig sind  $\beta_1$  bis  $\beta_3$  größer als 1, sodass der Einfluss der Grundstücksmerkmale auf den Kaufpreis durchaus auch kleiner als deren modellhafte Ausprägung sein kann.

Um darüber hinaus noch das zur Verfügung stehende Datenmaterial zu maximieren, sollen mehrere Jahrgänge aus den Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse untersucht werden. Zeitliche Entwicklungen der Kaufpreise könnten das Ergebnis der Untersuchung jedoch verschleiern. Aus diesem Grund soll zusätzlich in die Gleichung 4.7 der Jahrgang des Kaufvertrags als zusätzliche Einflussgröße eingeführt werden. Auf diese Weise können zeitliche Preisentwicklungen kompensiert werden. Im Endergebnis nimmt das Regressionsmodell die folgende Gestalt an:

$$KP_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot BW_i + \beta_2 \cdot FL_i + \beta_3 \cdot GSW_i + \beta_4 \cdot J_i + \varepsilon_i \quad (4.8)$$

mit

- $KP_i$  = Kaufpreis des Grundstücks  $i$  in [EUR],
- $BW_i$  = Bodenwert relativ des Grundstücks  $i$  in [EUR/m<sup>2</sup>],
- $FL_i$  = Fläche des Grundstücks  $i$  in [m<sup>2</sup>],
- $GSW_i$  = Gebäudesachwert des Grundstücks  $i$  in [EUR],
- $J_i$  = Jahrgang des Kaufvertrags  $i$ ,
- $\beta_{(0...4)}$  = Parameter der Regressionsgleichung,
- $\varepsilon_i$  = Restglied,
- $i$  = Laufindex:  $i$ -tes Element aus dem Vektor 1 bis  $k$ ,  
wobei  $k$  der Anzahl der zur Verfügung stehenden  
Vergleichsgrundstücke entspricht.

Vielleicht mag dieses Ergebnis sogar etwas überraschen. Mit Gleichung 4.8 nimmt das Modell der Kaufpreisbildung eine denkbar einfache Gestalt an. Letztendlich kommt das Modell mit nur vier erklärenden Variablen ( $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und  $J$ ) aus. Möglicherweise wäre ein komplexeres Modell zu erwarten gewesen. Immerhin benötigen manche Ansätze zur Erklärung der Zielgröße ausgesprochen umfangreiche Indikatorensets (vgl. etwa Thomsen und Nitsch (2010) oder Knospe und Schaar (2011)). Kann ein so einfaches Modell überhaupt in der Lage sein, das tatsächliche Marktverhalten zu erklären? Die Antwort lautet: ja. Gerade in der Einfachheit liegt die Nähe zum tatsächlichen Handeln der Marktteilnehmer. In den voranstehenden Abschnitten wurde ausgeführt, dass der Mechanismus zur Kaufpreisbildung, welcher im Wesentlichen auf dem Vergleich beruht, relativ einfach gestaltet ist. Die Schwierigkeit für den Marktteilnehmer liegt vielmehr in der Informationsbeschaffung – welche insbesondere in der Ausprägung des komplexen Kaufverhaltens (vgl. Abschnitt 4.2) sehr intensiv verfolgt wird – als in der Auswertung und Anwendung derselben. Insofern ist es richtig und konsequent, dass ein Modell, welches das tatsächliche Markthandeln mathematisch beschreiben soll, einem einfachen Mechanismus folgen muss. Ein komplexes mathematisches Gebilde wird demgegenüber nicht dem Denken der Marktteilnehmer entsprechen können. Natürlich kann es das gesuchte Ergebnis (im Sinn der korrekten Ausweisung der Zielgröße) richtig und vollständig abbilden, insofern soll in keiner Weise die Leistungsfähigkeit der komplexen mathematischen

Ansätze infrage gestellt werden, aber es wird nicht den tatsächlichen Mechanismus der Kaufpreisbildung im Sinn der Marktakteure nachempfinden können. Gerade dies ist aber in der hier gestellten Aufgabe beabsichtigt.

Des Weiteren fällt auf, dass das hier entwickelte Modell eine Ähnlichkeit mit dem Sachwertmodell aufweist. Letztendlich sind  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  und  $\beta_4$  gemäß Gleichung 4.8 in ihrer Funktion dem Sachwertfaktor ähnlich. Auch dieser dient dazu, Modellgrößen an das tatsächliche Marktgeschehen anzupassen.<sup>30</sup> Das Problem des Sachwertfaktors ist jedoch, dass er Modelldefekte unterschiedlichster Art gemeinsam kompensieren muss. Es liegen bisher aber keine Erkenntnisse dazu vor, welche Anteile des Sachwertfaktors auf den Boden und auf das Gebäude entfallen. Das macht es unmöglich, eine eindeutige Beziehung zwischen Grundstücksbestandteil bzw. Grundstücksmerkmal und dessen Marktanpassung herzustellen. Gleichung 4.8 löst nun dieses Problem.

## 4.6 Erläuterungen zu den Merkmalen

Die zur Erklärung des Grundstückskaufpreises benötigten Merkmale sind zur Übersicht noch einmal in Tabelle 4.3 zusammengefasst. Ergänzend hierzu folgen noch einige Anmerkungen.

### **Kaufpreis *KP***

Kaufpreise sind nur dann miteinander vergleichbar, wenn auch die betreffenden gehandelten Güter miteinander vergleichbar sind. Ist diese Gleichheit nicht gegeben, hat vor dem Vergleich eine Normierung sowohl der Handelsgüter als auch der Kaufpreise zu erfolgen.<sup>31</sup> Aus diesem Grund werden in der folgenden Untersuchung nicht die tatsächlichen, sondern die auf das jeweilige Normgrundstück abgestellten Kaufpreise verwendet. Unter die Bereinigung fällt etwa die Berücksichtigung von Inventar, Stellplätzen, Rechten und Belastungen etc. Diese Bereinigungen werden von den Gutachterausschüssen standardmäßig vorgenommen. Eine weitere Anpassung im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist daher nicht erforderlich.

Eine Bereinigung des Kaufpreises um einen eventuellen Ansatz für Hinterland erfolgt ebenfalls nicht. Sofern der Gutachterausschuss eine entsprechende Bereinigung bereits vorgenommen hat, wird diese zum Zweck der nachfolgenden Untersuchungen wieder zurückgerechnet. Eine Begründung für dieses Vorgehen folgt etwas weiter unten im Zusammenhang der Erläuterung des Merkmals Grundstücksfläche *FL*.

### **Bodenwert relativ *BW***

Anders als im Abschnitt 4.5 zunächst vereinfachend angenommen, kann nicht vorausgesetzt werden, dass sich das Bewertungsgrundstück und das Bodenrichtwertgrund-

<sup>30</sup>Vgl. Sprengnetter (2020a, S. 7/2/12/1 ff.).

<sup>31</sup>Dieser Gedanke findet sich im Vergleichswertverfahren wieder. Vgl. hierzu z. B. Sprengnetter (ebd., S. 8/1/1/1 ff.).

**Tabelle 4.3:** Für die Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke benötigte Merkmale

Merkmalsname	Funktion	Bedeutung
Kaufpreis $KP$	Zielgröße	Der um individuelle Merkmale bereinigte Grundstückskaufpreis.
Bodenwert relativ $BW$	erklärende Variable	Der aus dem Bodenrichtwert abgeleitete relative Bodenwert.
Grundstücksfläche $FL$	erklärende Variable	Die Gesamtfläche des Grundstücks.
Gebäudesachwert $GSW$	erklärende Variable	Sachwert der baulichen und sonstigen Anlagen im Modell der NHK 2000.
Jahrgang $J$	erklärende Variable	Das Jahr des Erwerbsvorgangs.

stück in allen wertrelevanten Merkmalen entsprechen, *BW* und *BRW* also gleich sind. Andererseits ist davon auszugehen, dass der Marktteilnehmer die Bodenrichtwertinformation in seine Kalkulation einfließen lässt und sie sogar zu einer wesentlichen Grundlage seiner Kalkulation macht (vgl. Abschnitt 4.4).

Der Bodenrichtwert beschreibt den *durchschnittlichen* Lagewert (§ 196 Abs. 1 BauGB) gleichartiger Grundstücke innerhalb einer definierten Zone. Auch wenn nicht davon auszugehen ist, dass der in der Wertermittlung nicht geschulte Marktteilnehmer mit den Umrechnungskoeffizienten oder Korrekturgrößen der Gutachterausschüsse oder der Wertermittlungsliteratur arbeitet, so kann dagegen als sicher vorausgesetzt werden, dass der Marktteilnehmer offensichtliche Abweichungen vom Durchschnittsgrundstück registriert und in seiner Kalkulation berücksichtigt. Hierzu dürften etwa die Lage im Erschließungssystem (Ein- oder Zweifrontengrundstück, Eckgrundstück), der Grundstückszuschnitt, mögliche Hanglagen, Sichtfreiheiten u. v. m. gehören.

Wenngleich dem nicht geschulten Marktteilnehmer nur die Möglichkeit bleibt, entsprechende Merkmale nach „Bauchgefühl“ einzupreisen, ist es aber gerade dieses Bauchgefühl, welches sich in generalisierter Form in den Korrekturgrößen wiederfindet, welche die Gutachterausschüsse in zahlreichen Untersuchungen ermitteln und dem Sachverständigen zur Anwendung bereitstellen. Damit ist festzuhalten, dass

1. der aus dem angestrebten Verfahrensergebnis gewonnene relative Bodenwert *BW* erst nach Anpassung an das Bodenrichtwertgrundstück der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden kann und dass
2. für die Anpassung des ermittelten relativen Bodenwertes *BW* die dem Gutachterausschuss vorliegenden Korrekturgrößen verwendet werden können.

### **Grundstücksfläche *FL***

Dieses Merkmal beschreibt die Grundstücksfläche. Die Gutachterausschüsse führen diese Information in ihren Kaufpreissammlungen jedoch unterschiedlich. Zahlreiche Gutachterausschüsse bereinigen den Kaufpreis um einen spezifischen Wertansatz für das Hinterland (die Grundstücksfläche, welche üblicherweise nicht für die baulichen Anlagen erforderlich ist) und führen in ihrer Kaufpreissammlung den flächenbereinigten Kaufpreis und die auf das übliche Bauland normierte Grundstücksfläche. Andere Gutachterausschüsse nehmen diese Bereinigung dagegen nicht vor und verwenden für die weitere Auswertung sowohl die Gesamtfläche als auch den Gesamtkaufpreis.<sup>32</sup>

Es stellt sich damit die Frage, welches Modell für die hier anzustellende Untersuchung geeigneter ist. Hierzu die folgenden Überlegungen: Es ist anzunehmen, dass sich die Marktakteure des geringeren Wertes des nicht baulich nutzbaren Hinterlandes durchaus bewusst sind (insbesondere bei großen Grundstücken) und dies in

<sup>32</sup>Die Vorgehensweise hängt u. a. von der verwendeten Kaufpreissammlung ab. Vgl. hierzu die jeweiligen Handbücher.

die Kaufpreisfindung einbeziehen. Bereinigt nun der Gutachterausschuss die veräußerte Grundstücksfläche um das Hinterland und reduziert den tatsächlich gezahlten Kaufpreis um einen entsprechenden Wertansatz, ist der Kauffall und damit das Verfahrensergebnis auf die Baulandfläche normiert. Nimmt der Gutachterausschuss diese Normierung dagegen nicht vor, muss sich als Verfahrensergebnis ein geringerer relativer Bodenwert  $BW$  [EUR/m<sup>2</sup>] ergeben, da es sich bei der Fläche um eine Mischfläche von höherwertigem Bauland und geringerwertigem Hinterland handelt. Um von dem Verfahrensergebnis auf den Baulandwert zu schließen, ist demnach eine nachträgliche Normierung des Bodenwertes erforderlich.

Im Endeffekt sind nach beiden Ansätzen gleichwertige Ergebnisse zu erwarten. Lediglich die Reihenfolge der Anpassung erfolgt an unterschiedlichen Stellen des Verfahrens. Im ersten Fall wird die Baulandnormierung dem Verfahren vorangestellt, im anderen Fall erfolgt sie abschließend.

Die folgenden Untersuchungen basieren auf der zuletzt genannten Variante. Das bedeutet, dass die Baulandnormierung nicht vorweggenommen wird und sowohl die unmodifizierte Gesamtgrundstücksfläche als auch der nicht um einen Hinterlandansatz bereinigte Kaufpreis in die Untersuchungen eingehen. Der daraus abgeleitete Bodenwert ist demzufolge der durchschnittliche Bodenwert der Gesamtfläche. Eine entsprechende Wertanpassung des Bau- und Hinterlandes hat dann bei Bedarf – etwa zum Zweck der Bodenrichtwertermittlung – nachträglich zu erfolgen. Auf diese Weise wird zum einen gewährleistet, dass für alle Daten der verschiedenen Gutachterausschüsse dasselbe Modell verwendet wird. Zum anderen wird verhindert, dass durch ggf. weniger marktkonforme Modelle der Baulandnormierung die Untersuchung der Marktmechanismen erschwert wird.

### **Gebäudesachwert GSW**

Die Sachwertrichtlinie mit Bezug zu den NHK 2010 wurde im September 2012 bekannt gemacht. Der überwiegende Teil der Gutachterausschüsse passte seine Kauffallauswertung in den Jahren 2013 und 2014 entsprechend an (vgl. hierzu Staiber et al. (2015, S. 168)). Aus verschiedenen Erfahrungsberichten und Workshops ist bekannt, dass in den ersten Jahrgängen nach Einführung der NHK 2010 bei den Gutachterausschüssen eine relativ hohe Unsicherheit in Bezug auf die sachgerechte Anwendung der neuen Richtlinie und Regelwerke herrschte. So formuliert etwa der LVS Bayern in seiner Pressemeldung zum LVS-Immobilientag der Sachverständigen am 18. Juli 2014:

«Die Gutachterausschüsse beschäftigen sich derzeit mit der Ermittlung praxisbezogener Sachwertfaktoren zur Anwendung der Normalherstellungskosten NHK 2010, die mit der Sachwertrichtlinie vom 18.10.2012 in Kraft getreten sind, und beißen sich daran regelmäßig die Zähne aus. Zeigt sich doch in der Praxis, dass die NHK 2010 nur mit Hilfe gravierender Korrekturen zu sachgerechten Ergebnissen führen. Gutachterausschüsse beginnen bereits jetzt, Sonderwege zu gehen. Ein Beispiel dafür ist der Gutachterausschuss München, der auf einem sehr schwierigen Markt agieren muss [sic]



wie Helmut Thiele als Vorsitzender des Gutachterausschusses München und fachlicher Beirat des LVS Bayern berichtete» (Schaper (2014, S. 2)).

Aus diesem Grund führten verschiedene Gutachterausschüsse während einer Übergangszeit beide Modelle parallel – so etwa in Nordrhein-Westfalen unter anderem die Gutachterausschüsse in den Städten Düsseldorf, Leverkusen und Mülheim an der Ruhr (vgl. Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2014, S. 118 ff.)). Auf diese Weise konnten etablierte Standards in der Führung der Kaufpreissammlung, welche auf den vieljährigen Erfahrungen mit den NHK 1995/2000 beruhen, bei gleichzeitiger Erprobung des neuen Modells der NHK 2010, sichergestellt werden.

Auch heute noch – mehrere Jahre nach Einführung der NHK 2010 – sind Probleme gelegentlicher Gegenstand von Diskussionen. So kritisieren etwa Habel und Kleinmann (2018, S. 353) die unzureichende Marktkonformität der NHK 2010 und weisen darauf hin, dass in Kernregionen teilweise Anpassungen von 50 bis 100 % erforderlich seien.

Ein Rückgriff auf die Auswertungen nach dem Modell der NHK 2010 ist daher insbesondere in der frühen Phase nach seiner Einführung mit nicht unwesentlichen Unsicherheiten verbunden. Zugunsten einer möglichst homogenen und plausiblen Datengrundlage wird daher im Rahmen der vorliegenden Untersuchung auf das ältere Modell der NHK 2000 zurückgegriffen. Eine Übertragung des hier entwickelten Verfahrens zur Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke an das Modell der NHK 2010 ist bei Vorliegen eines entsprechenden qualitativ hochwertigen Datenbestandes problemlos möglich.

### **Jahrgang *J***

Wie bereits angeführt, soll sich zugunsten eines größeren Datenbestandes die hier anzustellende Untersuchung auf einen Zeitraum von mehreren Jahren erstrecken. Um zeitliche Entwicklungen zu kompensieren, wird daher der Jahrgang des Kaufvertrages zusätzlich als erklärende Variable in das Regressionsmodell übernommen.<sup>33</sup> Die Wahl des Untersuchungszeitraums richtet sich nach den folgenden Kriterien:

1. Die im Datenbestand hinterlegten Sachwerte der baulichen Anlagen müssen im Modell der NHK 2000 vorliegen.
2. Um Inhomogenitäten zu vermeiden, müssen die Daten nach einem einheitlichen Modell ausgewertet worden sein. Hierbei ist insbesondere die Einführung der ImmoWertV im Jahr 2010 zu berücksichtigen. Nach § 23 ImmoWertV soll die

---

<sup>33</sup>Auf die Berücksichtigung des tages- oder monatsgenauen Kalenderdatums wird verzichtet, da es hier, anders als etwa im Rahmen der stichtagsbezogenen Verkehrswertermittlung, nicht um die Betrachtung des Einzelfalls, sondern um die Untersuchung übergeordneter Zusammenhänge geht. Die Berücksichtigung einer jahresdurchschnittlichen Korrektur wird dementsprechend als ausreichend erachtet.

Alterswertminderung in der Regel „gleichmäßig“ (d. h. linear) erfolgen. Die WertV aus dem Jahr 1988 ließ bis dahin ausdrücklich verschiedene Verfahren zur Berücksichtigung der Alterswertminderung zu (vgl. § 23 WertV (1988)). Als Konsequenz daraus ergab sich für verschiedene Gutachterausschüsse eine Umstellung im Modell der Alterswertminderung ab 2011.

3. Unter Berücksichtigung von Punkt 1. sollen die Daten möglichst aktuell sein.
4. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, sollen die zu untersuchenden Datenbestände der Gutachterausschüsse möglichst aus demselben Zeitraum stammen. Mindestens ein Jahrgang muss in den Datenbeständen aller auszuwertenden Regionen identisch sein. Dieser Jahrgang dient als Referenz.

Unter den vorstehenden Bedingungen ergaben sich für die verschiedenen Gutachterausschüsse unterschiedliche zur Untersuchung geeignete Jahrgänge im Zeitfenster 2008 bis 2015. Alle zur Verfügung stehenden Datenbestände umfassen jedoch das Jahr 2011, welches damit für die folgenden Auswertungen zum Referenzjahr deklariert wird.

## 4.7 Die kausale Unabhängigkeit von Gebäude- und Bodenwertanteil

Im Abschnitt 2.1 wurden verschiedene Ansätze vorgestellt, welche auf der These konstanter Relationen zwischen Gebäude- und Bodenwertanteil aufbauen. Es wurde darauf hingewiesen, dass dieser Ansatz aufgrund seiner mehrfachen praktischen Erprobung als durchaus erfolgversprechend eingestuft werden kann. Dem genannten Ansatz steht jedoch das in dieser Arbeit entwickelte mathematische Modell gemäß Gleichung 4.8, welches von einer Unabhängigkeit zwischen Boden- und Gebäudewert ausgeht, gegenüber. In diesem wird vorausgesetzt, dass der Marktteilnehmer die Wertigkeiten des Bodens und der baulichen Anlagen unbeeinflusst voneinander einschätzt und in die Kaufpreisfindung einfließen lässt.

Zunächst scheinen sich die beiden Ansätze zu widersprechen. Das Problem lässt sich jedoch leicht auflösen. Hierzu soll das folgende Beispiel dienen:

Wohnsiedlungen, welche innerhalb derselben Epoche errichtet werden, zeichnen sich häufig durch eine hohe Uniformität der baulichen Substanz und auch der Grundstücksgröße aus. Insofern ist davon auszugehen, dass die Relation zwischen den Gebäude- und Bodenwertanteilen innerhalb dieser Siedlung – vermutlich auch verschiedener gleichartiger Siedlungen untereinander – weitestgehend konstant ist.<sup>34</sup> Wird nun ein solches Gebäude renoviert und modernisiert, steigt die Wertigkeit des Gebäudes, nach allgemeiner Auffassung aber nicht die des Grund und Bodens, da

<sup>34</sup>Vgl. Ross und Brachmann (1979, S. 29) und Möckel (2020, S. 4.1.3/13).

dessen Wertigkeit maßgeblich durch das Umfeld geprägt wird.<sup>35</sup> Erst wenn durch Modernisierung mehrerer Grundstücke und ggf. auch durch Aufwertung der Infrastruktur die Attraktivität des Quartiers insgesamt aufgewertet wird, ist eine Bodenwertsteigerung zu erwarten.<sup>36</sup> Eine Änderung des Gebäudewertes bringt also nicht zwangsläufig eine Änderung des Bodenwertes mit sich. Das bedeutet, dass die These der konstanten Verhältnisse zwischen Boden- und Gebäudewert in Gebieten mit vergleichbarer Bausubstanz nach wie vor zu befürworten ist. Dennoch ist der Zusammenhang zwischen Boden- und Gebäudewert nicht kausal, d. h. es liegt keine Ursache–Wirkung–Verknüpfung vor.

Natürlich lässt sich dieses Gedankenspiel auch mit Daten unterlegen. Tabelle 4.4 zeigt für verschiedene Testregionen<sup>37</sup> die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Gesamtbodenwert  $BW_{\text{ges}}$  in EUR und dem Gebäudesachwert  $GSW$  einerseits, sowie zwischen dem relativen Bodenwert  $BW$  in EUR/m<sup>2</sup> und dem Gebäudesachwert  $GSW$  andererseits. Es zeigt sich, dass zwar eine sehr hohe Korrelation zwischen  $BW_{\text{ges}}$  und  $GSW$  besteht, nicht aber zwischen  $BW$  und  $GSW$ . Würde eine Ursache–Wirkung–Verknüpfung zwischen dem Bodenwert und dem Gebäudewert bestehen, müsste sich diese aber auch hier zeigen. Aus diesem Grund ist im Modell gemäß Gleichung 4.8 kein Verstoß gegen die Unabhängigkeitsforderung der erklärenden Variablen auszumachen.

## 4.8 Regressionsanalyse – Verfahrenswahl

Mit dem Regressionsansatz gemäß Gleichung 4.8 wurde zunächst vereinfachend angenommen, dass sich das Verhalten der Marktteilnehmer auf ein lineares mathematisches Modell reduzieren lässt. Tatsächlich kann dies jedoch nicht zwingend vorausgesetzt werden. Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass sich das Verhalten der Marktakteure oft nicht optimal durch lineare Gleichungssysteme abbilden lässt. So weist etwa der Grundstücksmarktbericht 2017 für die Stadt Köln als Wirkung der Grundstücksgröße auf den Kaufpreis eine logarithmische Funktion aus (Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Köln (2017, S. 85)), während der Grundstücksmarktbericht 2017 Bundesstadt Bonn im selben Zusammenhang eine Potenzfunktion angibt (Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Bundesstadt Bonn (2017, S. 55)).

Um nun die Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke in marktkonformer Weise lösen zu können, ist demnach ein Verfahren nötig, welches für die Parameter  $\beta_1$  bis  $\beta_4$  der Gleichung 4.8 komplexere Zusammenhänge – und zwar in Abhängigkeit der Ausprägung der Merkmale  $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und  $J$  – abbilden kann.

<sup>35</sup>Vgl. § 16 Abs. 1 ImmoWertV.

<sup>36</sup>Konjunkturelle Einflüsse bleiben bei diesem Gedankenspiel außer Acht.

<sup>37</sup>Diese werden Gegenstand weiterer Untersuchungen im folgenden Kapitel 5 sein. Im dortigen Zusammenhang wird auf die Art der Daten, deren Herkunft und Umfang noch im Detail eingegangen. Aus dem Bedarf heraus erfolgt an dieser Stelle lediglich ein vorgreifender Hinweis.

**Tabelle 4.4:** Korrelationskoeffizienten zwischen dem Bodenwert und Gebäudesachwert verschiedener Märkte

Teilmarkt	Korrelationskoeffizient	
	$BW_{\text{ges}}, GSW$	$BW, GSW$
Dresden, DHH	0,80	-0,04
Dresden, EH	0,82	0,01
Düsseldorf, DHH	0,72	0,37
Düsseldorf, EH	0,79	0,15
Frankfurt a. M., DHH	0,89	0,26
Frankfurt a. M., EH	0,81	0,12
Freiburg i. Br., DHH	0,83	-0,27
Freiburg i. Br., EH	0,77	-0,12
Hannover, DHH	0,62	-0,18
Hannover, EH	0,73	-0,08
Stuttgart, DHH	0,88	0,35
Stuttgart, EH	0,88	0,40
Mittel	0,80	0,08
Standardabweichung	0,08	0,23

Es bedeuten:

$BW_{\text{ges}}$  = Gesamtbodenwert [EUR],

$BW$  = Relativer Bodenwert [EUR/m<sup>2</sup>],

$GSW$  = Gebäudesachwert [EUR],

DHH = Doppelhaushälften (Einfamilienhäuser),

EH = Freistehende Einzelhäuser (Einfamilienhäuser).

Ein Verfahren, welches dieses leistet, ist das von Mann (2004) entwickelte Verfahren der multivariaten Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips. Im Gegensatz zum „klassischen“ Verfahren der multiplen linearen Regression liefert jenes Verfahren nicht nur einen konstanten Regressionskoeffizienten  $\beta_i$  für jede erklärende Variable, sondern einen funktionalen – und zwar durchaus nicht notwendigerweise linearen – Zusammenhang für die Wirkung jeder einzelnen erklärenden Variablen auf die Zielgröße.

Mit der partiellen Auflösung geht aber noch ein weiterer Vorteil einher. Mann (2004) vermerkt zur Transparenz des Verfahrens:

«In der Praxis werden Kaufpreisanalysen mit einer Regressionsgleichung, Vertrauensbereich und anderen statistischen Kenngrößen, einem Sachverständigen nicht transparent. Er kann diese Zahlen mit seinem „Bewertungsmuster“ nicht vergleichen. Deshalb muss das Ergebnis aus einer Kovarianz-/Regressionsanalyse (Modellansatz) aufgeschlüsselt und sachverständig überprüfbar gemacht werden. Dies geschieht durch eine partielle Modellauflösung» (Mann (2004, S. 18)).

Das Verfahren liefert also die Möglichkeit der sachverständigen Überprüfbarkeit der Ergebnisse. Ein Vorteil von wesentlichem Wert. So urteilt diesbezüglich Walter Seele im Vorwort zu Reuter (1989):

«[...] die Statistik möge überall ihren angemessenen Stellenwert in der Grundstücksbewertung erlangen, nirgendwo aber als deren Allerneustes Testament betrachtet werden – kann doch auf Erfahrungen im Verkehr mit Grundstücken und deren Bewirtschaftung ebenso wenig verzichtet werden wie auf bodenordnerische, raumplanerische, bau- und grundstücksrechtliche Kenntnisse» (Walter Seele im Vorwort zu Reuter (1989)).

Nun ist andererseits zu hinterfragen, ob die Leistungsfähigkeit des Verfahrens der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips denen der anderen in der Wertermittlung gängigen Verfahren entspricht. So mag ein möglicher Kritikpunkt an diesem Verfahren die Zusammenfassung verschiedener Merkmalsausprägungen zu Klassen sein. In diesem Fall wird die Klassierung als Informationsverlust interpretiert. Demgegenüber steht jedoch die Argumentation von Schatten (1999), nach welcher im Sinn der Informationstheorie unter Anwendung statistischer Verfahren sich zwar durchaus ein Informationsverlust einstellen kann, bei Betrachtung des Ergebnisses unter dem Aspekt der Zugänglichkeit jedoch tatsächlich ein Informationsgewinn entsteht – der Gewinn von Information nämlich, welche aus den Rohdaten (also den statistisch nicht bearbeiteten oder nicht zusammengefassten Daten) nicht ablesbar ist:

«Gerade das Reduzieren des (informationstheoretischen) Informationsgehaltes kann das Bild auf das „wesentliche“ [sic] freigeben. Man kann diesen Vorgang als eine Art der Fokussierung auf den Teil des Systemes verstehen, der uns im Moment konkret interessiert. [...] Die Reduktion der Information schafft uns einen freien Blick auf die Teile der innewohnenden Information, die wir mit unserem Gehirn zu verarbeiten im Stande sind und die wir assoziieren, verknüpfen können. [...] Der Weg der statistischen Analyse sollte also von der unanschaulichen Datenbank zu einer Form führen, mit

der wir als Menschen (als Experten auf einem bestimmten Gebiet) etwas anzufangen wissen» (Schatten (1999, S. 21 f.)).

Diese Argumentation deckt sich mit der oben angesprochenen Zielstellung der Arbeit von Mann (2004): die Freilegung der gesuchten Informationen zur weiteren Verwertung (im Sinn einer sachverständigen Prüfung) durch Experten (Sachverständige, Gutachterausschüsse). Insofern mag die Klassierung von Merkmalsausprägungen in verschiedenen Anwendungsfällen durchaus ein Nachteil sein. Für die Anwendung des Verfahrens auf dem Gebiet der Immobilienwertermittlung – ausdrücklich für diese Disziplin wurde das Verfahren entwickelt – geht mit der Klassierung anderen Regressionsverfahren gegenüber aber ein wesentlicher Nutzen einher.

Auch wenn nun im Rahmen dieser Arbeit kein Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Regressionsverfahren erbracht werden kann, soll dennoch mit Blick auf die Veröffentlichung im Rahmen der Schriftenreihe der Universität Hannover die grundsätzliche Leistungsfähigkeit der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips nicht angezweifelt werden. Mögliche (theoretische) Leistungseinbußen durch die Konzeption des Verfahrens sollen dem oben beschriebenen Gewinn und Nutzen gegenüber zurückgestellt werden. Die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips nach Mann (2004) soll als Handwerkszeug für die folgenden Untersuchungen dienen.

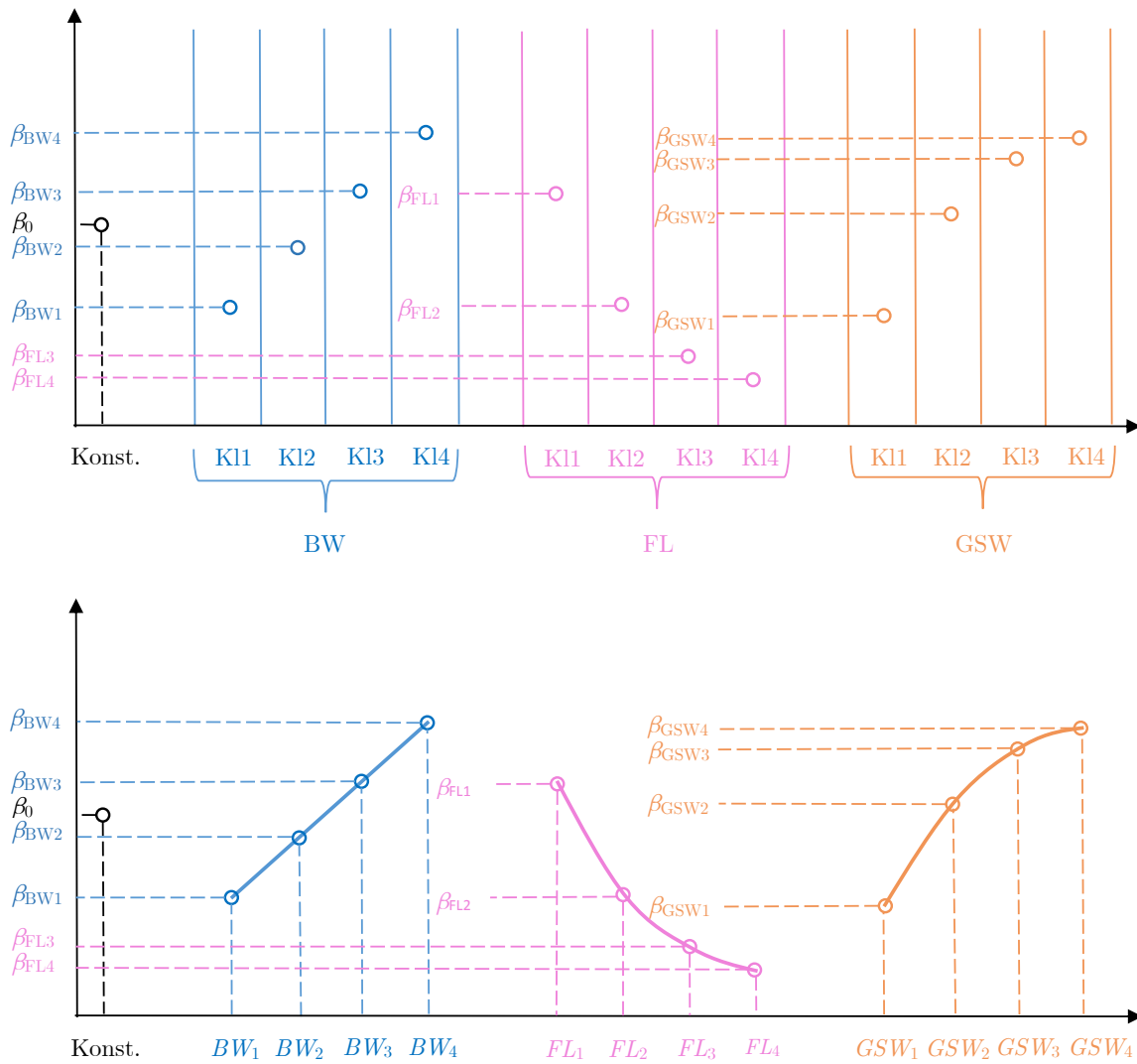
## **4.9 Die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips gemäß Mann (2004)**

### **4.9.1 Das Verfahren im Überblick**

Die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips<sup>38</sup> basiert auf der folgenden Überlegung: In einem Gleichungssystem mit mehreren erklärenden Variablen zeigt sich der funktionale Zusammenhang zwischen jeder einzelnen erklärenden Variablen und der Zielgröße dann, wenn, ausgehend von in ihren Ausprägungen normierten erklärenden Variablen und damit verbunden einer in seiner Ausprägung normierten Zielgröße, die Ausprägung jeweils nur einer einzelnen erklärenden Variablen über einen gewissen Wertebereich fortlaufend geändert wird. Die sich daraus ergebende Änderung der Ausprägung der Zielgröße gegenüber der normierten Ausprägung der Zielgröße beschreibt die Wirkung der untersuchten erklärenden Variablen auf die Zielgröße. Wird diese Untersuchung für jede erklärende Variable durchgeführt, kann der Einfluss jeder erklärenden Variablen auf die Zielgröße funktional modelliert werden.

Die praktische Umsetzung dieses Ansatzes veranschaulicht Abbildung 4.4. Für alle zu untersuchenden erklärenden Variablen (die Grundstücksmerkmale) sind zunächst

<sup>38</sup>Sämtliche Details zum Verfahren sind der Arbeit von Mann (2004) zu entnehmen.



**Abbildung 4.4:** Prinzip der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips. Die dargestellten funktionalen Zusammenhänge haben ausschließlich symbolischen Charakter und entsprechen nicht dem tatsächlichen Marktgeschehen.

Klassen zu bilden. Im dargestellten Beispiel werden die Grundstücksmerkmale Bodenwert  $BW$ , Grundstücksfläche  $FL$  und Gebäudesachwert  $GSW$  in jeweils vier Klassen eingeteilt. Anschließend wird eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, wobei das Regressionsmodell als Zielgröße den Kaufpreis  $KP$  und als Einflussgrößen alle 12 ordinal skalierten Merkmalsklassen umfasst. Im gegebenen Beispiel ergibt sich damit ein Modell mit 12 erklärenden Variablen (den Merkmalsklassen), einer Regressionskonstanten  $\beta_0$  und 12 Regressionskoeffizienten. Die Klassen sind ordinal skalierte Dummy-Variablen und können somit nur die Werte 0 oder 1 annehmen. In der praktischen Umsetzung bedeutet dies, dass der Kaufpreis eines Grundstücks abhängig von seinen Grundstücksmerkmalen berechnet werden kann, indem die mit den tatsächlichen Grundstücksmerkmalen korrespondierenden Klassen mit einer 1 und die restlichen mit einer 0 belegt werden. Möge beispielsweise ein Grundstück über Merkmale verfügen, welche in die Klassen  $BW_{K12}$ ,  $FL_{K14}$  und  $GSW_{K11}$  fallen, berechnet sich der Kaufpreis nach (vgl. hierzu die obere Graphik der Abbildung 4.4):

$$\begin{aligned} KP &= \beta_0 + \beta_{BW2} \cdot 1 + \beta_{FL4} \cdot 1 + \beta_{GSW1} \cdot 1 \\ &= \beta_0 + \beta_{BW2} + \beta_{FL4} + \beta_{GSW1}. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Die Zielgröße berechnet sich also allein aus der Summe der Regressionskonstanten und Regressionskoeffizienten, welche zu den mit den Grundstücksmerkmalen korrespondierenden Klassen ermittelt wurden.

Nun kann vorausgesetzt werden, dass ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Regressionskoeffizienten je Klasse besteht. Immerhin ist davon auszugehen, dass eine systematische Änderung der Grundstücksmerkmale auch zu einer systematischen Änderung des Kaufpreises – und damit zu den Regressionskoeffizienten des oben genannten Modells führt. Dieser Zusammenhang kann nun einfach ermittelt werden, indem die ordinal skalierten Klassen durch ihre jeweiligen Klassenmittel<sup>39</sup> ersetzt werden. Damit wird beispielsweise der mittlere Bodenwert  $BW_1$  dem Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW1}$  zugeordnet, der mittlere Bodenwert  $BW_2$  wird dem Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW2}$  zugeordnet und so weiter. Da nun sowohl die Grundstücksmerkmale als auch die Regressionskoeffizienten metrisch skaliert sind, kann der funktionale Zusammenhang zwischen den Grundstücksmerkmalen und den Regressionskoeffizienten modelliert werden (vgl. hierzu die untere Graphik der Abbildung 4.4).

Wird nun der funktionale Zusammenhang zwischen  $BW$  und  $\beta_{BW}$  mit  $f(BW)$ , der zwischen  $FL$  und  $\beta_{FL}$  mit  $g(FL)$  und der zwischen  $GSW$  und  $\beta_{GSW}$  mit  $u(GSW)$  bezeichnet, ergibt sich der Kaufpreis  $KP$  für ein beliebiges Grundstück innerhalb des gegebenen Datenrahmens zu

$$KP = \beta_0 + f(BW) + g(FL) + u(GSW). \quad (4.10)$$

Damit ist die Wirkung eines jeden Grundstücksmerkmals ( $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$ ) auf den Kaufpreis beschrieben.

<sup>39</sup>Hier ist nicht das Mittel aus den Klassengrenzen, sondern der Mittelwert aus allen in der Klasse liegenden Merkmalsausprägungen gemeint. Näheres hierzu folgt im Abschnitt 4.9.5.



Letztendlich zeigt sich hier die wesentliche Stärke dieses Regressionsverfahrens gegenüber der klassischen linearen multivariaten Regressionsanalyse. Während dort nur lineare Beziehungen zwischen den Einflussgrößen und der Zielgröße ermittelt werden können (sofern kein Prioriwissen<sup>40</sup> vorausgesetzt werden kann, können nicht lineare Beziehungen bestenfalls nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ durch Transformation der Eingangsdaten aufgedeckt werden), kann durch die partielle Zerlegung des multivariaten Regressionsmodells in die zweidimensionalen Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$  die Abhängigkeit zwischen der Zielgröße und jeder einzelnen Einflussgröße dargestellt und sichtbar gemacht werden. Somit können auch komplexe und nicht lineare Zusammenhänge zwischen der Zielgröße und jeder einzelnen Einflussgröße erkannt und modelliert werden.

Nach diesem groben Überblick über die Funktionsweise des Verfahrens folgt eine detailliertere Betrachtung desselben in vier Schritten vor dem Hintergrund der vorliegenden Aufgabenstellung und der gegebenen Vergleichsdaten (Abschnitt 4.9.2 bis 4.9.5). Dabei werden mit dem Ziel einer maximalen Übersichtlichkeit vor dem Hintergrund der hier zu lösenden Aufgabe sowohl der Rechengang als auch die Schreibweise der Gleichungen gegenüber den in der Arbeit von Mann (2004) verwendeten Konventionen angepasst.

Die Auswertung der Daten unter Verwendung des Verfahrens erfolgt in den Abschnitten 5.3.2 bis 5.3.13. Zur besseren Übersicht wird empfohlen, eine der dortigen Auswertungen parallel zu den folgenden Verfahrenserläuterungen zu betrachten.

#### 4.9.2 Schritt 1: Teilmarktdefinition

Das hier entwickelte Verfahren hat die Modellierung des Marktverhaltens zur Grundlage. Grundsätzlich würde eine solche Modellierung die Berücksichtigung aller Grundstücks- und Käufermerkmale, welche das Marktverhalten beeinflussen – oder auch nur beeinflussen könnten – erfordern (vgl. hierzu die Ausführungen in Abschnitt 3.2). Da dies jedoch kaum machbar ist, soll hier, so wie in der Wertermittlung ebenso wie in vielen anderen Wissenschaften üblich, nur ein gewisser Ausschnitt der Realität betrachtet und untersucht werden. Ist der Ausschnitt (Teilmarkt) so gewählt, dass die daraus entnommenen Vergleichsdaten sich in möglichst vielen Merkmalen entsprechen, kann die Modellierung dieser identisch ausgeprägten Merkmale unterbleiben. Das gesamte Modell reduziert sich somit auf die Betrachtung der unterschiedlich ausgeprägten Merkmale der Vergleichsdaten.

Nun stellt sich die Frage, wie der Teilmarkt zu definieren ist. Grobe Rahmenbedingungen wurden bereits im Abschnitt 3.2 genannt. Dies ist jedoch nicht ausreichend. Zwar kann bei Beschränkung auf den Teilmarkt der Einfamilienhausgrundstücke bereits auf die Berücksichtigung einer großen Bandbreite anderer Immobilienarten verzichtet werden. Auch kann bereits auf eine einigermaßen homogene Gruppe po-

---

<sup>40</sup>Vgl. Weitkamp und Alkhatib (2014, S. 6).

tenzieller Kaufinteressenten geschlossen werden (Privatpersonen oder Familien mit dem Ziel der Eigennutzung). Viele andere, möglicherweise durchaus preisbildungsrelevante Merkmale sind hierdurch jedoch nicht erfasst und müssten daher eine Berücksichtigung erfahren. So unterscheiden sich Einfamilienhausgrundstücke durchaus wesentlich voneinander. Beispielhaft können die Grundstücksgröße, das Baujahr der baulichen Anlagen, die Wohnfläche, der bauliche Zustand, die Raumaufteilung, der Raumzuschnitt, das Vorhandensein und Zustand von Nebengebäuden und vieles andere mehr genannt werden.

Es wird schnell deutlich, dass eine Untersuchung aller relevanten Grundstücksmerkmale nicht möglich ist. Zum einen stellt die Hinzunahme zahlreicher erklärender Variablen bei einer begrenzten Anzahl an Vergleichsdaten ein mathematisch-statistisches Problem dar. Zum anderen liegen viele für eine solche Untersuchung relevante Informationen nicht vor. Wie im Abschnitt 4.5 bereits ausgeführt, sollen aus diesem Grund sämtliche Grundstücksmerkmale durch die Variablen Bodenwert  $BW$ , Grundstücksfläche  $FL$  und Gebäudesachwert  $GSW$  subsumiert werden. Die Frage der Teilmarktdefinition kann dementsprechend auch auf diese Merkmale reduziert werden.

Es gilt also zu ermitteln, innerhalb welcher Grenzen die Ausprägungen für  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  repräsentativ für den zu untersuchenden Teilmarkt sind. Vergleichskauffälle, deren Merkmalsausprägungen innerhalb der jeweiligen Grenzen liegen, sind als teilmarkttypisch einzustufen; Vergleichskauffälle deren Merkmalsausprägungen außerhalb einer oder mehrerer Grenzen liegen, sind als nicht teilmarkttypisch einzustufen und daher von der Auswertung auszuschließen.

Nun ist die Festlegung solcher Grenzen mit zwei Schwierigkeiten verbunden. Zum einen ist anzunehmen, dass sich das Marktverhalten zwischen zwei Teilmärkten nicht genau definieren lässt, sondern durch einen gewissen Übergangsbereich gekennzeichnet ist. Wenn etwa Einfamilienhausgrundstücke in unterschiedlicher Preis- und Größenklasse unterschiedliche Käufergruppen ansprechen, kann eben kein genauer Betrag genannt werden, welcher die Grenze zwischen den verschiedenen Teilmärkten definiert. Zum anderen kann vorausgesetzt werden, dass die Frage, welches typische Ausprägungen von  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  sind, regional durchaus unterschiedlich beantwortet wird. Daher sind keine einheitlichen, sondern regionaltypische Teilmarktgrenzen für  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  zu definieren.

Nun stellt sich die Frage, wie eine solche regionalspezifische Teilmarktdefinition vorgenommen werden kann. Eine je nach Fragestellung durchaus zulässige und sinnvolle Methode ist die Befragung von Experten. Im hier angesprochenen Thema bietet sich etwa die Befragung von Mitarbeitern der Geschäftsstelle des jeweils zuständigen Gutachterausschusses an, da diese den regionalen Markt und das Marktgeschehen i. d. R. genau kennen und beschreiben können. Dennoch ist hiermit eine gewisse Gefahr verbunden. Auch wenn keineswegs die Fachkenntnis und Erfahrung der Geschäftsstellenmitarbeiter in Frage gestellt werden soll, so handelt es sich bei der jeweiligen Auskunft doch um eine Information, welche nicht unmittelbar auf objektiven

Daten, sondern einer persönlichen Einschätzung beruht. Die Objektivierung dieser Information würde weitere Schritte erfordern – etwa die Auswertung verschiedener Expertenmeinungen zur selben Frage (vgl. hierzu z. B. Steinbrecher (2017)).<sup>41</sup> Nach Abwägung von Aufwand und Nutzen soll an dieser Stelle auf die Anwendung eines solchen Verfahrens verzichtet werden. Stattdessen soll hier ein rein statistisches Werkzeug, welches die Teilmarktdefinition aus den vorliegenden Daten selbst ableitet, zur Anwendung kommen.

In der Statistik bewährt sich seit Jahrzehnten ein sehr einfaches Werkzeug zur Identifikation von typischen Merkmalsausprägungen und Extremwerten innerhalb einer Stichprobe: der Boxplot. Mit diesem werden unter Berücksichtigung der Verteilung der Merkmalsausprägungen Grenzen für deren typischen Wertebereich definiert. Erfahrungen zeigen, dass Werte außerhalb des 1,5fachen Interquartilabstands (IQR) zumindest auffällig sind und – sofern möglich – einer weiteren Untersuchung unterzogen werden sollten. Ist eine solche Nachuntersuchung nicht möglich, ist über einen Ausschluss dieser kritischen Werte aus dem zu untersuchenden Datenbestand zu entscheiden. Nagel et al. (1996) vermerken hierzu:

«Die sogenannten Whiskers reichen vom oberen bzw. unteren Ende des Kastens bis zu dem jeweils letzten verbundenen Datenwert und beschreiben den „normalen“ Bereich der Daten. Dazu wird eine obere Schranke  $Q_{0.75} + k \cdot IQR$  und eine untere Schranke  $Q_{0.25} - k \cdot IQR$  bestimmt. IQR ist der Interquartilabstand und  $k$  ein freier Parameter, der in der Regel als  $k = 1.5$  gewählt wird.

[...]

Im Lauf der Zeit sind verschiedene Werte für  $k$  vorgeschlagen worden. Sie reichen von  $k = 1$  [...] bis zu  $k = 3.0$  [...]. In verschiedenen Arbeiten wurden die verschiedenen Möglichkeiten untersucht (vgl. etwa Frigge et al. (1989)), wobei  $k = 1.5$  als die in den meisten Fällen günstigste Wahl beschrieben wird» (Nagel et al. (1996, S. 35 f.)).

Wenngleich diese Methode je nach Zielsetzung nicht unreflektiert verwendet werden darf – Extremwerte ergeben sich nämlich nicht nur in Abhängigkeit von der Verteilung, sondern auch vom Umfang der untersuchten Datensätze – eignet sie sich im hier geschilderten Zusammenhang hervorragend zur Definition des typischen Teilmarktes. Einerseits berücksichtigt die so entwickelte Teilmarktdefinition die regionalspezifische Grundstücks- und Preisstruktur, andererseits erfolgt die Teilmarktdefinition nach einem objektiven und überregional einheitlichen Maßstab. Selbst wenn, beeinflusst durch eine ungeeignete Wahl des Faktors  $k$ , welcher die Länge der Whiskers bestimmt, teilmarkttypische Werte aus der Untersuchung fälschlicherweise ausgeschlossen oder teilmarktuntypische Werte fälschlicherweise nicht identifiziert werden, so wird dieser Fehler dennoch in allen Untersuchungen gleichermaßen begangen und stört den Vergleich der aus verschiedenen Untersuchungsgebieten erhaltenen Ergebnisse nicht.

<sup>41</sup> „Im Vergleich zu einer Einzelbefragung ist der Grundgedanke einer Gruppenbefragung, mehr Wissen, Informationen und Ideen in den Entscheidungsprozess einfließen zu lassen. Zusätzlich sollen durch das Hinzuziehen von mehreren Experten die Fehlurteile des Einzelnen ausgeglichen werden“ (Steinbrecher (2017, S. 84, Zugriff 01.08.2020)).

Die praktische Umsetzung dieses Ansatzes erfolgt nun folgendermaßen: Zunächst werden jeweils ein Boxplot für die Merkmale *KP*, *BW*, *FL* und *GSW* entwickelt. Der Faktor  $k$  wird gemäß der Empfehlung von Nagel et al. (1996, S. 35 f.) mit 1.5 angesetzt. Die Kauffälle, welche in einer oder mehrerer Merkmalsausprägung einen Extremwert aufweisen, werden aus dem Datenbestand eliminiert. Der so bereinigte Datenbestand wird erneut mithilfe der Boxplots auf Extremwerte geprüft. Da sich der Datenbestand geändert hat, können sich auf diese Weise durchaus erneute Extremwerte zeigen, sodass eine weitere Bereinigung des Datenbestandes erfolgen muss. Bis sich in den relevanten Merkmalen keine Extremwerte mehr zeigen, sind also durchaus mehrere Bereinigungsverfahren erforderlich.

Eine Besonderheit im Rahmen der Teilmarktdefinition stellt das Merkmal Grundstücksfläche *FL* dar. Eine Bereinigung des Datenbestandes erfolgt grundsätzlich auch nach oben beschriebenem Verfahren. Darüber hinaus ist jedoch eine Betrachtung erforderlich, welche sich nicht in der beschriebenen Weise automatisieren lässt: es geht um extrem kleine Flächen. Die Kaufpreissammlungen der Gutachterausschüsse weisen durchaus Flächen für Einfamilienhausgrundstücke von unter 100 m<sup>2</sup> auf. Zunächst einmal ist davon auszugehen, dass sich Grundstücke mit einer solchen Größe für eine Bebauung mit Wohngebäuden nicht oder nur sehr schlecht eignen. Es ist daher der Verdacht gerechtfertigt, dass es sich in manchen solcher Fälle um den Kauf von Arrondierungsflächen mit Bebauung von untergeordneter Bedeutung handelt. Solche Flächen besitzen jedoch eine eigene Preisstruktur, welche durch den eingeschränkten Käuferkreis (in der Regel kommen nur Anlieger infrage) sowie durch die Nutzen- und Wertsteigerung der arrondierten Fläche beeinflusst wird.<sup>42</sup> Arrondierungsflächen sollen daher aus der Untersuchung ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus sind jedoch gelegentlich durchaus kleine Grundstücke mit einer Bebauung in Form von Einfamilienhäusern zu finden. Aufgrund der damit verbundenen geringen Größe und Nutzbarkeit der aufstehenden Bebauung decken diese Grundstücke jedoch ebenfalls ein spezielles Marktsegment ab und sollen daher nicht in die Untersuchung des regionaltypischen Marktes einfließen.

Nun gibt es kaum Anhaltspunkte dafür, welche Mindestgrundstücksgröße als angemessen betrachtet werden kann. Tatsächlich gehen die Aussagen verschiedener Institutionen sogar weit auseinander, was jedoch darauf zurückzuführen ist, dass der Begriff der Mindestanforderung durchaus unterschiedlich interpretiert werden kann. So kann der Begriff einerseits in technischer Hinsicht und andererseits im Sinn einer Empfehlung für optimale Wohnverhältnisse mit dem Anspruch auf Befriedigung vielseitiger Bedürfnisse (so etwa mit ausreichend Fläche für Grünflächen und Garage) verstanden werden. Einen interessanten Hinweis gibt jedoch Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Düsseldorf (2019, S. 23). Für freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Doppelhaushälften wird eine Grundstücksgröße dann nicht mehr als „Norm“ betrachtet, wenn sie 350 m<sup>2</sup> unterschreitet.

---

<sup>42</sup>Vgl. z. B. Kleiber (2020) oder Sprengnetter (2020a).

**Tabelle 4.5:** Mindestgrößen der zu untersuchenden Einfamilienhausgrundstücke

Gebäudeanbauart	Mindestgrundstücksgröße
Freistehendes Einzelhaus	400 m <sup>2</sup>
Doppelhaushälfte	250 m <sup>2</sup>

Nun sollte dieser Anhaltspunkt etwas weiter differenziert werden, da freistehende Einfamilienhäuser, Zweifamilienhäuser und Doppelhaushälften unterschiedliche Anforderungen an die Grundstücksgröße stellen und somit der angegebene Wert eher als Mittelwert zu interpretieren ist. Für die weiteren Untersuchungen wird daher die Differenzierung gemäß Tabelle 4.5 festgelegt.

Nun muss festgehalten werden, dass diese Mindestgrößen keine exakten Werte im wissenschaftlichen Sinn darstellen. Möglicherweise müsste sogar regional differenziert werden. Für den hier angestrebten Zweck ist dies aber nicht nötig. Im Vordergrund steht allein der Ansatz, eine plausible und nachvollziehbare Teilmarktdefinition zu finden. Eine Orientierung an den Erfahrungen des Gutachterausschusses für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Düsseldorf erscheint daher angemessen.

Für einen vertiefenden Blick auf die teilmarktspezifische Datenstruktur wird auf die jeweiligen Histogramme und QQ-Plots im Anhang verweisen. Mit diesen wird ein detaillierterer Eindruck über die jeweilige Spannweite der Merkmalsausprägungen, insbesondere aber auch über die Verteilung derselben geliefert. Für die anstehende Regressionsanalyse ist die Normalverteilung der zu untersuchenden Daten zwar keine zwingende Voraussetzung, wohl aber für die Beurteilung der Güte der Regressionsanalyse. Dies ist begründet in der Natur der verwendeten statistischen Testverfahren.

### 4.9.3 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Sowohl die Zielgröße  $KP$  als auch die erklärenden Variablen  $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und  $J$  wurden im Abschnitt 4.5 als Bestandteile des Regressionsmodells identifiziert. Zur Anwendung des Verfahrens sind jedoch nicht die originären Merkmale der erklärenden Variablen, sondern deren klassierte Merkmale zu verwenden. Das Merkmal  $KP$  ist aufgrund seiner Funktion als Zielgröße des Regressionsmodells nicht zu klassieren.

Im Rahmen der Klassierung sind zwei widerstreitende Zielstellungen gegeneinander abzuwägen: die Klassenbreite und die Anzahl der Merkmalsausprägungen je Klasse. Je höher die Anzahl der Merkmalsausprägungen je Klasse ausfällt, desto besser repräsentiert deren Mittelwert die jeweilige Klasse. Es ist damit zunächst eine möglichst hohe Anzahl an Merkmalsausprägungen je Klasse anzustreben. Gleichzeitig sind es aber die Klassen, welche im weiteren Verlauf des Verfahrens zur Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen Zielgröße und Einflussgröße dienen.

Insofern ist zugunsten einer stabilen Modellierung dieser Funktionen eine möglichst hohe Anzahl an Klassen erforderlich. Das folgende Beispiel, welches in Abbildung 4.5 graphisch dargestellt wird, soll dies verdeutlichen.

Gegeben sei eine quadratische Funktion der Form  $y = x^2$ . Als Ausprägungen von  $x$  werde die Menge der ganzen Zahlen  $\mathbb{Z} = \{0, 10, 20, 30, \dots, 480, 490, 500\}$ , insgesamt also 51 Elemente, gewählt. Die Funktionswerte  $y$  werden zur Simulation einer Beobachtungsreihe mit einer zufälligen Streuung belegt. Nun wird die Funktion  $y = f(x)$  mithilfe der klassischen linearen Regression (da es sich um eine quadratische Funktion handelt mit entsprechend transformierten Eingangsgrößen) gelöst. Das Ergebnis dient als Referenz für den folgenden Vergleich. Anschließend wird dieselbe Aufgabe zweimal mit dem Regressionsverfahren mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips nach Mann (2004) gelöst, wobei einmal eine Klassenbreite von  $B = 50$  und einmal eine Klassenbreite von  $B = 100$  gewählt wird. Damit stehen im ersten Durchgang 10 Klassen mit jeweils 5 Elementen und im zweiten Durchgang 5 Klassen mit jeweils 10 Elementen zur Verfügung.<sup>43</sup> Die folgenden Ergebnisse werden ermittelt (vgl. auch Abbildung 4.5):

$$y_{(\text{klassisch})} = 8.003.234 - 64,297 x + 1,114 x^2, \quad (4.11)$$

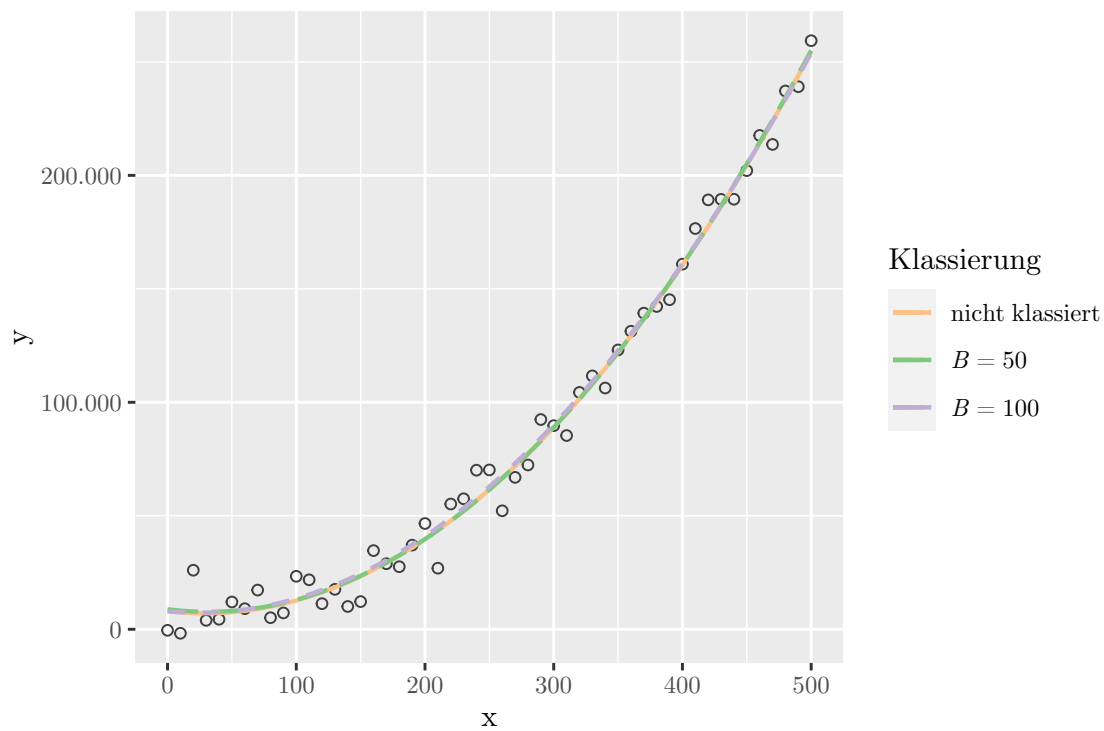
$$y_{(B=50)} = 8.805,971 - 70,795 x + 1,126 x^2, \quad (4.12)$$

$$y_{(B=100)} = 7.916,662 - 52,399 x + 1,089 x^2. \quad (4.13)$$

Abbildung 4.5 sowie die Gleichungen 4.11 bis 4.13 lassen erkennen, dass die klassische lineare Regression mit transformierten Eingangsgrößen und die Regression mit partieller Modellauflösung nahezu identische Ergebnisse liefern. Bei einer Klassenbreite von  $B = 100$  scheinen die Ergebnisse gegenüber einer Klassenbreite von  $B = 50$  etwas weiter zu differieren. Dies ist damit erklärbar, dass die aus dem Verfahren abschließend ermittelte Funktion anhand einer geringeren Anzahl an Klassen (und damit Stützpunkten) abgeleitet wird. Wenn nun diese Stützpunkte aufgrund der Streuung der  $y$ -Ausprägungen weniger genau an ihrem Soll-Wert liegen, kann die ermittelte Funktion ebenfalls weniger genau beschrieben werden. Bei einer höheren Anzahl an Klassen (und damit Stützpunkten) ist die Streuung natürlich ebenso gegeben. Die größere Anzahl an Stützpunkten gleicht aber die zufälligen Streuungen besser aus und stabilisiert die zu ermittelnde Funktion besser.

Hieraus ist nun der Schluss zu ziehen, dass die Zahl der Klassen eine etwas gewichtigere Bedeutung hat als die Zahl der Elemente in den Klassen. Gleichwohl darf die Anzahl der Klassen nicht zu hoch gewählt werden, da die Mittelwerte aus Klassen mit nur wenigen Elementen aufgrund deren Streuung nur untergeordnet repräsentativ sind. Insbesondere dann, wenn die zu klassierenden Merkmalsausprägungen ungleichmäßig verteilt sind, besteht die Gefahr, dass sowohl Klassen mit unnötig

<sup>43</sup>Die erste Klasse enthält jeweils ein Element mehr.



**Abbildung 4.5:** Funktionsfitting im Vergleich. Dargestellt sind die aus dem selben Datenbestand mit drei unterschiedlichen Ansätzen ermittelten funktionalen Zusammenhänge zwischen  $x$  und  $y$ : 1. Lineare Regression mit transformierten Eingangsgrößen ohne Klassierung (gelb), 2. Regression nach Mann (2004) mit einer Klassenbreite  $B = 50$  (grün), 3. Regression nach Mann (2004) mit einer Klassenbreite  $B = 100$  (violett).

vielen als auch gleichzeitig Klassen mit ungünstig wenigen Merkmalsausprägungen gebildet werden. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit ein Ansatz zur Wahl der Klassenbreite gewählt, welcher auch die Verteilung der Merkmalsausprägungen berücksichtigt. Es ist dies der Ansatz von Freedman und Diaconis. Hier wird neben dem Umfang der Stichprobe auch der Interquartilsabstand – und damit ein Merkmal der Verteilung – berücksichtigt. Der Ansatz lautet:<sup>44</sup>

$$B = 2 \cdot \frac{\text{IQR}(x)}{\sqrt[3]{n}}. \quad (4.14)$$

mit

$B$  = Klassenbreite

$\text{IQR}$  = Interquartilabstand der Stichprobe  $x$

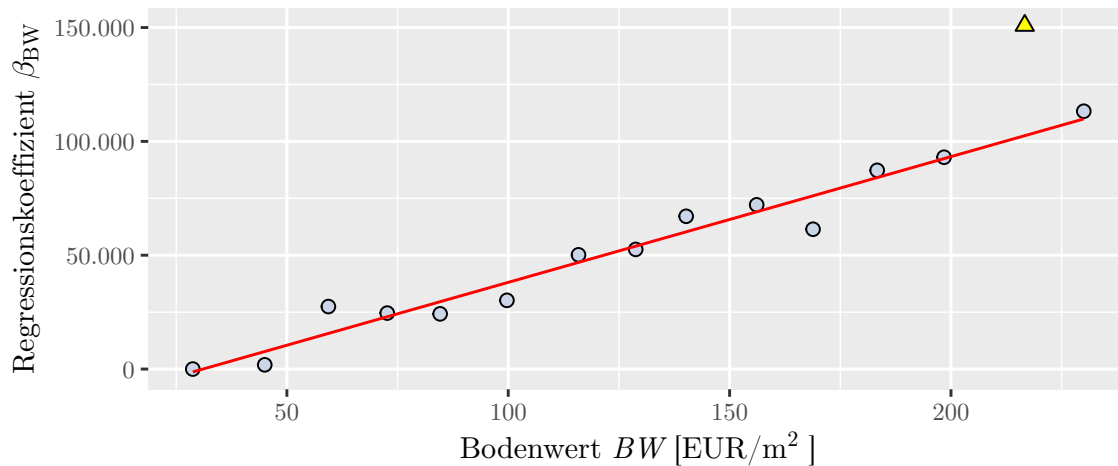
$n$  = Umfang der Stichprobe  $x$

Unabhängig davon ist natürlich auch hier noch zu prüfen, dass keine Klassen in die weitere Auswertung einbezogen werden, welche zu wenige Merkmalsausprägungen enthalten und deren mittlere Ausprägung aufgrund der Streuung daher u. U. nicht mehr repräsentativ sind. Wie viele Merkmalsausprägungen nun aber mindestens je Klasse enthalten sein sollten, kann aus der Fachliteratur nicht abschließend abgeleitet werden. Für übliche statistische Fragestellungen existieren die unterschiedlichsten Empfehlungen. Für die Aufgaben der Immobilienbewertung schätzen Weitkamp und Alkhatib (2014) 15 Kauffälle pro unabhängige Variable als erforderlich ein. Im Fall der hier durchzuführenden Untersuchung kann jedoch ein bereits oben erwähnter Zusammenhang gewinnbringend genutzt werden: Die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips liefert kein abstraktes und nur wenig interpretierbares Ergebnis. Vielmehr können die Ergebnisse der Regression – die Regressionskoeffizienten  $\beta$  für jede Klasse eines Grundstücksmerkmals – miteinander in Beziehung gesetzt werden (vgl. Abschnitt 4.9.1). Es ist nämlich zu erwarten, dass diese Beziehung systematisch und damit funktional beschreibbar ist. Dies ist deshalb zu erwarten, da die Ausprägungen von  $\beta$  letztendlich den jeweiligen Anteil des Grundstücksmerkmals am Grundstückskaufpreis beschreiben. Das bedeutet nun im Umkehrschluss, dass die aus der Regressionsanalyse ermittelten Regressionskoeffizienten, welche sich nicht mit dem ansonsten erkennbaren funktionalen Zusammenhang zur Deckung bringen lassen, als kritisch oder sogar als nicht marktkonform eingestuft werden können. Zur Veranschaulichung soll vorgreifend ein Beispiel aus den später folgenden Untersuchungen herangezogen werden:

Abbildung 4.6 zeigt die Ausprägungen von  $\beta_{\text{BW}}$  in Abhängigkeit von  $BW$ . Ein funktionaler Zusammenhang (hier in linearer Form) ist sehr gut erkennbar. Bei einem Bodenwert  $BW$  von 217 EUR wurde jedoch ein Regressionskoeffizient ermittelt,

<sup>44</sup>Freedman und Diaconis (1981) zitiert aus Schnell (1994, S. 23) in abgewandelter Formelschreibweise.





**Abbildung 4.6:** Beispiel für die Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen  $BW$  und  $\beta_{BW}$  sowie der Identifikation potenzieller Ausreißer. Es handelt sich um ein reales Beispiel, welches sich im Abschnitt 5.3.3.4 wiederfindet.

welcher nicht in die Systematik passt. Dieser ist mit einem gelben Dreieck markiert. Dass der Markt bei diesem Bodenwert nun tatsächlich einen solchen Sprung vollführt, ist nicht anzunehmen. Vielmehr ist zu erwarten, dass ein oder mehrere in die Klasse um 217 EUR fallende Vergleichsfälle durch besondere Umstände geprägt waren und daher zu einer nicht systematischen Veränderung des Kaufpreises geführt haben, was in einem Ausschluss der Klasse aus den weiteren Untersuchungen münden sollte.

Da nun, wie mit diesem Beispiel gezeigt wird, Ausreißer in gewissen Grenzen zuverlässig identifiziert werden können, tritt das Erfordernis, die Regressionsanalyse über eine möglichst hohe Anzahl an Eingangsdaten je Klasse zu stabilisieren, etwas in den Hintergrund. Aus diesem Grund wird für die folgenden Untersuchungen eine Mindestanzahl von nur 3 Datensätzen je Klasse festgesetzt. Lediglich Klassen mit 1 oder 2 Datensätzen werden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Damit wird deutlich, dass auch eine gewisse Inhomogenität der Anzahl der Datensätze je Klasse kein wesentliches Problem darstellt. Eine Inhomogenität ist zunächst deshalb zu erwarten, da nicht alle Grundstücksmerkmale gleichermaßen auf dem Markt vertreten sind. So sind etwa – insbesondere in Hochpreisregionen – kleinere Grundstücke vorherrschend, während Grundstücke mit zunehmender Größe seltener sind. Demgegenüber werden Bodenwerte und Gebäudesachwerte i. d. R. an beiden Rändern des Datenrahmens seltener und dürften etwa in der Mitte ihr Maximum finden. Da, wie oben beschrieben, Klassen mit weniger Datensätzen naturgemäß eine geringere Ergebnissicherheit liefern, nimmt diese, den gesamten Datenrahmen betrachtet, vom jeweiligen Häufigkeitsmaximum ausgehend ebenfalls systematisch ab.

Da sich die Unsicherheit jedoch in *zufälligen* Abweichungen äußert, ist hierdurch keine systematische Verfälschung des Gesamtergebnisses (des zu modellierenden funktionalen Zusammenhangs zwischen den Ausprägungen des Grundstücksmerkmals und den jeweiligen Regressionskoeffizienten  $\beta$ ) zu erwarten. Vielmehr ist davon auszugehen, dass bei schwach belegten Klassen die Streuung der daraus abgeleiteten Regressionskoeffizienten um die ausgleichende Funktion zwar zunimmt, nicht aber systematisch verfälscht wird. Im Ergebnis ergibt sich der in Tabelle 4.6 zusammengestellte Pool an Klassen.

#### 4.9.4 Schritt 3: Regressionsanalyse

Nun ist eine Regressionsanalyse durchzuführen. Ein lineares Modell ist vollkommen ausreichend, da ggf. vorhandene nicht-lineare Beziehungen durch den folgenden Schritt der partiellen Zerlegung modelliert werden können. Die Zielgröße ist die nicht klassierte Variable Kaufpreis  $KP$ . Als erklärende Variablen dienen die unter Abschnitt 4.9.3 gemäß Tabelle 4.6 gebildeten Klassen. Damit ergibt sich eine Gleichung deren Anzahl der erklärenden Variablen der Anzahl der gebildeten Klassen entspricht. Es gilt:

$$\begin{aligned}
 KP = & \beta_0 \\
 & + \beta_{\text{BW } 1} \cdot KlBW_1 + \beta_{\text{BW } 2} \cdot KlBW_2 + \dots + \beta_{\text{BW } j} \cdot KlBW_j \\
 & + \beta_{\text{FL } 1} \cdot KlFL_1 + \beta_{\text{FL } 2} \cdot KlFL_2 + \dots + \beta_{\text{FL } k} \cdot KlFL_k \\
 & + \beta_{\text{GSW } 1} \cdot KlGSW_1 + \beta_{\text{GSW } 2} \cdot KlGSW_2 + \dots + \beta_{\text{GSW } l} \cdot KlGSW_l \\
 & + \beta_{\text{J } 1} \cdot KlJ_1 + \beta_{\text{J } 2} \cdot KlJ_2 + \dots + \beta_{\text{J } m} \cdot KlJ_m.
 \end{aligned} \tag{4.15}$$

Das Ergebnis der Regressionsanalyse ist auf seine Güte hin zu untersuchen. Hierbei ist jedoch die Definition der Zielstellung der Untersuchung von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen der üblicherweise zu entwickelnden Regressionsstrategie dienen die statistischen Kenngrößen der Beurteilung von Unsicherheiten, welche der Weiterentwicklung des Regressionsmodells zugute kommen. Wie in Abschnitt 3.3 beleuchtet, geht es im hier gewählten Ansatz aber nicht um die Optimierung des gewählten Regressionsmodells, sondern allein um die Justierung des Modells am tatsächlichen Marktgeschehen. Während das Modell selbst unverändert bleiben muss, dient die Regressionsanalyse der Findung der geeigneten Regressionsparameter, welche die Kongruenz zwischen Modell und Marktgeschehen herstellen. Damit dienen die statistischen Gütekriterien nicht primär der Analyse von spezifischen Unsicherheiten, sondern sie dienen als Indikator dafür, ob das Modell überhaupt in der Lage ist, das tatsächliche Marktgeschehen abzubilden. Würde diese Antwort negativ ausfallen, würde dies bedeuten, dass das unter Abschnitt 4.5 entwickelte Modell (Gleichung 4.8) nicht dem Denken und Handeln der Marktteilnehmer entspräche. Zeigt sich jedoch, dass sich die vorliegenden Vergleichsdaten gut durch das Modell abbilden lassen,

**Tabelle 4.6:** Klassierung der erklärenden Variablen

Variable	zu bildende Klassen
<i>BW</i>	$KlBW_1 = [KlBW_1^u, KlBW_1^o]$
	$KlBW_2 = (KlBW_2^u, KlBW_2^o]$
	...
	$KlBW_j = (KlBW_j^u, KlBW_j^o]$
<i>FL</i>	$KlFL_1 = [KlFL_1^u, KlFL_1^o]$
	$KlFL_2 = (KlFL_2^u, KlFL_2^o]$
	...
	$KlFL_k = (KlFL_k^u, KlFL_k^o]$
<i>GSW</i>	$KlGSW_1 = [KlGSW_1^u, KlGSW_1^o]$
	$KlGSW_2 = (KlGSW_2^u, KlGSW_2^o]$
	...
	$KlGSW_l = (KlGSW_l^u, KlGSW_l^o]$
<i>J</i>	$KlJ_1 = [KlJ_1^u, KlJ_1^o]$
	$KlJ_2 = (KlJ_2^u, KlJ_2^o]$
	...
	$KlJ_m = (KlJ_m^u, KlJ_m^o]$

Es bedeuten:

u = Klassenuntergrenze,

o = Klassenobergrenze,

j = Anzahl der Klassen für die Variable *BW*,

k = Anzahl der Klassen für die Variable *FL*,

l = Anzahl der Klassen für die Variable *GSW*,

m = Anzahl der Klassen für die Variable *J*,

[ = untere Klassengrenze geschlossen,

( = untere Klassengrenze offen.

kann das aus Ökonomie und Psychologie abgeleitete Modell der Kaufpreisbildung als realitätsnah eingestuft werden.

Da nun für eine entsprechende Einschätzung keine besonderen Anforderungen an die Gütekriterien gestellt werden müssen, wird auf die üblichen Standardwerkzeuge zurückgegriffen. Hierzu gehören das adjustierte Bestimmtheitsmaß, der Test der ermittelten Regressionsparameter auf Ungleichheit von 0 sowie der F-Test zur Überprüfung der Gesamtsignifikanz des Regressionsmodells. Von gleichwertiger Bedeutung für die Beurteilung der Güte des Regressionsergebnisses sind graphische Analyseplots, welche die Lage und Verteilung der Residuen und standardisierten Residuen wiedergeben.

Natürlich müssen nicht alle vorliegenden Vergleichsdaten repräsentativ für das übliche Markthandeln sein. Solche untypischen Vergleichsdaten stören die Justierung des Modells am tatsächlichen Markthandeln und sind daher von den Untersuchungen auszuschließen. Grundsätzlich stehen zur Identifikation solcher Ausreißer komplexe und aufwändige Verfahren zur Verfügung. Für die hier gestellte Aufgabe, welche nicht etwa präzise physikalische Messgrößen, sondern die menschliche Einschätzung und das daraus resultierende Markthandeln zum Gegenstand hat, erscheint eine einfache und robuste Methode der Ausreißeridentifikation ausreichend. Es werden daher die Datensätze als Ausreißer identifiziert, deren Residuen außerhalb des 1,5fachen Interquartilabstands<sup>45</sup> liegen. Dieser Ausschluss erfordert eine erneute Klassierung der vorliegenden Vergleichsdaten gemäß Schritt 2, einschließlich des ggf. erforderlichen Ausschlusses einzelner Klassen mit einer nicht ausreichenden Anzahl an Datensätzen. Anschließend erfolgt eine erneute Regressionsanalyse mit dem bereinigten Datenbestand.

Eine Beachtung verdienen noch die jeweils untersten Klassen eines jeden Grundstücksmerkmals. Da die erklärenden Variablen des Modells nach Gleichung 4.15 sämtlich ordinal skaliert sind (und von der Software als nominal skaliert interpretiert werden), ist im Rahmen der Regressionsanalyse nicht der absolute Betrag der ermittelten Regressionskoeffizienten  $\beta$  von Bedeutung, sondern ausschließlich deren Relation zueinander. Der absolute Betrag der Zielgröße wird allein durch die Regressionskonstante  $\beta_0$  bestimmt. Aus diesem Grund wird Statistiksoftware regelmäßig so programmiert, dass eine der ordinal skalierten erklärenden Variablen zur Basis erklärt wird. Der Betrag des Regressionskoeffizienten  $\beta_{\text{Basis}}$  dieser Basis wird von allen anderen Regressionskoeffizienten subtrahiert und ausgleichend zur Regressionskonstanten  $\beta_0$  hinzuaddiert. Auf diese Weise erhält die Basis immer einen Regressionskoeffizienten von  $\beta_{\text{Basis}} = 0$ .

Von der hier verwendeten Software R wird als Basis automatisch die jeweils erste Klasse (im Sinn der ordinal skalierten Variablen die unterste Klasse) als Basis gewählt. Damit werden die Regressionskoeffizienten  $\beta_{\text{BW } 1}$ ,  $\beta_{\text{FL } 1}$ ,  $\beta_{\text{GSW } 1}$  und  $\beta_{\text{J } 1}$

<sup>45</sup>Zur Wahl des Faktors 1,5 vgl. die in Abschnitt 4.9.2 bereits zitierten Ausführungen von Nagel et al. (1996, S. 35 f.).

immer gleich 0. Die Konstante  $\beta_0$  wird entsprechend angepasst. Die aus der statistischen Betrachtung der Regressionsanalyse ermittelte Standardabweichung und sonstige statistische Kenngrößen der Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW\ 1}$ ,  $\beta_{FL\ 1}$ ,  $\beta_{GSW\ 1}$  und  $\beta_{J\ 1}$  werden ebenfalls auf  $\beta_0$  übertragen. Aus diesem Grund werden in den folgenden Ergebniszusammenstellungen keine statistischen Kenngrößen für die jeweils untersten Klassen angegeben.

#### 4.9.5 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung

Bei den Klassenvariablen  $KIBW$ ,  $KIFL$ ,  $KIGSW$  und  $KIJ$  in Gleichung 4.15 handelt es sich um Dummy-Variablen. Damit können diese nur die Ausprägungen 1 (die Merkmalsausprägung der erklärenden Variablen fällt in diese Klasse) oder 0 (die Merkmalsausprägung der erklärenden Variablen fällt nicht in diese Klasse) annehmen. Das bedeutet, wenn die erklärenden Variablen einen Einfluss auf die Zielgröße ausüben, muss sich dieser vollständig in dem jeweiligen Regressionskoeffizienten  $\beta$  wiederfinden. Wenn beispielsweise  $BW$  einen systematischen Einfluss auf  $KP$  ausübt, muss sich in Gleichung 4.15 eine systematische Entwicklung in  $\beta_{BW}$ , von  $\beta_{BW\ 1}$  bis  $\beta_{BW\ j}$ , zeigen. Wird also etwa  $KP$  größer bei steigendem  $BW$ , muss sich in Gleichung 4.15 ein wachsendes  $\beta_{BW}$  ergeben.

Um nun den Einfluss von  $BW$  auf  $KP$  zu ermitteln, ist zunächst im Rahmen der partiellen Zerlegung  $\beta_{BW}$  den Klassen  $KIBW$  gegenüberzustellen. Da die Klassen  $KIBW$  jedoch ordinal skaliert sind, sind diese durch repräsentative metrisch skalierte Größen – das sind die jeweiligen Klassenmittelwerte  $KLBW_M$  – zu ersetzen. Damit kann über ein Funktionsfitting der funktionale Zusammenhang zwischen  $BW$  und  $\beta_{BW}$  modelliert werden. Unter Klassenmittelwert wird hierbei nicht das Mittel aus den Klassengrenzen, sondern das arithmetische Mittel aus allen in der Klasse liegenden Merkmalsausprägungen verstanden. Dies ist deshalb wichtig, da die in den Klassen liegenden Vergleichsdaten die Ausprägung von  $\beta_{BW}$  bestimmen, nicht die gewählten Klassengrenzen.

Auch sei noch darauf hingewiesen, dass als Klassenmittel bewusst nicht der Median gewählt wird. Dieser hat zwar aufgrund seiner Robustheit gegenüber Ausreißern vielfältige Anwendungsgebiete, sein Nachteil ist jedoch eine geringere Präzision als das arithmetische Mittel, welches hier zu ungünstigen Verzerrungen führen könnte. Das folgende kleine Beispiel soll dies verdeutlichen:

In einer Klasse sollen die Bodenwerte  $BW$  [EUR/m<sup>2</sup>] = {100, 100, 120, 120, 120} liegen. Als Median ergibt sich  $BW_{Med} = 120$  EUR/m<sup>2</sup>. Damit würde  $\beta_{BW}$  vollständig dem Bodenwert 120 EUR/m<sup>2</sup> zugeordnet werden. Tatsächlich resultiert die Ausprägung von  $\beta_{BW}$  aber aus allen Vergleichsdaten innerhalb der gegebenen Klasse. Es würden somit Verzerrungen entstehen, welche sich aus dem Mittelwert, welcher in diesem Beispiel bei  $BW_M = 112$  EUR/m<sup>2</sup> liegt, nicht ergeben.

Nun werden aber anders als in der kurzen Einführung zum Verfahren in Abschnitt 4.9.1 Abbildung 4.4 vereinfachend dargestellt, die Datenpaare ( $BW_i$  |  $\beta_{BW\ i}$ ) nicht

genau auf der ermittelten Funktion liegen, sondern werden aufgrund der natürlichen Streuung der ursprünglich verwendeten Vergleichsdaten in gewissem Rahmen um die Funktion streuen (vgl. hierzu beispielhaft die Abbildung 4.6). Die ermittelte Funktion kann somit auch als ausgleichende Funktion verstanden werden und dazu dienen, die Streuung der Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW_i}$  zu korrigieren und diese in die ausgeglichenen Regressionskoeffizienten  $\bar{\beta}_{BW_i}$  zu überführen. Im Ergebnis liegt also eine Funktion  $f(BW) = \beta_{BW}$  vor, welche die Möglichkeit bietet, für jede beliebige Ausprägung von  $BW$  einen ausgeglichenen Regressionskoeffizienten  $\bar{\beta}_{BW}$  abzuleiten.

Entsprechend sind  $\beta_{FL}$  und  $\beta_{GSW}$  den jeweiligen Klassenmittelwerten  $KLFL_M$  und  $KLGSW_M$  gegenüberzustellen und daraus die Funktionen  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  sowie  $u(GSW) = \beta_{GSW}$  zu modellieren. Die Modellierung einer funktionalen Abhängigkeit zwischen  $J$  und  $\beta_J$  ist dagegen nicht erforderlich.  $J$  hat die Aufgabe, konjunkturelle Entwicklungen der Kaufpreise im Regressionsmodell aufzufangen. Da die Entwicklung der Konjunktur aber nicht zwangsläufig systematisch verläuft, könnte der Versuch der funktionalen Abbildung, und damit ggf. Nivellierung, durchaus zu marktfernen Verzerrungen führen. Daher sollen die jahrgangsspezifischen Regressionskoeffizienten  $\beta_J$  als diskrete Größen in das Modell einfließen.

Grundsätzlich ist der Kaufpreis  $KP$  mit den oben ermittelten Ergebnissen bereits modelliert und berechenbar. Mithilfe der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$  und den daraus zu ermittelnden Größen  $\bar{\beta}_{BW}$ ,  $\bar{\beta}_{FL}$  und  $\bar{\beta}_{GSW}$  kann der Kaufpreis  $KP$  eines Grundstücks mit innerhalb des definierten Datenraums beliebigen Merkmalsausprägungen nach Gleichung 4.16 berechnet werden:

$$KP = \beta_0 + \bar{\beta}_{BW} + \bar{\beta}_{FL} + \bar{\beta}_{GSW} + \beta_J. \quad (4.16)$$

mit

$$\bar{\beta}_{BW} = f(BW), \quad (4.17)$$

$$\bar{\beta}_{FL} = g(FL), \quad (4.18)$$

$$\bar{\beta}_{GSW} = u(GSW). \quad (4.19)$$

Hierbei entsprechen  $\beta_0$  und  $\beta_J$  den aus Gleichung 4.15 ermittelten, nicht ausgeglichenen Regressionsparametern.

Ein weiteres Zusammenziehen der Gleichung 4.16 ist nicht möglich, da allein  $\beta_0$  einen konstanten Wert annimmt.  $\bar{\beta}_{BW}$ ,  $\bar{\beta}_{FL}$ ,  $\bar{\beta}_{GSW}$  und  $\beta_J$  tragen variable Ausprägungen, welche sich gemäß Gleichung 4.15 aus den jeweiligen Grundstücksmerkmalen ergeben.

Nun ist aber das Ziel der hier durchzuführenden Untersuchung neben der Entwicklung eines Modells zur Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke auch der Vergleich der Ergebnisse und damit der Preisbildungsmechanismen verschiedener Städte Deutschlands. Es geht letztendlich also auch darum, die aus den Verkaufsfällen verschiedener Städte ermittelten Funktionen  $f(BW) = \beta_{BW}$ ,  $g(FL) = \beta_{FL}$

**Tabelle 4.7:** Merkmale des Normgrundstücks

Merkmal	Ausprägung		
Bodenwert (relativ)	$BW_N$	300	EUR/m <sup>2</sup>
Grundstücksfläche	$FL_N$	550	m <sup>2</sup>
Gebäudesachwert	$GSW_N$	150.000	EUR
Jahrgang	$J_N$	2011	

und  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$  miteinander zu vergleichen und mögliche Gemeinsamkeiten aufzudecken. Es ergibt sich jedoch das Problem, dass die Funktionen auf der Grundlage der ordinal skalierten Klassen ermittelt werden. Damit sind die Funktionen zwar in Bezug auf Steigung und Krümmung eindeutig definiert, nicht jedoch in ihrer absoluten Lage im Koordinatensystem. Hierfür ist der jeweilige Achsenabschnitt der Funktionen verantwortlich, welcher aber quasi unendlich viele Ausprägungen annehmen kann, da er mit der Konstanten  $\beta_0$  wechselwirkt. Je nachdem welche Basis die verwendete Software im Rahmen der Regressionsanalyse wählt, fallen die Achsenabschnitte der Funktionen und die Konstante  $\beta_0$  für die verschiedenen Testregionen unterschiedlich aus (vgl. hierzu den Hinweis zur Software R im Abschnitt 4.9.4). Die Ergebnisse sind somit nicht unmittelbar miteinander vergleichbar.

Soll das Problem gelöst werden, ist also sicherzustellen, dass die aus den Vergleichsdaten verschiedener Städte abgeleiteten Funktionen  $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ ,  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  und  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$  auch in ihrer absoluten Lage im Koordinatensystem vergleichbar werden. Hierzu schlägt Mann (2004) den Ansatz der Normierung vor. Mit diesem wird aus Gleichung 4.16 die Konstante  $\beta_0$  eliminiert und die Größen  $\bar{\beta}_{BW}$ ,  $\bar{\beta}_{FL}$ ,  $\bar{\beta}_{GSW}$  und  $\beta_J$  werden in die Größen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  überführt, welche sich nun auf ein Normgrundstück mit normierten Merkmalen beziehen. Wird für die Vergleichsdaten aller Städte dasselbe Normgrundstück definiert, sind die Ergebnisse aufgrund derselben Referenz miteinander vergleichbar.

Somit ist zunächst zu klären, welche Grundstückseigenschaften als Norm zu definieren sind. Grundsätzlich ist die Wahl frei. Aus fehlertheoretischen Überlegungen sollten die Normmerkmale aber den jeweiligen regionalen Markt möglichst gut repräsentieren, also mit dessen Datenschwerpunkt gut zusammenfallen. Sind nun aber Märkte überregional miteinander zu vergleichen und daher ein für alle Märkte identischer Satz von Normmerkmalen festzulegen, kann diesem Anspruch nicht zwangsläufig entsprochen werden. Zur Vermeidung von übermäßigen Extrapolationen können die Normmerkmale aber so gewählt werden, dass sie dem (gerundeten) Median der Merkmalsausprägungen aus allen zu untersuchenden Regionen entsprechen. Die somit festgelegten Normmerkmale zeigt Tabelle 4.7.

Nun ist der Normpreis  $N$  (das ist der Preis für ein Grundstück mit den Normmerkmalen gemäß Tabelle 4.7) zu berechnen. Aus Gleichung 4.16 folgt:

$$N = \beta_0 + \bar{\beta}_{\text{BW } N} + \bar{\beta}_{\text{FL } N} + \bar{\beta}_{\text{GSW } N} + \beta_{\text{J } N} \quad (4.20)$$

mit

$$\bar{\beta}_{\text{BW } N} = f(\text{BW}_N), \quad (4.21)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL } N} = g(\text{FL}_N), \quad (4.22)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW } N} = u(\text{GSW}_N). \quad (4.23)$$

Anschließend sind die Kaufpreise  $KP_{\text{BW}}$  zu berechnen, welche sich ergeben, wenn in Gleichung 4.16 für  $\bar{\beta}_{\text{BW}}$  nacheinander alle zuvor in Schritt 3 (Abschnitt 4.9.4) berechneten Ausprägungen eingesetzt werden, während für  $\bar{\beta}_{\text{FL}}$ ,  $\bar{\beta}_{\text{GSW}}$  und  $\beta_{\text{J}}$  jeweils die Konstanten  $\bar{\beta}_{\text{FL } N}$ ,  $\bar{\beta}_{\text{GSW } N}$  und  $\beta_{\text{J } N}$  eingesetzt werden. Damit wird eine Reihe von hypothetischen Kaufpreisen  $KP_{\text{BW}}$  erhalten, welche sich ergeben, wenn drei der vier Grundstücksmerkmale konstant gehalten werden (und zwar auf dem Niveau der Normmerkmale) und lediglich  $\text{BW}$  variabel gehalten wird und sich über den gegebenen Datenraum von  $\text{BW}$  bewegt. Entsprechend ist mit  $KP_{\text{FL}}$ ,  $KP_{\text{GSW}}$  und  $KP_{\text{J}}$  zu verfahren. Es gilt also

$$KP_{\text{BW}} = \beta_0 + \bar{\beta}_{\text{BW}} + \bar{\beta}_{\text{FL } N} + \bar{\beta}_{\text{GSW } N} + \beta_{\text{J } N}, \quad (4.24)$$

$$KP_{\text{FL}} = \beta_0 + \bar{\beta}_{\text{BW } N} + \bar{\beta}_{\text{FL}} + \bar{\beta}_{\text{GSW } N} + \beta_{\text{J } N}, \quad (4.25)$$

$$KP_{\text{GSW}} = \beta_0 + \bar{\beta}_{\text{BW } N} + \bar{\beta}_{\text{FL } N} + \bar{\beta}_{\text{GSW}} + \beta_{\text{J } N}, \quad (4.26)$$

$$KP_{\text{J}} = \beta_0 + \bar{\beta}_{\text{BW } N} + \bar{\beta}_{\text{FL } N} + \bar{\beta}_{\text{GSW } N} + \beta_{\text{J}}. \quad (4.27)$$

Damit liegen also vier Reihen vor, welche die Kaufpreise für jeweils drei konstante und ein variables Grundstücksmerkmal angeben. Nun kann die Änderung der Kaufpreise auch relativ – und zwar bezogen auf den Normpreis  $N$  – angegeben werden. Hierzu ist zu berechnen

$$k_{\text{BW}} = 1 - \frac{KP_{\text{BW}}}{N}, \quad (4.28)$$

$$k_{\text{FL}} = 1 - \frac{KP_{\text{FL}}}{N}, \quad (4.29)$$

$$k_{\text{GSW}} = 1 - \frac{KP_{\text{GSW}}}{N}, \quad (4.30)$$

$$k_{\text{J}} = 1 - \frac{KP_{\text{J}}}{N}. \quad (4.31)$$

Natürlich können die so erhaltenen Ausprägungen von  $k_{\text{BW}}$ ,  $k_{\text{FL}}$  und  $k_{\text{GSW}}$  als Funktion ausgedrückt werden. Jede Ausprägung von  $k_{\text{BW}}$ ,  $k_{\text{FL}}$  und  $k_{\text{GSW}}$  ist ja genau



einer spezifischen Ausprägung von  $BW$ ,  $FL$ , und  $GSW$  zugeordnet. Es kann also auch vereinbart werden

$$f_k(BW) = k_{BW}, \quad (4.32)$$

$$g_k(FL) = k_{FL}, \quad (4.33)$$

$$u_k(GSW) = k_{GSW}. \quad (4.34)$$

Aufgrund seiner diskreten Natur sollte  $k_J$  dagegen nicht funktional modelliert werden. Stattdessen sollten weiterhin jeweils die diskreten jahrgangsspezifischen Ausprägungen von  $k_J$  verwendet werden.

Der Kaufpreis eines Grundstücks mit beliebigen Merkmalsausprägungen kann damit abschließend berechnet werden nach

$$\begin{aligned} KP &= N \cdot (1 - (f_k(BW) + g_k(FL) + u_k(GSW) + k_J)) \\ &= N \cdot (1 - (k_{BW} + k_{FL} + k_{GSW} + k_J)). \end{aligned} \quad (4.35)$$

#### 4.10 Bodenrichtwerte aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke

Nach vorstehenden Überlegungen zerlegt der Marktteilnehmer das ihn interessierende mit einem Einfamilienhaus bebaute Grundstück in seine wertrelevanten Merkmale. Im Vergleich zu anderen Grundstücken und deren Merkmalen und Preisen kann daraus ein angemessener Preis für das fragliche Grundstück ermittelt werden. Wichtig dabei ist, dass gemäß der Überlegungen im Abschnitt 4.4 der Bodenrichtwert und der daraus abgeleitete grundstücksspezifische Bodenwert als wesentliche Größe in den Preisfindungsprozess eingebunden wird und gleichsam alle wertrelevanten Bodenmerkmale in sich vereinigt.

Die gebäudespezifischen Merkmale wurden im Rahmen der Modellentwicklung durch die Verfahrensgröße Gebäudesachwert subsumiert. Damit konnte der Preisbildungsmechanismus mit wenigen Variablen mathematisch modelliert werden. Im Ergebnis liegt Gleichung 4.35 vor, welche sich folgendermaßen umstellen lässt:

$$\begin{aligned} KP &= N \cdot (1 - (k_{BW} + k_{FL} + k_{GSW} + k_J)) \\ \Leftrightarrow k_{BW} &= 1 - \frac{KP}{N} - k_{FL} - k_{GSW} - k_J. \end{aligned} \quad (4.36)$$

Während Gleichung 4.36 in ihrer ursprünglichen Form den Zweck hat, den Kaufpreis  $KP$  zu berechnen, kann dieselbe Gleichung in ihrer umgestellten Form dazu dienen, die Größe  $k_{BW}$  zu berechnen, sofern  $KP$  gegeben ist. Dies kann im Rahmen der Kauffallauswertung durch die Gutachterausschüsse erfolgen: Werden  $KP$  und  $FL$  dem Kaufvertrag entnommen und  $GSW$  anhand der Gebäudemerkmale bestimmt, können  $N$  (Gleichung 4.20),  $k_{FL} = g_k(FL)$ ,  $k_{GSW} = u_k(GSW)$  und  $k_J$  (Gleichungen 4.29 bis 4.31) berechnet werden. Im Ergebnis wird damit aus Gleichung 4.36 ein eindeutiger Wert für  $k_{BW}$  erhalten. Da die Funktion  $f_k(BW) = k_{BW}$  (Gleichung 4.28

mit 4.32) auch bereits bekannt ist, kann durch Bildung der Umkehrfunktion auf den Bodenwert geschlossen werden. Es gilt

$$f^{-1}(f_k(BW)) = BW. \quad (4.37)$$

Auf diese Weise wird für den konkreten Kauffall auf den Bodenwert geschlossen, welcher zur Bildung des Kaufpreises  $KP$  beigetragen hat.<sup>46</sup>

In diesem Zusammenhang ist abschließend die Frage von Bedeutung, welcher Bodenwert ermittelt wurde. Zur Diskussion stehen der Bodenwertanteil des bebauten Grundstücks ( $BW_{\text{beb}}$ ) im ökonomischen Sinn oder der Bodenwert eines fiktiv unbebauten Grundstücks ( $BW_{\text{ub}}$ ) im Modell der ImmoWertV. Wäre das Ergebnis der Bodenwertanteil des bebauten Grundstücks im ökonomischen Sinn, wäre die Repartitionsfrage bereits an dieser Stelle gelöst. Dies ist aber noch nicht in Sicht. Was Gleichung 4.35 liefert, ist die Modellierung des Kaufpreises  $KP$  vor dem Hintergrund der Ausgangsdaten  $BW$  und  $GSW$ . Hierbei entspricht  $BW$  dem Bodenwert eines dem Bewertungsgrundstück vergleichbaren unbebauten Grundstücks – also  $BW_{\text{ub}}$ . Im Rahmen der verschiedenen zu tätigenen Rechenschritte erfährt der eingehende  $BW_{\text{ub}}$  zwar eine Umformung in Richtung des Wertes, den der Marktteilnehmer dem Boden des bebauten Grundstücks beimisst (vgl. Abbildung 4.3). Diese Wertanpassung zu  $BW_{\text{beb}}$  ist zunächst jedoch nicht sichtbar. Wie diese erarbeitet werden kann, wird Bestandteil des Kapitels 7 dieser Arbeit sein. Zum jetzigen Zeitpunkt ist Gleichung 4.35 ausschließlich so zu verstehen, dass gewisse Eingangsdaten zur Modellierung des Kaufpreises  $KP$  beitragen. Wird die Gleichung umgestellt und damit ausgehend von einem bekannten Kaufpreis  $KP$  auf die Größe  $BW$  geschlossen, kann nichts anderes erhalten werden als die Entsprechung der Eingangsdaten – also  $BW_{\text{ub}}$ .

Im Ergebnis liegt ein grundstücksspezifischer Bodenwert vor, welcher dem eines fiktiv unbebauten Grundstücks entspricht. Das Verfahrensergebnis kann somit unmittelbar (natürlich unter Berücksichtigung der ggf. erforderlichen Anpassungen in Bezug auf die wertrelevanten Unterschiede zwischen Bewertungsgrundstück und Richtwertgrundstück) der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden. Führt also der Gutachterausschuss die oben beschriebene Berechnung für jedes bebaute Grundstück innerhalb des gewünschten Teilmarktes durch, kann jeder Kauf eines bebauten Grundstücks der Bodenrichtwertermittlung zugeführt und die Datenlage zu diesem Zweck wesentlich verbessert werden.

In ähnlicher Weise kann natürlich auch der Gebäudesachwert  $GSW$  aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke ermittelt werden. Gleichung 4.36 ist hierzu in entsprechender Weise umzustellen. Die Bedeutung dieser Zielsetzung ist jedoch als stark untergeordnet einzustufen. Wesentlich bedeutsamer ist dagegen die Bestimmung des Gebäudewertanteils im ökonomischen Sinn. Dies ist jedoch Bestandteil der Repartition und wird parallel zum Bodenwertanteil im ökonomischen Sinn im Kapitel 7 dieser Arbeit gelöst.

<sup>46</sup>Nach Durchführung der Fallstudien zur Ermittlung der notwendigen Regressionsparameter folgt in Abschnitt 5.7 ein Anwendungsbeispiel mit Zahlenwerten.

## 5 Fallstudien, Parameterschätzung und Validierung

### 5.1 Innere und äußere Genauigkeit

Wenn eine Theorie im Einklang mit den Ergebnissen der systematischen und ausreichend umfangreichen Beobachtung steht, kann geschlossen werden, dass die Theorie geeignet ist, innerhalb ihres definierten Geltungsbereichs auch Ereignisse außerhalb des experimentellen Rahmens zu erklären und plausible Vorhersagen über künftige Ereignisse zu tätigen.<sup>1</sup> Soll also dem im Abschnitt 4 entwickelten Verfahren zur Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke ein wissenschaftlicher Wert und praktischer Nutzen verliehen werden, ist der Beleg erforderlich, dass das Verfahren (als idealisiertes Modell der Realität) in der Lage ist, die Marktdaten (als Ausprägung der Realität) mit angemessener Güte zu erklären. Zu deren Beurteilung ist sowohl die innere als auch die äußere Genauigkeit zu betrachten. Die innere Genauigkeit kann anhand der üblichen statistischen Methoden, etwa über die Betrachtung der Lage der Residuen, erfolgen. Hiermit ist jedoch noch keine Aussage darüber getroffen, inwieweit die ermittelten Ergebnisse der Realität entsprechen, inwieweit sich also die ermittelten Ist-Werte mit den (wahren) Soll-Werten decken. Dies ist die Frage der äußeren Genauigkeit. Das vorliegende Kapitel widmet sich beiden Fragen. Die Abschnitte 5.3 bis 5.4 befassen sich mit der empirischen Untersuchung des Verfahrens anhand ausgewählter Fallstudien sowie der Beurteilung der inneren Genauigkeit. Nach einiger zu leistender Vorarbeit im Abschnitt 5.5 erfolgt die Beurteilung der äußeren Genauigkeit und damit die Validierung des Verfahrens im Abschnitt 5.6.

### 5.2 Datenbasis – Wahl der Testregionen und des Untersuchungszeitraums

Der Fokus dieser Arbeit liegt in der Entwicklung eines Ansatzes zur Beantwortung offener Fragen. Es steht somit zunächst das „wie“ im Vordergrund. Wenn dieses geklärt ist, kann mit darauf aufbauenden Arbeiten der Fokus auf die Erhöhung der Präzision der vorgestellten Ergebnisse gerichtet werden. Aus diesem Anspruch kann abgeleitet werden, dass die hier durchzuführenden Fallstudien in Art und Umfang ausreichend sein müssen, die Frage nach dem „wie“ widerspruchsfrei zu beantworten. Es wird nicht angestrebt, Fallstudien in einem Umfang durchzuführen, der in

---

<sup>1</sup>Zur Bedeutung des Experiments in den Naturwissenschaften vgl. z. B. die Ausführungen von Randall (2013, S. 50 f.).

die Lage versetzen würde, präzise Ergebnisse für mehrere Teilmärkte, Regionen und Gebietsstrukturen Deutschlands zu liefern.

Vor diesem Hintergrund wird die Zahl der Fallstudien auf zwölf – und zwar je zwei Teilmärkte für sechs Testregionen Deutschlands – festgelegt. Gemäß der Ausführungen im Abschnitt 3.2 werden die zu untersuchenden Teilmärkte auf bebaute Grundstücke mit freistehenden Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften beschränkt. Als Testregionen werden deutsche Großstädte gewählt, da davon auszugehen ist, dass aufgrund des relativ hohen Bodenpreisniveaus der Boden einen wesentlichen Einfluss auf die Kaufpreisbildung ausübt und dieser damit gut modellierbar ist.

Die Auswahl der Testregionen erfolgt nach dem Kriterium der Vergleichbarkeit in Bezug auf die Einwohnerzahl bei gleichzeitig möglichst großer räumlicher Streuung. Auf diese Weise können Märkte untersucht werden, die über eine grob ähnliche Nachfragesituation verfügen, dabei aber räumlich voneinander unabhängig sind und sich nicht gegenseitig beeinflussen.

Neben diesen Grundvoraussetzungen sind in Bezug auf die Wahl der Testregionen auch Einschränkungen hinzunehmen. Tatsächlich ist die Auswahl sogar relativ begrenzt. Die für die Fallstudien erforderlichen Daten können nur von den jeweils zuständigen Gutachterausschüssen als Auskünfte aus deren Kaufpreissammlungen erbeten werden. Es stellen jedoch nicht alle Gutachterausschüsse ihre Daten für Forschungszwecke zur Verfügung. Darüber hinaus besteht eine wesentliche Anforderung an die zu untersuchenden Daten: Wie im Abschnitt 4.6 ausgeführt, sollen in die Untersuchungen die auf der Grundlage der NHK 2000 ermittelten Gebäudesachwerte eingeführt werden. Da eine systematische Umrechnung der Gebäudesachwerte von der Basis NHK 2010 auf die Basis NHK 2000 nicht möglich ist, scheiden somit auch die Daten der Gutachterausschüsse aus, welche im gewählten Referenzzeitraum bereits auf Grundlage der NHK 2010 abgeleitet wurden.

Im Ergebnis wurden als Testregionen die deutschen Landeshauptstädte Dresden, Düsseldorf, Hannover und Stuttgart sowie die Großstädte Frankfurt am Main und Freiburg im Breisgau gewählt. Zur Lage der Testregionen vgl. Abbildung 5.1, zu den regionalen Rahmendaten vgl. Tabelle 5.1.

Wenngleich nun vor dem Hintergrund der gegebenen Einschränkungen für Bayern keine Untersuchung angestellt werden konnte und der Osten Deutschlands allein durch Sachsen repräsentiert wird, so ergibt sich dennoch eine brauchbare Verteilung der Testregionen. Mit Düsseldorf und Dresden wird die West-Ost-Achse Deutschlands repräsentiert, während die Nord-Süd-Achse durch Hannover, Frankfurt am Main, Stuttgart und Freiburg im Breisgau abgedeckt wird.

Zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse sollen sich die Fallstudien nicht nur auf einzelne Jahrgänge beschränken. Tatsächlich wurden von den Gutachterausschüssen Auskünfte aus den Kaufpreissammlungen zu mindestens drei Jahrgängen erbeten. Jedoch sind auch hier – etwa durch die Umstellung auf die NHK 2010, die Umstellung auf ein lineares Modell der Alterswertminderung oder dergleichen mehr



Abbildung 5.1: Untersuchte großstädtische Immobilienmärkte

**Tabelle 5.1:** Fläche, Einwohnerzahl und Einwohnerdichte der untersuchten Städte zum Stichtag 31.12.2012 (Statistisches Bundesamt (2013))

Stadt	Fläche	Einwohner	Einwohnerdichte
Dresden	328,31 km <sup>2</sup>	525.105	1.599 E/km <sup>2</sup>
Düsseldorf	217,41 km <sup>2</sup>	593.682	2.731 E/km <sup>2</sup>
Frankfurt a. M.	248,31 km <sup>2</sup>	687.775	2.770 E/km <sup>2</sup>
Freiburg i. Br.	153,06 km <sup>2</sup>	218.043	1.425 E/km <sup>2</sup>
Hannover	204,15 km <sup>2</sup>	514.137	2.518 E/km <sup>2</sup>
Stuttgart	207,35 km <sup>2</sup>	597.939	2.884 E/km <sup>2</sup>

**Tabelle 5.2:** Datenquelle und zur Verfügung stehende Jahrgänge

Stadt	Datenquelle	Jahrgänge
Dresden	Gutachterausschuss	2008 – 2012
Düsseldorf	Gutachterausschuss	2010 – 2013
Frankfurt a. M.	Gutachterausschuss	2010 – 2012
Freiburg i. Br.	Gutachterausschuss	2010 – 2013
Hannover	Gutachterausschuss	2011 – 2015
Stuttgart	Gutachterausschuss	2010 – 2013

– Grenzen der Vergleichbarkeit der Daten gegeben. Im Ergebnis konnten die gemäß Tabelle 5.2 bezeichneten Jahrgänge als Datenbasis herangezogen werden.

Nun stammen einige der Daten aus dem näheren zeitlichen Umfeld der Weltfinanzkrise 2008, welche auch den deutschen Immobilienmarkt berührt. Insofern könnten zunächst insbesondere die Vergleichsdaten aus Dresden des Jahres 2008 als kritisch erscheinen. Nun ist hierzu jedoch festzustellen, dass die Auswirkungen der Finanzkrise nicht punktuell zu beschreiben sind. Vielmehr wurde hierdurch eine Entwicklung angestoßen, welche teilweise bis heute fortwirkt. Letztendlich ist es daher unerheblich, ob die Vergleichsdaten aus 2008 oder einem späteren Jahrgang stammen. Wichtig ist allein, dass die Marktentwicklung in geeigneter Weise – und zwar in zeitlicher und regionalspezifischer Hinsicht – berücksichtigt wird. In der vorliegenden Arbeit erfolgt dies durch die Berücksichtigung der Variablen  $J$  (vgl. Abschnitt 4.6), welche die konjunkturellen Entwicklungen, seien sie nun krisenbedingt oder nicht, darstellt und auffängt.

## 5.3 Parameterschätzung – Empirische Untersuchung anhand ausgewählter Fallstudien

### 5.3.1 Einführende Hinweise

Die Darstellung der Auswertungen für die untersuchten sechs Großstädte erfolgt in den folgenden Abschnitten in alphabetischer Reihenfolge. Eine abschließende Zusammenfassung und Diskussion der einzelnen Untersuchungen folgt in Abschnitt 5.4. Die Zusammenstellung der Ergebnisse<sup>2</sup> gestaltet sich nach folgendem Schema:

- Schritt 1: Teilmarktdefinition  
Zunächst wird über Boxplots ein Eindruck zur Lage und Verteilung der Ausprägungen der Grundstücksmerkmale geschaffen. In der jeweils oberen Teilabbildung wird der unbereinigte Datenbestand, in der jeweils unteren Teilabbildung der bereinigte Datenbestand dargestellt. Die Bereinigung des Datenbestandes um die Extremwerte erfolgt gemäß Abschnitt 4.9.2. Die anschließende Tabelle benennt die wesentlichen Kennzahlen (Anzahl, Minimum, Median, arithmetisches Mittel, Maximum) für jedes Grundstücksmerkmal des bereinigten Datenbestandes in numerischer Form. Einen weiterführenden Einblick in die Verteilung der Merkmalsausprägungen können die Histogramme und QQ-Plots herangezogen werden. Diese sind, um den Überblick im Hauptteil dieser Arbeit nicht zu erschweren, im Anhang abgebildet.
- Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen  
Die Klassierung der Merkmalsausprägungen erfolgt gemäß Abschnitt 4.9.3 nach

---

<sup>2</sup>Zur Ableitung der statistischen Kenngrößen sowie zur Erzeugung der Analyseplots wurde die Statistikumgebung R verwendet.

der Regel von Freedman und Diaconis. Gemäß den Überlegungen desselben Abschnitts werden Klassen mit weniger als drei Datensätzen eliminiert. Anschließend erfolgt eine erneute Klassierung des verbleibenden Datenbestandes. Ergeben sich erneut Klassen mit weniger als drei Datensätzen, wird der Vorgang solange wiederholt, bis die Mindestanzahl an Datensätzen je Klasse nicht mehr unterschritten wird. Einen groben Überblick über die Klassenbildung liefert eine kurze Tabelle. Eine detaillierte Klassenstatistik nach Bereinigung des Datenbestandes ist im Anhang zu finden.

- Schritt 3: Regressionsanalyse

Die Regressionsanalyse wird auf der Grundlage des Modells gemäß Gleichung 4.15 im Abschnitt 4.9.4 durchgeführt. Nach Elimination von potenziellen Ausreißern und anschließender erneuter Klassierung der Merkmalsausprägungen wird eine zweite Regressionsanalyse durchgeführt. Die sich daraus ergebenden statistischen Kenngrößen werden in einer kurzen Tabelle zusammengefasst. Es folgen vier Analyseplots sowie eine tabellarische Zusammenstellung des Ergebnisses der Regressionsanalyse. Die Analyseplots umfassen die Inhalte gemäß Tabelle 5.3. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse werden zur besseren Übersicht auf drei Nachkommastellen begrenzt und gerundet. Für eine höhere numerische Präzision wird auf die Berechnungsprotokolle im Anhang verwiesen. Zur Beurteilung der Glaubwürdigkeit des Einflusses jedes einzelnen Regressors auf die Zielgröße wird neben der Standardabweichung der Signifikanzwert  $p$  in der Tabelle angegeben. Ein Ergebnis ist dann als glaubwürdig einzustufen, wenn der  $p$ -Wert möglichst gering ausfällt. Zur schnellen Übersicht werden die  $p$ -Werte mit zusätzlichen Signifikanzcodes versehen. Diese folgen dem Schema gemäß Tabelle 5.4 und entsprechen der Standardcodierung der Statistikumgebung R.

- Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung

Die Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen  $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und den korrespondierenden Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW}$ ,  $\beta_{FL}$ ,  $\beta_{GSW}$  erfolgt über ein Funktionsfitting. Das Ergebnis wird in numerischer und graphischer Form dargestellt. Die graphische Darstellung dient insbesondere der Beurteilung von kritischen Werten. Aus dem Zusammenhang als Ausreißer erkennbare kritische Werte werden aus den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen. In der Graphik werden diese in Form von gelben Dreiecken gekennzeichnet. Im Folgenden werden alle weiteren Größen gemäß der Gleichungen 4.20 bis 4.31 berechnet.



**Tabelle 5.3:** Inhalt und Zielstellung der Analyseplots im Rahmen der Regressionsanalyse

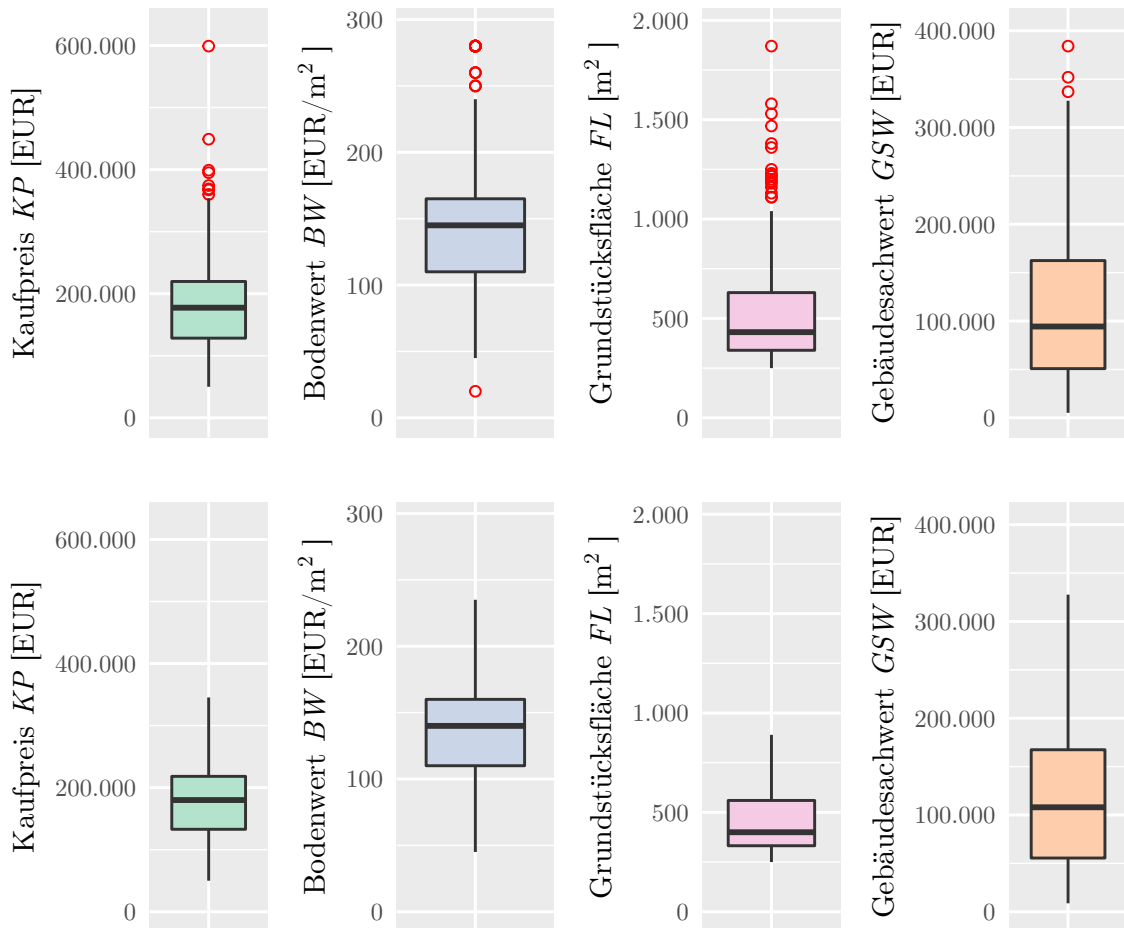
Plots	Zielstellung
Residuals vs Fitted	Untersuchung auf systematische Effekte. Ziel: keine erkennbare Struktur, horizontale Trendlinie.
Normal Q-Q	Untersuchung auf Normalverteilung der Residuen. Ziel: hohe Annäherung an die Soll-Linie.
Scale-Location	Untersuchung der Varianzhomogenität. Ziel: keine erkennbare Struktur, horizontale Trendlinie.
Residuals vs Leverage	Untersuchung der Hebelwirkung. Ziel: horizontale Trendlinie, geringe Cook's-Distanz (diese wird erst ab einem Wert von 0,5 im Plot angezeigt).

**Tabelle 5.4:** Signifikanzcodes zur Einordnung der p-Werte

Signifikanzcode	p-Wert
***	[0,000; 0,001]
**	(0,001; 0,010]
*	(0,010; 0,050]
.	(0,050; 0,100]
	(0,100; 1,000]

### 5.3.2 Dresden, Doppelhaushälften

#### 5.3.2.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.2:** Doppelhaushälften in Dresden: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in fünf Durchgängen.

**Tabelle 5.5:** Doppelhaushälften in Dresden: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	314	314	314	314
Minimum	50.000	45	250	8.734
Median	180.000	140	400	107.951
arithm. Mittel	179.977	139	463	117.712
Maximum	345.325	235	890	327.691

Alle Ausprägungen sind annähernd normalverteilt. *FL* und *GSW* weisen eine Rechtschiefe auf. Damit überwiegen sowohl kleinere Grundstücksflächen als auch geringere Gebäudesachwerte (vgl. die Plots P.1 und P.2 im Anhang). Da der Effekt noch mäßig ausfällt, wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.2.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich drei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.6. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf die Klassenstatistik im Berechnungsprotokoll P.3 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.6:** Doppelhaushälften in Dresden: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	13	14,7 EUR/m <sup>2</sup>	6 bis 60
<i>FL</i>	10	67,1 m <sup>2</sup>	10 bis 90
<i>GSW</i>	11	32.929,0 EUR	4 bis 57

### 5.3.2.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.4.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.7.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.8. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.5 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.3.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Koeffizienten fällt überwiegend positiv aus. Die Analyseplots zeigen keine wesentlichen Defekte. Das Regressionsmodell scheint sehr gut zur Beschreibung des regionalen Marktes geeignet zu sein.

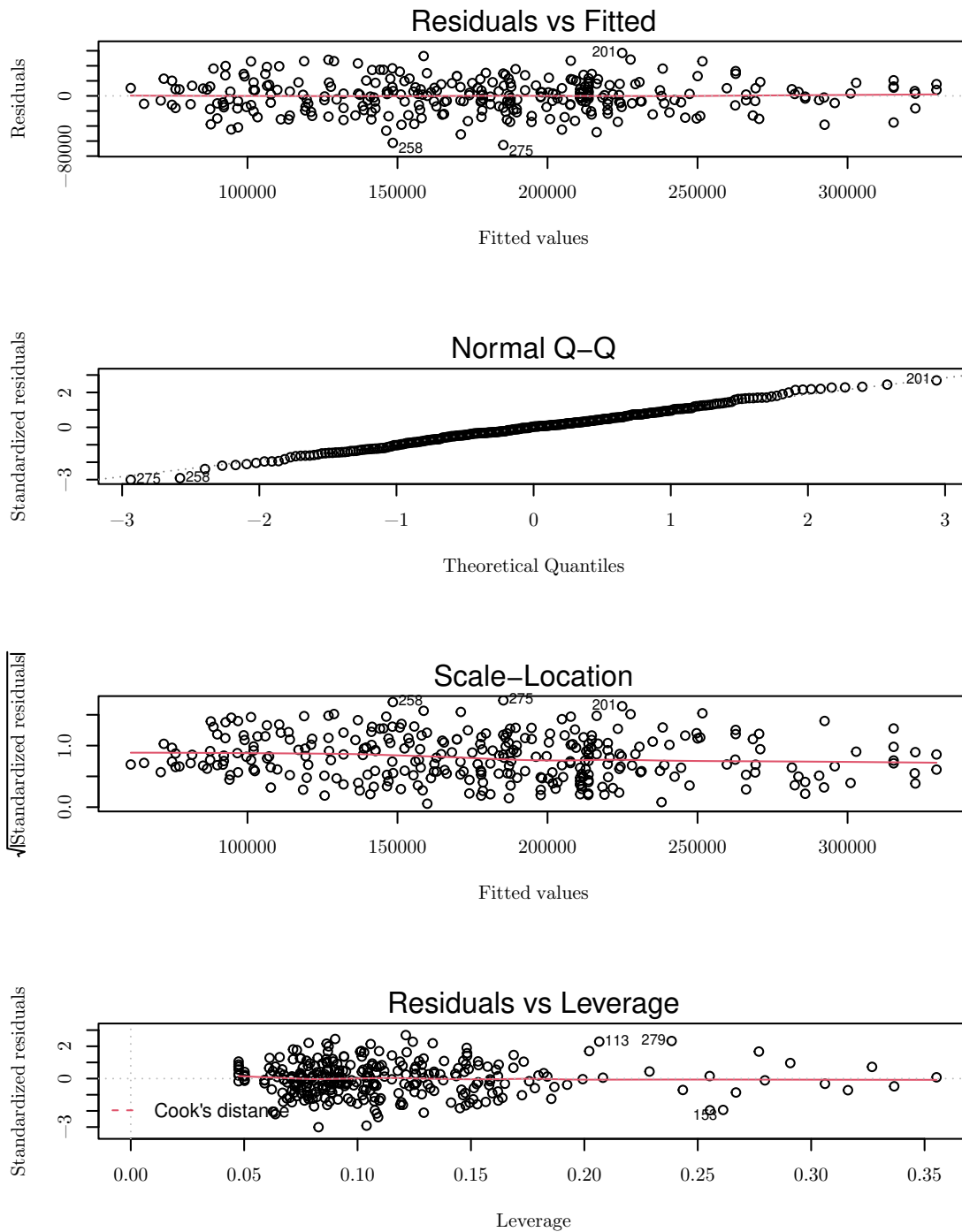
**Tabelle 5.7:** Doppelhaushälften in Dresden: Kenngrößen der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	311	302
Eliminierte Ausreißer:	–	9
Variablen:	33	33
Freiheitsgrade:	277	268
R <sup>2</sup> :	0,846	0,885
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,827	0,870
Standardabweichung der Residuen:	26.281,506	22.653,839
F-Test		
F:	46,040	62,234
p-Wert:	< 2,22 · 10 <sup>-16</sup>	< 2,22 · 10 <sup>-16</sup>

**Tabelle 5.8:** Doppelhaushälften in Dresden: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

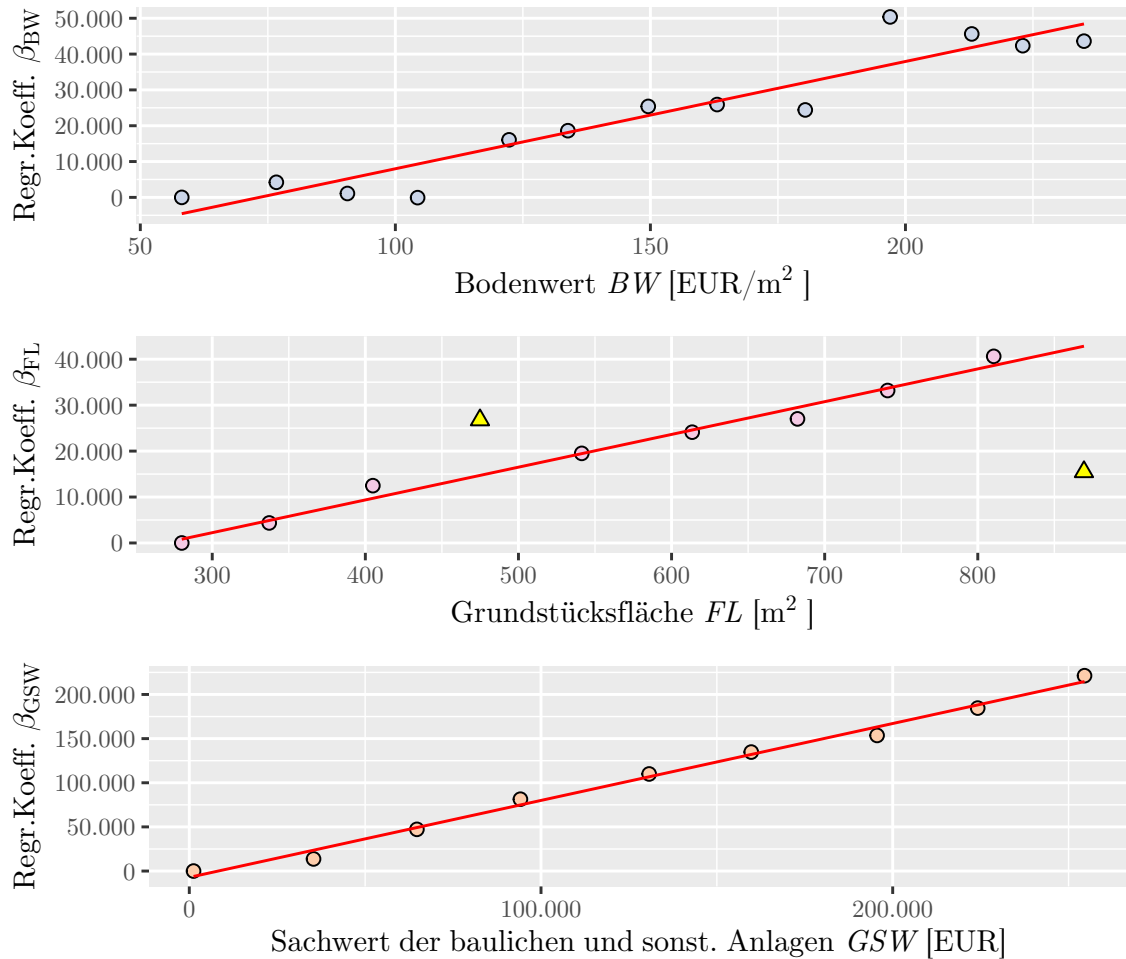
Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	46.912,645	15.705,858	0,003	**
BW [52; 67]	58,125	0,000	–	–	–
BW (67; 82]	76,667	4.210,780	12.716,478	0,741	
BW (82; 97]	90,600	1.089,948	9.467,115	0,908	
BW (97; 112]	104,362	-73,931	9.018,069	0,993	
BW (112; 127]	122,286	16.065,707	9.094,487	0,078	.
BW (127; 142]	133,824	18.616,201	9.094,715	0,042	*
BW (142; 157]	149,574	25.394,843	8.862,535	0,004	**
BW (157; 171]	163,077	25.910,774	8.934,652	0,004	**
BW (171; 186]	180,357	24.409,725	10.387,729	0,020	*
BW (186; 201]	197,000	50.370,764	11.168,025	< 0,001	***
BW (201; 216]	213,000	45.621,069	11.522,662	< 0,001	***
BW (216; 231]	223,000	42.335,238	11.150,805	< 0,001	***
BW (231; 246]	235,000	43.606,791	14.529,343	0,003	**
FL [237; 305]	280,093	0,000	–	–	–
FL (305; 373]	337,210	4.358,110	4.554,212	0,339	
FL (373; 441]	404,902	12.476,010	5.008,195	0,013	*
FL (441; 509]	474,871	26.760,897	5.718,681	< 0,001	***
FL (509; 576]	541,346	19.501,925	6.182,637	0,002	**
FL (576; 644]	613,476	24.116,486	6.587,496	< 0,001	***
FL (644; 712]	682,250	27.010,465	8.014,809	< 0,001	***
FL (712; 780]	741,111	33.185,505	9.003,296	< 0,001	***
FL (780; 848]	810,412	40.621,121	6.945,085	< 0,001	***
FL (848; 916]	869,364	15.478,361	8.748,136	0,078	.

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Fortsetzung					
GSW [-16.258; 16.258]	1.206,108	0,000	–	–	–
GSW (16.258; 48.774]	35.322,363	13.712,295	12.535,905	0,275	
GSW (48.774; 81.290]	64.714,440	47.230,954	12.657,441	< 0,001	***
GSW (81.290; 113.806]	94.144,318	81.375,645	12.740,967	< 0,001	***
GSW (113.806; 146.322]	130.748,506	109.960,369	13.120,621	< 0,001	***
GSW (146.322; 178.838]	159.780,490	134.762,367	12.977,169	< 0,001	***
GSW (178.838; 211.354]	195.562,158	153.614,753	13.184,717	< 0,001	***
GSW (211.354; 243.870]	224.175,862	184.574,990	13.697,890	< 0,001	***
GSW (243.870; 276.387]	254.549,115	221.281,405	13.961,961	< 0,001	***
J 2008	2008	0,000	–	–	–
J 2009	2009	550,656	4.426,333	0,901	
J 2010	2010	7.462,660	4.346,611	0,087	.
J 2011	2011	8.778,115	4.524,936	0,053	.
J 2012	2012	11.571,788	4.250,231	0,007	**



**Abbildung 5.3:** Doppelhaushälften in Dresden: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.2.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.4:** Doppelhaushälften in Dresden: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.8. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.



Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierte Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.6 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 299,443 \cdot \text{BW} - 21.955,359 \quad \text{mit } R^2 = 0,89, \quad (5.1)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 71,291 \cdot \text{FL} - 19.147,477 \quad \text{mit } R^2 = 0,98, \quad (5.2)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,871 \cdot \text{GSW} - 7.132,840 \quad \text{mit } R^2 = 0,99. \quad (5.3)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich gut anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander, wenngleich die Datenpaare wellenähnlich um die ausgleichende Funktion schwingen.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich mit hoher Sicherheit aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Störend wirken lediglich die beiden Datenpaare ( $\text{FL} = 474,871 \text{ m}^2 \mid \beta_{\text{FL}} = 26.760,897$ ) und ( $\text{FL} = 869,364 \text{ m}^2 \mid \beta_{\text{FL}} = 15.478,361$ ). Dies ist insofern bemerkenswert, dass beide Datenpaare aus 31 bzw. 11 Vergleichsdaten abgeleitet wurden. Es drängt sich daher der Verdacht auf, dass es sich hier um ein Marktsegment handelt, in welchem die Fläche einen besonderen Einfluss (im einen Fall einen besonders hohen, im anderen Fall einen besonders niedrigen Einfluss) auf die Preisbildung ausübt. Die Ursache für dieses Phänomen kann anhand der vorliegenden Daten nicht näher untersucht werden. Von Bedeutung ist jedoch, dass sich – wie erwähnt – die anderen Datenpunkte mit hoher Präzision durch eine lineare Funktion abbilden lassen. Die beiden benannten Datenpaare werden daher als Besonderheit eingestuft und aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich mit sehr hoher Präzision anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.8 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.1 bis 5.3 unter Verwendung der Normgrundstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 46.912,645 \quad (5.4)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 299,443 \cdot 300 - 21.955,359 = 67.877,640 \quad (5.5)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 71,291 \cdot 550 - 19.147,477 = 20.062,459 \quad (5.6)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 0,871 \cdot 150.000 - 7.132,840 = 123.539,296 \quad (5.7)$$

$$\beta_{J N} = 8.778,115 \quad (5.8)$$

$$\Rightarrow N = 267.170,155 \quad (5.9)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.1 bis 5.3 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.4 bis 5.9 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 299,443 \cdot BW + 177.337,156 \quad (5.10)$$

$$KP_{FL} = 71,291 \cdot FL + 227.960,218 \quad (5.11)$$

$$KP_{GSW} = 0,871 \cdot GSW + 136.498,019 \quad (5.12)$$

$$KP_J = \beta_J + 258.392,039 \quad (5.13)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.10 bis 5.13 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -1,121 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,336 \quad (5.14)$$

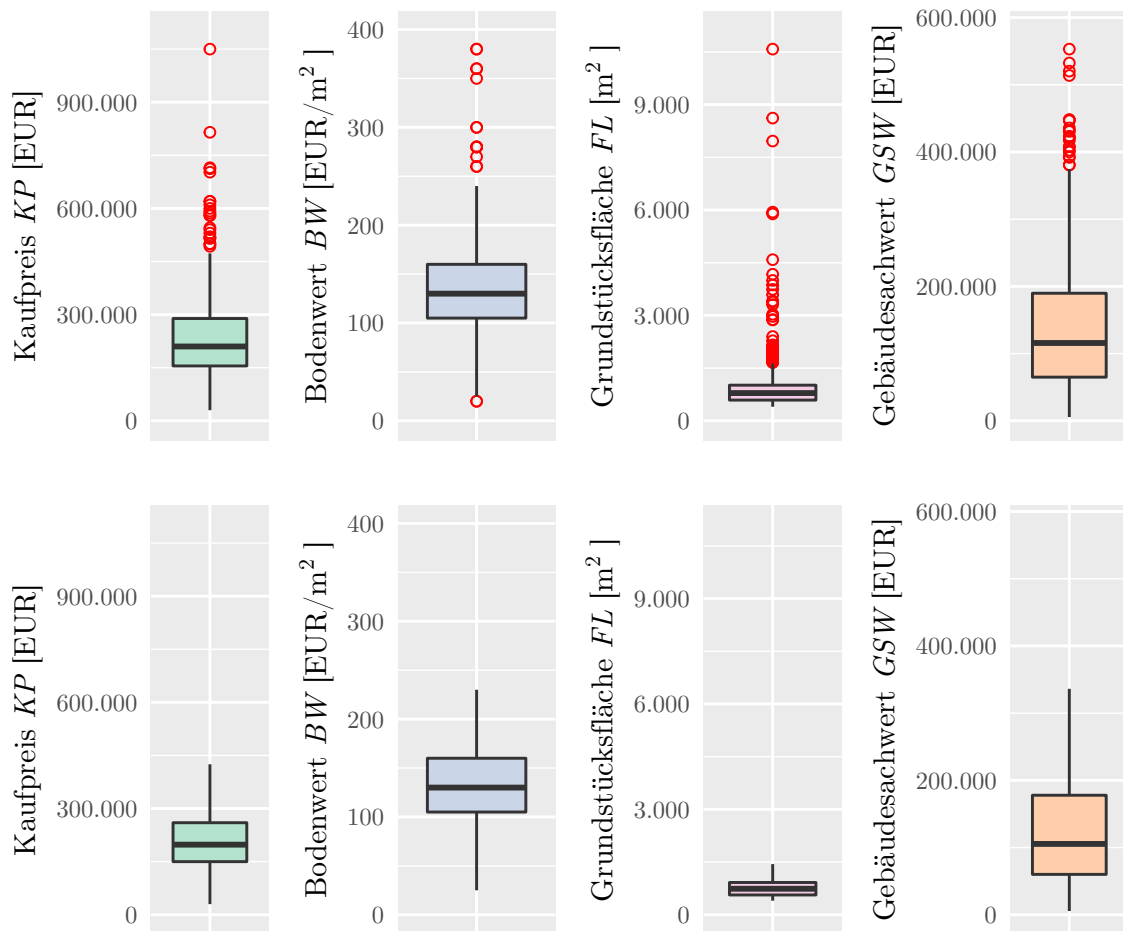
$$k_{FL} = -2,668 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,147 \quad (5.15)$$

$$k_{GSW} = -3,261 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,489 \quad (5.16)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,033 \quad (5.17)$$

### 5.3.3 Dresden, Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.3.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.5:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in drei Durchgängen.

**Tabelle 5.9:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	490	490	490	490
Minimum	30.000	25	400	5.553
Median	198.000	130	740	105.397
arithm. Mittel	206.212	129	767	122.044
Maximum	425.000	230	1.441	336.190

Alle Ausprägungen sind annähernd normalverteilt. *FL* und *GSW* weisen eine Rechtschiefe auf. Damit überwiegen sowohl kleinere Grundstücksflächen als auch geringere Gebäudesachwerte (vgl. die Plots P.7 und P.8 im Anhang). Da der Effekt noch mäßig ausfällt, wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.3.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich keine Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Da dies den Mindestanforderungen gemäß Abschnitt 4.9.3 entspricht, sind keine Klassen von den folgenden Untersuchungen auszuschließen. Es ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.10. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.9 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.10:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	15	14,0 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 116
<i>FL</i>	13	90,1 m <sup>2</sup>	3 bis 75
<i>GSW</i>	12	29.874,7 EUR	4 bis 87

### 5.3.3.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.10.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.11.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.12. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.11 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.6.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Koeffizienten fällt überwiegend positiv aus. Eine Ausnahme bilden die Konstante  $\beta_0$  sowie die Klassen der niedrigen Bodenwerte. Im Bodenwertbereich von etwa 21 bis 107 EUR/m<sup>2</sup> ist keine wesentliche Signifikanz der ermittelten Koeffizienten für das Modell nachzuweisen. Dennoch lassen sich auch diese Werte, wie unter Schritt 4 gemäß Abschnitt 5.3.3.4 (Abbildung 5.7) gezeigt werden wird, plausibel in mathematische Modelle, welche die Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und den jeweiligen Koeffizienten beschreiben, fassen. Die Analyseplots zeigen keine wesentlichen Defekte. Das Regressionsmodell scheint sehr gut zur Beschreibung des regionalen Marktes geeignet zu sein.

**Tabelle 5.11:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

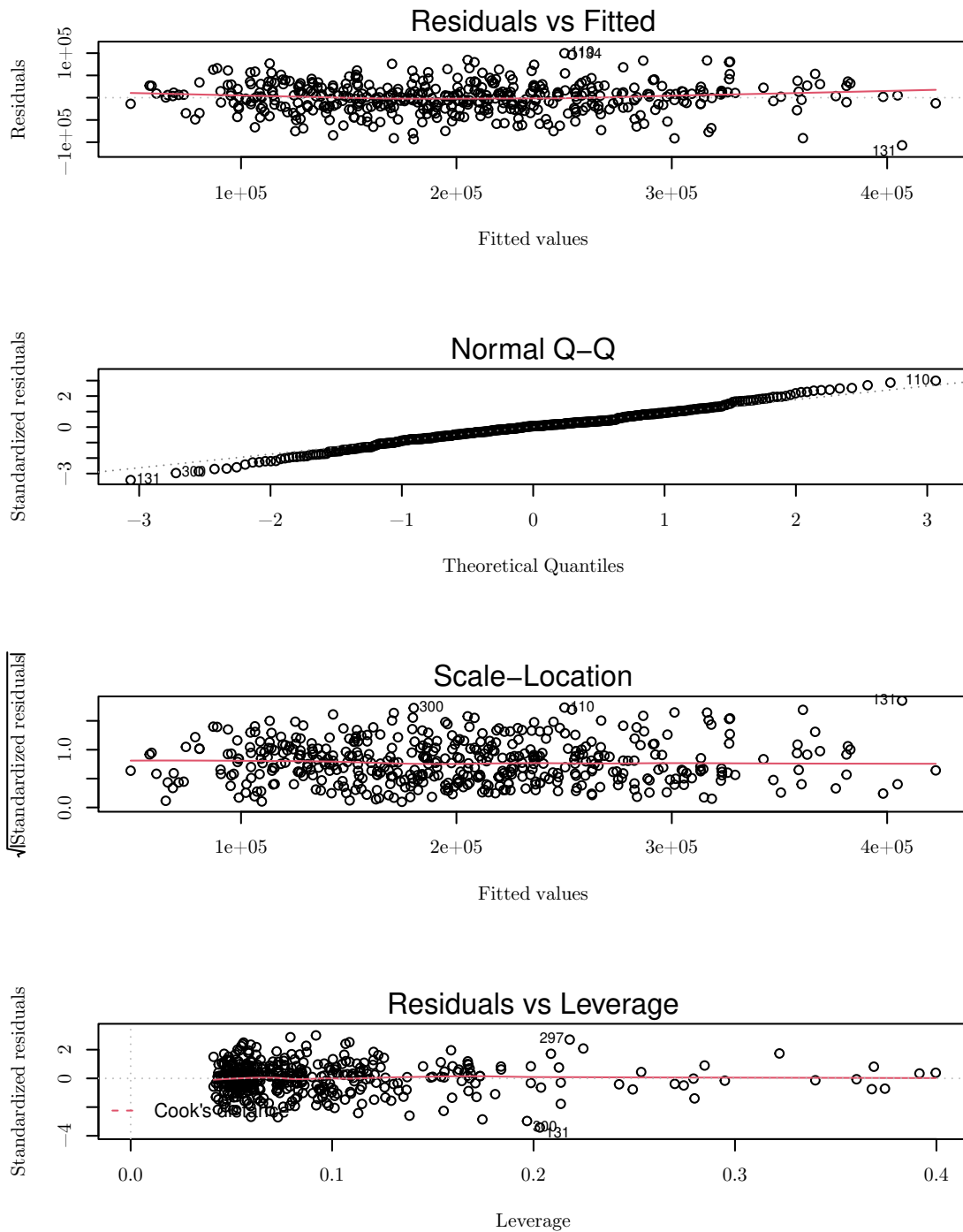
	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	490	459
Eliminierte Ausreißer:	–	31
Variablen:	41	40
Freiheitsgrade:	448	418
R <sup>2</sup> :	0,723	0,827
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,698	0,811
Standardabweichung der Residuen:	45.857,945	35.015,917
F-Test		
F:	28,531	50,089
p-Wert:	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$

**Tabelle 5.12:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	-18.377,713	30.808,859	0,551	
BW [21; 36]	28,750	0,000	–	–	–
BW (36; 50]	45,000	1.853,207	27.655,190	0,947	
BW (50; 64]	59,375	27.448,540	22.011,369	0,213	
BW (64; 78]	72,667	24.579,567	20.280,211	0,226	
BW (78; 93]	84,615	24.237,568	19.182,918	0,207	
BW (93; 107]	99,701	30.173,437	18.360,109	0,101	
BW (107; 121]	115,870	50.165,057	18.319,883	0,006	**
BW (121; 135]	128,790	52.539,851	18.566,821	0,005	**
BW (135; 150]	140,185	67.099,269	19.330,307	< 0,001	***
BW (150; 164]	156,111	72.123,876	18.317,040	< 0,001	***
BW (164; 178]	168,846	61.407,954	19.256,401	0,002	**
BW (178; 192]	183,333	87.263,968	20.637,836	< 0,001	***
BW (192; 206]	198,438	93.031,331	19.957,731	< 0,001	***
BW (206; 221]	216,667	150.887,439	23.345,337	< 0,001	***
BW (221; 235]	230,000	113.224,285	24.022,005	< 0,001	***
FL [314; 403]	401,000	0,000	–	–	–
FL (403; 493]	452,483	26.710,216	21.207,391	0,209	
FL (493; 582]	536,313	38.233,133	21.183,908	0,072	.
FL (582; 672]	628,361	54.591,551	21.094,596	0,010	**
FL (672; 761]	723,943	54.177,856	21.326,727	0,011	*
FL (761; 851]	808,274	64.499,250	21.127,158	0,002	**
FL (851; 941]	898,600	64.249,493	21.419,085	0,003	**
FL (941; 1.030]	987,694	56.580,169	21.467,344	0,009	**
FL (1.030; 1.120]	1.065,824	81.196,021	22.539,049	< 0,001	***
FL (1.120; 1.209]	1.153,615	59.966,857	22.945,007	0,009	**
FL (1.209; 1.299]	1.251,250	51.908,495	22.426,120	0,021	*
FL (1.299; 1.388]	1.347,214	94.254,806	22.773,326	< 0,001	***
FL (1.388; 1.478]	1.423,000	135.120,154	27.759,795	< 0,001	***

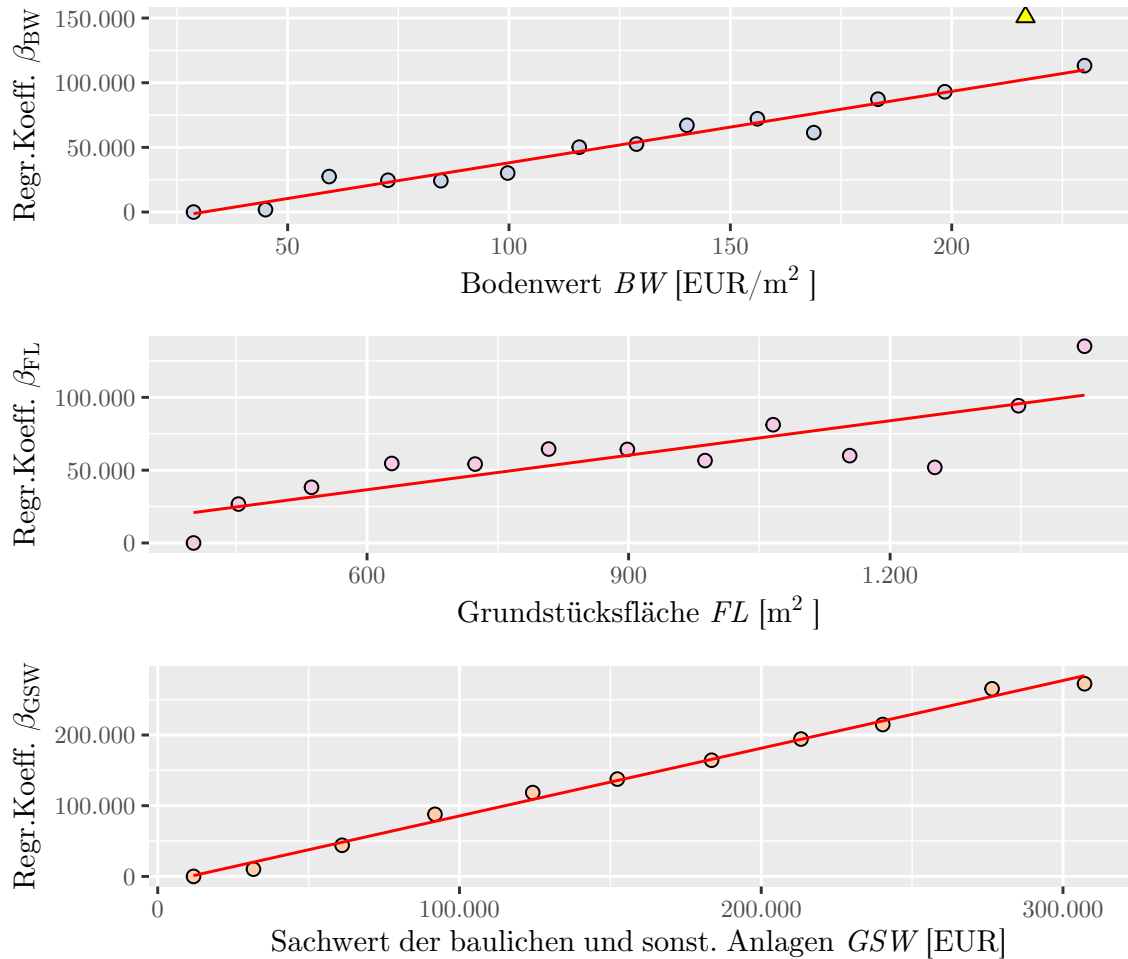
Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Fortsetzung					
GSW [-15.389; 15.389]	11.873,270	0,000	–	–	–
GSW (15.389; 46.167]	31.726,839	10.243,470	14.481,936	0,480	
GSW (46.167; 76.944]	61.108,903	44.042,275	14.340,198	0,002	**
GSW (76.944; 107.722]	91.880,801	87.867,162	14.367,184	< 0,001	***
GSW (107.722; 138.500]	124.279,712	118.579,430	14.655,612	< 0,001	***
GSW (138.500; 169.278]	152.316,122	137.688,427	14.783,922	< 0,001	***
GSW (169.278; 200.055]	183.556,803	164.354,869	14.761,187	< 0,001	***
GSW (200.055; 230.833]	213.188,410	194.350,317	14.845,814	< 0,001	***
GSW (230.833; 261.611]	240.270,623	214.879,915	15.682,212	< 0,001	***
GSW (261.611; 292.388]	276.494,449	265.415,104	18.746,579	< 0,001	***
GSW (292.388; 323.166]	307.144,184	272.553,570	19.251,312	< 0,001	***
J 2008	2008	0,000	–	–	–
J 2009	2009	2.364,479	5.610,215	0,674	
J 2010	2010	7.030,410	5.369,460	0,191	
J 2011	2011	10.715,276	5.289,987	0,043	*
J 2012	2012	24.374,530	5.738,146	< 0,001	***





**Abbildung 5.6:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißereliminierung

### 5.3.3.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.7:** Freistehende Einfamilienhäuser in Dresden: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.12. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierte Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.12 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 552,211 \cdot \text{BW} - 17.147,313 \quad \text{mit } R^2 = 0,96, \quad (5.18)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 78,932 \cdot \text{FL} - 10.788,182 \quad \text{mit } R^2 = 0,66, \quad (5.19)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,958 \cdot \text{GSW} - 10.189,278 \quad \text{mit } R^2 = 0,99. \quad (5.20)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich sehr gut anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander. Nur ein Datenpaar ( $\text{BW} = 216,667 \text{ EUR/m}^2 \mid \beta_{\text{BW}} = 150.887,439$ ) durchbricht diese Systematik. Nun weisen die statistischen Kenngrößen gemäß Tabelle 5.12 keine Auffälligkeiten für dieses Datenpaar, welches immerhin aus sechs Vergleichsdaten abgeleitet wurde, auf. Dennoch kann aus dem Zusammenhang erkannt werden, dass an dieser Stelle eine Unregelmäßigkeit vorliegt. Diese wird im Rahmen der Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen  $\text{BW}$  und  $\beta_{\text{BW}}$  durch Ausschluss des Datenpaares bereinigt.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich mit mäßiger Sicherheit aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Eine Systematik ist zwar offensichtlich, es kann jedoch nicht zweifelsfrei entschieden werden, ob der Zusammenhang eher linear, quadratisch oder kubisch ist. Je nachdem welche Datenpaare als Ausreißer identifiziert werden, ergibt sich anderes Ergebnis. Da die statistischen Kenngrößen gemäß Tabelle 5.12 und auch die Anzahl der in die Regressionsanalyse eingehenden Datensätze keine sichere Ausreißeridentifikation zulassen, soll hierauf verzichtet werden. Alle Datenpaare sollen zur Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen  $\text{FL}$  und  $\beta_{\text{FL}}$  beitragen. Da die Wahl einer quadratischen oder kubischen Funktion, sofern sie an fehlerhafte Datenpunkte angepasst wird, zu massiven Fehleinschätzungen führen kann, wird hierauf verzichtet. Als Kompromiss wird die lineare Funktion gewählt.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich mit sehr hoher Präzision anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.12 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BWN}$ ,  $\bar{\beta}_{FLN}$  und  $\bar{\beta}_{GSWN}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.18 bis 5.20 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = -18.377,713 \quad (5.21)$$

$$\bar{\beta}_{BWN} = 552,211 \cdot 300 - 17.147,313 = 148.516,131 \quad (5.22)$$

$$\bar{\beta}_{FLN} = 78,932 \cdot 550 - 10.788,182 = 32.624,429 \quad (5.23)$$

$$\bar{\beta}_{GSWN} = 0,958 \cdot 150.000 - 10.189,278 = 133.453,848 \quad (5.24)$$

$$\beta_{JN} = 10.715,276 \quad (5.25)$$

$$\Rightarrow N = 306.931,971 \quad (5.26)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.18 bis 5.20 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.21 bis 5.26 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 552,211 \cdot BW + 141.268,527 \quad (5.27)$$

$$KP_{FL} = 78,932 \cdot FL + 263.519,360 \quad (5.28)$$

$$KP_{GSW} = 0,958 \cdot GSW + 163.288,845 \quad (5.29)$$

$$KP_J = \beta_J + 296.216,695 \quad (5.30)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.27 bis 5.30 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -1,799 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,540 \quad (5.31)$$

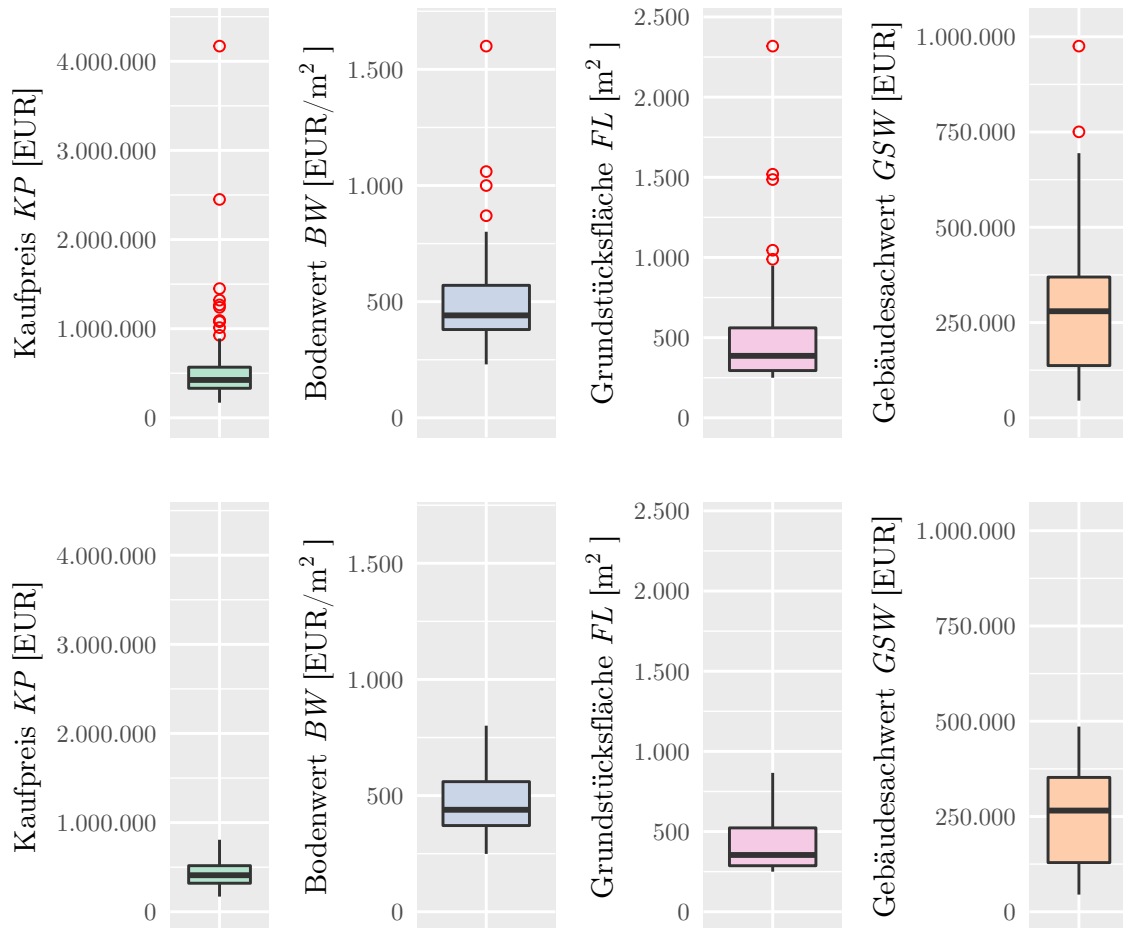
$$k_{FL} = -2,572 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,141 \quad (5.32)$$

$$k_{GSW} = -3,120 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,468 \quad (5.33)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,035 \quad (5.34)$$

### 5.3.4 Düsseldorf, Doppelhaushälften

#### 5.3.4.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.8:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in sechs Durchgängen.

**Tabelle 5.13:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	221	221	221	221
Minimum	170.000	249	250	45.000
Median	409.900	439	354	265.500
arithm. Mittel	428.426	471	422	245.704
Maximum	807.640	801	866	486.000

Die Ausprägungen von *KP* und *BW* sind annähernd normalverteilt. Die von *FL* und *GSW* zeigen dagegen wesentliche Abweichungen von der Normalverteilung. Während die Häufigkeit kleinerer Grundstücksflächen zunimmt, sind die Gebäudesachwerte unregelmäßig verteilt (vgl. die Plots P.13 und P.14 im Anhang). Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als bedingt geeignet eingeschätzt.

### 5.3.4.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich drei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.14. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf die Klassenstatistik im Berechnungsprotokoll P.15 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.14:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	8	62,5 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 58
<i>FL</i>	9	78,1 m <sup>2</sup>	5 bis 70
<i>GSW</i>	6	73.933,9 EUR	14 bis 48

### 5.3.4.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.16.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.15.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.16. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.17 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.9.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Koeffizienten fällt positiv aus. Die Analyseplots zeigen leichte Defekte. So weist der Scale-Location-Plot auf eine geringfügige Verletzung der Annahme der Varianzhomogenität hin. Der Residuals-vs-Leverage-Plot zeigt vereinzelte Datensätze mit erhöhter Hebelwirkung. Dieser Defekt ist jedoch noch relativ gering, sodass von einem Ausschluss der Datensätze abgesehen werden soll. Insgesamt erscheint das Regressionsmodell gut zur Beschreibung des regionalen Marktes geeignet zu sein.

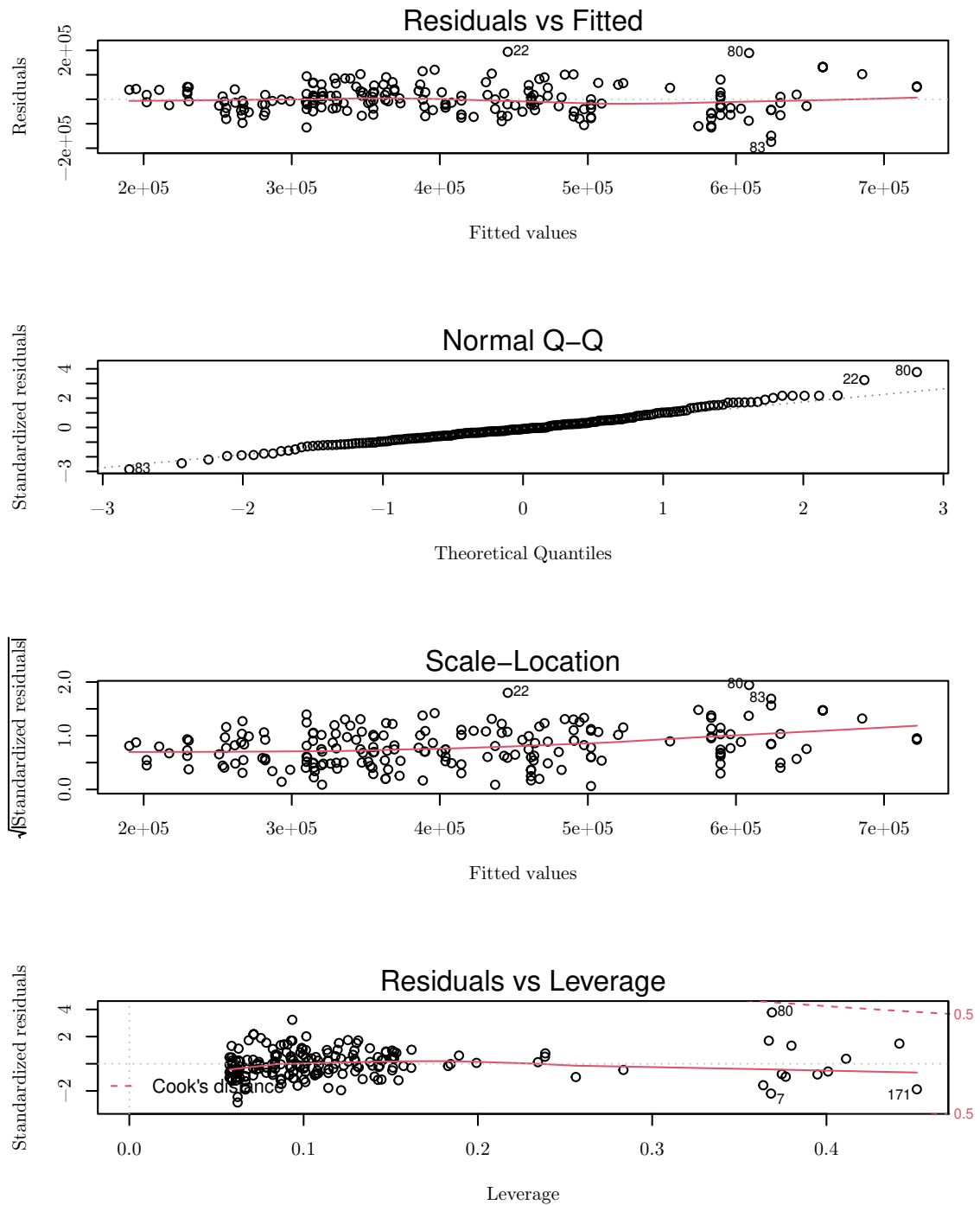
**Tabelle 5.15:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	217	202
Eliminierte Ausreißer:	–	15
Variablen:	23	23
Freiheitsgrade:	193	178
R <sup>2</sup> :	0,764	0,817
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,736	0,793
Standardabweichung der Residuen:	77.012,005	62.996,665
F-Test		
F:	27,216	34,505
p-Wert:	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$



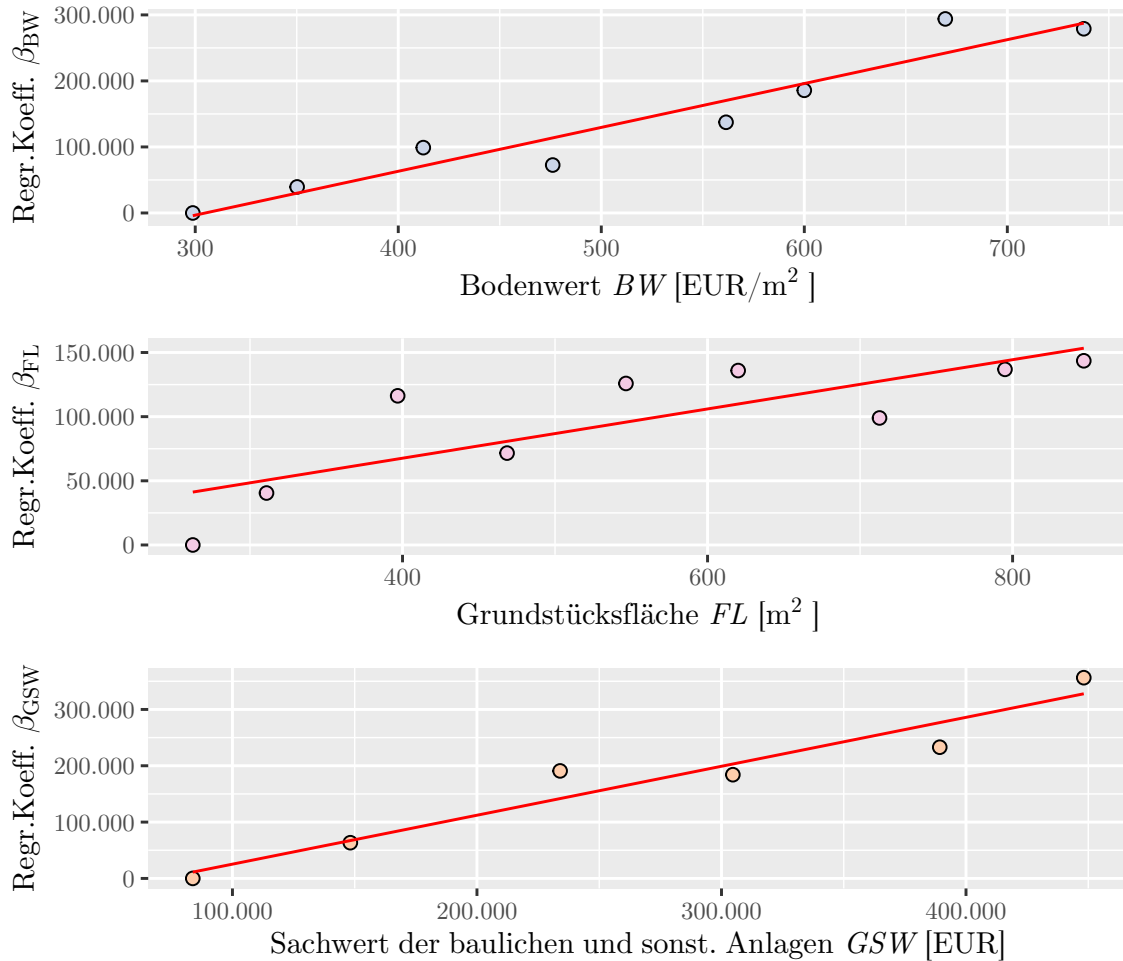
**Tabelle 5.16:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	90.970,826	33.671,674	0,008	**
BW [238; 306]	298,800	0,000	–	–	–
BW (306; 374]	350,188	39.465,130	30.344,300	0,195	
BW (374; 443]	412,333	98.954,646	30.695,057	0,002	**
BW (443; 511]	476,074	72.610,914	31.608,087	0,023	*
BW (511; 579]	561,455	137.350,910	33.053,456	< 0,001	***
BW (579; 647]	600,000	185.757,385	48.098,536	< 0,001	***
BW (647; 715]	669,441	293.908,249	32.709,259	< 0,001	***
BW (715; 783]	737,667	278.987,408	47.900,757	< 0,001	***
FL [197; 276]	262,512	0,000	–	–	–
FL (276; 355]	310,841	40.478,661	12.987,192	0,002	**
FL (355; 434]	396,833	116.238,045	18.923,774	< 0,001	***
FL (434; 513]	468,545	71.598,848	18.922,357	< 0,001	***
FL (513; 592]	546,500	125.859,249	22.514,185	< 0,001	***
FL (592; 671]	620,056	135.926,504	21.111,359	< 0,001	***
FL (671; 750]	712,750	98.980,645	27.505,876	< 0,001	***
FL (750; 829]	795,000	136.862,837	26.574,355	< 0,001	***
FL (829; 908]	846,667	143.540,002	40.409,683	< 0,001	***
GSW [38.326; 114.977]	83.785,714	0,000	–	–	–
GSW (114.977; 191.629]	148.205,128	63.393,315	15.381,823	< 0,001	***
GSW (191.629; 268.280]	234.000,000	190.879,051	17.943,054	< 0,001	***
GSW (268.280; 344.932]	304.655,556	184.141,799	16.775,912	< 0,001	***
GSW (344.932; 421.583]	389.264,706	232.940,381	19.982,054	< 0,001	***
GSW (421.583; 498.235]	448.166,667	356.361,859	39.524,664	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	366,892	13.326,002	0,978	
J 2012	2012	-34.506,626	15.472,877	0,027	*
J 2013	2013	20.549,554	15.377,650	0,183	



**Abbildung 5.9:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

#### 5.3.4.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.10:** Doppelhaushälften in Düsseldorf: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.16. Ausreißer lassen sich nicht identifizieren.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.18 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{BW} = f(BW) = 664,500 \cdot BW - 202.671,596 \quad \text{mit } R^2 = 0,91, \quad (5.35)$$

$$\bar{\beta}_{FL} = g(FL) = 191,919 \cdot FL - 9.153,219 \quad \text{mit } R^2 = 0,60, \quad (5.36)$$

$$\bar{\beta}_{GSW} = u(GSW) = 0,869 \cdot GSW - 61.577,269 \quad \text{mit } R^2 = 0,91. \quad (5.37)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{BW}$  lässt sich plausibel anhand des Bodenwertes  $BW$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander, wenngleich im mittleren Wertebereich sich die Datenpaare weiter von der ausgleichenden Funktion entfernen. Die Annäherung der Datenpaare durch eine andere mathematische Funktion bringt jedoch keinen wesentlichen Qualitätsgewinn. Eine quadratische Funktion etwa erhöht das Bestimmtheitsmaß gegenüber der oben dargestellten linearen Funktion um weniger als 0,01. Da die Betrachtung aller vorigen und folgenden Auswertungen zudem den Verdacht erhärtet, dass der Zusammenhang zwischen  $BW$  und  $\beta_{BW}$  einer linearen Form folgt, soll diese auch hier angenommen werden.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{FL}$  lässt sich nur mäßig aus der Grundstücksfläche  $FL$  ableiten. Wenngleich ein grundsätzlicher Trend erkennbar ist, streuen die Datenpaare stark um die ausgleichende Funktion. Da einzelne Ausreißer nicht mit hinreichender Sicherheit identifiziert werden können, besteht ein erhöhtes Risiko der nicht marktkonformen Modellierung der Abhängigkeit zwischen  $FL$  und  $\beta_{FL}$ .
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{GSW}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $GSW$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.16 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.35 bis 5.37 unter Verwendung der Normgrundstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 90.970,826 \quad (5.38)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 664,500 \cdot 300 - 202.671,596 = -3.321,684 \quad (5.39)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 191,919 \cdot 550 - 9.153,219 = 96.402,479 \quad (5.40)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 0,869 \cdot 150.000 - 61.577,269 = 68.750,385 \quad (5.41)$$

$$\beta_{J N} = 366,892 \quad (5.42)$$

$$\Rightarrow N = 253.168,897 \quad (5.43)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.35 bis 5.37 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.38 bis 5.43 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 664,500 \cdot BW + 53.818,986 \quad (5.44)$$

$$KP_{FL} = 191,919 \cdot FL + 147.613,199 \quad (5.45)$$

$$KP_{GSW} = 0,869 \cdot GSW + 122.841,243 \quad (5.46)$$

$$KP_J = \beta_J + 252.802,006 \quad (5.47)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.44 bis 5.47 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,625 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,787 \quad (5.48)$$

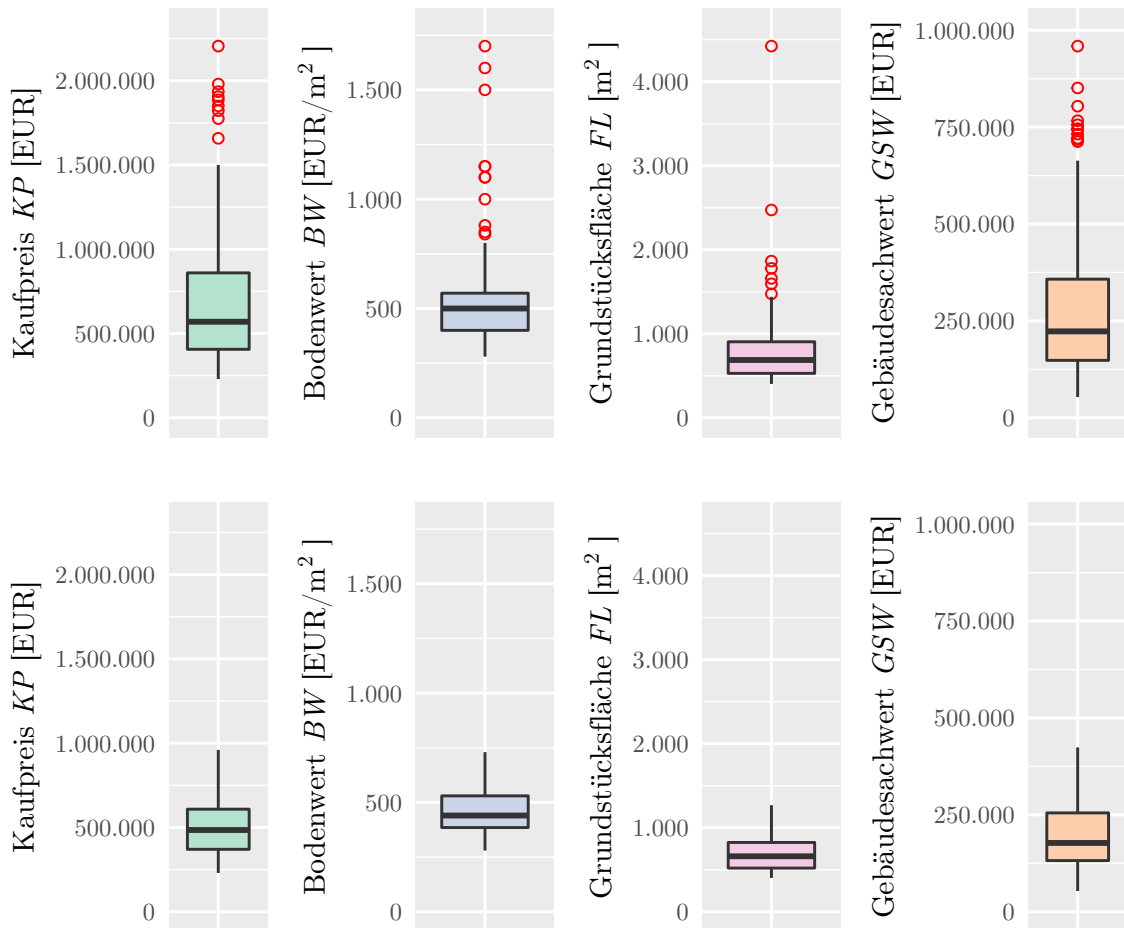
$$k_{FL} = -7,581 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,417 \quad (5.49)$$

$$k_{GSW} = -3,432 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,515 \quad (5.50)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} - 0,001 \quad (5.51)$$

### 5.3.5 Düsseldorf, Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.5.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.11:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in neun Durchgängen.

**Tabelle 5.17:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	163	163	163	163
Minimum	230.000	280	403	53.500
Median	485.000	440	660	177.500
arithm. Mittel	498.909	461	704	199.994
Maximum	960.000	730	1.268	424.000

Alle Ausprägungen nähern sich lediglich der Normalverteilung an. *FL* zeigt eine ausgeprägte Rechtsschiefe (vgl. die Plots P.19 und P.20 im Anhang). Die Häufigkeit der Flächen nimmt mit zunehmender Größe ab. Kleinere Flächen werden dementsprechend häufiger gehandelt als größere Flächen. Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als bedingt geeignet eingeschätzt.

### 5.3.5.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergibt sich eine Klasse mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klasse und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.18. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.21 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.18:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	9	53,1 EUR/m <sup>2</sup>	4 bis 41
<i>FL</i>	8	111,7 m <sup>2</sup>	6 bis 33
<i>GSW</i>	9	45.033,9 EUR	4 bis 33

### 5.3.5.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.22.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.19.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.20. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.23 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.12.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Koeffizienten fällt überwiegend positiv aus. Eine Ausnahme bildet das Merkmal *BW*. Dieses scheint nur teilweise zur Erklärung der Zielgröße beizutragen. Dennoch lassen sich alle Werte, wie unter Schritt 4 gemäß Abschnitt 5.3.5.4 (Abbildung 5.13) gezeigt werden wird, plausibel in mathematische Modelle, welche die Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und den jeweiligen Koeffizienten beschreiben, fassen. Der Scale-Location-Plot weist einen ungünstigen systematischen Effekt auf, womit eine gewisse Varianzinhomogenität erkennbar wird. Insgesamt erscheint das Regressionsmodell mit Einschränkungen brauchbar zur Beschreibung des regionalen Marktes.

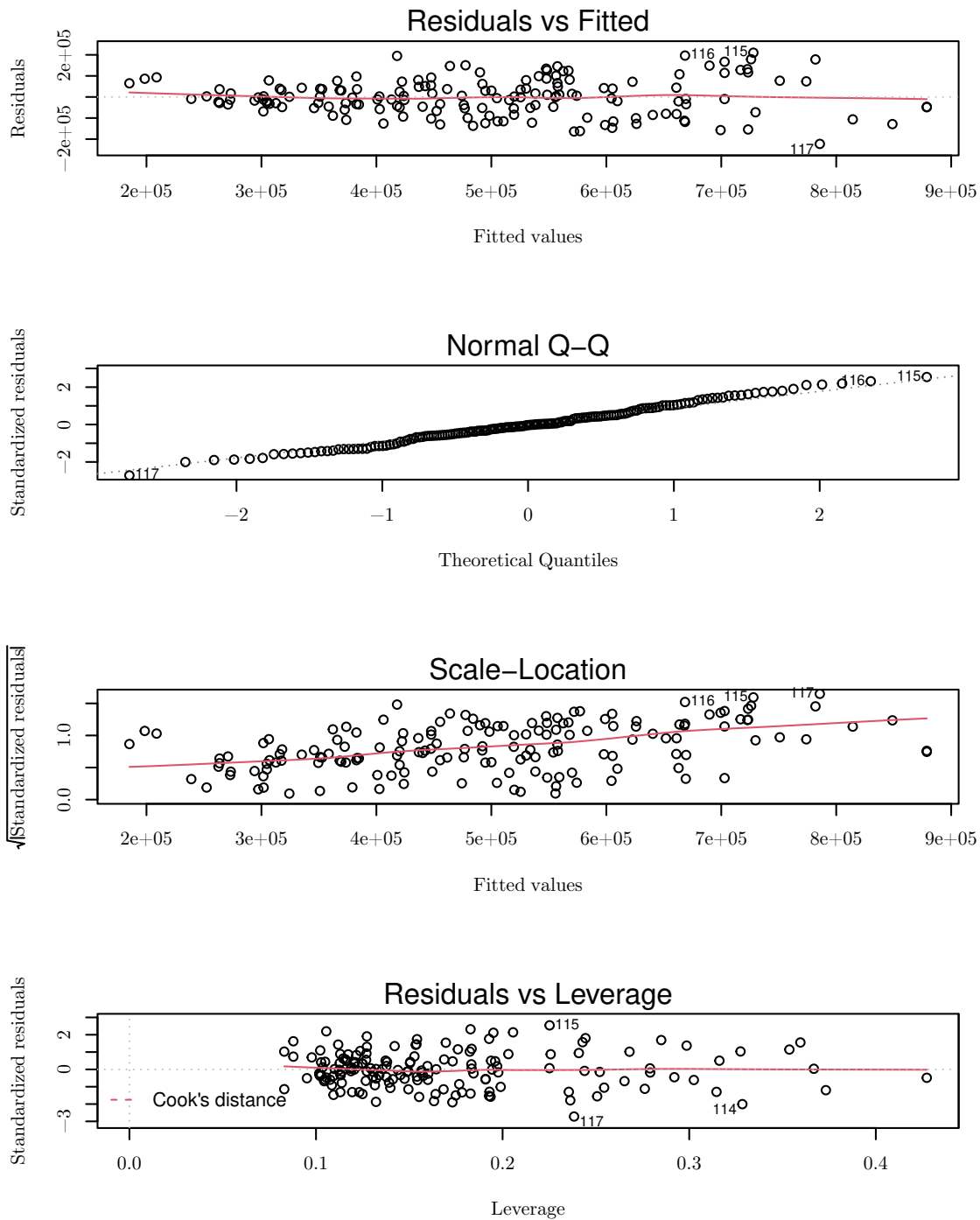


**Tabelle 5.19:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	161	160
Eliminierte Ausreißer:	–	1
Variablen:	26	26
Freiheitsgrade:	134	133
R <sup>2</sup> :	0,777	0,754
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,733	0,705
Standardabweichung der Residuen:	89.081,358	93.885,971
F-Test		
F:	17,909	15,647
p-Wert:	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$

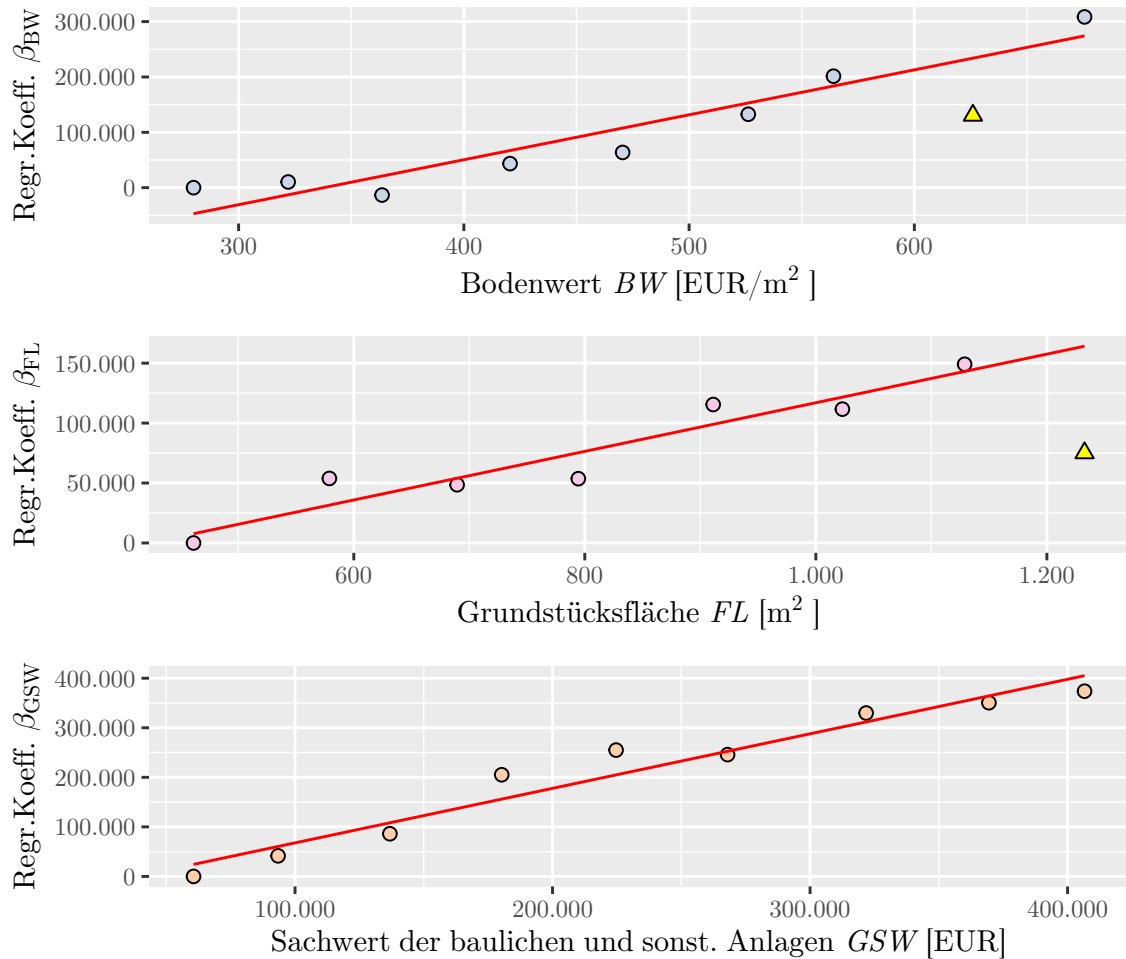
**Tabelle 5.20:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	156.992,970	72.044,822	0,031	*
BW [236; 289]	280,000	0,000	–	–	–
BW (289; 341]	322,000	10.297,716	60.538,329	0,865	
BW (341; 394]	363,684	-13.352,766	62.254,394	0,830	
BW (394; 446]	420,513	43.478,287	60.327,279	0,472	
BW (446; 499]	470,500	63.648,510	63.430,911	0,317	
BW (499; 551]	526,270	132.640,367	61.983,862	0,034	*
BW (551; 604]	564,100	201.414,623	68.266,108	0,004	**
BW (604; 656]	626,000	130.551,161	79.761,128	0,104	
BW (656; 709]	675,556	308.512,836	70.785,692	< 0,001	***
FL [400; 515]	461,289	0,000	–	–	–
FL (515; 629]	578,875	53.824,742	24.435,421	0,029	*
FL (629; 744]	689,433	48.550,772	24.946,115	0,054	.
FL (744; 858]	794,381	53.625,419	28.022,314	0,058	.
FL (858; 972]	911,133	115.495,642	30.409,941	< 0,001	***
FL (972; 1; 1.087]	1.023,000	111.634,663	31.316,519	< 0,001	***
FL (1.087; 1.201]	1.128,800	149.085,520	48.255,427	0,002	**
FL (1.201; 1.315]	1.232,600	75.068,741	48.954,524	0,128	
GSW [22.795; 68.385]	60.600,000	0,000	–	–	–
GSW (68.385; 113.975]	93.423,077	41.518,602	48.258,907	0,391	
GSW (113.975; 159.565]	136.843,750	86.094,748	49.079,466	0,082	.
GSW (159.565; 205.155]	180.265,625	205.159,145	49.214,739	< 0,001	***
GSW (205.155; 250.744]	224.675,000	254.966,523	49.935,992	< 0,001	***
GSW (250.744; 296.334]	267.972,222	245.746,750	51.257,551	< 0,001	***
GSW (296.334; 341.924]	321.777,778	329.782,058	57.623,279	< 0,001	***
GSW (341.924; 387.514]	369.458,333	350.530,352	53.909,893	< 0,001	***
GSW (387.514; 433.104]	406.583,333	373.777,207	62.710,364	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	10.694,675	23.120,425	0,644	
J 2012	2012	-22.975,758	28.993,433	0,430	
J 2013	2013	62.714,011	24.651,136	0,012	*



**Abbildung 5.12:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.5.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.13:** Freistehende Einfamilienhäuser in Düsseldorf: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.20. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.24 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 812,075 \cdot \text{BW} - 274.400,270 \quad \text{mit } R^2 = 0,89, \quad (5.52)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 202,787 \cdot \text{FL} - 85.819,638 \quad \text{mit } R^2 = 0,89, \quad (5.53)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 1,101 \cdot \text{GSW} - 42.390,156 \quad \text{mit } R^2 = 0,94. \quad (5.54)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich unter Ausschuss eines Ausreißers plausibel anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich unter Ausschluss eines Ausreißers plausibel aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.20 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.52 bis 5.54 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 156.992,970 \quad (5.55)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 812,075 \cdot 300 - 274.400,270 = -30.777,747 \quad (5.56)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 202,787 \cdot 550 - 85.819,638 = 25.713,318 \quad (5.57)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 1,101 \cdot 150.000 - 42.390,156 = 122.706,450 \quad (5.58)$$

$$\beta_{J N} = 10.694,675 \quad (5.59)$$

$$\Rightarrow N = 285.329,667 \quad (5.60)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.52 bis 5.54 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.55 bis 5.60 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 812,075 \cdot BW + 41.707,144 \quad (5.61)$$

$$KP_{FL} = 202,787 \cdot FL + 173.796,710 \quad (5.62)$$

$$KP_{GSW} = 1,101 \cdot GSW + 120.233,061 \quad (5.63)$$

$$KP_J = \beta_J + 274.634,992 \quad (5.64)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.61 bis 5.64 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,846 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,854 \quad (5.65)$$

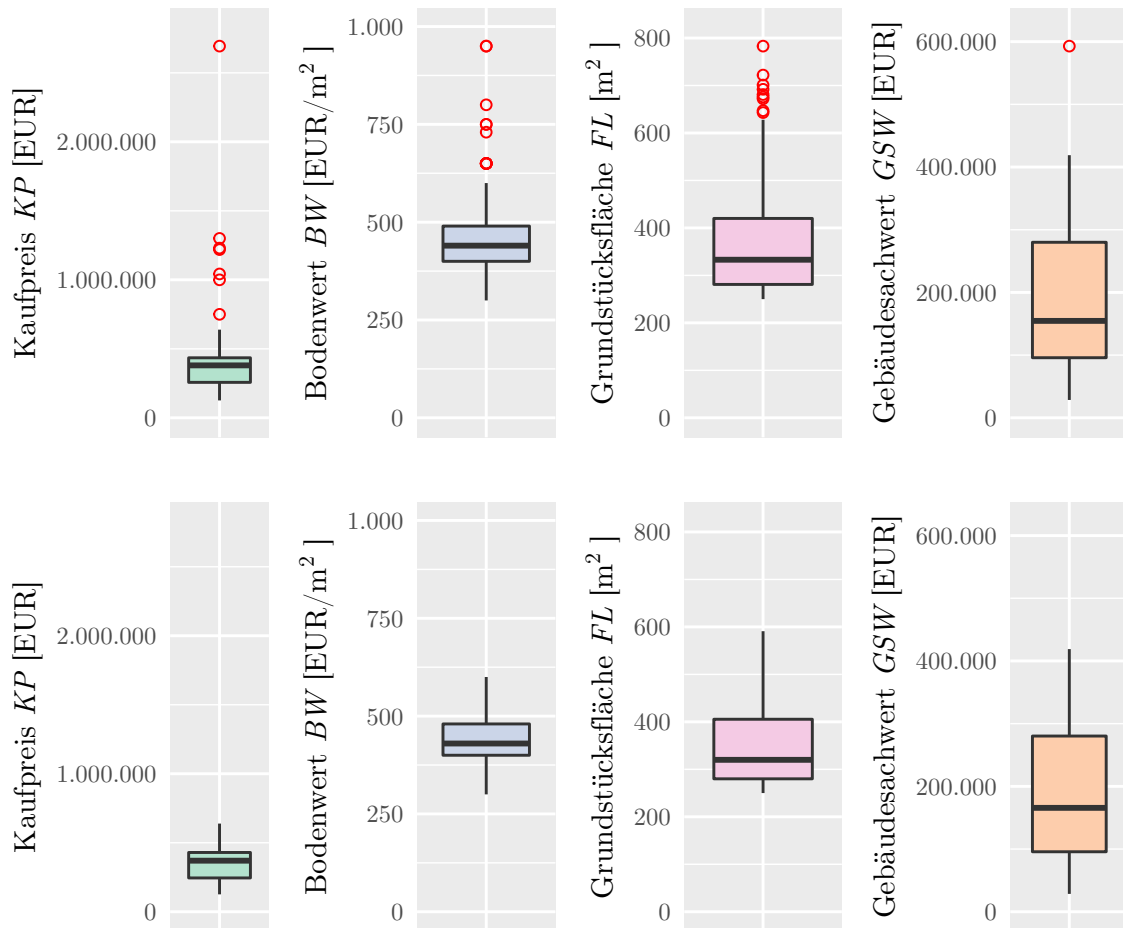
$$k_{FL} = -7,107 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,391 \quad (5.66)$$

$$k_{GSW} = -3,857 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,579 \quad (5.67)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,037 \quad (5.68)$$

### 5.3.6 Frankfurt a. M., Doppelhaushälften

#### 5.3.6.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.14:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in zwei Durchgängen.

**Tabelle 5.21:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	151	151	151	151
Minimum	126.000	300	250	28.481
Median	370.000	430	320	165.700
arithm. Mittel	339.821	448	349	186.266
Maximum	639.000	600	591	418.933

Die Ausprägungen nähern sich nur mäßig der Normalverteilung an (vgl. die Plots P.25 und P.26 im Anhang). Wenngleich die Ergebnisse der folgenden Regressionsanalyse auch unter diesen Umständen verwertbar sind, sind die Ergebnisse der statistischen Tests zur Gütebeurteilung der Analyse, welche auf einen annähernde Normalverteilung der Eingangsgrößen angewiesen sind, kritisch zu beurteilen.

### 5.3.6.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich sechs Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.22. Für eine detailliertere Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll im Anhang P.27 verwiesen.

**Tabelle 5.22:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	7	30,0 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 42
<i>FL</i>	8	47,1 m <sup>2</sup>	3 bis 57
<i>GSW</i>	6	69.317,3 EUR	5 bis 41



### 5.3.6.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

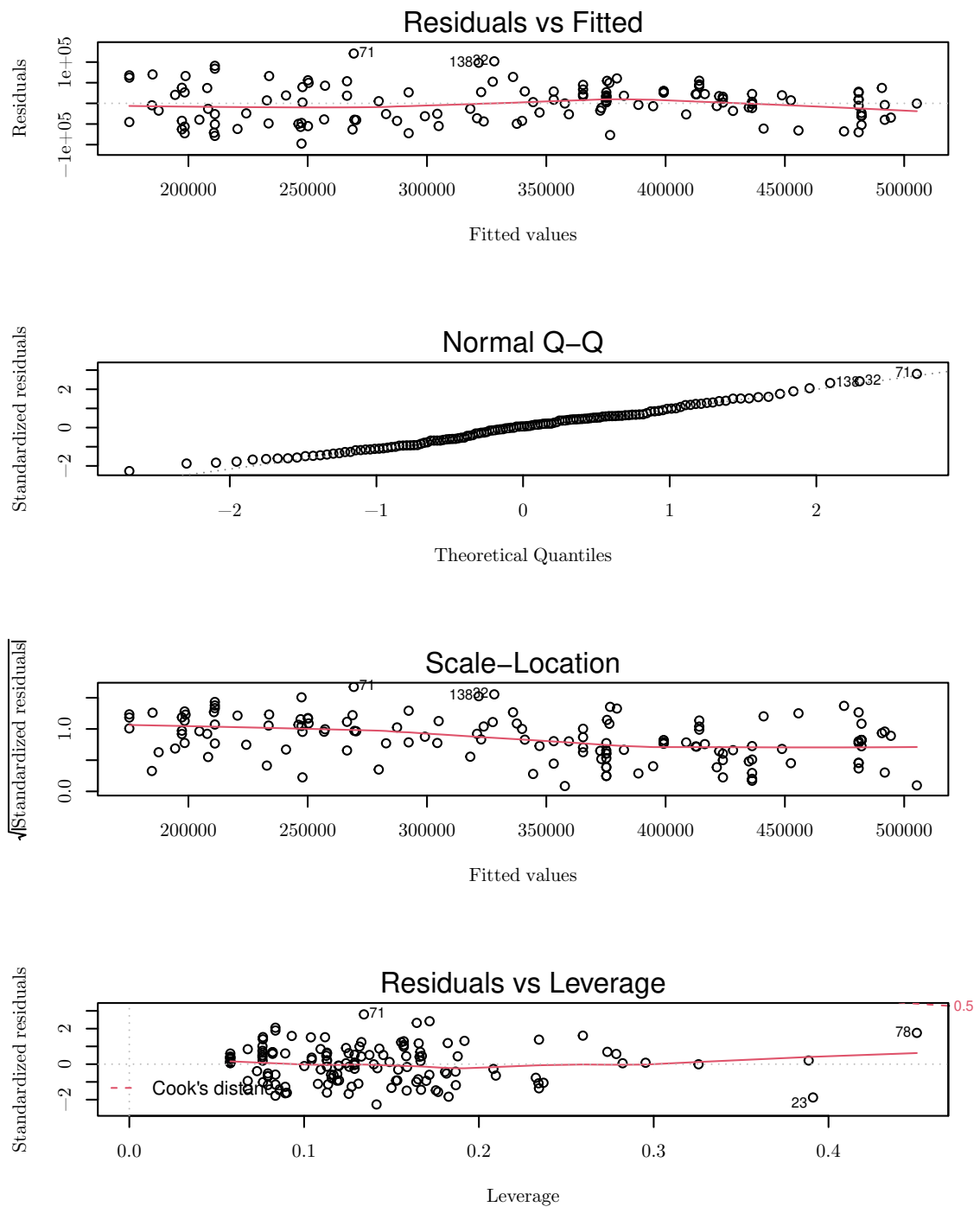
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.28.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.23.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.24. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.29 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.15.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Koeffizienten für *BW* und *GSW* fällt positiv aus. Die Signifikanz des Merkmals *FL* fällt dagegen mäßig aus. Wie bereits angemerkt, sind die statistischen Kenngrößen aufgrund der ungünstig verteilten Eingangsgrößen mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten. Die Analyseplots lassen dagegen keine wesentlichen Defekte erkennen. Auch wenn der Scale-Location-Plot und der Residuals-vs-Leverage-Plot nicht optimal erscheinen, sind die störenden Effekte minimal, sodass das Regressionsmodell insgesamt als geeignet zur Beschreibung des regionalen Marktes erscheint.

**Tabelle 5.23:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	143	138
Eliminierte Ausreißer:	–	5
Variablen:	20	18
Freiheitsgrade:	122	119
R <sup>2</sup> :	0,806	0,835
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,775	0,809
Standardabweichung der Residuen:	54.004,936	46.290,408
F-Test		
F:	25,394	33,338
p-Wert:	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$

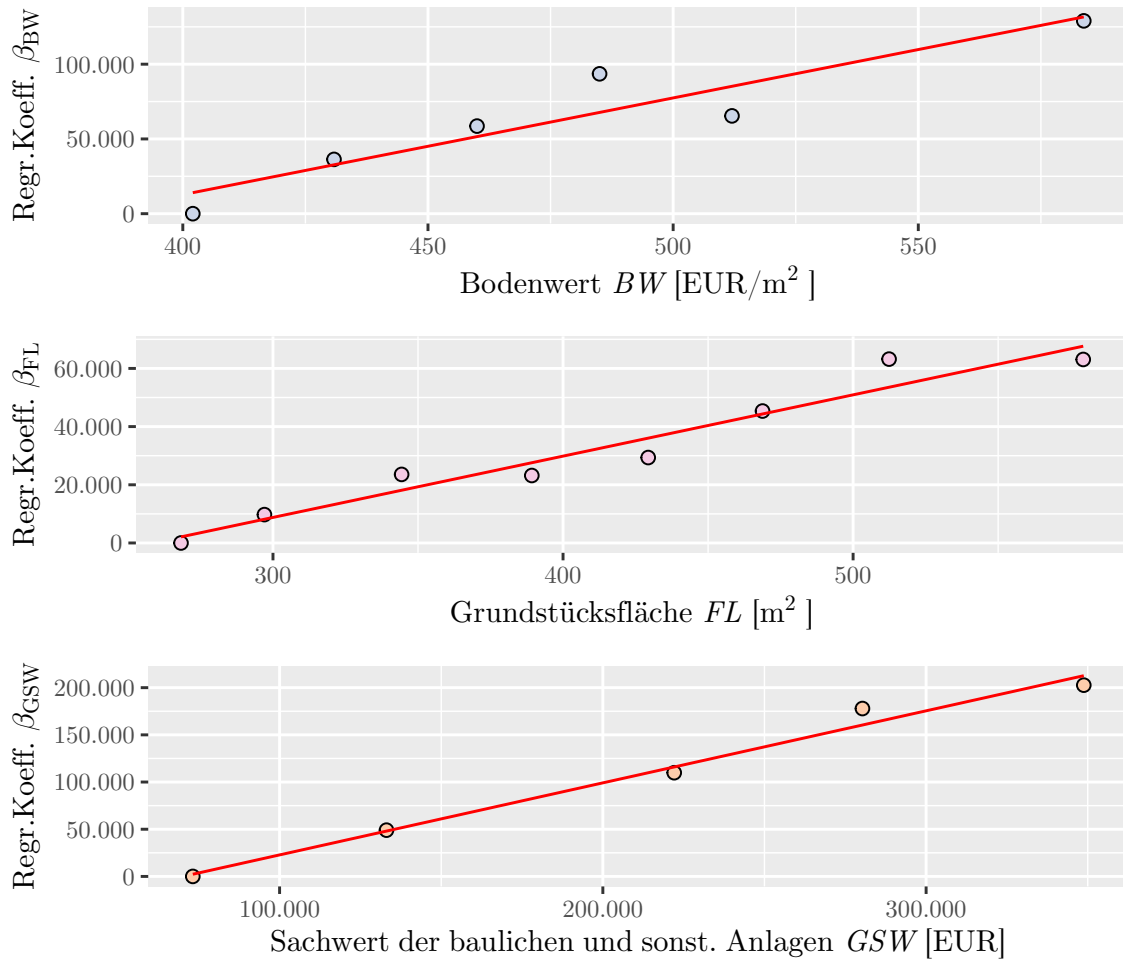
**Tabelle 5.24:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	175.230,137	12.798,721	< 0,001	***
BW [386; 417]	402,037	0,000	–	–	–
BW (417; 448]	430,833	36.320,096	12.844,053	0,006	**
BW (448; 479]	460,000	58.596,678	12.928,664	< 0,001	***
BW (479; 510]	485,000	93.559,297	16.834,549	< 0,001	***
BW (510; 541]	512,000	65.420,322	24.555,444	0,009	**
BW (571; 602]	583,750	128.995,414	15.395,102	< 0,001	***
FL [238; 281]	268,300	0,000	–	–	–
FL (281; 324]	297,056	9.749,225	12.295,549	0,429	
FL (324; 368]	344,353	23.566,935	15.375,972	0,128	
FL (368; 411]	389,235	23.189,667	14.365,372	0,109	
FL (411; 454]	429,364	29.365,461	17.279,978	0,092	.
FL (454; 497]	468,778	45.351,696	18.739,386	0,017	*
FL (497; 541]	512,400	63.202,177	25.006,775	0,013	*
FL (541; 584]	579,333	63.080,453	28.439,978	0,028	*
GSW [35.187; 105.561]	73.146,931	0,000	–	–	–
GSW (105.561; 175.934]	133.063,257	49.016,058	13.045,071	< 0,001	***
GSW (175.934; 246.308]	222.077,011	109.889,778	17.474,147	< 0,001	***
GSW (246.308; 316.682]	280.308,878	177.881,705	11.340,926	< 0,001	***
GSW (316.682; 387.056]	348.781,688	202.659,454	18.513,183	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	12.292,632	10.376,755	0,239	
J 2012	2012	9.456,180	11.911,646	0,429	



**Abbildung 5.15:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.6.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.16:** Doppelhaushälften in Frankfurt a. M.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.24. Ausreißer lassen sich nicht erkennen.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.30 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 646,993 \cdot \text{BW} - 246.053,556 \quad \text{mit } R^2 = 0,83, \quad (5.69)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 210,714 \cdot \text{FL} - 54.436,907 \quad \text{mit } R^2 = 0,93, \quad (5.70)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,763 \cdot \text{GSW} - 53.532,337 \quad \text{mit } R^2 = 0,98. \quad (5.71)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Wenngleich aufgrund der etwas ungünstigen Datenlage nur sechs Bodenwertklassen gebildet werden konnten, lässt sich eine Abhängigkeit zwischen dem Bodenwert  $BW$  und dem Regressionskoeffizienten  $\beta_{\text{BW}}$  mit einiger Sicherheit modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist gut erkennbar.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich sehr gut und zuverlässig aus der Grundstücksfläche  $FL$  ableiten. Die lineare Form der Abhängigkeit ist offensichtlich.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich sehr gut und plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $GSW$  modellieren. Dies gilt, obwohl auch hier mit fünf Klassen nur sehr wenige Daten zur Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zur Verfügung stehen. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.24 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BWN}$ ,  $\bar{\beta}_{FLN}$  und  $\bar{\beta}_{GSWN}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.69 bis 5.71 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 175.230,137 & (5.72) \\ \bar{\beta}_{BWN} &= 646,993 \cdot 300 - 246.053,556 & = -51.955,564 & (5.73) \\ \bar{\beta}_{FLN} &= 210,714 \cdot 550 - 54.436,907 & = 61.455,920 & (5.74) \\ \bar{\beta}_{GSWN} &= 0,763 \cdot 150.000 - 53.532,337 & = 60.964,398 & (5.75) \\ \beta_{JN} &= 12.292,632 & (5.76) \\ \Rightarrow N &= 257.987,523 & (5.77) \end{aligned}$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.69 bis 5.71 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.72 bis 5.77 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 646,993 \cdot BW + 63.889,532 \quad (5.78)$$

$$KP_{FL} = 210,714 \cdot FL + 142.094,697 \quad (5.79)$$

$$KP_{GSW} = 0,763 \cdot GSW + 143.490,788 \quad (5.80)$$

$$KP_J = \beta_J + 245.694,891 \quad (5.81)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.78 bis 5.81 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,508 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,752 \quad (5.82)$$

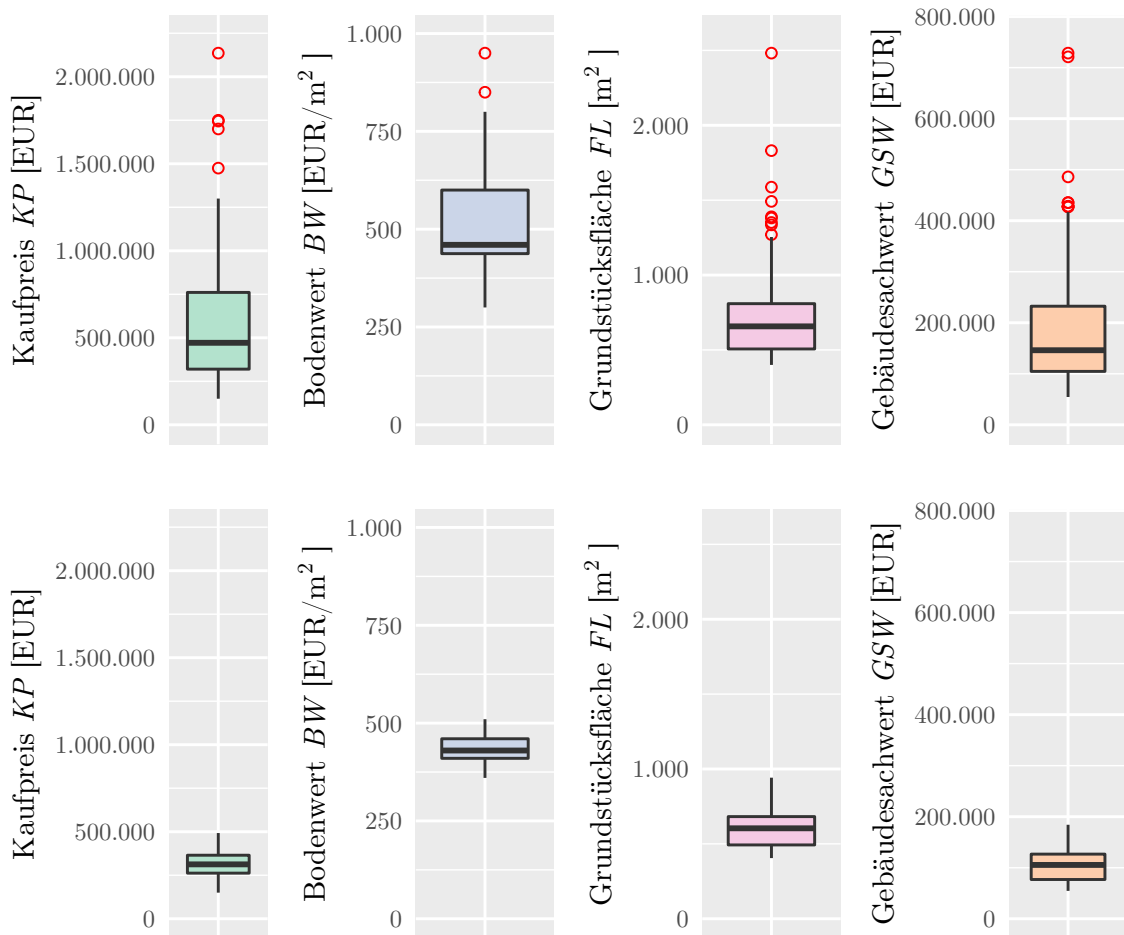
$$k_{FL} = -8,168 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,449 \quad (5.83)$$

$$k_{GSW} = -2,959 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,444 \quad (5.84)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,48 \quad (5.85)$$

### 5.3.7 Frankfurt a. M., Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.7.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.17:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in elf Durchgängen.



**Tabelle 5.25:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	49	49	49	49
Minimum	150.000	360	405	54.621
Median	312.500	430	604	105.446
arithm. Mittel	315.604	434	610	107.106
Maximum	492.500	510	942	184.193

Alle Ausprägungen weisen eine brauchbare Annäherung an die Normalverteilung auf (vgl. die Plots P.31 und P.32 im Anhang). Bemerkenswert ist jedoch, dass neben der am häufigsten vertretenen Grundstücksgrößenklasse von ca. 600 m<sup>2</sup> auch die Größenklasse von ca. 400 m<sup>2</sup> relativ häufig vertreten ist. Offenbar ist für Frankfurt a. M. auch dieses Segment von Bedeutung. Zudem muss angemerkt werden, dass nur sehr wenige Daten zur Verfügung stehen (vgl. Tabelle 5.25), sodass die Klassen durch nur wenige Datensätze repräsentiert werden. Die Zuverlässigkeit des Gesamtergebnisses leidet hierunter.

### 5.3.7.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich drei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.26. Für eine detailliertere Auflistung wird auf das Berechnungsprotokoll P.33 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.26:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	5	27,3 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 17
<i>FL</i>	6	103,3 m <sup>2</sup>	3 bis 12
<i>GSW</i>	5	27.181,1 EUR	4 bis 16

### 5.3.7.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

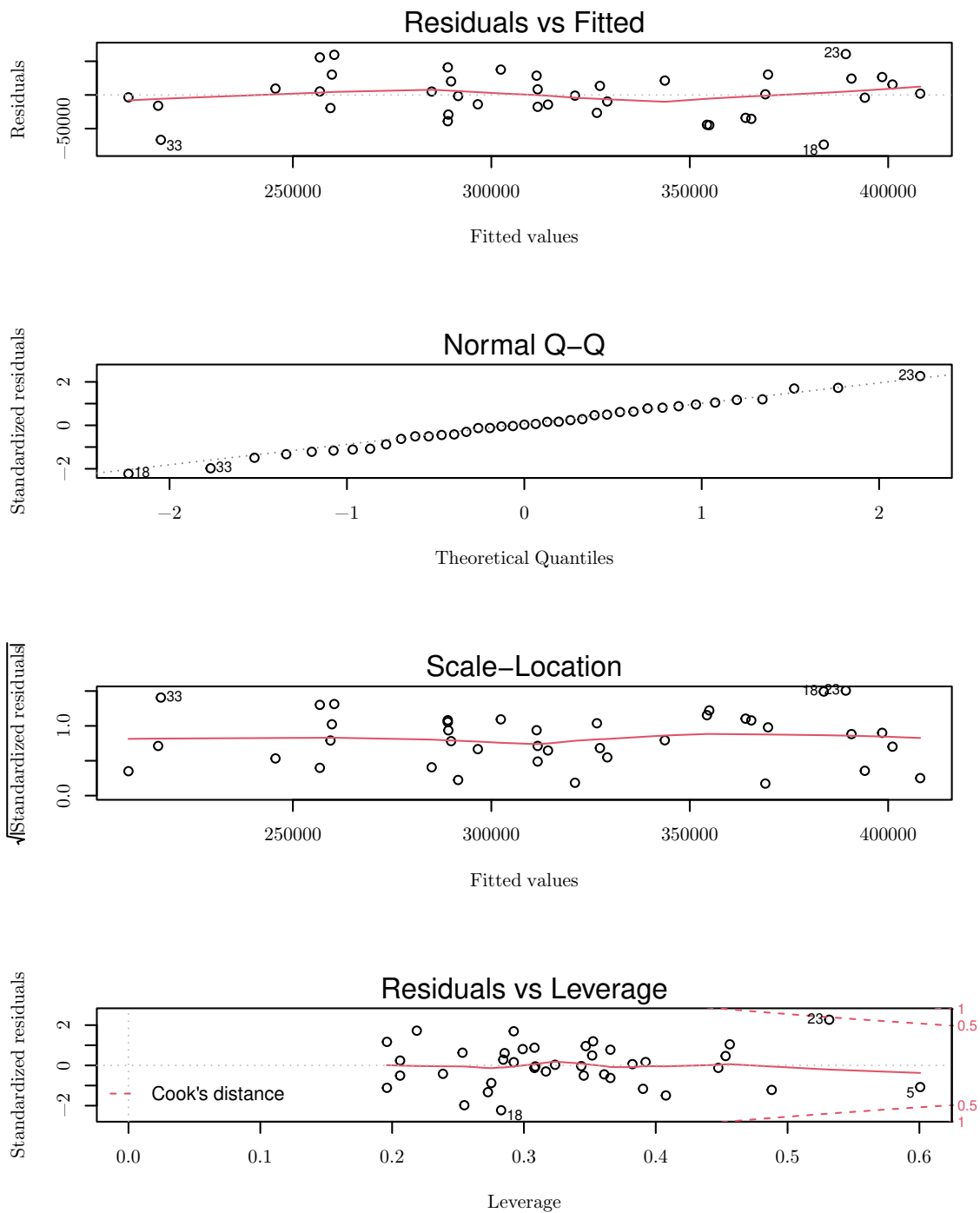
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.34.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.27.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.28. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.35 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.18.
- Beurteilung: Die Güte des Ergebnisses ist in Teilen kritisch zu beurteilen. So fällt zunächst in Tabelle 5.28 die überwiegend mäßige Signifikanz der Regressoren zur Erklärung der Zielgröße auf. Ein ähnliches Bild ergibt sich aus Tabelle 5.27. Auch hier sind das adjustierte Bestimmtheitsmaß sowie die Ergebnisse des globalen F-Tests als mäßig einzustufen. Demgegenüber zeigen die Analyseplots gemäß Abbildung 5.18 eine brauchbare Güte des Modells zur Erklärung der Zielgröße. Im Ergebnis scheint das Regressionsmodell mit Einschränkungen zur Beschreibung des regionalen Marktes geeignet zu sein.

**Tabelle 5.27:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.:  
Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	44	39
Eliminierte Ausreißer:	–	5
Variablen:	15	12
Freiheitsgrade:	28	26
R <sup>2</sup> :	0,782	0,746
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,665	0,629
Standardabweichung der Residuen:	41.711,322	39.083,642
F-Test		
F:	6,703	6,364
p-Wert:	$8,44 \cdot 10^{-6}$	$4,11 \cdot 10^{-5}$

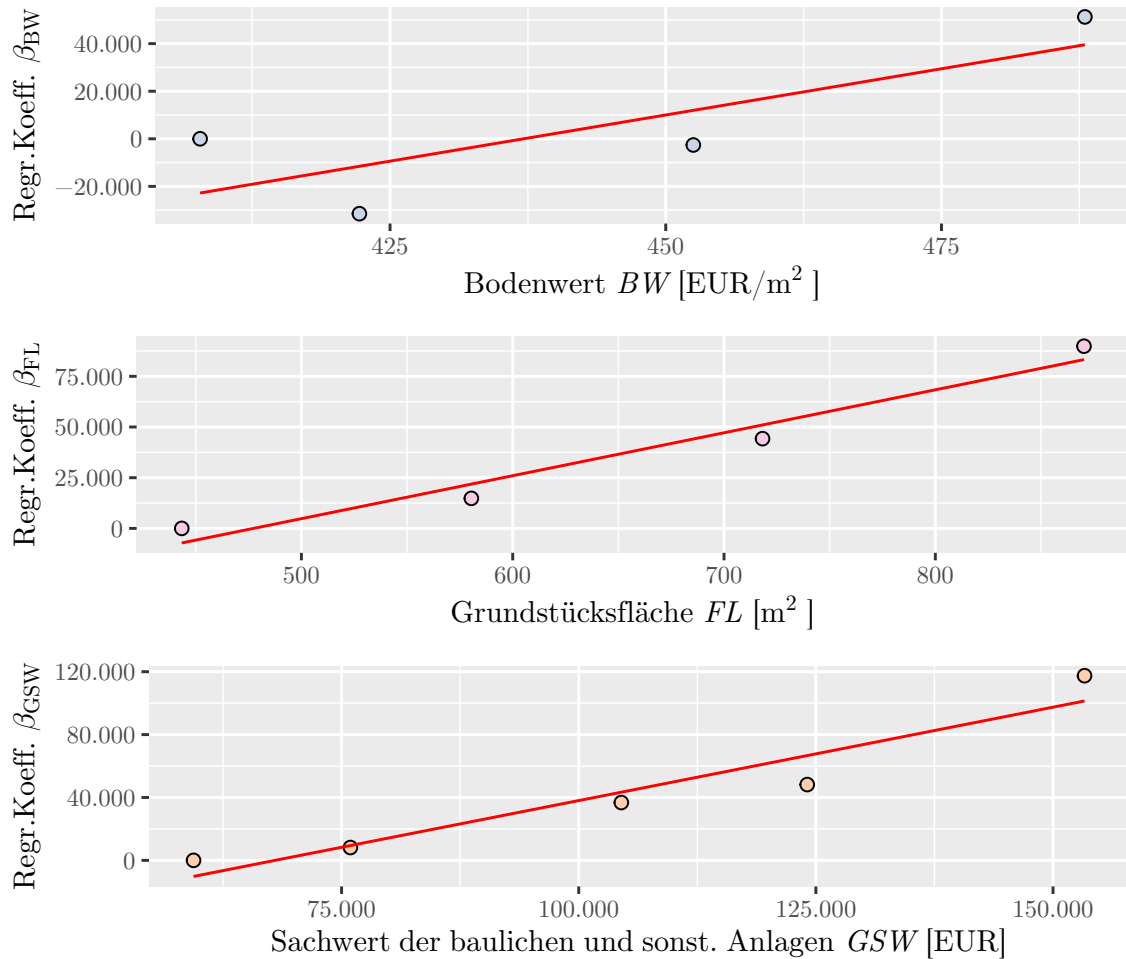
**Tabelle 5.28:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	239.358,540	39.006,312	< 0,001	***
BW [382; 411]	407,778	0,000	–	–	–
BW (411; 439]	422,222	-31.480,072	26.148,100	0,239	
BW (439; 467]	452,500	-2.604,204	17.852,535	0,885	
BW (467; 496]	488,000	51.228,842	27.629,614	0,075	.
FL [358; 501]	443,385	0,000	–	–	–
FL (501; 644]	580,429	14.812,346	20.853,138	0,484	
FL (644; 787]	718,222	44.250,841	24.586,692	0,084	.
FL (787; 930]	870,333	89.854,216	32.490,187	0,010	*
GSW [38.574; 64.291]	59.395,857	0,000	–	–	–
GSW (64.291; 90.007]	75.930,748	8.163,056	28.208,611	0,775	
GSW (90.007; 115.723]	104.491,858	36.772,573	28.786,521	0,213	
GSW (115.723; 141.440]	124.086,729	48.216,321	29.772,065	0,117	
GSW (141.440; 167.156]	153.321,020	117.477,592	33.784,745	0,002	**
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	51.945,428	17.953,733	0,008	**
J 2012	2012	689,084	18.125,803	0,970	



**Abbildung 5.18:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißer-elimination

### 5.3.7.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.19:** Freistehende Einfamilienhäuser in Frankfurt a. M.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.28. Ausreißer lassen sich nicht erkennen.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.36 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 776,622 \cdot \text{BW} - 339.466,053 \quad \text{mit } R^2 = 0,47, \quad (5.86)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 211,790 \cdot \text{FL} - 101.089,194 \quad \text{mit } R^2 = 0,94, \quad (5.87)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 1,188 \cdot \text{GSW} - 80.788,912 \quad \text{mit } R^2 = 0,88. \quad (5.88)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Die Abhängigkeit zwischen dem Bodenwert  $BW$  und dem Regressionskoeffizienten  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich mit einem Bestimmtheitsmaß von nur 0,64 modellieren. Zudem ist zu berücksichtigen, dass lediglich vier Datenpunkte in einem sehr engen Wertebereich (ca. 400 bis 500 EUR/m<sup>2</sup>) zur Modellierung der funktionalen Abhängigkeit zur Verfügung stehen. Es handelt sich somit um eine sehr ungünstige Ausgangslage, welche auch eine plausible Ausreißeridentifikation nicht zulässt. An dieser Stelle kann noch nicht beurteilt werden, ob das hieraus abzuleitende Ergebnis plausibel ist oder nicht.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich plausibel aus der Grundstücksfläche  $FL$  ableiten. Zwar stehen auch hier nur vier Datenpaare zur Modellierung der Abhängigkeit beider Größen voneinander zur Verfügung, der Wertebereich umfasst aber eine relativ große Spanne (ca. 450 bis 900 m<sup>2</sup>) bei gleichzeitig relativ geringer Streuung der Datenpunkte um die Trendfunktion.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $GSW$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang erscheint plausibel.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.28 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BWN}$ ,  $\bar{\beta}_{FLN}$  und  $\bar{\beta}_{GSWN}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.86 bis 5.88 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 239.358,540 \quad (5.89)$$

$$\bar{\beta}_{BWN} = 776,622 \cdot 300 - 339.466,053 = -106.479,533 \quad (5.90)$$

$$\bar{\beta}_{FLN} = 211,790 \cdot 550 - 101.089,194 = 15.395,433 \quad (5.91)$$

$$\bar{\beta}_{GSWN} = 1,188 \cdot 150.000 - 80.788,912 = 97.442,804 \quad (5.92)$$

$$\beta_{JN} = 51.945,428 \quad (5.93)$$

$$\Rightarrow N = 297.662,672 \quad (5.94)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.86 bis 5.88 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.89 bis 5.94 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 776,622 \cdot BW + 64.676,152 \quad (5.95)$$

$$KP_{FL} = 211,790 \cdot FL + 181.178,045 \quad (5.96)$$

$$KP_{GSW} = 1,188 \cdot GSW + 119.430,956 \quad (5.97)$$

$$KP_J = \beta_J + 245.717,244 \quad (5.98)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.95 bis 5.98 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,609 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,783 \quad (5.99)$$

$$k_{FL} = -7,115 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,391 \quad (5.100)$$

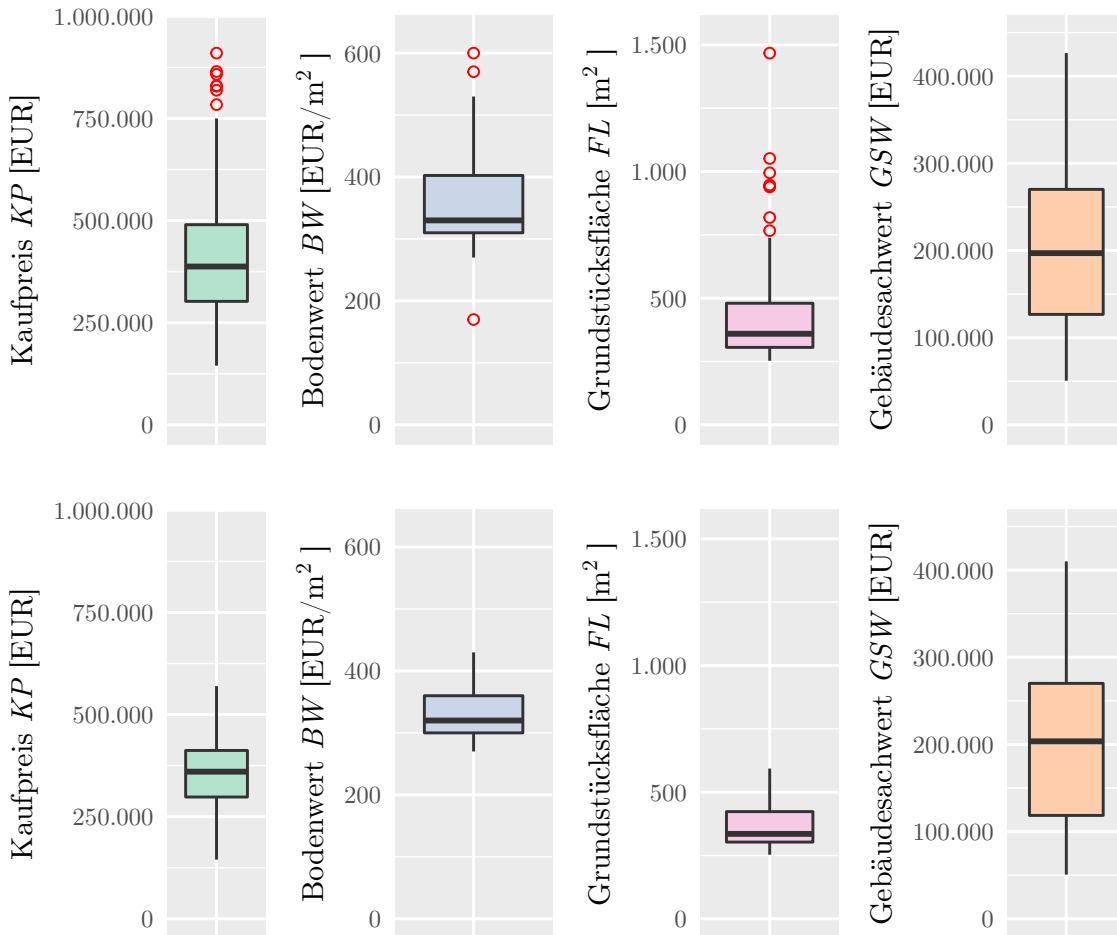
$$k_{GSW} = -3,992 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,599 \quad (5.101)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,175 \quad (5.102)$$



### 5.3.8 Freiburg i. Br., Doppelhaushälften

#### 5.3.8.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.20:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in drei Durchgängen.

**Tabelle 5.29:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	109	109	109	109
Minimum	144.700	270	253	50.662
Median	360.000	320	335	203.566
arithm. Mittel	355.627	331	365	198.916
Maximum	569.500	430	593	410.008

Die Ausprägungen aller Merkmale nähern sich der Normalverteilung an. Die beste Annäherung zeigt der Kaufpreis. Die anderen Merkmale weisen eine mäßige Rechts- bzw. Linksschiefe und sowohl der Bodenwert als auch die Grundstücksfläche eine Überhöhung auf (vgl. die Plots P.37 und P.38 im Anhang). Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse noch als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.8.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich zwei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.30. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.39 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.30:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	6	25,1 EUR/m <sup>2</sup>	4 bis 38
<i>FL</i>	7	50,4 m <sup>2</sup>	6 bis 34
<i>GSW</i>	5	63.444,2 EUR	10 bis 34

### 5.3.8.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

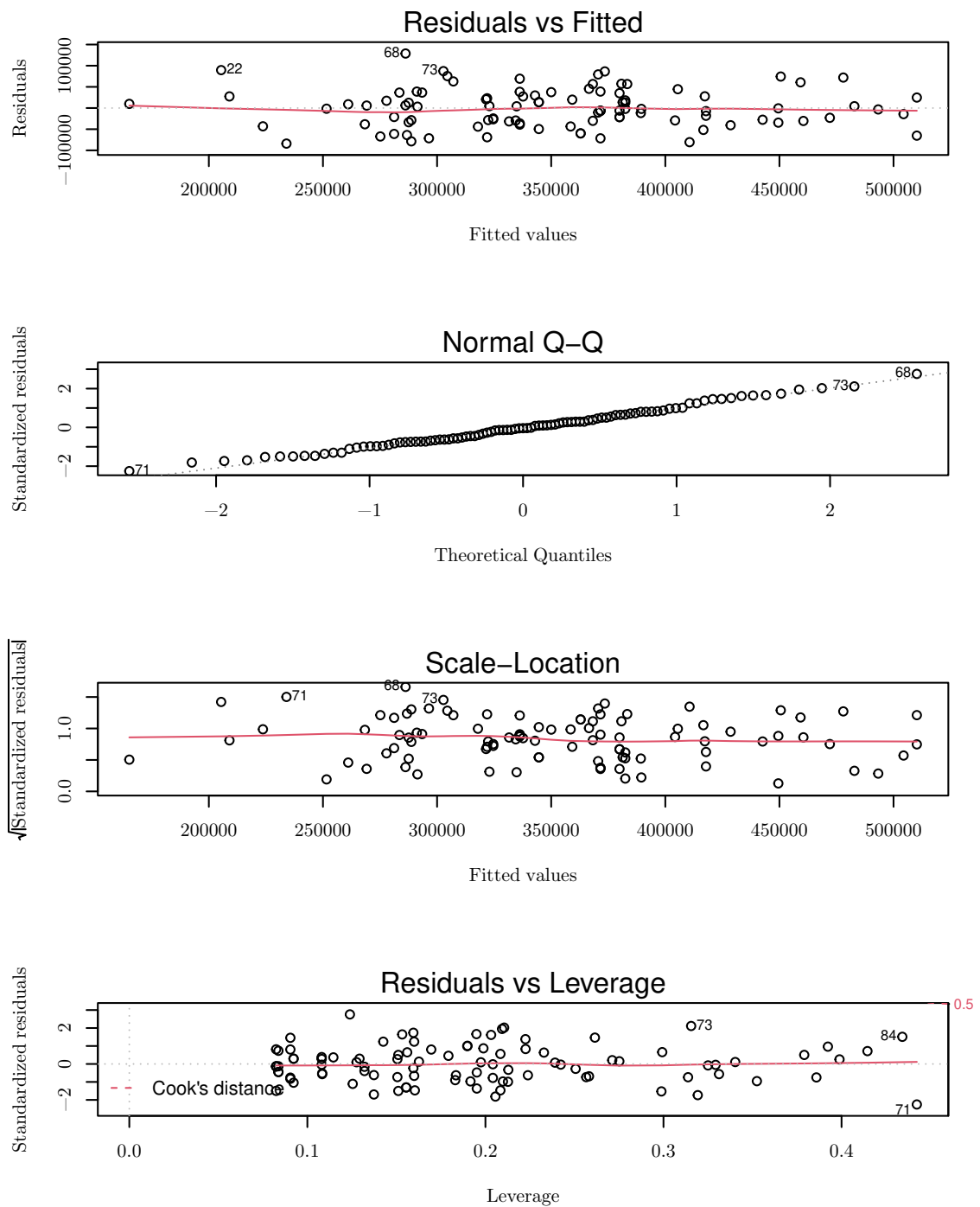
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.40.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.31.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.32. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.41 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.21.
- Beurteilung: Die Güte des Ergebnisses ist in Teilen kritisch zu beurteilen (vgl. Tabelle 5.32). Während die Koeffizienten  $\beta_{\text{GSW}}$  eine durchweg hohe Signifikanz und die Koeffizienten  $\beta_{\text{BW}}$  eine mittlere Signifikanz aufweisen, scheint  $FL$  keinen wesentlichen Beitrag zur Erklärung der Zielgröße beizutragen. Die Analyseplots (Abbildung 5.21) weisen dagegen keine Defekte auf. Das Regressionsmodell scheint somit grundsätzlich zur Erklärung des regionalen Marktes geeignet zu sein.

**Tabelle 5.31:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	103	97
Eliminierte Ausreißer:	–	6
Variablen:	18	18
Freiheitsgrade:	84	78
R <sup>2</sup> :	0,569	0,709
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,476	0,642
Standardabweichung der Residuen:	63.660,496	49.895,980
F-Test		
F:	6,153	10,564
p-Wert:	$3,12 \cdot 10^{-9}$	$2,66 \cdot 10^{-14}$

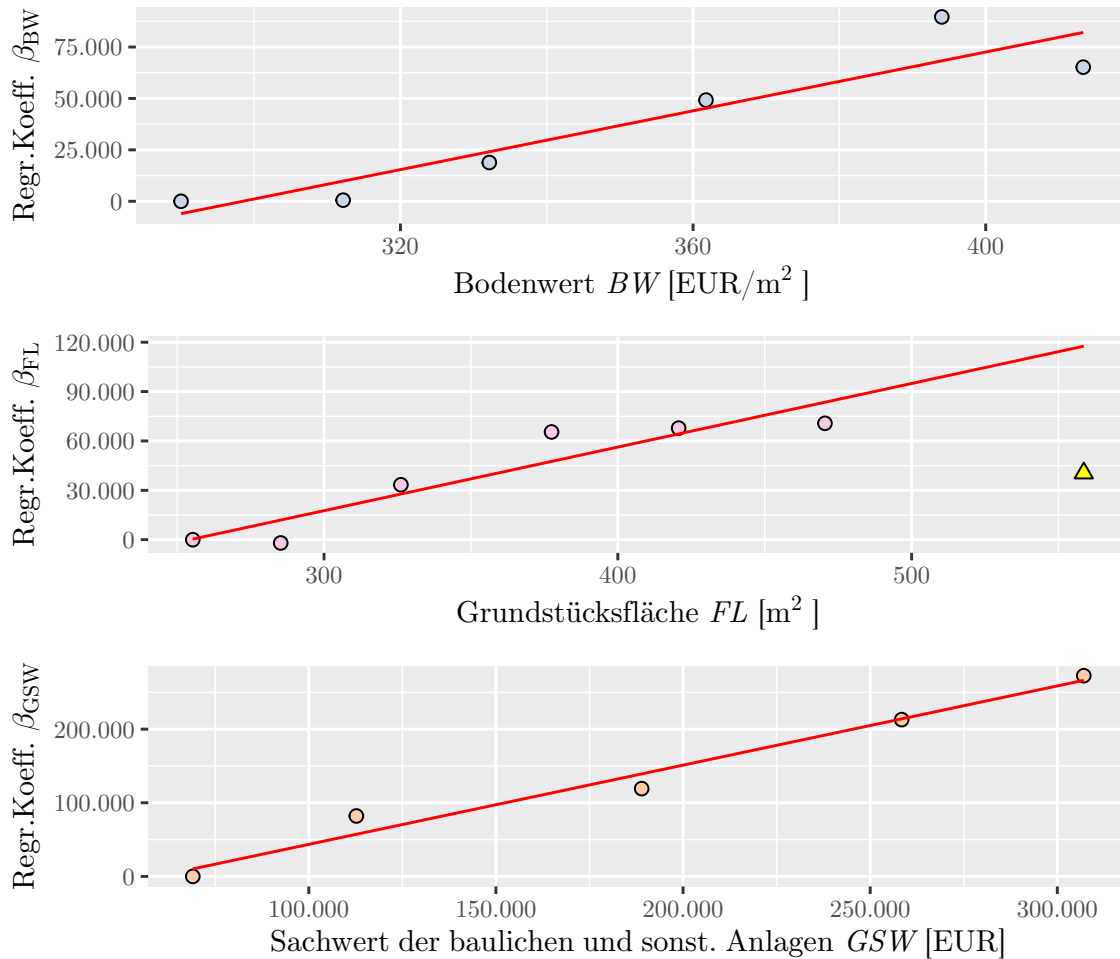
**Tabelle 5.32:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	171.485,129	38.221,423	< 0,001	***
BW [271; 297]	290,000	0,000	–	–	–
BW (297; 323]	312,162	544,129	16.801,780	0,974	
BW (323; 349]	332,143	18.850,152	20.915,892	0,370	
BW (349; 375]	361,765	49.199,921	20.480,167	0,019	*
BW (375; 401]	394,000	89.625,035	28.976,309	0,003	**
BW (401; 427]	413,333	65.198,645	26.425,280	0,016	*
FL [211; 258]	255,333	0,000	–	–	–
FL (258; 305]	285,259	-1.995,404	31.652,578	0,950	
FL (305; 352]	326,167	33.365,779	32.010,103	0,300	
FL (352; 399]	377,444	65.477,642	36.021,629	0,073	.
FL (399; 446]	420,692	67.805,698	33.385,842	0,046	*
FL (446; 493]	470,500	70.729,359	36.876,477	0,059	.
FL (540; 587]	558,600	40.450,058	38.025,457	0,291	
GSW [31.059; 93.178]	69.013,333	0,000	–	–	–
GSW (93.178; 155.297]	112.710,955	82.088,942	21.576,300	< 0,001	***
GSW (155.297; 217.415]	188.944,591	119.221,839	21.726,145	< 0,001	***
GSW (217.415; 279.534]	258.419,971	212.973,114	23.015,015	< 0,001	***
GSW (279.534; 341.653]	307.073,500	272.598,373	24.817,771	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	-46.779,622	14.718,993	0,002	**
J 2012	2012	-38.421,712	16.227,046	0,020	*
J 2013	2013	-1.683,502	15.754,236	0,915	



**Abbildung 5.21:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.8.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.22:** Doppelhaushälften in Freiburg i. Br.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.32. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.42 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 714,320 \cdot \text{BW} - 213.180,843 \quad \text{mit } R^2 = 0,83, \quad (5.103)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 386,541 \cdot \text{FL} - 98.338,987 \quad \text{mit } R^2 = 0,84, \quad (5.104)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 1,076 \cdot \text{GSW} - 64.054,211 \quad \text{mit } R^2 = 0,97. \quad (5.105)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander. Fraglich ist jedoch, ob die Lage der ausgleichenden Funktion das tatsächliche Marktgeschehen optimal abbildet. Dies ist dann der Fall, wenn die Datenpunkte, welche sich nicht optimal der ausgleichenden Funktion annähern lediglich durch eine natürliche Streuung geprägt sind. Sollte dagegen ein einzelner Datenpunkt nicht marktkonform sein, müsste dieser zur Verbesserung des Gesamtergebnisses eliminiert werden. Da nur relativ wenige Daten zur Verfügung stehen, kann jedoch nicht erkannt werden, ob ein Datenpunkt – auffällig sind der erste, fünfte und sechste – eliminiert werden müssten. Da sich durch die Elimination einzelner Punkte die Lage der ausgleichenden Funktion jedoch massiv ändert, soll zur Vermeidung einer Fehlentscheidung ein Kompromiss gewählt werden: Es werden keine Datenpunkte eliminiert.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich unter Ausschluss eines als Ausreißer eingeschätzten Fernwertes mit mäßiger Sicherheit aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Wenngleich die Lage der Datenpunkte eine gewisse Krümmung suggeriert und die Annäherung der Datenpunkte durch eine logarithmische oder quadratische Funktion mit Bestimmtheitsmaßen von 0,91 bzw. 0,94 einen gewissen Gewinn verspricht, besteht dennoch aufgrund der geringen Anzahl der Datenpunkte die Gefahr des Overfittings. Um dies zu vermeiden, soll auch hier eine lineare Abhängigkeit zwischen  $\text{FL}$  und  $\beta_{\text{FL}}$  angenommen werden.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.



**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.32 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.103 bis 5.105 unter Verwendung der Normgrundstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 171.485,129 \quad (5.106)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 714,320 \cdot 300 - 213.180,843 = 1.115,167 \quad (5.107)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 386,541 \cdot 550 - 98.338,987 = 114.258,340 \quad (5.108)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 1,076 \cdot 150.000 - 64.054,211 = 97.320,574 \quad (5.109)$$

$$\beta_{J N} = -46.779,622 \quad (5.110)$$

$$\Rightarrow N = 337.399,588 \quad (5.111)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.103 bis 5.105 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.106 bis 5.111 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 714,320 \cdot BW + 123.103,578 \quad (5.112)$$

$$KP_{FL} = 386,541 \cdot FL + 124.802,261 \quad (5.113)$$

$$KP_{GSW} = 1,076 \cdot GSW + 176.024,802 \quad (5.114)$$

$$KP_J = \beta_J + 384.179,210 \quad (5.115)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.112 bis 5.115 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,117 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,635 \quad (5.116)$$

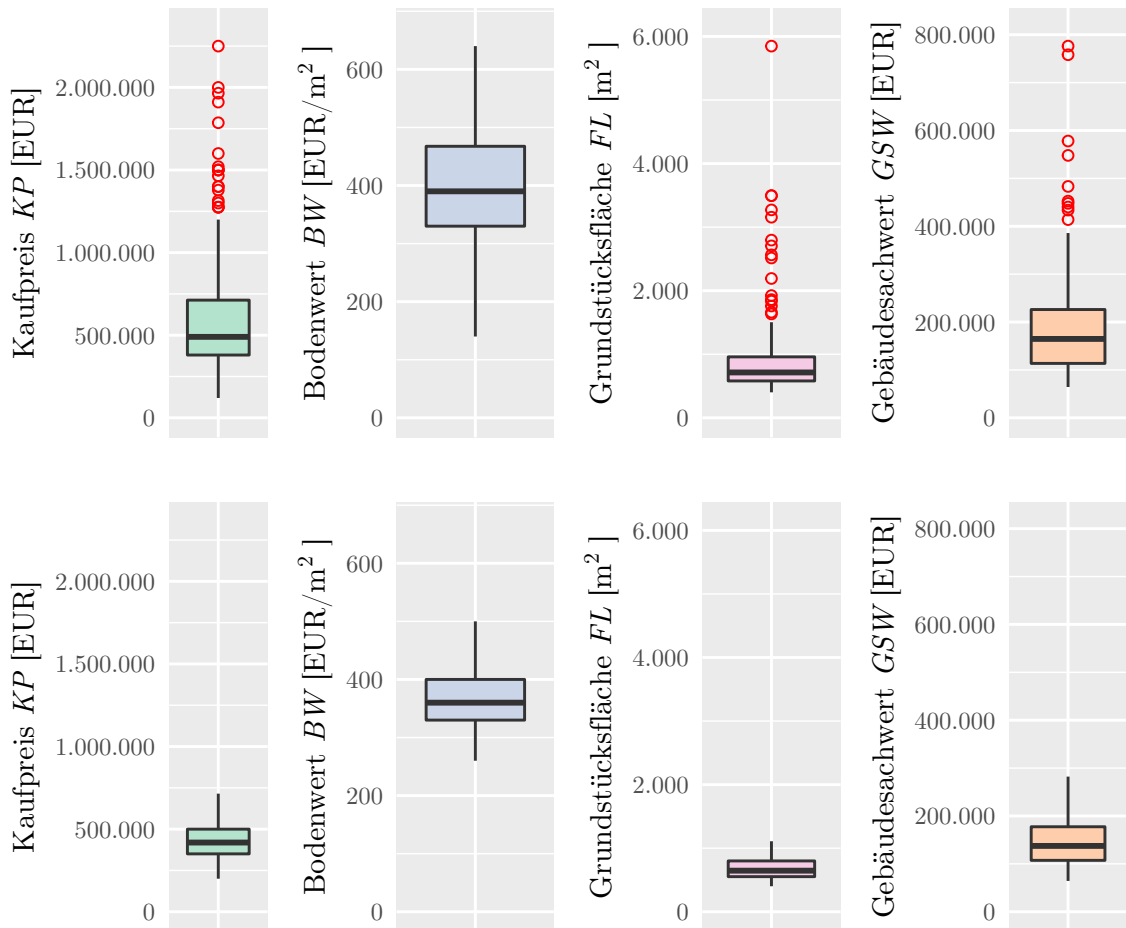
$$k_{FL} = -11,456 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,630 \quad (5.117)$$

$$k_{GSW} = -3,189 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,478 \quad (5.118)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} - 0,139 \quad (5.119)$$

### 5.3.9 Freiburg i. Br., Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.9.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.23:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in acht Durchgängen.

**Tabelle 5.33:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	110	110	110	110
Minimum	200.000	260	401	64.344
Median	419.000	360	646	137.500
arithm. Mittel	437.509	366	680	147.842
Maximum	715.000	500	1.109	282.225

Die Ausprägungen aller Merkmale nähern sich mit leichter Rechtsschiefe, jedoch im Wesentlichen gut der Normalverteilung an (vgl. die Plots P.43 und P.44 im Anhang). Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.9.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich zwei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.34. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.45 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.34:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	9	29,2 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 24
<i>FL</i>	7	103,2 m <sup>2</sup>	7 bis 29
<i>GSW</i>	8	29.262,8 EUR	3 bis 26

### 5.3.9.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

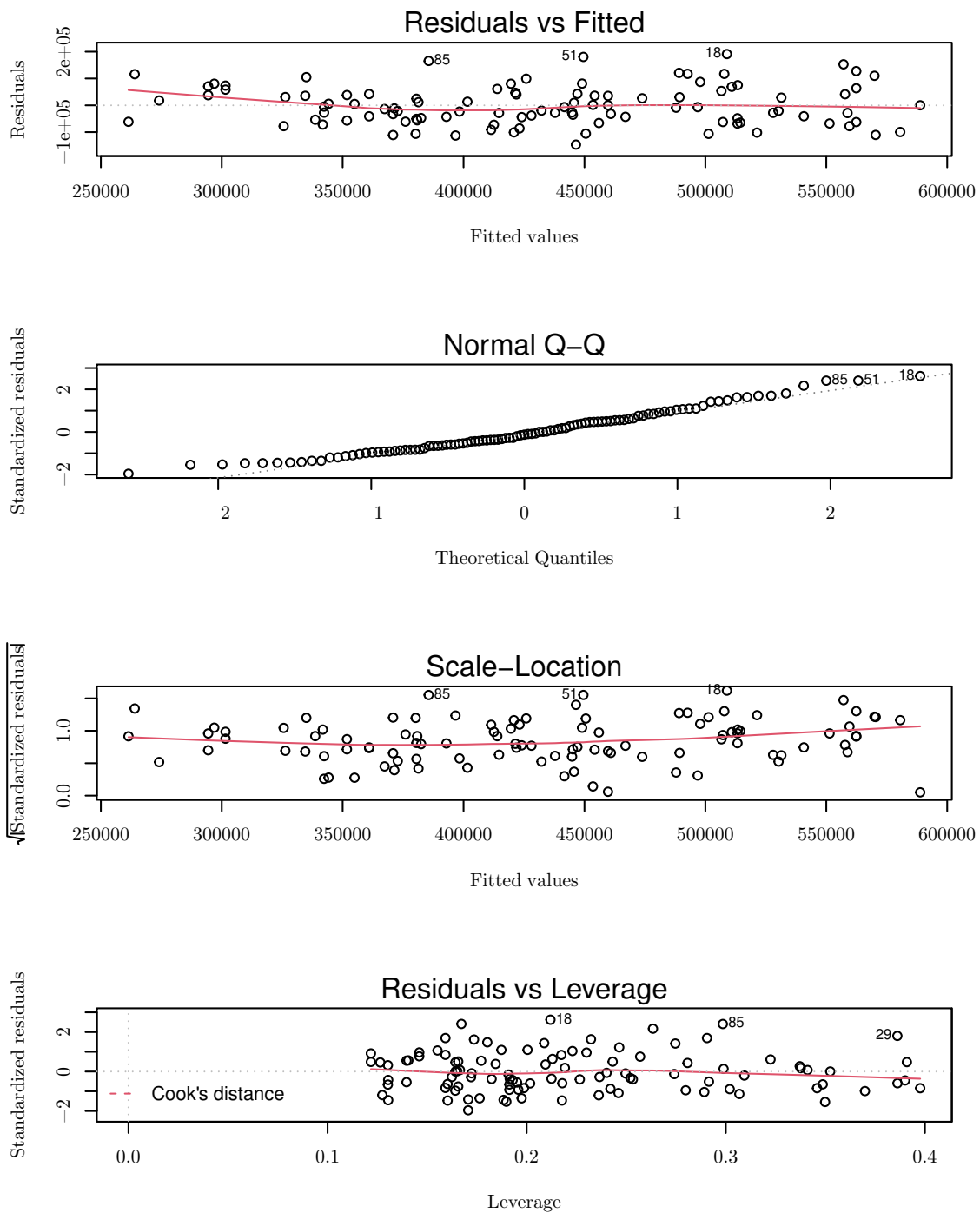
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.46.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.35.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.36. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.47 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.24.
- Beurteilung: Die Güte des Ergebnisses ist in Teilen kritisch zu beurteilen. Während die Koeffizienten  $\beta_{BW}$  eine erkennbare Signifikanz aufweisen, scheinen  $FL$  und  $GSW$  keinen wesentlichen Beitrag zur Erklärung der Zielgröße beizutragen (vgl. Tabelle 5.36). Das adjustierte Bestimmtheitsmaß der Analyse fällt mit 0,44 ausgesprochen niedrig aus. Die Analyseplots (vgl. Abbildung 5.24) zeigen dagegen ein etwas besseres Ergebnis, wenngleich auch der Residuals-vs-Fitted-Plot im unteren Wertebereich einen unerwünschten Trend erkennen lässt (gerade dort ist auch die Datendichte recht ungünstig) und der Scale-Location-Plot auf eine leichte Varianzheterogenität hinweist. Damit ist anzunehmen, dass sich die Zielgröße nur mäßig durch das Regressionsmodell abbilden lässt.

**Tabelle 5.35:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	108	103
Eliminierte Ausreißer:	–	5
Variablen:	24	22
Freiheitsgrade:	83	80
R <sup>2</sup> :	0,595	0,559
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,477	0,438
Standardabweichung der Residuen:	84.451,397	82.024,720
F-Test		
F:	5,071	4,618
p-Wert:	$1,44 \cdot 10^{-8}$	$2,18 \cdot 10^{-7}$

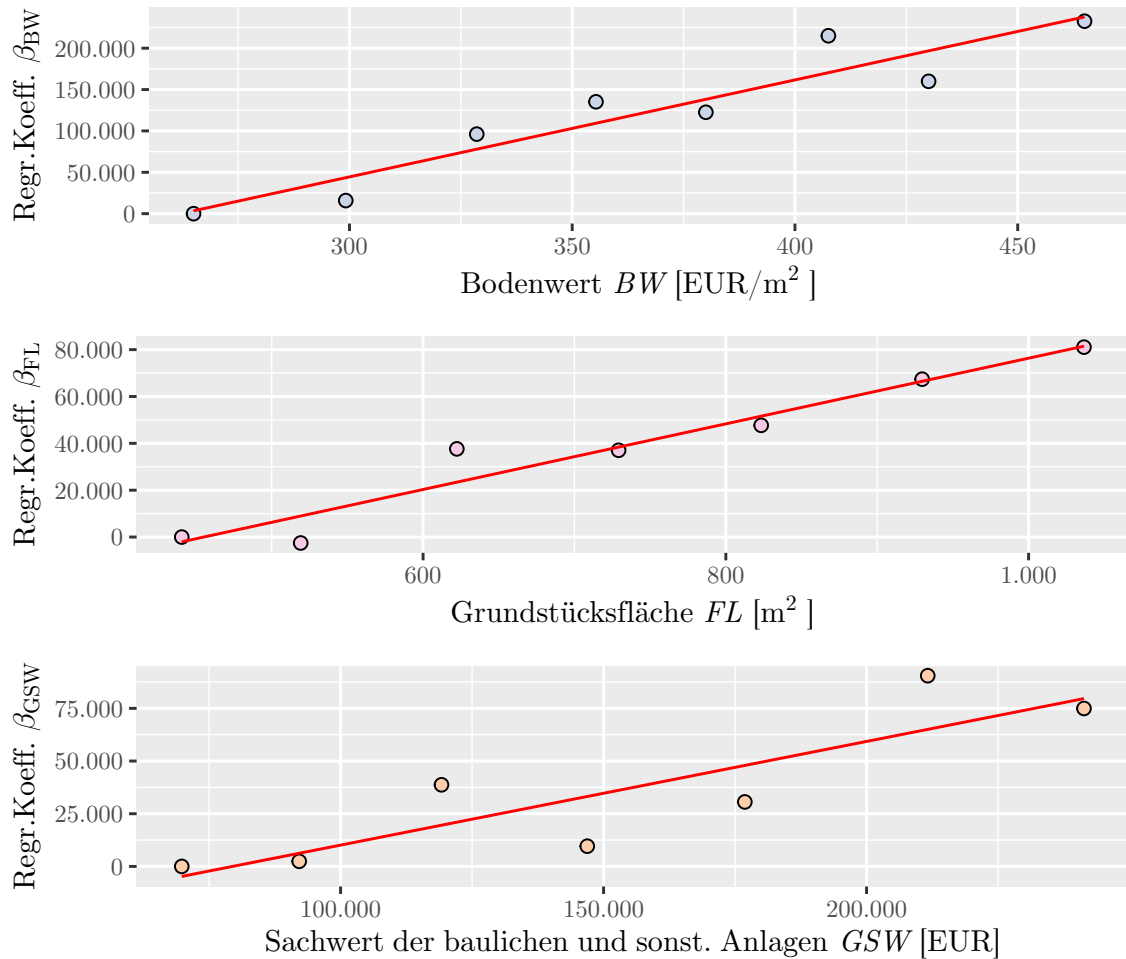
**Tabelle 5.36:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	248.166,507	63.429,556	< 0,001	***
BW [251; 281]	265,000	0,000	–	–	–
BW (281; 311]	299,167	15.848,927	50.138,529	0,753	
BW (311; 340]	328,571	96.145,057	47.532,281	0,046	*
BW (340; 370]	355,333	135.207,886	47.660,219	0,006	**
BW (370; 399]	380,000	122.553,070	48.093,213	0,013	*
BW (399; 429]	407,500	215.009,343	48.189,635	< 0,001	***
BW (429; 459]	430,000	159.931,772	57.581,956	0,007	**
BW (459; 488]	465,000	232.600,311	57.293,264	< 0,001	***
FL [366; 470]	440,583	0,000	–	–	–
FL (470; 575]	519,150	-2.526,432	33.170,481	0,939	
FL (575; 679]	622,296	37.637,734	30.677,943	0,223	
FL (679; 784]	729,156	37.039,910	33.874,829	0,277	
FL (784; 888]	823,333	47.684,152	34.665,894	0,173	
FL (888; 993]	929,667	67.388,560	44.511,274	0,134	
FL (993; 1.097]	1.036,571	81.059,610	41.543,691	0,055	.
GSW [44.947; 74.911]	69.801,750	0,000	–	–	–
GSW (74.911; 104.876]	92.128,632	2.418,668	50.933,716	0,962	
GSW (104.876; 134.840]	119.187,462	38.723,860	48.383,468	0,426	
GSW (134.840; 164.805]	146.902,688	9.599,746	51.969,182	0,854	
GSW (164.805; 194.769]	176.857,611	30.603,212	50.787,255	0,548	
GSW (194.769; 224.733]	211.634,538	90.496,626	51.647,432	0,084	.
GSW (224.733; 254.698]	241.339,143	74.947,308	54.224,503	0,171	
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	-49.822,572	24.063,373	0,042	*
J 2012	2012	30.901,251	25.471,496	0,229	
J 2013	2013	30.993,648	26.698,072	0,249	



**Abbildung 5.24:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißer-elimination

### 5.3.9.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.25:** Freistehende Einfamilienhäuser in Freiburg i. Br.: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.36. Ausreißer lassen sich nicht erkennen.



Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.48 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 1.171,603 \cdot \text{BW} - 307.021,220 \quad \text{mit } R^2 = 0,87, \quad (5.120)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 140,093 \cdot \text{FL} - 63.756,472 \quad \text{mit } R^2 = 0,93, \quad (5.121)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,492 \cdot \text{GSW} - 39.078,919 \quad \text{mit } R^2 = 0,70. \quad (5.122)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich plausibel anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich plausibel aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  kann nur unzureichend anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modelliert werden. Zwar ist ein grundsätzlicher Trend erkennbar, doch streuen die Datenpaare relativ stark um die ausgleichende Funktion. Für eine zuverlässige Modellierung der Trendfunktion ist jedoch entweder eine geringe Streuung der Datenpaare oder das Vorliegen einer größeren Anzahl an Datenpaaren zur Stabilisierung der ausgleichenden Funktion erforderlich. Da beides hier nicht gegeben ist, ist die Unsicherheit in Bezug auf die Modellierung des tatsächlichen Marktverhaltens sehr hoch.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.36 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.120 bis 5.122 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 248.166,507 \quad (5.123)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 1.171,603 \cdot 300 - 307.021,220 = 44.459,665 \quad (5.124)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 140,093 \cdot 550 - 63.756,472 = 13.294,510 \quad (5.125)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 0,492 \cdot 150.000 - 39.078,919 = 34.703,889 \quad (5.126)$$

$$\beta_{J N} = -49.822,572 \quad (5.127)$$

$$\Rightarrow N = 290.801,998 \quad (5.128)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.120 bis 5.122 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.123 bis 5.128 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 1.171,603 \cdot BW - 60.678,886 \quad (5.129)$$

$$KP_{FL} = 140,093 \cdot FL + 213.751,016 \quad (5.130)$$

$$KP_{GSW} = 0,492 \cdot GSW + 217.019,190 \quad (5.131)$$

$$KP_J = \beta_J + 340.624,570 \quad (5.132)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.129 bis 5.132 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -4,029 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 1,209 \quad (5.133)$$

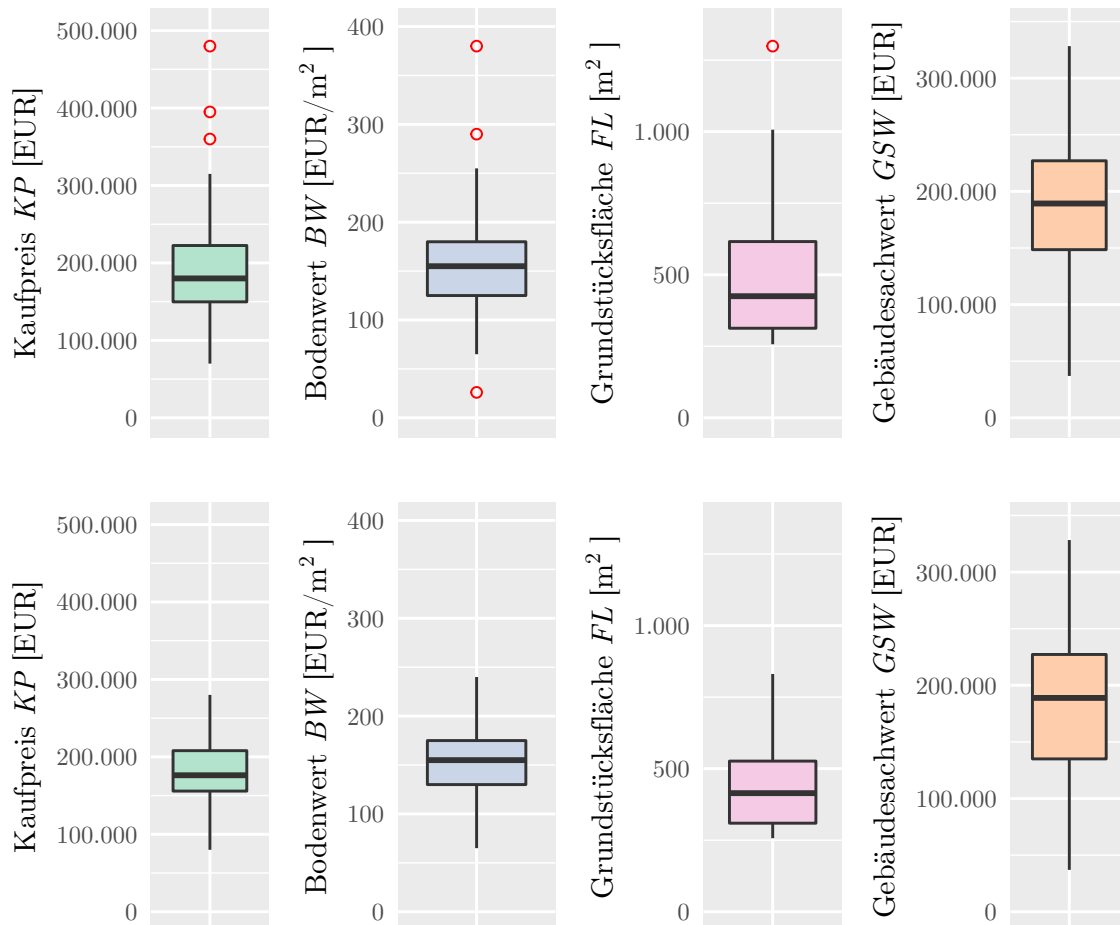
$$k_{FL} = -4,817 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,265 \quad (5.134)$$

$$k_{GSW} = -1,691 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,254 \quad (5.135)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} - 0,171 \quad (5.136)$$

### 5.3.10 Hannover, Doppelhaushälften

#### 5.3.10.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.26:** Doppelhaushälften in Hannover: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in sechs Durchgängen.

**Tabelle 5.37:** Doppelhaushälften in Hannover: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	54	54	54	54
Minimum	80.000	65	257	36.979
Median	176.250	155	414	188.850
arithm. Mittel	180.080	153	444	183.750
Maximum	280.000	240	831	328.307

Die Ausprägungen aller Merkmale nähern sich, teilweise mit leichter Rechts- bzw. Linksschiefe, der Normalverteilung an. Sowohl der Kaufpreis als auch der Bodenwert und die Grundstücksfläche weisen eine leichte Überhöhung auf (vgl. die Plots P.49 und P.50 im Anhang). Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse grundsätzlich als geeignet eingeschätzt. Jedoch wurde durch den zuständigen Gutachterausschuss der Sachwert der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen innerhalb des Teilmarktes der Doppelhaushälften im Modell der NHK 2000 für den Jahrgang 2013 nur noch in 2 Fällen und für 2014 und 2015 nicht mehr ermittelt. Daher können in die folgenden Auswertungen nur die Jahrgänge 2011 und 2012 einfließen. Der verwertbare Datenbestand reduziert sich damit gemäß Tabelle 5.37 auf 54 Datensätze, womit die Klassen nur durch wenige Datensätze repräsentiert werden können.

### 5.3.10.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich vier Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.38. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.51 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.38:** Doppelhaushälften in Hannover: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	5	23,8 EUR/m <sup>2</sup>	6 bis 15
<i>FL</i>	6	114,8 m <sup>2</sup>	4 bis 17
<i>GSW</i>	6	48.816,0 EUR	3 bis 14

### 5.3.10.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.52.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.39.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.40. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.53 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.27.
- Beurteilung: Die Güte des Ergebnisses ist als kritisch zu beurteilen. Eine Signifikanz zur Erklärung der Zielgröße weisen nur sehr wenige Regressoren auf (vgl. Tabelle 5.40). Im Wesentlichen umfasst dies das Grundstücksmerkmal *GSW*. Das adjustierte Bestimmtheitsmaß der Analyse fällt mit 0,49 ausgesprochen niedrig aus. Die Analyseplots zeigen mäßige Defekte (vgl. Abbildung 5.27). So lassen sich ungünstige Systematiken sowohl im Residuals-vs-Fitted-Plot als auch im Scale-Location-Plot und Residuals-vs-Leverage-Plot erkennen. Es ist anzunehmen, dass sich die Zielgröße nur mäßig durch das Regressionsmodell abbilden lässt.

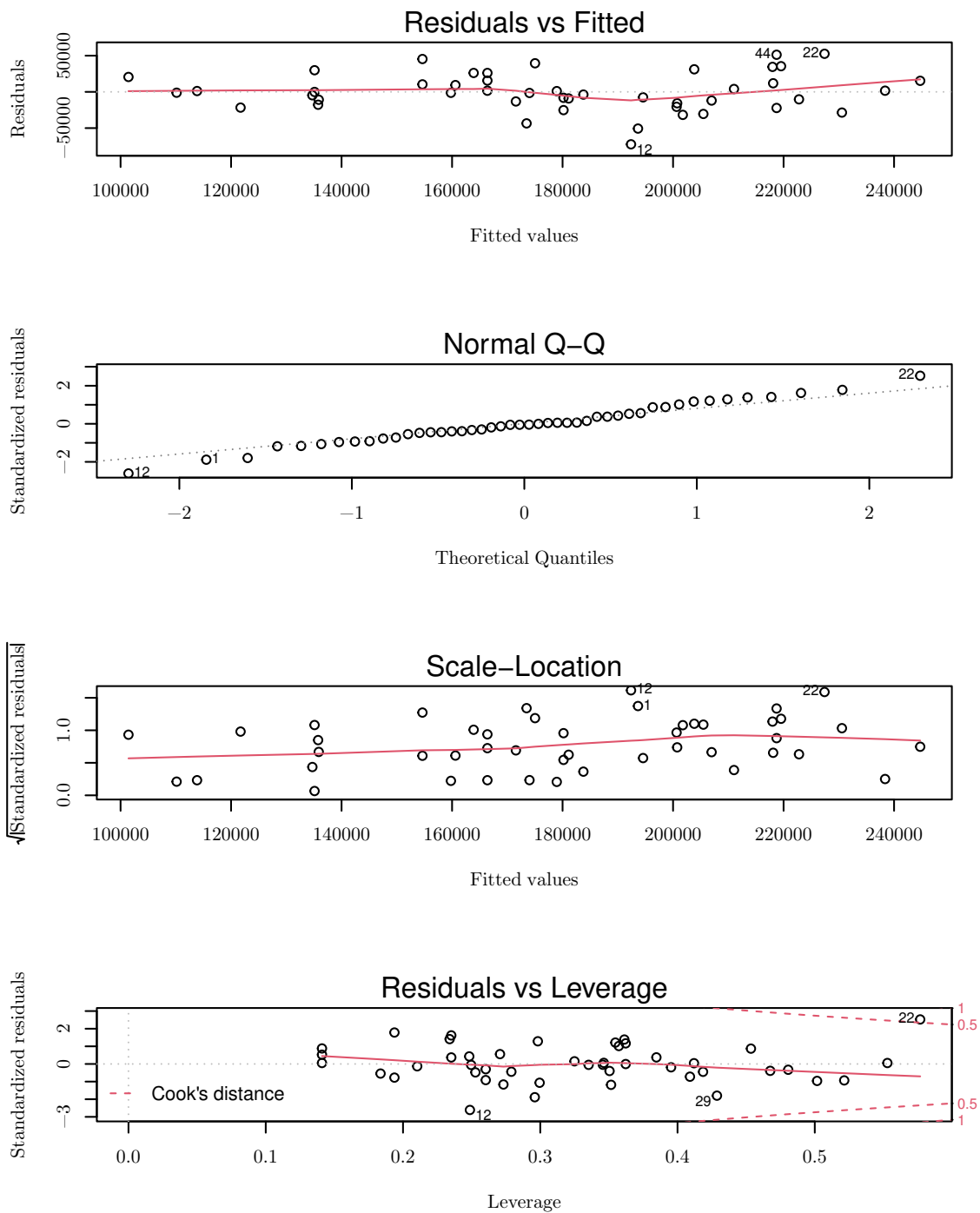
**Tabelle 5.39:** Doppelhaushälften in Hannover: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	48	46
Eliminierte Ausreißer:	–	2
Variablen:	15	14
Freiheitsgrade:	32	31
R <sup>2</sup> :	0,573	0,648
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,372	0,488
Standardabweichung der Residuen:	37.836,258	32.015,920
F-Test		
F:	2,858	4,068
p-Wert:	$61,800 \cdot 10^{-4}$	$5,542 \cdot 10^{-4}$

**Tabelle 5.40:** Doppelhaushälften in Hannover: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

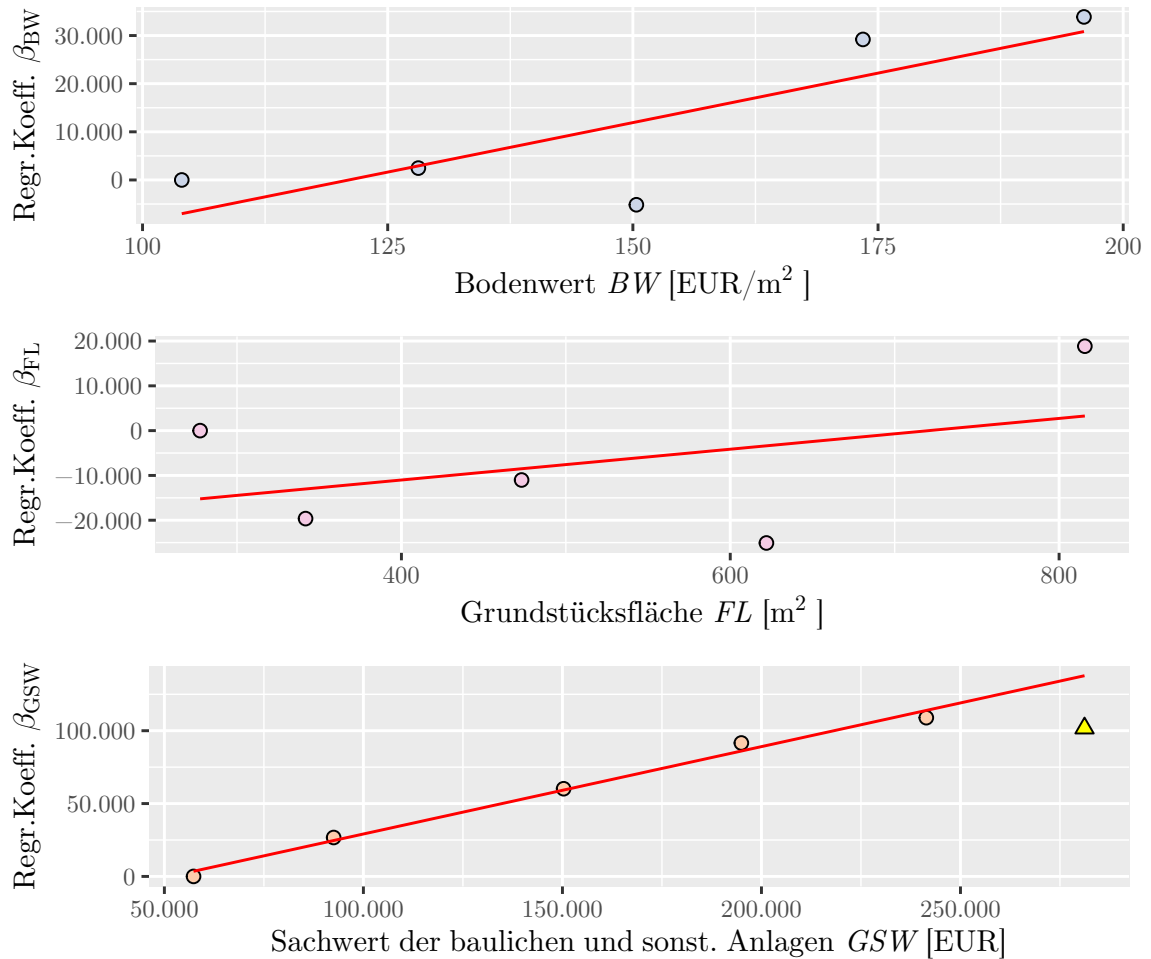
Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	99.616,128	27.959,291	0,001	**
BW [87; 112]	104,000	0,000	–	–	–
BW (112; 137]	128,125	2.461,069	19.032,505	0,898	
BW (137; 162]	150,357	-5.156,103	16.676,403	0,759	
BW (162; 187]	173,462	29.189,016	18.217,550	0,119	
BW (187; 212]	196,000	33.868,230	22.464,186	0,142	
FL [180; 299]	277,556	0,000	–	–	–
FL (299; 419]	341,688	-19.638,820	15.349,829	0,210	
FL (419; 539]	473,091	-11.019,446	16.460,861	0,508	
FL (539; 658]	622,000	-25.078,564	18.131,915	0,177	
FL (778; 898]	815,667	18.847,362	22.448,792	0,408	
GSW [24.517; 73.552]	57.326,592	0,000	–	–	–
GSW (73.552; 122.587]	92.526,742	26.706,021	24.311,170	0,280	
GSW (122.587; 171.622]	150.296,854	60.177,835	22.819,355	0,013	*
GSW (171.622; 220.657]	194.951,766	91.576,527	22.268,436	< 0,001	***
GSW (220.657; 269.692]	241.420,225	108.948,895	22.557,022	< 0,001	***
GSW (269.692; 318.727]	281.169,663	101.758,105	25.366,766	< 0,001	***
J 2011	2011	0,000	–	–	–
J 2012	2012	17.993,652	11.827,849	0,138	





**Abbildung 5.27:** Doppelhaushälften in Hannover: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.10.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.28:** Doppelhaushälften in Hannover: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.40. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.54 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 411,308 \cdot \text{BW} - 49.783,622 \quad \text{mit } R^2 = 0,58, \quad (5.137)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 34,368 \cdot \text{FL} - 24.768,229 \quad \text{mit } R^2 = -0,09, \quad (5.138)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,600 \cdot \text{GSW} - 30.862,404 \quad \text{mit } R^2 = 0,99. \quad (5.139)$$

Hinweis zu Gleichung 5.138: Das adjustierte Bestimmtheitsmaß  $R^2$  für die Funktion  $\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL})$  zeigt sich negativ. Dies ist damit begründet, dass das adjustierte Bestimmtheitsmaß dem unbereinigten Bestimmtheitsmaß gegenüber mit einem von der Anzahl der erklärenden Variablen und der Anzahl der Beobachtungen abhängigen absoluten Abschlag nach unten korrigiert wird. Da das unbereinigte Bestimmtheitsmaß bereits sehr gering ausfällt (0,18), verschiebt dieser Abschlag das adjustierte Bestimmtheitsmaß in den negativen Wertebereich.

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich nur mäßig anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Eine Abhängigkeit lässt sich zwar erahnen, die Streuung der Datenpunkte fällt jedoch ungünstig aus.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich nicht zuverlässig aus  $\text{FL}$  ableiten. Es kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob eine Abhängigkeit zwischen  $\beta_{\text{FL}}$  und  $\text{FL}$  besteht.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich unter Ausschluss eines Ausreißers gut anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Ein linearer Zusammenhang ist offensichtlich.

Insgesamt fällt das Ergebnis sehr mäßig aus. Es kann an dieser Stelle keine Aussage darüber getroffen werden, ob dieser Umstand der sehr schwachen Datenlage (vgl. die Anzahl der verwertbaren Datensätze gemäß Tabelle 5.39) geschuldet ist oder ob die Eigenarten des Immobilienmarktes in Hannover nicht ausreichend durch das hier entwickelte Modell repräsentiert werden.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.40 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.137 bis 5.139 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\beta_0 = 99.616,128 \quad (5.140)$$

$$\bar{\beta}_{BW N} = 411,308 \cdot 300 - 49.783,622 = 73.608,726 \quad (5.141)$$

$$\bar{\beta}_{FL N} = 34,368 \cdot 550 - 24.768,229 = -5.865,695 \quad (5.142)$$

$$\bar{\beta}_{GSW N} = 0,600 \cdot 150.000 - 30.862,404 = 59.098,492 \quad (5.143)$$

$$\beta_{J N} = 0,000 \quad (5.144)$$

$$\Rightarrow N = 226.457,650 \quad (5.145)$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.137 bis 5.139 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.140 bis 5.145 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 411,308 \cdot BW + 103.065,302 \quad (5.146)$$

$$KP_{FL} = 34,368 \cdot FL + 207.555,117 \quad (5.147)$$

$$KP_{GSW} = 0,600 \cdot GSW + 136.496,755 \quad (5.148)$$

$$KP_J = \beta_J + 226.457,650 \quad (5.149)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.146 bis 5.149 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -1,816 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,545 \quad (5.150)$$

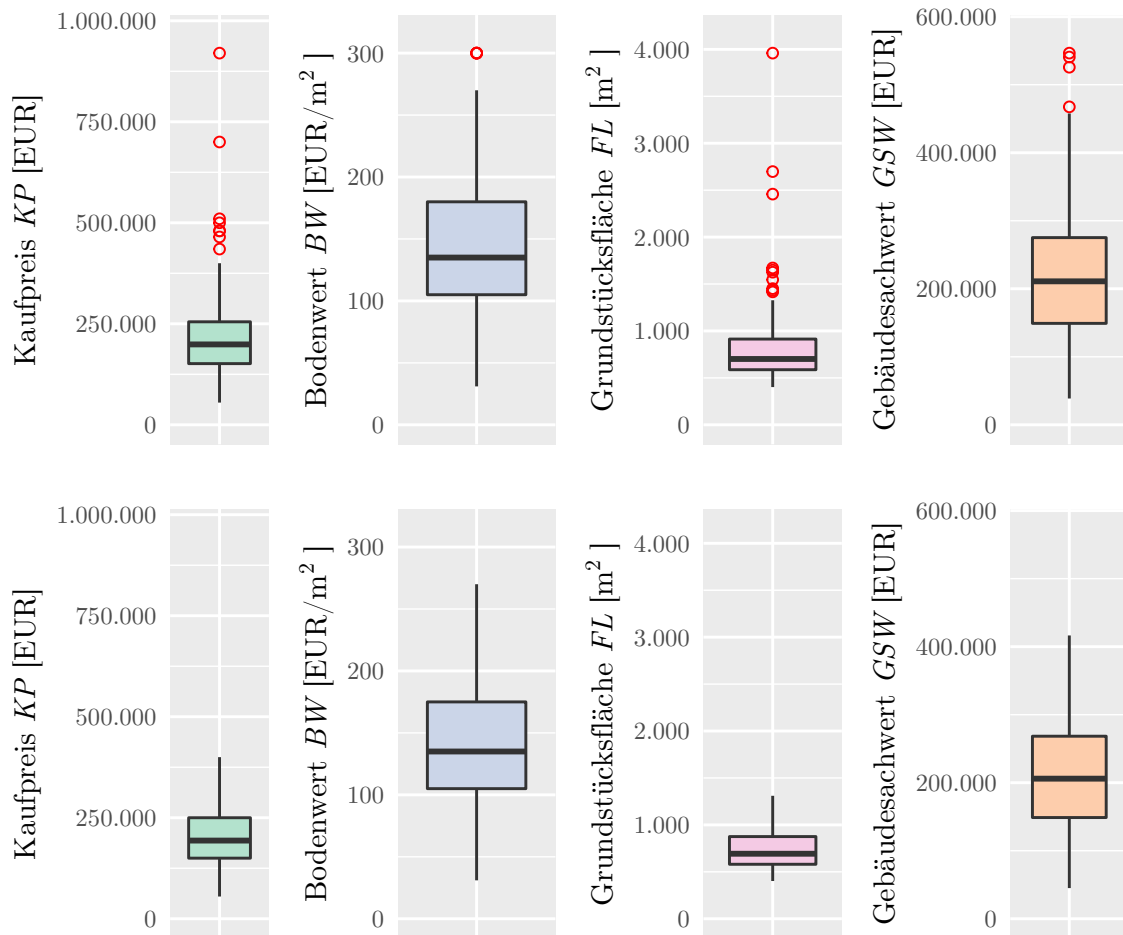
$$k_{FL} = -1,518 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,083 \quad (5.151)$$

$$k_{GSW} = -2,648 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,397 \quad (5.152)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,000 \quad (5.153)$$

### 5.3.11 Hannover, Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.11.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.29:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in zwei Durchgängen.

**Tabelle 5.41:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	238	238	238	238
Minimum	55.000	31	402	45.081
Median	193.500	135	692	205.964
arithm. Mittel	203.093	144	744	210.472
Maximum	400.000	270	1.310	416.465

Sämtliche Merkmalsausprägungen nähern sich gut der Normalverteilung an (vgl. die Plots P.55 und P.56 im Anhang). Im Ergebnis wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt. Jedoch ist anzumerken, dass durch den zuständigen Gutachterausschuss der Sachwert der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen innerhalb des Teilmarktes der Freistehenden Einfamilienhäuser im Modell der NHK 2000 für den Jahrgang 2013 nur noch in einem Fall und für 2014 und 2015 nicht mehr ermittelt wurden. Daher können in die folgenden Auswertungen nur die Jahrgänge 2011 und 2012 einfließen. Der verwertbare Datenbestand reduziert sich damit erheblich.

### 5.3.11.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich drei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.42. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.57 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.42:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	9	22,6 EUR/m <sup>2</sup>	7 bis 45
<i>FL</i>	11	95,2 m <sup>2</sup>	3 bis 47
<i>GSW</i>	11	38.589,8 EUR	4 bis 44

### 5.3.11.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.58.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.43.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.44. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.59 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.30.
- Beurteilung: Die Signifikanz der Grundstücksmerkmale fällt deutlich höher aus als für den Teilmarkt der Doppelhaushälften in Hannover (vgl. Abschnitt 5.3.10). Dennoch scheint auch hier die Grundstücksfläche nur bedingt zur Erklärung der Zielgröße beizutragen. Interessant ist, dass die niedrigeren Ausprägungen der Merkmale *BW* und *GSW* nur eine geringe Signifikanz innerhalb des Regressionsmodells aufweisen. Möglicherweise kann hieraus der Schluss gezogen werden, dass im Segment der preisgünstigen Grundstücke (niedriger Bodenwert und/oder einfache bzw. veraltete Bausubstanz) andere Mechanismen der Preisbildung greifen. Anhand der vorliegenden Daten kann dies jedoch nicht untersucht werden. Es muss daher bei der Äußerung des Verdachts bleiben. Die Analyseplots zeigen dagegen keine wesentlichen Defekte. Es kann daher geschlossen werden, dass das Regressionsmodell mit Einschränkungen geeignet ist, den regionalen Markt zu beschreiben.

**Tabelle 5.43:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

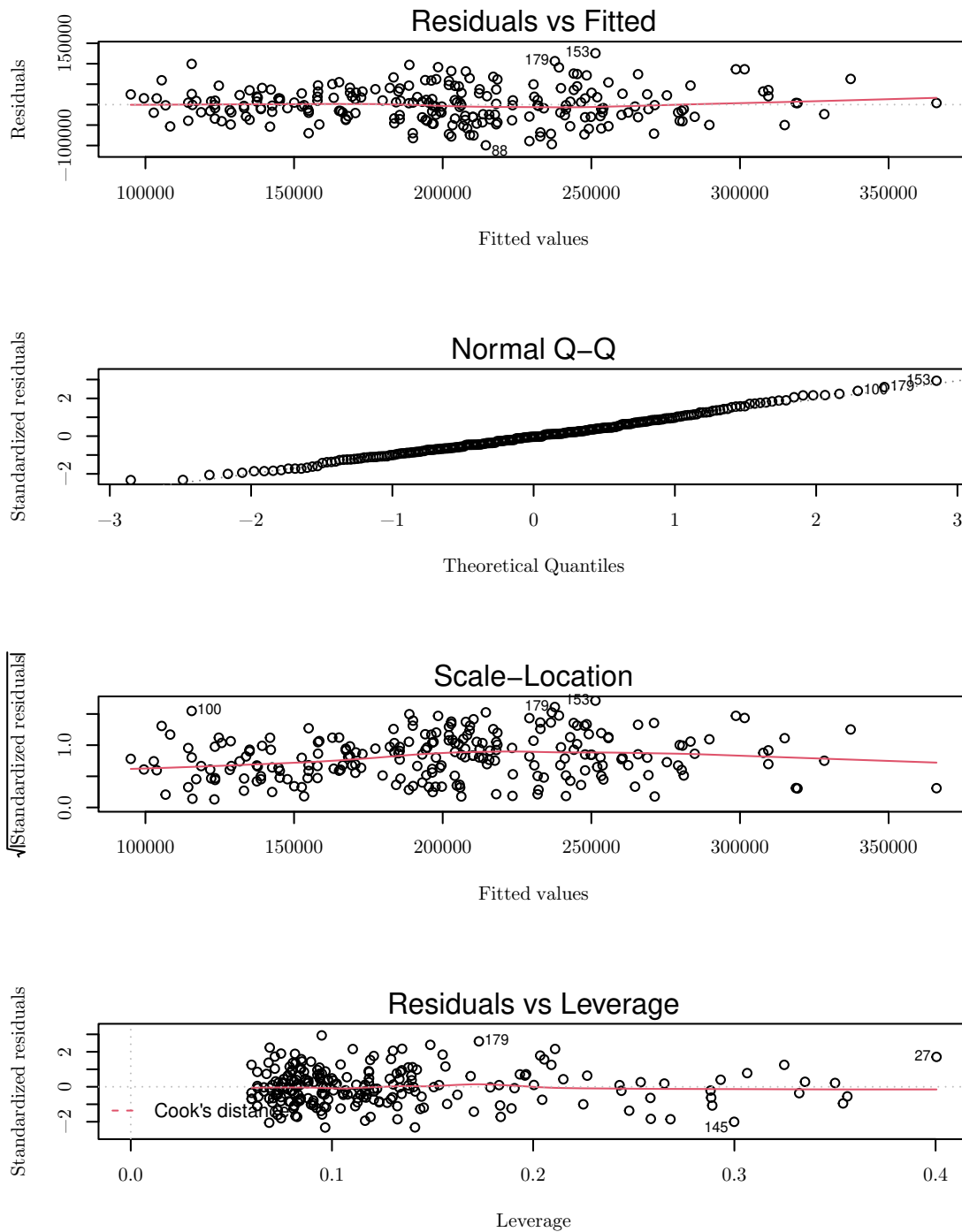
	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	234	230
Eliminierte Ausreißer:	–	4
Variablen:	29	28
Freiheitsgrade:	204	201
R <sup>2</sup> :	0,609	0,616
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,553	0,562
Standardabweichung der Residuen:	46.004,020	44.949.721
F-Test		
F:	10.960	11,498
p-Wert:	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$	$< 2,22 \cdot 10^{-16}$



**Tabelle 5.44:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

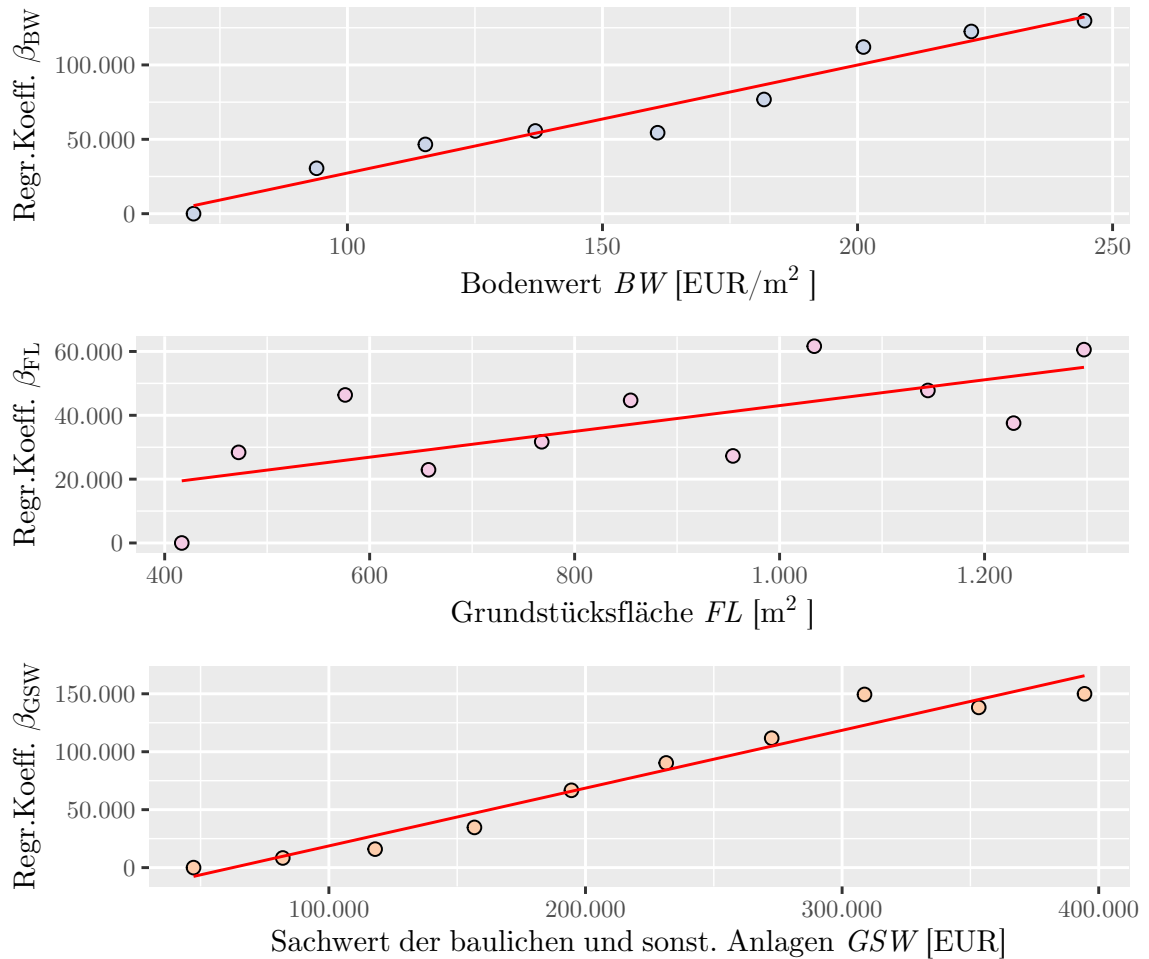
Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	28.956,756	40.861,404	0,479	
BW [57; 80]	69,833	0,000	–	–	–
BW (80; 103]	93,953	30.522,638	22.218,267	0,171	
BW (103; 125]	115,278	46.581,265	21.637,908	0,033	*
BW (125; 148]	136,833	55.618,785	22.657,558	0,015	*
BW (148; 171]	160,811	54.429,196	22.700,458	0,017	*
BW (171; 194]	181,667	76.781,845	23.356,100	0,001	**
BW (194; 216]	201,154	112.041,091	25.160,922	< 0,001	***
BW (216; 239]	222,308	122.500,208	24.800,609	< 0,001	***
BW (239; 262]	244,500	129.729,331	26.598,517	< 0,001	***
FL [332; 427]	416,667	0,000	–	–	–
FL (427; 521]	472,121	28.389,481	20.814,758	0,174	
FL (521; 616]	576,108	46.378,041	20.970,906	0,028	*
FL (616; 711]	657,426	22.924,688	20.503,240	0,265	
FL (711; 806]	767,906	31.703,336	20.866,203	0,130	
FL (806; 901]	854,654	44.688,614	21.836,649	0,042	*
FL (901; 995]	954,471	27.270,463	22.597,787	0,229	
FL (995; 1.090]	1.033,818	61.645,980	23.967,843	0,011	*
FL (1.090; 1.185]	1.144,727	47.783,917	24.106,037	0,049	*
FL (1.185; 1.280]	1.228,333	37.548,364	29.383,892	0,203	
FL (1.280; 1.375]	1.297,000	60.570,860	30.856,574	0,051	.

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Fortsetzung					
GSW [19.504; 58.512]	47.267,135	0,000	–	–	–
GSW (58.512; 97.520]	82.042,390	8.315,792	29.485,184	0,778	
GSW (97.520; 136.529]	118.024,157	15.937,902	27.015,071	0,556	
GSW (136.529; 175.537]	156.729,838	34.683,046	26.790,600	0,197	
GSW (175.537; 214.545]	194.530,546	66.697,509	25.932,179	0,011	*
GSW (214.545; 253.553]	231.453,701	90.326,256	26.508,407	< 0,001	***
GSW (253.553; 292.561]	272.563,881	111.705,483	26.326,536	< 0,001	***
GSW (292.561; 331.570]	308.742,846	149.441,515	28.279,587	< 0,001	***
GSW (331.570; 370.578]	353.248,315	138.255,917	29.735,904	< 0,001	***
GSW (370.578; 409.586]	394.480,337	149.961,829	32.386,278	< 0,001	***
J 2011	2011	0,000	–	–	–
J 2012	2012	11.602,897	6.796,418	0,089	.



**Abbildung 5.30:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.11.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.31:** Freistehende Einfamilienhäuser in Hannover: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.44. Ausreißer lassen sich nicht identifizieren.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.60 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 726,368 \cdot \text{BW} - 45.315,743 \quad \text{mit } R^2 = 0,95, \quad (5.154)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 40,410 \cdot \text{FL} + 2.628,931 \quad \text{mit } R^2 = 0,41, \quad (5.155)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 0,499 \cdot \text{GSW} - 31.177,971 \quad \text{mit } R^2 = 0,95. \quad (5.156)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich plausibel anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander, wenngleich die Datenpaare leicht um die ausgleichende Trendfunktion schwingen.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich aus der Grundstücksfläche  $\text{FL}$  ableiten. Auch wenn die Streuung der Datenpunkte um die ausgleichende Trendfunktion groß ausfällt, so erfolgt sie dennoch recht gleichmäßig. In Verbindung mit der relativ hohen Anzahl an Datenpaaren über eine größere Datenspanne lässt sich daher die Abhängigkeit beider Größen voneinander dennoch mit einiger Sicherheit modellieren.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{GSW}}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $\text{GSW}$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander, wenngleich die Datenpunkte leicht um die ausgleichende Trendfunktion schwingen.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.44 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.154 bis 5.156 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 28.956,756 & (5.157) \\ \bar{\beta}_{BW N} = 726,368 \cdot 300 - 45.315,743 &= 172.594,768 & (5.158) \\ \bar{\beta}_{FL N} = 40,410 \cdot 550 + 2.628,931 &= 24.854,486 & (5.159) \\ \bar{\beta}_{GSW N} = 0,499 \cdot 150.000 - 31.177,971 &= 43.652,748 & (5.160) \\ \beta_{J N} &= 0,000 & (5.161) \\ \Rightarrow N &= 270.058,758 & (5.162) \end{aligned}$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.154 bis 5.156 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.157 bis 5.162 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 726,368 \cdot BW + 52.148,247 \quad (5.163)$$

$$KP_{FL} = 40,410 \cdot FL + 247.833,203 \quad (5.164)$$

$$KP_{GSW} = 0,499 \cdot GSW + 195.228,039 \quad (5.165)$$

$$KP_J = \beta_J + 270.058,758 \quad (5.166)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.163 bis 5.166 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,690 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,807 \quad (5.167)$$

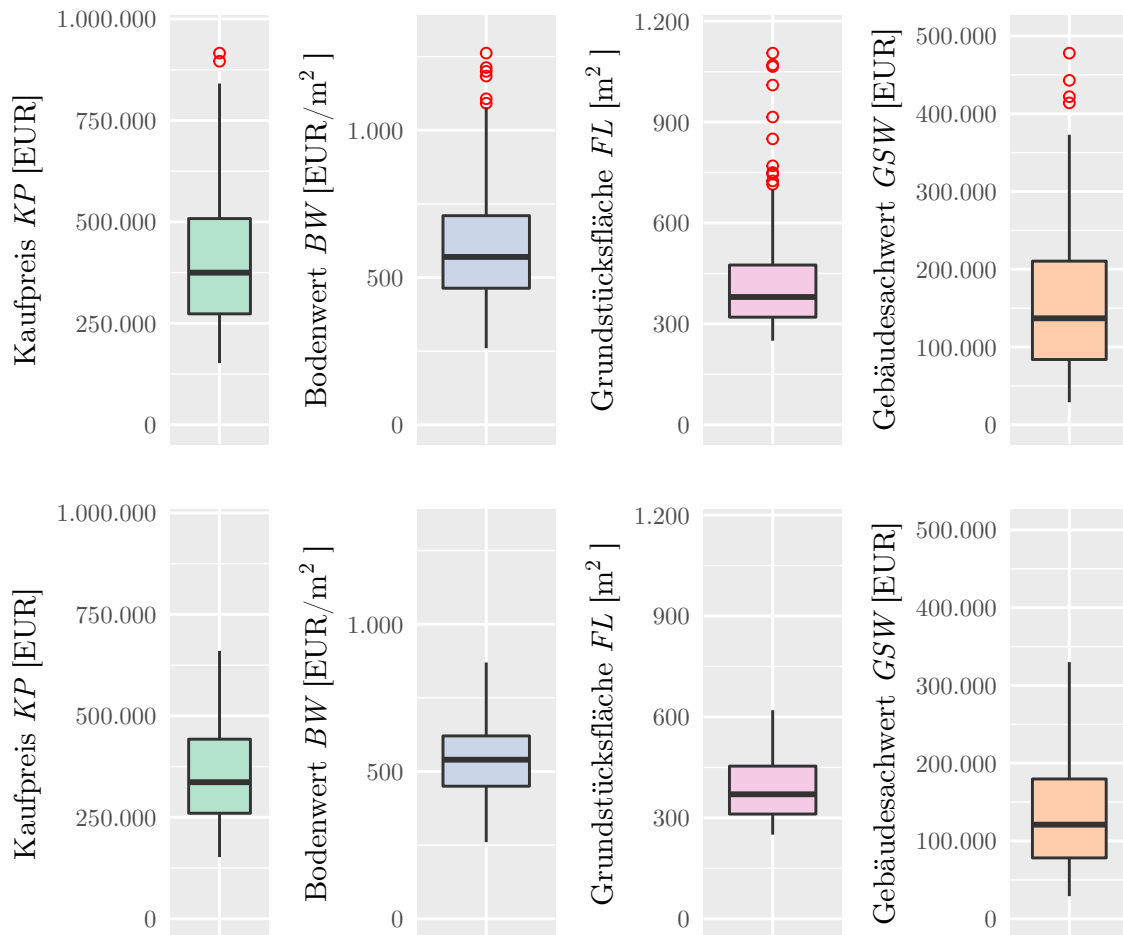
$$k_{FL} = -1,496 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,082 \quad (5.168)$$

$$k_{GSW} = -1,847 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,277 \quad (5.169)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,000 \quad (5.170)$$

### 5.3.12 Stuttgart, Doppelhaushälften

#### 5.3.12.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.32:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in sechs Durchgängen.

**Tabelle 5.45:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	170	170	170	170
Minimum	152.000	260	250	29.000
Median	336.500	540	370	121.000
arithm. Mittel	353.218	548	389	133.747
Maximum	660.000	870	620	330.000

Sämtliche Merkmalsausprägungen nähern sich gut der Normalverteilung an, wobei die Merkmale *FL* und *GSW* eine leichte Rechtsschiefe und Überhöhung aufweisen (vgl. die Plots P.61 und P.62 im Anhang). Da diese Tendenzen gering sind, wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.12.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich zwei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.46. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.63 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.46:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	9	61,6 EUR/m <sup>2</sup>	4 bis 32
<i>FL</i>	8	51,4 m <sup>2</sup>	7 bis 42
<i>GSW</i>	9	36.644,9 EUR	3 bis 40



### 5.3.12.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

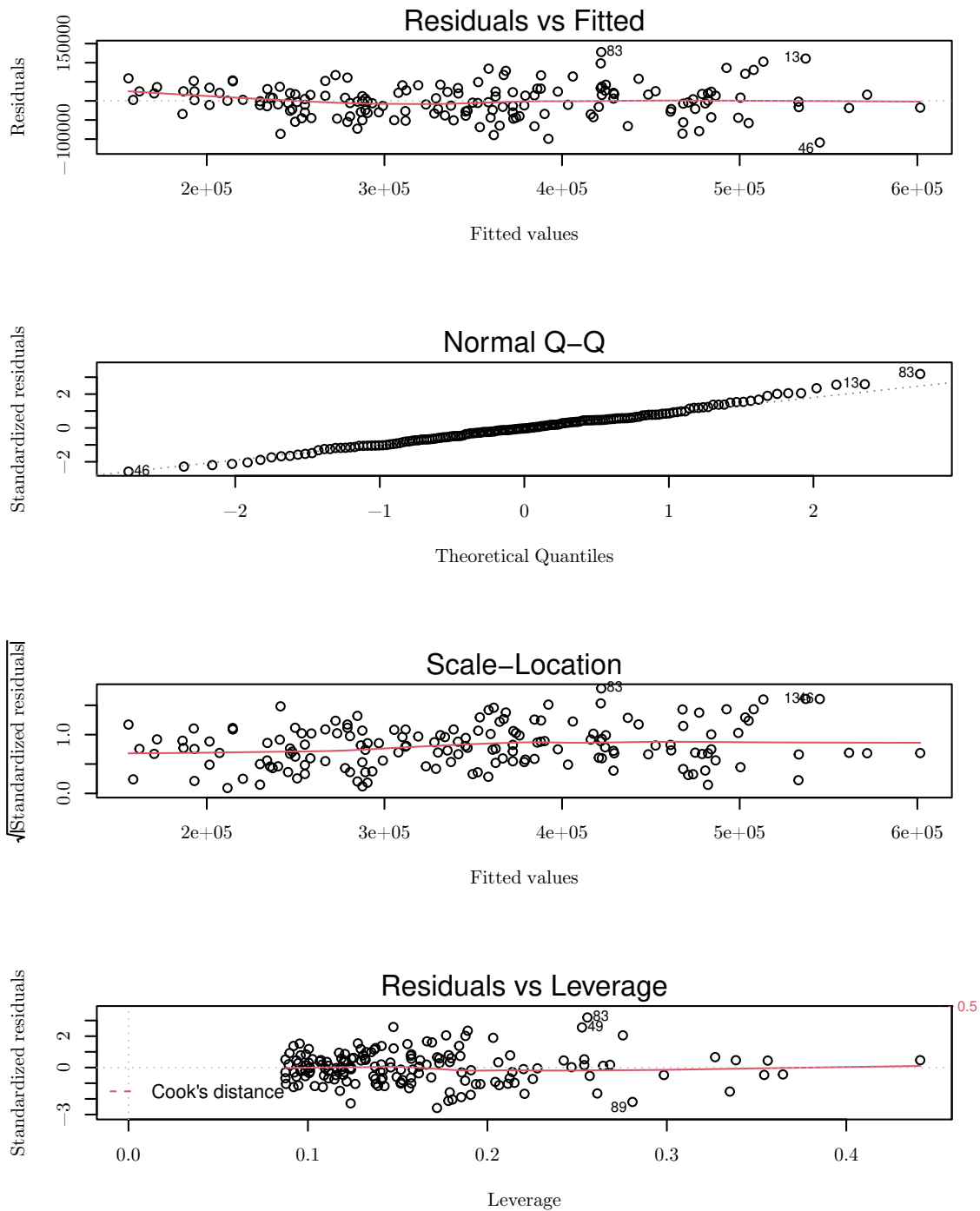
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.64.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.47.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.48. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.65 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.33.
- Beurteilung: Die Regressoren weisen fast ausnahmslos eine hohe Signifikanz zur Erklärung der Zielgröße auf (vgl. Tabelle 5.48). Die Analyseplots (vgl. Abbildung 5.33) zeigen keine wesentlichen Defekte. Das Regressionsmodell scheint somit sehr gut geeignet, den regionalen Markt abzubilden.

**Tabelle 5.47:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	167	162
Eliminierte Ausreißer:	–	5
Variablen:	26	25
Freiheitsgrade:	140	136
R <sup>2</sup> :	0,854	0,848
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,827	0,820
Standardabweichung der Residuen:	48.573,038	46.449,457
F-Test		
F:	31,570	30,342
p-Wert:	< 2, 22 · 10 <sup>-16</sup>	< 2, 22 · 10 <sup>-16</sup>

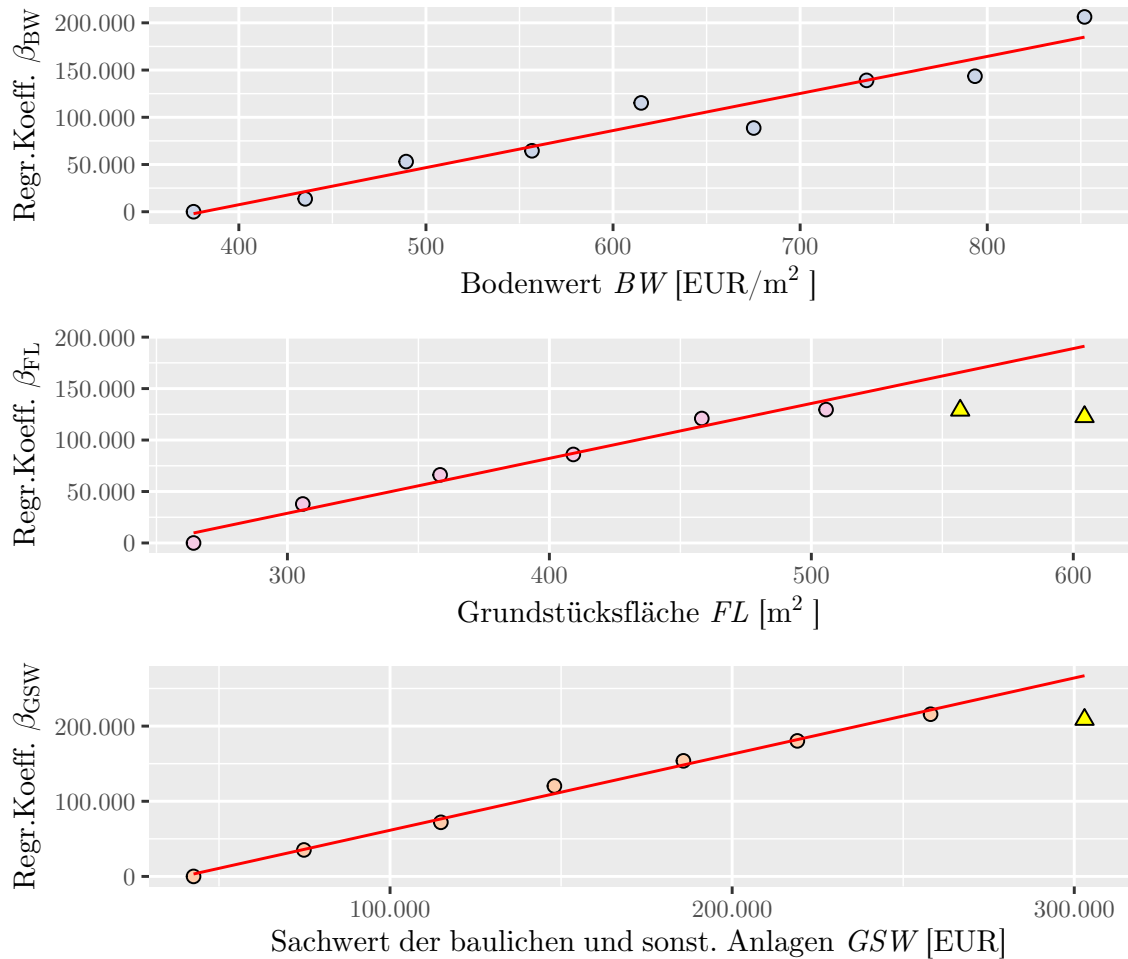
**Tabelle 5.48:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	120.678,794	19.228,365	< 0,001	***
BW [339; 401]	375,786	0,000	–	–	–
BW (401; 462]	435,452	13.624,121	16.080,499	0,398	
BW (462; 524]	489,406	53.073,464	15.647,080	< 0,001	***
BW (524; 586]	556,667	64.515,770	16.089,515	< 0,001	***
BW (586; 647]	615,042	115.211,324	16.665,924	< 0,001	***
BW (647; 709]	675,167	88.630,975	19.690,768	< 0,001	***
BW (709; 771]	735,500	139.073,343	22.610,038	< 0,001	***
BW (771; 832]	793,429	143.479,552	24.608,573	< 0,001	***
BW (832; 894]	852,000	206.252,399	27.603,285	< 0,001	***
FL [230; 281]	264,167	0,000	–	–	–
FL (281; 332]	305,862	37.887,158	13.749,385	0,007	**
FL (332; 384]	358,289	66.189,949	13.268,692	< 0,001	***
FL (384; 435]	409,130	86.019,706	14.506,255	< 0,001	***
FL (435; 486]	458,182	120.924,441	15.219,699	< 0,001	***
FL (486; 537]	505,625	129.575,511	20.134,204	< 0,001	***
FL (537; 588]	556,818	128.868,093	17.408,051	< 0,001	***
FL (588; 639]	604,286	122.612,036	21.421,444	< 0,001	***
GSW [18.635; 55.904]	42.562,500	0,000	–	–	–
GSW (55.904; 93.173]	74.829,268	35.229,226	14.733,868	0,018	*
GSW (93.173; 130.442]	114.861,111	71.991,375	15.257,162	< 0,001	***
GSW (130.442; 167.711]	148.041,667	120.323,236	16.620,694	< 0,001	***
GSW (167.711; 204.980]	185.750,000	153.756,736	17.947,540	< 0,001	***
GSW (204.980; 242.249]	219.055,556	180.323,203	17.789,997	< 0,001	***
GSW (242.249; 279.518]	258.000,000	215.808,445	22.199,577	< 0,001	***
GSW (279.518; 316.787]	303.000,000	208.724,379	28.235,293	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	-1.790,771	10.405,190	0,864	
J 2012	2012	-7.448,194	10.929,114	0,497	
J 2013	2013	-5.753,948	11.965,836	0,631	



**Abbildung 5.33:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.12.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.34:** Doppelhaushälften in Stuttgart: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.48. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und adjustierten Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.66 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{\text{BW}} = f(\text{BW}) = 392,510 \cdot \text{BW} - 149.568,063 \quad \text{mit } R^2 = 0,93, \quad (5.171)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL}} = g(\text{FL}) = 533,407 \cdot \text{FL} - 131.151,395 \quad \text{mit } R^2 = 0,97, \quad (5.172)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW}} = u(\text{GSW}) = 1,013 \cdot \text{GSW} - 39.904,099 \quad \text{mit } R^2 = 0,99. \quad (5.173)$$

Es zeigen sich die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{BW}}$  lässt sich plausibel anhand des Bodenwertes  $\text{BW}$  modellieren. Offensichtlich besteht ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Größen.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{\text{FL}}$  lässt sich bis zu einem Wertebereich von  $\text{FL}$  bis etwa  $500 \text{ m}^2$  plausibel anhand der Fläche  $\text{FL}$  modellieren. Innerhalb dieses Wertebereichs ist ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Größen offensichtlich. Die beiden folgenden Datenpunkte ( $\text{FL} = 556,818 \text{ m}^2 \mid \beta_{\text{FL}} = 128.868,093$ ) und ( $\text{FL} = 604,286 \text{ m}^2 \mid \beta_{\text{FL}} = 122.612,036$ ) durchbrechen dieses Schema jedoch. Augenscheinlich nimmt innerhalb dieses Wertebereichs  $\beta_{\text{FL}}$  bei wachsendem  $\text{FL}$  nicht mehr zu, sondern bleibt weitestgehend konstant. Problematisch ist nun aber, dass mit den beiden genannten Datenpaaren die Datenlage zu dünn ist, als dass sich hieraus eine zuverlässige Aussage ableiten ließe. Es kann nicht entschieden werden, ob es sich bei diesen beiden Datenpaaren um Ausreißer handelt, welche zufällig ein ähnliches Niveau für  $\beta_{\text{FL}}$  vorgeben oder ob die beiden Datenpaare den Markt in Stuttgart realitätskonform abbilden, der Einfluss der Fläche auf die Preisbildung also ab einer gewissen Größe tatsächlich stagniert. Gegen eine reine Zufälligkeit spricht die Systematik der beiden genannten Datenpunkte – insbesondere wenn diese auch im Zusammenhang mit dem vorhergehenden Datenpunkt gedeutet wird. Darüber hinaus spricht auch die zwar nicht hohe, aber auch durchaus nicht außergewöhnlich niedrige Anzahl der auf die beiden Klassen entfallenden Datensätze gegen eine reine Zufälligkeit (11 und 7 Datensätze). Auf der anderen Seite ist aber die sich aus der mathematischen Auswertung ergebende Schlussfolgerung inhaltlich wenig nachvollziehbar. Warum sollten Grundstücke mit Größen von  $500 \text{ m}^2$  und  $600 \text{ m}^2$  bei ansonsten identischen Merkmalen zum selben Preis veräußert werden? Insbesondere in hochpreisigen Regionen dürfte dies sehr unwahrscheinlich sein. Da an den vorliegenden Daten keine Besonderheiten der Grundstücke jenseits von  $500 \text{ m}^2$  ausgemacht werden können (über- oder unterdurchschnittliches Bodenwertniveau oder Gebäudesachwertniveau), kann eine zuverlässige Lösung des Problems nicht geliefert werden. Stattdessen kann nur vermutet werden, dass mit den größeren Grundstücken ein Teilmarkt berührt wird, welcher zusätzlichen preisbeeinflussenden Faktoren unterliegt. Da mit einer Durchmischung

verschiedener Teilmärkte auch immer die Gefahr der Verschleierung der gesuchten Zusammenhänge einhergeht, soll an dieser Stelle eine Einschränkung des Datenrahmens, welche über die Teilmarktdefinition gemäß Schritt 1 hinausgeht, vorgenommen werden. Es sollen für die weiteren Untersuchungen nur noch Grundstücke mit einer Größe von bis zu 506 m<sup>2</sup> (Mittel der drittletzten Klasse) betrachtet werden. Innerhalb dieses Datenrahmens ergibt sich damit eine lineare Abhängigkeit zwischen  $FL$  und  $\beta_{FL}$ .

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{GSW}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $GSW$  modellieren. Unter Ausschluss eines augenscheinlichen Ausreißers ergibt sich mit hoher Präzision ein linearer Zusammenhang.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.48 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BW N}$ ,  $\bar{\beta}_{FL N}$  und  $\bar{\beta}_{GSW N}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.171 bis 5.173 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 120.678,794 & (5.174) \\ \bar{\beta}_{BW N} = 392,510 \cdot 400 - 149.568,063 &= -31.814,915 & (5.175) \\ \bar{\beta}_{FL N} = 533,407 \cdot 500 - 131.151,395 &= 162.222,302 & (5.176) \\ \bar{\beta}_{GSW N} = 1,013 \cdot 210.000 - 39.904,099 &= 112.060,355 & (5.177) \\ \beta_{J N} &= -1.790,771 & (5.178) \\ \Rightarrow N &= 361.355,765 & (5.179) \end{aligned}$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.171 bis 5.173 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.174 bis 5.179 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 392,510 \cdot BW + 243.602,618 \quad (5.180)$$

$$KP_{FL} = 533,407 \cdot FL + 67.982,068 \quad (5.181)$$

$$KP_{GSW} = 1,013 \cdot GSW + 209.391,312 \quad (5.182)$$

$$KP_J = \beta_J + 363.146,536 \quad (5.183)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.180 bis 5.183 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -1,086 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,326 \quad (5.184)$$

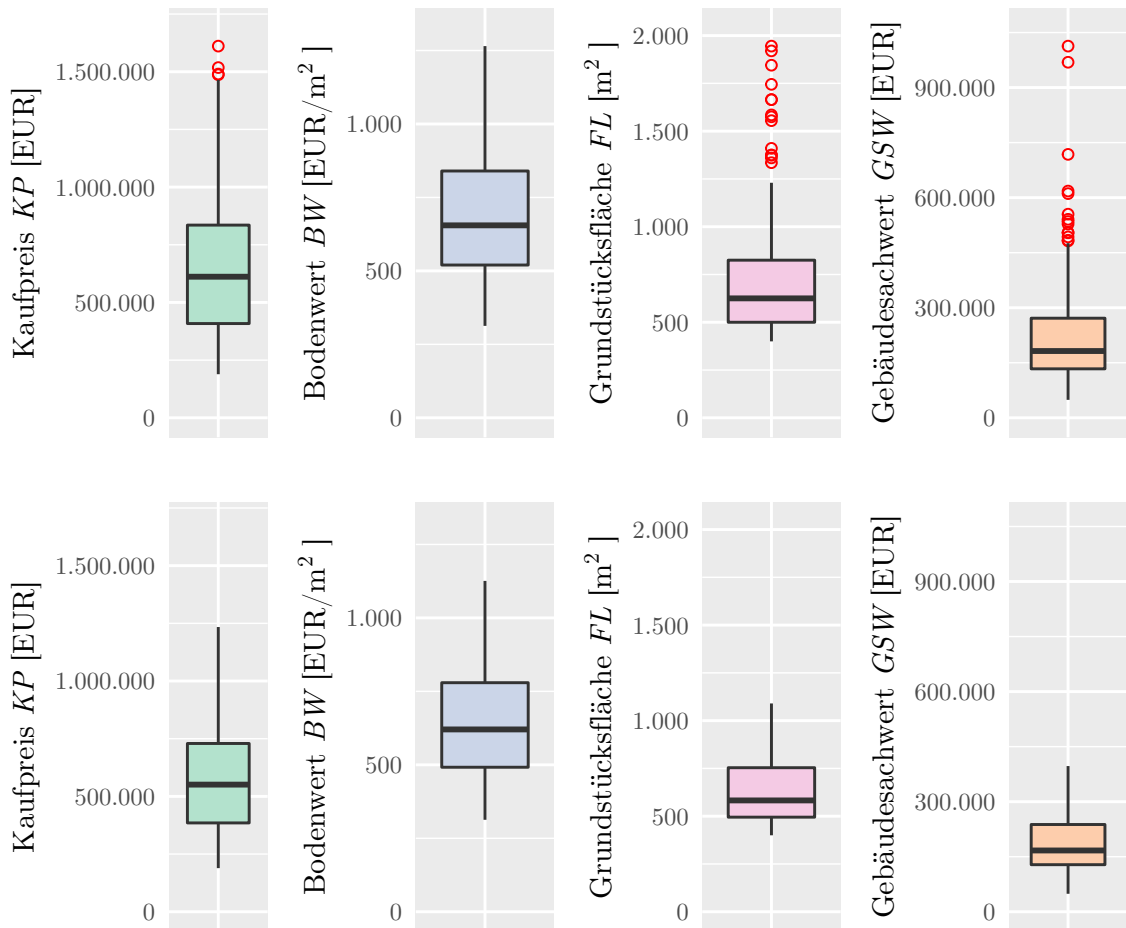
$$k_{FL} = -14,761 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,812 \quad (5.185)$$

$$k_{GSW} = -2,804 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,421 \quad (5.186)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} - 0,005 \quad (5.187)$$

### 5.3.13 Stuttgart, Freistehende Einfamilienhäuser

#### 5.3.13.1 Schritt 1: Teilmarktdefinition



**Abbildung 5.35:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Teilmarktdefinition. Dargestellt sind die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung durch Elimination der Extremwerte in fünf Durchgängen.



**Tabelle 5.49:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Teilmarktdefinition

	<i>KP</i> [EUR]	<i>BW</i> [EUR/m <sup>2</sup> ]	<i>FL</i> [m <sup>2</sup> ]	<i>GSW</i> [EUR]
Anzahl	178	178	178	178
Minimum	189.000	313	400	49.000
Median	551.000	620	582	167.000
arithm. Mittel	574.781	648	627	183.635
Maximum	1.234.000	1.126	1.090	397.000

Sämtliche Merkmalsausprägungen nähern sich brauchbar der Normalverteilung an, wobei jedoch die Verteilungen der Merkmale *FL* und *GSW* eine gewisse Rechtsschiefe und Überhöhung aufweisen. Damit dominieren auch hier tendenziell kleinere Grundstücksflächen und Gebäudesachwerte (vgl. die Plots P.67 und P.68 im Anhang). Da die Defekte jedoch noch mäßig ausfallen, wird der Datenbestand für die statistischen Tests der folgenden Regressionsanalyse als geeignet eingeschätzt.

### 5.3.13.2 Schritt 2: Klassierung der Merkmalsausprägungen

Es ergeben sich zwei Klassen mit weniger als drei Datensätzen. Nach Elimination dieser Klassen und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergeben sich die Klassenstatistiken je Merkmal gemäß Tabelle 5.50. Für eine detaillierte Auflistung aller Daten wird auf das Berechnungsprotokoll P.69 im Anhang verwiesen.

**Tabelle 5.50:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Klassenstatistik

Merkmal	Anzahl an Klassen	Klassenbreite	Anzahl an Datensätzen je Klasse
<i>BW</i>	8	102,3 EUR/m <sup>2</sup>	3 bis 45
<i>FL</i>	9	92,0 m <sup>2</sup>	3 bis 51
<i>GSW</i>	9	38.931,8 EUR	4 bis 44

### 5.3.13.3 Schritt 3: Regressionsanalyse

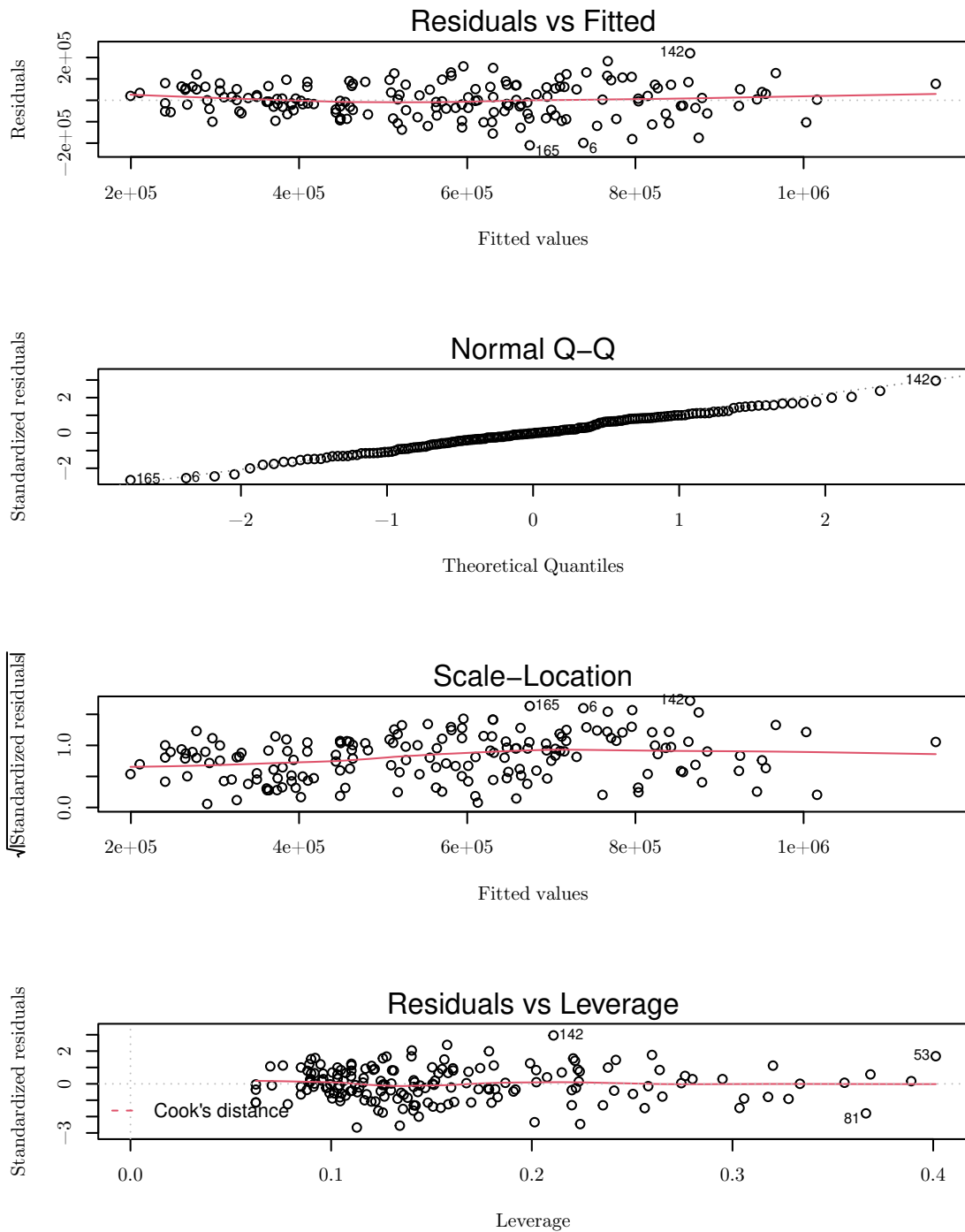
- Regressionsmodell: Gleichung 4.15.
- Die Regressionsanalyse wird zweimal durchgeführt. Der erste Durchgang dient der Identifikation von Ausreißern. Nach deren Elimination und erneuter Klassierung des verbleibenden Datenbestandes ergibt sich die Klassenstatistik gemäß Anhang P.70.
- Statistische Kenngrößen der Regressionsanalysen im ersten und zweiten Durchgang: Tabelle 5.51.
- Ergebnisse der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Tabelle 5.52. Für einen höheren Detailgrad vgl. das Berechnungsprotokoll P.71 im Anhang.
- Analyseplots der Regressionsanalyse im zweiten Durchgang: Abbildung 5.36.
- Beurteilung: Die Regressoren weisen weit überwiegend eine hohe Signifikanz zur Erklärung der Zielgröße auf (vgl. Tabelle 5.52). Lediglich die jeweils unteren Klassen je Merkmal zeigen eine geringere Signifikanz. Die Analyseplots zeigen keine wesentlichen Defekte (vgl. Abbildung 5.36). Das Regressionsmodell scheint somit gut geeignet, den regionalen Markt abzubilden.

**Tabelle 5.51:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Kenngrößen zur Beurteilung der Regressionsanalysen

	vor...	nach ...
	Ausreißerelimination	
Beobachtungen:	175	171
Eliminierte Ausreißer:	–	4
Variablen:	26	26
Freiheitsgrade:	148	144
R <sup>2</sup> :	0,846	0,874
Adjustiertes R <sup>2</sup> :	0,819	0,851
Standardabweichung der Residuen:	93.247,071	83.684,950
F-Test		
F:	31,296	38,425
p-Wert:	< 2, 22 · 10 <sup>-16</sup>	< 2, 22 · 10 <sup>-16</sup>

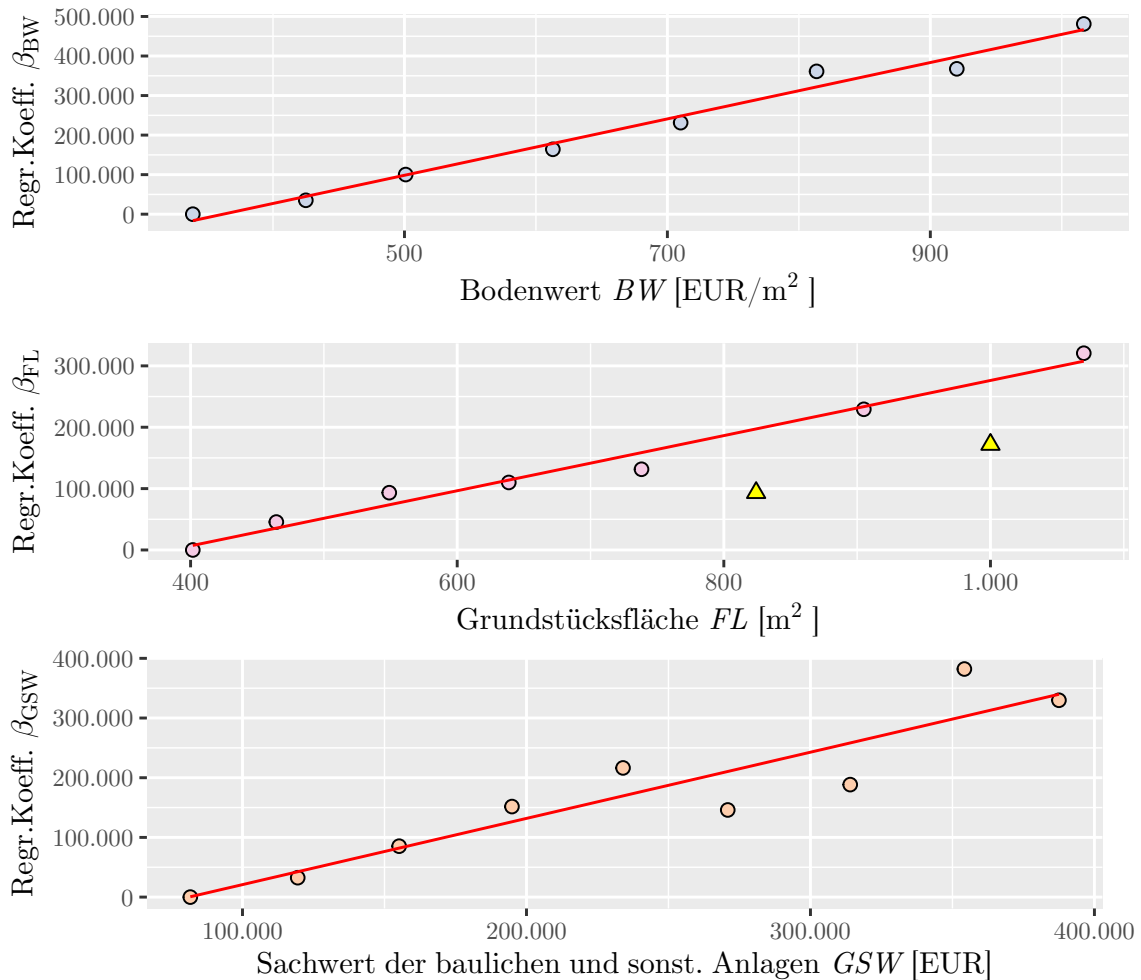
**Tabelle 5.52:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Ergebnis der Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

Klasse	Klassenmittel	Koeffizient $\beta$	Standardabw.	p-Wert	Sign.
Konstante	–	160.140,681	58.370,225	0,007	**
BW [257; 360]	339,000	0,000	–	–	–
BW (360; 463]	424,966	35.099,541	47.142,203	0,458	
BW (463; 566]	500,920	100.204,859	47.766,950	0,038	*
BW (566; 669]	612,889	164.044,576	47.318,860	< 0,001	***
BW (669; 772]	710,087	231.433,043	50.458,689	< 0,001	***
BW (772; 874]	813,474	361.196,112	50.115,336	< 0,001	***
BW (874; 977]	920,133	367.622,813	50.753,685	< 0,001	***
BW (977; 1.080]	1.016,727	481.190,125	54.495,027	< 0,001	***
FL [322; 413]	401,667	0,000	–	–	–
FL (413; 505]	464,314	45.546,967	37.485,103	0,226	
FL (505; 597]	549,028	93.346,633	38.896,391	0,018	*
FL (597; 689]	638,696	110.004,223	40.414,414	0,007	**
FL (689; 781]	738,250	131.507,568	41.219,755	0,002	**
FL (781; 873]	824,211	93.263,088	41.392,367	0,026	*
FL (873; 965]	905,000	229.232,058	49.521,970	< 0,001	***
FL (965; 1.057]	1.000,000	171.819,639	50.997,858	< 0,001	***
FL (1.057; 1.149]	1.070,000	320.622,442	63.091,702	< 0,001	***
GSW [58.914; 98.189]	81.625,000	0,000	–	–	–
GSW (98.189; 137.465]	119.451,613	32.461,662	24.360,120	0,185	
GSW (137.465; 176.741]	155.162,791	85.279,911	23.814,631	< 0,001	***
GSW (176.741; 216.017]	194.888,889	151.673,082	30.395,900	< 0,001	***
GSW (216.017; 255.292]	234.000,000	216.411,022	28.896,777	< 0,001	***
GSW (255.292; 294.568]	270.875,000	145.950,013	30.554,572	< 0,001	***
GSW (294.568; 333.844]	314.000,000	188.438,554	35.718,537	< 0,001	***
GSW (333.844; 373.120]	354.200,000	382.108,680	46.932,637	< 0,001	***
GSW (373.120; 412.395]	387.500,000	329.779,225	51.696,071	< 0,001	***
J 2010	2010	0,000	–	–	–
J 2011	2011	4.832,354	18.731,108	0,797	
J 2012	2012	-6.196,375	19.479,048	0,751	
J 2013	2013	23.738,463	19.561,046	0,227	



**Abbildung 5.36:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Analyseplots zur Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination

### 5.3.13.4 Schritt 4: Partielle Zerlegung und Normierung



**Abbildung 5.37:** Freistehende Einfamilienhäuser in Stuttgart: Funktionsfitting zur Modellierung der Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und Regressionskoeffizienten gemäß Tabelle 5.52. Ausreißer werden in Form von gelben Dreiecken dargestellt.

Das Funktionsfitting ergibt die folgenden Abhängigkeiten und Bestimmtheitsmaße  $R^2$  (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.72 im Anhang):

$$\bar{\beta}_{BW} = f(BW) = 712,965 \cdot BW - 258.144,608 \quad \text{mit } R^2 = 0,98, \quad (5.188)$$

$$\bar{\beta}_{FL} = g(FL) = 449,227 \cdot FL - 173.026,661 \quad \text{mit } R^2 = 0,98, \quad (5.189)$$

$$\bar{\beta}_{GSW} = u(GSW) = 1,109 \cdot GSW - 90.022,888 \quad \text{mit } R^2 = 0,84. \quad (5.190)$$

Das Funktionsfitting zeigt die folgenden Eigenarten:

- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{BW}$  lässt sich sehr gut anhand des Bodenwertes  $BW$  modellieren. Augenscheinlich besteht eine lineare Abhängigkeit beider Größen voneinander.
- Unter Ausschluss zweier augenscheinlicher Ausreißer lässt sich die Abhängigkeit des Regressionskoeffizienten  $\beta_{FL}$  von der Grundstücksfläche  $FL$  sehr gut in linearer Form darstellen.
- Der Regressionskoeffizient  $\beta_{GSW}$  lässt sich plausibel anhand des Sachwertes der Gebäude und sonstigen baulichen Anlagen  $GSW$  modellieren, wenngleich die Streuung der Datenpaare im höheren Wertebereich zunimmt und damit die Modellierung der Trendfunktion etwas erschwert wird. Dennoch erscheint ein linearer Zusammenhang plausibel.

**Berechnung des Normpreises  $N$ :**

Tabelle 5.52 liefert die Werte für  $\beta_0$  und  $\beta_{J N}$ . Die Werte für  $\bar{\beta}_{BWN}$ ,  $\bar{\beta}_{FLN}$  und  $\bar{\beta}_{GSWN}$  werden mithilfe der Gleichungen 5.188 bis 5.190 unter Verwendung der Normgrundsstücksmerkmale nach Tabelle 4.7 ermittelt.  $N$  ergibt sich nach Gleichung 4.20.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 160.140,681 & (5.191) \\ \bar{\beta}_{BWN} = 712,965 \cdot 300 - 258.144,608 &= -44.255,036 & (5.192) \\ \bar{\beta}_{FLN} = 449,227 \cdot 550 - 173.026,661 &= 74.048,437 & (5.193) \\ \bar{\beta}_{GSWN} = 1,109 \cdot 150.000 - 90.022,888 &= 76.357,598 & (5.194) \\ \beta_{JN} &= 4.832,354 & (5.195) \\ \Rightarrow N &= 271.124,035 & (5.196) \end{aligned}$$

**Ableitung der normierten Kaufpreise  $KP_{BW}$ ,  $KP_{FL}$ ,  $KP_{GSW}$  und  $KP_J$ :**

Unter Verwendung der Gleichungen 5.188 bis 5.190 sowie der Ergebnisse aus den Gleichungen 5.191 bis 5.196 lassen sich aus den Gleichungen 4.24 bis 4.27 die folgenden Ergebnisse ableiten:

$$KP_{BW} = 712,965 \cdot BW + 57.234,463 \quad (5.197)$$

$$KP_{FL} = 449,227 \cdot FL + 24.048,936 \quad (5.198)$$

$$KP_{GSW} = 1,109 \cdot GSW + 104.743,548 \quad (5.199)$$

$$KP_J = \beta_J + 266.291,681 \quad (5.200)$$

**Ableitung der relativen Preisänderungen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$ ,  $k_{GSW}$  und  $k_J$  gegenüber dem Normpreis  $N$ :**

Aus den Gleichungen 4.28 bis 4.31 können unter Verwendung der Gleichungen 5.197 bis 5.200 die folgenden Ergebnisse abgeleitet werden:

$$k_{BW} = -2,630 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,789 \quad (5.201)$$

$$k_{FL} = -16,569 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,911 \quad (5.202)$$

$$k_{GSW} = -4,091 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,614 \quad (5.203)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,018 \quad (5.204)$$

## 5.4 Innere Genauigkeit

### 5.4.1 Diskussion der Ergebnisse

Aus den voranstehenden Auswertungen des Abschnittes 5.3 lässt sich das Folgende erkennen:

1. Residualplots (Residuals vs Fitted): Wesentliche systematische Tendenzen der Residuen zeigen sich in keinem Fall. Alle Residuen streuen augenscheinlich weitestgehend zufällig um den Wert null. Hieraus ist der Schluss zu ziehen, dass das gewählte Regressionsmodell gemäß Gleichung 4.8 ausreichend modelliert ist und keine wesentlichen Einflüsse auf die Zielgröße unberücksichtigt bleiben.
2. QQ-Plots (Normal Q-Q): Alle Punkte liegen auf oder sehr nahe der Solllinie. Die Residuen folgen demnach der Normalverteilung.
3. Plots der standardisierten Residuen (Scale-Location): Bis auf zwei Ausnahmen zeigen sich keine systematischen Trends, womit belegt ist, dass die Varianzen der Residuen in der Regel homogen sind. Die Ausnahmen bilden die Teilmärkte Düsseldorf DHH und insbesondere Düsseldorf EH. Da es sich hier aber zum einen um Ausnahmen handelt und zum anderen die Trends sich auch hier im vertretbaren Bereich bewegen, kann geschlossen werden, dass das Modell grundsätzlich auch hier nicht versagt, sondern der Markt in Düsseldorf eine Besonderheit aufweist. Möglicherweise verschmelzen innerhalb des untersuchten Datenbestandes verschiedene Teilmärkte miteinander, deren Preisbildungsmechanismen geringfügig anderen Regeln folgen. Anhand des Datenbestandes kann jedoch keine Differenzierung getroffen werden, sodass für Düsseldorf eine gewisse (durch die geringe Ausprägung der Trends aber durchaus vertretbare) Unsicherheit in Kauf genommen werden muss.
4. Plots der Hebelwirkung (Residuals vs Leverage): In keinem Fall sind Werte mit kritischer Hebelwirkung (Cook's-Distanz gegen oder größer als 1), d. h. mit besonders hohem Einfluss auf das Ergebnis der Regressionsanalyse zu verzeichnen.
5. Adjustierte Bestimmtheitsmaße: Diese, welche zur besseren Übersicht noch einmal in Tabelle 5.53 zusammengestellt werden, zeigen weit überwiegend positive Ausprägungen.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es bei der Zusammenstellung der adjustierten Bestimmtheitsmaße nicht um einen Gütevergleich der Auswertungen untereinander geht. Eine entsprechende Aussage kann aufgrund der Abhängigkeit des Bestimmtheitsmaßes von der Anzahl der Beobachtungen nicht getroffen werden (vgl. Soot et al. (2018, S. 30)). Mit der Benennung der adjustierten Bestimmtheitsmaße in Tabelle 5.53 soll ausschließlich ein Hinweis dafür aufgezeigt werden, ob und inwieweit das gewählte Modell in der Lage ist, die tatsächli-



6. Signifikanzen der Regressoren: Anhand des p-Wertes wird die Signifikanz eines jeden Regressors zur Erklärung der Zielgröße abgeschätzt (und zur schnellen Übersicht mit \* codiert dargestellt). Weit überwiegend können die Regressoren als signifikant zur Erklärung der Zielgröße eingestuft werden. Es gibt jedoch auch einige Ausnahmen. So erscheinen häufiger die Regressoren, welche die unteren Klassen der jeweiligen Grundstücksmerkmale darstellen, als weniger oder gar nicht signifikant. Jedoch darf diese – zunächst ungünstig erscheinende – Beobachtung nicht isoliert betrachtet werden. Sie ist vielmehr im Zusammenhang des folgenden Punktes zu interpretieren.
7. Modellierbarkeit der funktionalen Abhängigkeiten innerhalb des partiell aufgelösten Regressionsmodells: Wie bereits im Abschnitt 4.9.1 (vgl. Abbildung 4.4) beschrieben, müssen sich aufgrund der systematischen Gestalt des Marktgeschehens auch Systematiken in den Ausprägungen der Regressoren ergeben. Das bedeutet, dass die Erkennbarkeit einer Systematik der Regressoren untereinander ein Hinweis auf die Güte des Modells zur Beschreibung der Zielgröße ist. Damit erhalten insbesondere die jeweils unter Schritt 4 der voranstehenden Auswertungen angegebenen Graphen zur Modellierung der funktionalen Abhängigkeiten zwischen den Grundstücksmerkmalen und den entsprechenden Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW}$ ,  $\beta_{FL}$  und  $\beta_{GSW}$  eine entscheidende Bedeutung. Lassen sich die funktionalen Zusammenhänge gut modellieren, ist ein wichtiger Hinweis zur Plausibilität und Realitätskonformität des Modells erbracht. Fällt die Modellierbarkeit der funktionalen Zusammenhänge mäßig aus, gilt das Gegenteil.

Nun kann jedoch festgehalten werden, dass in den weitaus überwiegenden Fällen die funktionalen Abhängigkeiten gut modellierbar sind – überwiegend auch in den Wertebereichen, welche gemäß der Aussage der voranstehenden Nummer 6 aufgrund einer vermeintlich geringeren Signifikanz scheinbar wenig oder gar nicht zur Erklärung der Zielgröße beitragen. Als Beispiel soll der Teilmarkt Frankfurt a. M. (DHH) gewählt werden. Gemäß Tabelle 5.24 zeigen die für die Grundstücksfläche  $FL$  gebildeten Klassen im unteren Wertebereich keine und im oberen Wertebereich eine mittlere Signifikanz. Der aus den Daten abgeleitete mittlere Graph der Abbildung 5.16 lässt dagegen eine durchaus plausible und aufgrund der Klassenanzahl auch sichere Modellierbarkeit der funktionalen Abhängigkeit erkennen.

Zur abschließenden Übersicht fasst Tabelle 5.54 die Modellierbarkeit der Funktionen  $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ ,  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  sowie  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$  zusammen. Dabei wird die folgende Codierung verwendet:

---

chen Kaufpreise zu erklären. Das Bestimmtheitsmaß ist somit für jede Auswertung isoliert zu betrachten.

Mit einem „+“ versehen werden die Funktionen, welche sich aufgrund einer minimalen Streuung der Datenpunkte und gleichzeitig sehr guter Datenlage sehr gut modellieren lassen. Als Beispiel dient die Funktion  $u(GSW)$  des Teilmarktes Dresden (DHH) (unterer Graph der Abbildung 5.4).

Mit einer „0“ versehen werden die Funktionen, welche mit einer moderaten Streuung der Datenpunkte immer noch gut modellierbar sind. Dies setzt eine gute Datenbasis sowie einen gut erkennbaren und inhaltlich plausiblen Trend voraus. Als Beispiel dient die Funktion  $f(BW)$  des Teilmarktes Dresden (DHH) (oberer Graph der Abbildung 5.4).

Mit einem „-“ versehen werden die Funktionen, welche aufgrund einer hohen Streuung der Datenpunkte oder aufgrund anderer Umstände kaum zuverlässig modellierbar sind. Als Beispiel dient zunächst die Funktion  $g(FL)$  des Teilmarktes Dresden (EH) (mittlerer Graph der Abbildung 5.7). Hier fällt die Datenlage zwar durchaus positiv aus, wobei die Streuung der Datenpunkte als moderat eingestuft wird. Gleichzeitig lässt die Lage der Datenpunkte aber keinen eindeutigen Trend erkennen. Insbesondere aufgrund der Lage des ersten und der letzten drei Datenpunkte wären andere Trends ebenso denkbar. Als weiteres Beispiel dient die Funktion  $f(BW)$  des Teilmarktes Frankfurt a. M. (EH) (oberer Graph der Abbildung 5.19). Hier führt eine schlechte Datenlage und eine hohe Streuung der Datenpunkte zu keiner zuverlässigen Modellierbarkeit der Funktion.

Im Endergebnis lässt sich das Folgende festhalten: Das im Kapitel 4 beschriebene und mit Gleichung 4.8 bzw. der daraus abgeleiteten Gleichung 4.16 in eine mathematische Form gebrachte Modell wurde in sechs räumlich voneinander unabhängigen Testregionen in jeweils zwei Teilmärkten (Grundstücke mit freistehenden Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften) und damit an insgesamt 12 voneinander unabhängigen Datenbeständen erprobt. Die Ergebnisse fielen weit überwiegend positiv aus. Es zeigen sich im Rahmen der Auswertung keine unerwünschten systematischen Effekte, sodass darauf geschlossen werden kann, dass mit Gleichung 4.8 alle für die Preisbildung wesentlichen Grundstücksmerkmale modelliert wurden.

Das Verfahren der partiellen Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips nach Mann (2004) lässt sich sehr gut auf die vorliegenden Daten anwenden. Das Gesamtmodell lässt sich in der weit überwiegenden Zahl der Fälle mit hoher Präzision und statistischer Sicherheit partiell auflösen (mittlere adjustierte Bestimmtheitsmaße um 0,90). Die Ergebnisse sind plausibel und nachvollziehbar. Sowohl das Modell nach Gleichung 4.8 als auch das Verfahren der partiellen Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips zeigen sich damit als gut geeignet zur Modellierung der Kaufpreisbildung mit einer insgesamt guten inneren Genauigkeit.

Da zur Ableitung der Bodenwerte aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke lediglich eine mathematische Umstellung des partiell aufgelösten Modells erforderlich ist, ist auch diese Aufgabe mit identischer innerer Genauigkeit leistbar.

**Tabelle 5.53:** Adjustierte Bestimmtheitsmaße der Regressionsanalysen gemäß Abschnitt 5.3. Hinweis: Die angegebenen Bestimmtheitsmaße dürfen nicht zueinander in Beziehung gesetzt werden. Die Zusammenstellung dient keinem Vergleich, sondern allein der Übersicht über die zuvor diskutierten Ergebnisse.

Teilmarkt	Adjustiertes Bestimmtheitsmaß			
	Gesamtmodell	Modell $f(BW)$	Modell $g(FL)$	Modell $u(GSW)$
Dresden, DHH	0,87	0,89	0,98	0,99
Dresden, EH	0,81	0,96	0,66	0,99
Düsseldorf, DHH	0,79	0,91	0,60	0,91
Düsseldorf, EH	0,71	0,89	0,89	0,94
Frankfurt a. M., DHH	0,81	0,83	0,93	0,98
Frankfurt a. M., EH	0,63	0,47	0,94	0,88
Freiburg i. Br., DHH	0,64	0,83	0,84	0,97
Freiburg i. Br., EH	0,44	0,87	0,93	0,70
Hannover, DHH	0,49	0,58	-0,09	0,99
Hannover, EH	0,56	0,95	0,41	0,95
Stuttgart, DHH	0,82	0,93	0,97	0,99
Stuttgart, EH	0,85	0,98	0,98	0,84

Zur negativen Ausprägung des adjustierten Bestimmtheitsmaßes des Modells  $g(FL)$  für den Teilmarkt Hannover (DHH) vgl. den Hinweis zu Gleichung 5.138 unter Abschnitt 5.3.10.4.

**Tabelle 5.54:** Modellierbarkeit der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$ 

Teilmarkt	Modell $f(BW)$	Modell $g(FL)$	Modell $u(GSW)$
Dresden, DHH	0	+	+
Dresden, EH	0	-	+
Düsseldorf, DHH	0	-	0
Düsseldorf, EH	0	0	0
Frankfurt a. M., DHH	0	0	+
Frankfurt a. M., EH	-	0	0
Freiburg i. Br., DHH	0	0	0
Freiburg i. Br., EH	0	0	-
Hannover, DHH	-	-	+
Hannover, EH	0	0	-
Stuttgart, DHH	0	+	+
Stuttgart, EH	+	+	0

Bedeutung:

- +
- kaum Streuung und
  - sehr gut modellierbar;
- 0
- moderate Streuung, dabei
  - noch gut modellierbar;
- 
- hohe Streuung oder
  - kaum modellierbar.

### 5.4.2 Eine Besonderheit in Hannover?

Im Abschnitt 5.4.1 wurde darauf hingewiesen, dass das in dieser Arbeit entwickelte Modell zur Beschreibung des Kaufpreises  $KP$  in den gegebenen Testregionen und Teilmärkten geeignet ist. Dies gilt auch für die Testregionen Freiburg i. Br. und Hannover, wenngleich diese doch in gewisser Hinsicht auffällig sind und daher an dieser Stelle noch einmal gesondert betrachtet werden sollen.

Gemäß Tabelle 5.53 werden für Freiburg i. Br. und Hannover adjustierte Bestimmtheitsmaße für das Gesamtmodell von lediglich 0,44 bis 0,64 erzielt. Das ist im Vergleich zu den aus anderen Regionen erzielten Bestimmtheitsmaßen ausgesprochen wenig.<sup>4</sup> Zwar konnten auch mit diesen Werten durchaus brauchbare Ergebnisse erzielt werden, die Streuung der zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten fällt insgesamt aber deutlich größer aus als in den anderen Testregionen. Damit erklärt letztendlich das entwickelte Modell einen geringeren Teil der realen Daten. Für Hannover folgt ein Erklärungsversuch, welcher auf Freiburg i. Br. jedoch nicht übertragbar ist, da die im Folgenden beschriebene Rahmenbedingung dort nicht gilt:

Im Kapitel 4 wurde darauf hingewiesen, dass der Marktteilnehmer im Rahmen der Preisfindung eine Einschätzung der Wertigkeit der einzelnen Grundstücksbestandteile vorzunehmen hat. Um diese Wertigkeiten zu benennen und am tatsächlichen regionalen Markt auszurichten, ist die Kenntnis bestimmter Marktinformationen zwingend erforderlich. Es wurde dargestellt, dass hierunter der Bodenrichtwert als Indikator für die Wertigkeit des Bodens eine wesentliche Rolle spielt. Dies kann aber nur dann gelten, wenn die Information Bodenrichtwert für jeden potenziellen Marktteilnehmer verfügbar ist. Grundsätzlich ist dies in allen untersuchten Teilmärkten der Fall. Alle Gutachterausschüsse leiten regelmäßig die erforderlichen Bodenrichtwerte ab und veröffentlichen diese. Hannover weist jedoch im Untersuchungszeitraum eine Besonderheit auf: Während alle anderen Gutachterausschüsse im Untersuchungszeitraum ihre Bodenrichtwerte kostenfrei im Internet veröffentlichen, stehen die Bodenrichtwertinformationen aus Hannover kostenpflichtig – und damit nur mit einem gewissen finanziellen und auch zeitlichen Mehraufwand (Kontaktaufnahme mit dem Gutachterausschuss oder Registrierung im Internetportal) – zur Verfügung.<sup>5</sup> Nun weisen

---

<sup>4</sup>Eine Ausnahme bildet Frankfurt a. M. (EH). Auch hier wird ein adjustiertes Bestimmtheitsmaß von lediglich 0,63 erreicht. Der Teilmarkt DHH in Frankfurt a. M. liefert dagegen einen Wert von 0,81. Hier scheint also kein grundsätzliches Problem vorzuliegen, sondern lediglich ein teilmarktspezifisches, welches mit den zur Verfügung stehenden Daten nicht weiter untersucht werden kann.

<sup>5</sup>Vgl. Benecke (2018b, S. 43). In Niedersachsen werden Bodenrichtwertinformationen auf telefonische Anfrage auch kostenfrei abgegeben. Es ist also nicht immer ein finanzieller Aufwand erforderlich. Andererseits wird die telefonische Abgabe von Bodenrichtwertinformationen in Ländern mit einem kostenfrei nutzbaren Bodenrichtwertinformationssystem auch praktiziert. Dieser Aspekt braucht hier also nicht berücksichtigt zu werden. Zu betrachten bleibt nur die unterschiedliche Handhabung in der Veröffentlichung der Bodenrichtwertinformationen über das Internet.

Gudat und Voß (2011) in ihrem Forschungsbericht zur Markttransparenz auf Folgendes hin:

«Privatpersonen scheuen trotz des enormen Investitionsvolumens eines Immobilienkaufes oftmals die vergleichsweise geringen Ausgaben für Marktinformationen» (Gudat und Voß (2011, S. 192)).

Zwar kann angenommen werden, dass Marktteilnehmer mit einem konkreten Erwerbs- oder Veräußerungsinteresse den Aufwand zur Beschaffung der ihnen erforderlich erscheinenden Informationen in Kauf nehmen (vgl. die Ausführungen zum komplexen Kaufverhalten im Modell der Ökonomie gemäß Abschnitt 4.2). Mindestens aber Nutzer mit einem weniger konkreten Bedarf werden durch das genannte Vertriebsmodell von einer Abfrage der Bodenrichtwerte abgeschreckt. Nun gehören aber auch Nutzer mit weniger konkretem Informationsbedarf zu den Marktteilnehmern. Immerhin steht die vorbereitende Recherche über die allgemeine Marktsituation lange vor der konkreten Kaufentscheidung. Das bedeutet, dass durch diese Art des Angebotes von Bodenrichtwertinformationen ein Teil der offenen Kommunikation über den Immobilienmarkt unterbunden wird. Im Endeffekt ist davon auszugehen, dass der Bodenrichtwert im Bewusstsein der Marktteilnehmer weniger präsent ist.

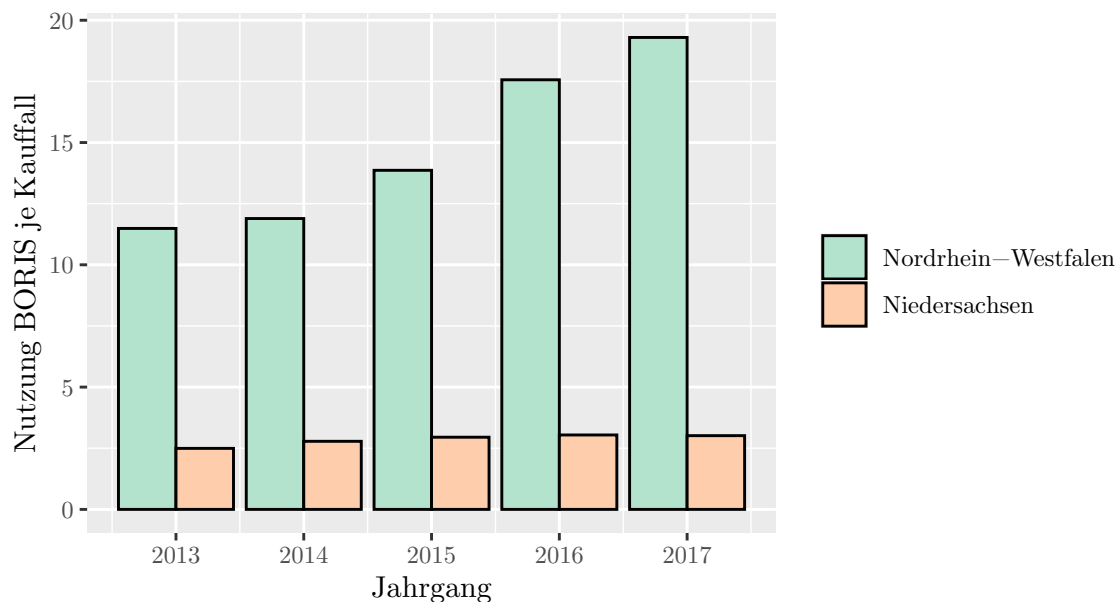
Abbildung 5.38 untermauert diese Vermutung. Dargestellt sind die Verhältniszahlen der Nutzung der Bodenrichtwertinformationssysteme BORISplus.NRW aus Nordrhein-Westfalen und BORIS.NI aus Niedersachsen zu den tatsächlichen Transaktionszahlen über einen Zeitraum von fünf Jahren. Auch wenn diese Zahlen nur einen ungefähren Eindruck vermitteln können,<sup>6</sup> ist ein wesentlicher Unterschied der Nutzung der Bodenrichtwertinformationen in beiden Ländern offensichtlich.

Wenn nun bedingt durch das Vertriebsmodell der Bodenrichtwertinformationen davon auszugehen ist, dass dieselben weniger nachgefragt werden und damit für den Marktteilnehmer weniger präsent sind, ist daraus zu schließen, dass die Bodenrichtwertinformationen in einem geringerem Maß zur Preisbildung beitragen. Das bedeutet nicht zwangsläufig eine größere Unsicherheit in der Preisbildung. Es bedeutet aber, dass diese in stärkerem Maß auf andere Marktinformationen gestützt wird. Die logische Konsequenz ist, dass ein statistisches Modell, welches den Bodenrichtwert als wesentliche erklärende Größe einführt, den besagten Markt weniger gut beschreiben kann.

An dieser Stelle sei noch einmal hervorgehoben, dass es sich bei dem oben dargelegten Zusammenhang um eine nicht verifizierte Vermutung handelt. Ob die Verfügbarkeit von Bodenrichtwertinformationen vor dem Hintergrund des Vertriebsmodells

---

<sup>6</sup>Die Zahlen zur Nutzung der Bodenrichtwertinformationssysteme sind nicht unmittelbar miteinander vergleichbar. Bei den Angaben zu BORISplus.NRW handelt es sich um die Zahl der Aufrufe des Dienstes, während es sich bei den Angaben aus Niedersachsen um konkrete BRW-Abfragen handelt. Da nun aber davon auszugehen ist, dass auch der Aufruf des Dienstes BORISplus.NRW i. d. R. mit der Absicht des Abrufes mindestens eines Bodenrichtwertes verbunden ist, kann angenommen werden, dass auch diese Zahl einen ungefähren Eindruck von der Nutzung der zur Verfügung stehenden Bodenrichtwertinformationen vermittelt.



**Abbildung 5.38:** Nutzung von BORIS je Kauffall in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen.

(Aufrufe BORISplus.NRW: Sahlmann (2018).

Registrierte Kaufverträge NRW:

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2014, S. 8),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2015, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2016, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2017, S. 9),

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2018, S. 12).

BRW-Abfragen über BORIS.NI und registrierte Kaufverträge NI: Benecke (2018a).)

tatsächlich die Preisbildung in dargestellter Weise beeinflusst, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Für die vorliegende Arbeit ist dies letztendlich aber auch unerheblich. Hier geht es, wie bereits angemerkt, ausschließlich um den Versuch einer Erklärung des vorgefundenen Datenverhaltens. Vielleicht kann das Dargelegte aber auch als Anregung dienen, weitere Untersuchungen in dieser Hinsicht anzustellen und je nach den daraus gewonnenen Erkenntnissen die vorgefundenen Vertriebsmodelle im Sinn der Markttransparenz zu optimieren.

## 5.5 Die multiple lineare Regression im Vergleich

Unter Abschnitt 4.8 wurde ausgeführt, dass ein wesentlicher Vorteil der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips darin besteht, nichtlineare Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und der Zielgröße modellieren zu können. Nun haben die voranstehenden Untersuchungen gezeigt, dass sich sämtliche Zusammenhänge sehr gut durch lineare Funktionen abbilden lassen. Somit stellt sich die Frage, ob das Modell nach Gleichung 4.8 nicht mittels klassischer multipler linearer Regression hätte gelöst werden können. Um diese Frage näher zu beleuchten, soll ein Vergleich angestellt werden. Es sollen für alle Testregionen und beide Teilmärkte ein lineares Regressionsmodell zur Beschreibung der Zielgröße  $KP$  entwickelt werden. Die aus der Analyse hervorgehenden Ergebnisse sollen anschließend mit denen aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung gemäß Abschnitt 5.3 verglichen werden. Der Vergleich erfolgt dabei in zwei Schritten. Zunächst sollen die aus der Regressionsanalyse erhaltenen Regressionskoeffizienten, und damit die grundsätzliche Gestalt der aus beiden Verfahren ermittelten Abhängigkeiten, verglichen werden. Im zweiten Schritt sollen konkrete Ergebnisse – also die aus beiden Modellen in verschiedenen Testrechnungen erhaltenen Zielgrößen  $KP$  – gegenübergestellt werden. Auf diese Weise kann eine Aussage getroffen werden, inwieweit sich die Ergebnisse aus beiden Modellen in ihrer absoluten Ausprägung voneinander unterscheiden.

### 5.5.1 Lösung des Modells mithilfe der Methode der klassischen multiplen linearen Regression

Das lineare Modell zur Beschreibung der Zielgröße  $KP$  unter Verwendung der Einflussgrößen  $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und  $J$  lautet:

$$KP = \beta_0 + b_{BW} \cdot BW + b_{FL} \cdot FL + b_{GSW} \cdot GSW + \beta_J. \quad (5.205)$$

Da nicht vorausgesetzt werden kann, dass sich der konjunkturelle Einfluss über den Beobachtungszeitraum in linearer Form modellieren lässt, geht dieser auch hier wieder klassiert als ordinal skalierte Größe in das Modell ein. Sämtliche im Abschnitt 5.3 definierten Teilmärkte werden nun nach diesem Modell ausgewertet. Die Identifikation von kritischen Datensätzen erfolgt auch hier wieder über die Lage der Residuen.



Sobald diese außerhalb des 1,5fachen Interquartilabstands liegen, wird der Datensatz als kritisch eingestuft. Nach Ausschluss aller kritischen Datensätze wird eine erneute Regressionsanalyse nach oben genanntem Modell durchgeführt. Die Ergebnisse sind einige Seiten weiter in Tabelle 5.55 zusammengestellt. Eine Erläuterung der Tabelle und Interpretation der Ergebnisse folgt in Abschnitt 5.5.3.

Vor einem Vergleich der Ergebnisse mit denen aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung hat noch eine Vorarbeit zu erfolgen: Das Modell gemäß Gleichung 4.16. unterscheidet sich nämlich in seiner äußeren Gestalt von Gleichung 5.205. Da die teilmarktspezifischen Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$  gemäß Abschnitt 5.3 sämtlich lineare Formen annehmen, verfügen sie über jeweils einen Achsenabschnitt (Konstante) und einen Koeffizienten. Insgesamt umfasst das Modell gemäß Gleichung 4.16 damit drei Achsenabschnitte zuzüglich der Konstanten  $\beta_0$  und somit insgesamt vier Konstanten. Demgegenüber nennt Gleichung 5.205 nur eine einzige Konstante – nämlich  $\beta_0$ . Ein Vergleich der beiden Regressionsmodelle ist demnach erst möglich, wenn Gleichung 4.16 in eine Form gemäß Gleichung 5.205 gebracht wurde. Dies erfolgt im folgenden Abschnitt 5.5.2.

### 5.5.2 Überführung des Regressionsmodells gemäß Gleichung 4.16 in eine einfache lineare Form

Die teilmarktspezifischen Funktionen  $\bar{\beta}_{BW} = f(BW)$ ,  $\bar{\beta}_{FL} = g(FL)$  und  $\bar{\beta}_{GSW} = u(GSW)$  nach Gleichung 4.16 ergeben sich gemäß Abschnitt 5.3 sämtlich in linearer Form. Es gilt also

$$\bar{\beta}_{BW} = a_{BW} + b_{BW} \cdot BW, \quad (5.206)$$

$$\bar{\beta}_{FL} = a_{FL} + b_{FL} \cdot FL, \quad (5.207)$$

$$\bar{\beta}_{GSW} = a_{GSW} + b_{GSW} \cdot GSW. \quad (5.208)$$

Damit lässt sich Gleichung 4.16 darstellen als

$$\begin{aligned} KP &= \beta_0 \\ &+ a_{BW} + b_{BW} \cdot BW \\ &+ a_{FL} + b_{FL} \cdot FL \\ &+ a_{GSW} + b_{GSW} \cdot GSW \\ &+ \beta_J. \end{aligned} \quad (5.209)$$

Soll Gleichung 5.209 aber mit den Ergebnissen der klassischen multiplen linearen Regression verglichen werden, sollte diese dem Schema

$$\begin{aligned}
 KP &= \beta_0 \\
 &+ b_{BW} \cdot BW \\
 &+ b_{FL} \cdot FL \\
 &+ b_{GSW} \cdot GSW \\
 &+ \beta_J
 \end{aligned} \tag{5.210}$$

mit nur *einer* Konstanten folgen.

Mathematisch lässt sich eine entsprechende Überführung denkbar einfach realisieren. Es ist nichts weiter zu tun, als die Konstanten  $\beta_0$ ,  $a_{BW}$ ,  $a_{FL}$  und  $a_{GSW}$  aufzuaddieren und in *einer* Konstanten  $\beta_{0 \text{ korr}}$  darzustellen, während  $\bar{\beta}_{BW \text{ korr}}$ ,  $\bar{\beta}_{FL \text{ korr}}$  und  $\bar{\beta}_{GSW \text{ korr}}$  um die jeweiligen Konstanten bereinigt werden. Es gilt also

$$\beta_{0 \text{ korr}} = \beta_0 + a_{BW} + a_{FL} + a_{GSW}, \tag{5.211}$$

$$\bar{\beta}_{BW \text{ korr}} = \bar{\beta}_{BW} - a_{BW}, \tag{5.212}$$

$$\bar{\beta}_{FL \text{ korr}} = \bar{\beta}_{FL} - a_{FL}, \tag{5.213}$$

$$\bar{\beta}_{GSW \text{ korr}} = \bar{\beta}_{GSW} - a_{GSW}, \tag{5.214}$$

mit

$$\bar{\beta}_{BW \text{ korr}} = f_{\text{korr}}(BW), \tag{5.215}$$

$$\bar{\beta}_{FL \text{ korr}} = g_{\text{korr}}(FL), \tag{5.216}$$

$$\bar{\beta}_{GSW \text{ korr}} = u_{\text{korr}}(GSW), \tag{5.217}$$

sodass sich  $KP$  aus den Gleichungen 5.206 bis 5.208 in Verbindung mit den Gleichungen 5.211 bis 5.214 folgendermaßen darstellen lässt:

$$\begin{aligned}
 KP &= \beta_{0 \text{ korr}} + \bar{\beta}_{BW \text{ korr}} + \bar{\beta}_{FL \text{ korr}} + \bar{\beta}_{GSW \text{ korr}} + \beta_J \\
 &= \beta_{0 \text{ korr}} + b_{BW} \cdot BW + b_{FL} \cdot FL + b_{GSW} \cdot GSW + \beta_J.
 \end{aligned} \tag{5.218}$$

Damit ist die gewünschte lineare Form gemäß Gleichung 5.210 erreicht. Es bleibt jedoch zu hinterfragen, ob die *mathematisch* korrekte Umformung auch *inhaltlich* korrekt ist – ob also dieser Eingriff die Kongruenz zwischen Realität und mathematischem Abbild nicht stört. Hierzu ist das Folgende auszuführen:

Die Funktionen  $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ ,  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  und  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$  ergeben sich aus dem Abgleich der Bodenwerte  $BW$ , der Flächen  $FL$  und der Gebäudesachwerte  $GSW$  mit den jeweiligen Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW}$ ,  $\beta_{FL}$  und  $\beta_{GSW}$  gemäß Gleichung 4.15. Nun gehen aber  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  klassiert – und damit nicht metrisch, sondern ordinal skaliert – in das Verfahren ein. Das bedeutet, dass durch  $\beta_{BW}$ ,  $\beta_{FL}$

und  $\beta_{GSW}$  die jeweiligen *BW*-Klassen, *FL*-Klassen und *GSW*-Klassen zwar in eine genau definierte relative Beziehung zueinander gestellt werden, die absolute Ausprägung der Regressionskoeffizienten  $\beta_{BW}$ ,  $\beta_{FL}$  und  $\beta_{GSW}$  aber ohne Aussagekraft ist (vgl. hierzu die Ausführungen im Abschnitt 4.9.4). Der Bezug zur absoluten Größe Kaufpreis *KP* erfolgt erst durch die Konstante  $\beta_0$ . Tatsächlich kann sogar jede beliebige Ausprägung von  $a_{BW}$ ,  $a_{FL}$  und  $a_{GSW}$  durch eine entsprechende Anpassung von  $\beta_0$  kompensiert werden.

Wenn nun  $a_{BW}$ ,  $a_{FL}$  und  $a_{GSW}$  nahezu beliebig sind, stellt sich die Frage, welche inhaltliche Aussage mit den Funktionen  $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ ,  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  und  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$  verbunden sein soll. Es wurde dargelegt, dass  $\bar{\beta}_{BW}$ ,  $\bar{\beta}_{FL}$  und  $\bar{\beta}_{GSW}$  den Einfluss von *BW*, *FL* und *GSW* auf den Kaufpreis modellieren. Dies kann aber gerade nicht beliebig sein, sondern muss in einer plausiblen und nachvollziehbaren Weise erfolgen. Wenngleich der Einfluss der genannten Grundstücksmerkmale auf den Kaufpreis a priori nicht präzise geschätzt werden kann, so kann doch eine Forderung als plausibel angenommen werden: Ein Grundstücksmerkmal hat einen – wie auch immer gearteten – Einfluss auf den Kaufpreis. Wird das Grundstücksmerkmal irrelevant, hat es keinen Einfluss mehr auf den Kaufpreis. Der Bodenwert, die Fläche oder der Gebäudesachwert werden aber nur mit einer Ausprägung von null irrelevant. Nähert sich also der Bodenwert einer Ausprägung von  $BW = 0$  EUR an, nähert sich die Fläche einer Ausprägung von  $FL = 0$  m<sup>2</sup> an oder nähert sich der Gebäudesachwert einer Ausprägung von  $GSW = 0$  EUR an,<sup>7</sup> nähert sich auch die Wirkung der jeweiligen Grundstücksmerkmale auf den Kaufpreis einem Wert von 0 an. Das bedeutet, dass die linearen Funktionen  $f(BW) = \bar{\beta}_{BW}$ ,  $g(FL) = \bar{\beta}_{FL}$  und  $u(GSW) = \bar{\beta}_{GSW}$ , um eine plausible Aussagekraft zu erhalten, den jeweiligen Koordinatennullpunkt schneiden müssen. Durch Elimination der Konstanten  $a_{BW}$ ,  $a_{FL}$  und  $a_{GSW}$  werden die Funktionen gewissermaßen justiert und an das zu erwartende Marktgeschehen angepasst. Die Elimination der Konstanten  $a_{BW}$ ,  $a_{FL}$  und  $a_{GSW}$  ist also kein unzulässiger mathematischer Trick, sondern eine dringende Notwendigkeit, sofern  $\bar{\beta}_{BW}$ ,  $\bar{\beta}_{FL}$  und  $\bar{\beta}_{GSW}$  in ihren absoluten Ausprägungen interpretiert werden sollen. Damit ist Gleichung 5.218 nicht nur mathematisch korrekt, sondern auch als dem tatsächlichen Marktgeschehen konform einzustufen.

Die Ergebnisse der oben beschriebenen Umformung gemäß der Gleichungen 5.211 bis 5.214 werden in Tabelle 5.55 zusammengestellt. Eine Erläuterung der Tabelle und Interpretation der Ergebnisse folgt in Abschnitt 5.5.3.

---

<sup>7</sup>In Bezug auf den Gebäudesachwert *GSW* ist die Aussage präzise zu interpretieren. Häufig ist der Wert von Grundstücken mit abgängiger Bausubstanz, also einem Gebäudesachwert von 0 EUR, sehr wohl durch diese beeinflusst. Die Freilegungskosten sind nämlich regelmäßig wertmindernd zu berücksichtigen (vgl. § 16 Abs. 3 ImmoWertV). Hierbei handelt es sich jedoch um einen Effekt, der an dieser Stelle nicht gemeint ist. Die hier angestellten Überlegung zielen darauf ab, dass ein immer kleineres Gebäude oder ein immer älteres Gebäude ohne Ziel der Freilegung betrachtet wird.

### 5.5.3 Vergleich der Ergebnisse

Tabelle 5.55 nennt für alle sechs Testregionen mit zwei Teilmärkten jeweils in der oberen Zeile die Ergebnisse der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips (RPM) (vgl. die Ergebnisse aus den Untersuchungen gemäß Abschnitt 5.3). In der jeweils unteren Zeile werden für alle Teilmärkte die Ergebnisse der klassischen multiplen linearen Regression (MLR) dargestellt. Es wird bewusst auf eine Darstellung der Parameter  $\beta_j$  verzichtet. Da diese die regionalen konjunkturellen Entwicklungen auffangen, ist deren Ausprägung nicht zwangsläufig systematisch im mathematischen Sinn. Da die konjunkturellen Entwicklungen regional auch durchaus unterschiedlich verlaufen können, macht ein Vergleich der  $\beta_j$  im hier zu untersuchenden Zusammenhang keinen Sinn.

Zur Beurteilung der Ergebnisse sind in Tabelle 5.55 in den beiden letzten Spalten die Anzahl der Freiheitsgrade  $F$  sowie das adjustierte Bestimmtheitsmaß  $R^2$  aufgeführt.<sup>8</sup> Es lässt sich erkennen, dass die nach beiden Verfahren entwickelten Funktionen zur Beschreibung der Zielgröße  $KP$  große Ähnlichkeiten aufweisen. Die grundsätzliche Gestalt in Bezug auf Größenordnung und Ausrichtung der Konstanten  $\beta_0$  und der Koeffizienten  $b$  entspricht sich.

Nun ergibt sich aber das Problem, dass die Auswirkung von Unterschieden nur schwer zu fassen ist. Immerhin ist die Zielgröße das Ergebnis aus dem Zusammenspiel verschiedener Komponenten. So mögen sich etwa die aus beiden Verfahren erhaltenen Koeffizienten durchaus voneinander unterscheiden. Sind die Effekte in verschiedenen Koeffizienten oder den Konstanten gegenläufig, kann das Ergebnis – die Zielgröße  $KP$  – dennoch wieder nach beiden Verfahren vergleichbar sein. Es soll daher noch eine weitere Berechnung erfolgen. Die gemäß Tabelle 5.55 ermittelten Modellparameter sollen dazu verwendet werden, für unterschiedliche Grundstücksmerkmale hypothetische Kaufpreise  $KP$  zu berechnen. Da sämtliche Abhängigkeiten zwischen den unabhängigen Größen und der Zielgröße eine lineare Form aufweisen, bieten sich für die jeweiligen Testrechnungen die jeweiligen minimalen und maximalen Merkmalsausprägungen an. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die jeweiligen Extremwerte, also die minimalen hypothetischen Kaufpreise und die maximalen hypothetischen Kaufpreise zum Vergleich herangezogen werden. Es werden also die jeweils kritischsten Punkte miteinander verglichen; der Vergleich erhält seine maximale Aussagekraft.

Als regionalspezifische minimale und maximale Ausprägungen der Grundstücksmerkmale werden die gemäß Abschnitt 4.9.5 berechneten oberen und unteren Klassennittelwerte gewählt. Diese sind in Tabelle 5.56 zusammengestellt. Die darauf

---

<sup>8</sup>Wie bereits unter Abschnitt 5.4 erläutert, wird mit der Benennung des adjustierten Bestimmtheitsmaßes kein Gütevergleich der Auswertungen untereinander angestellt. Aufgrund der Abhängigkeit des Bestimmtheitsmaßes von der Anzahl der Beobachtungen ist ein solcher Vergleich nicht zulässig (vgl. Soot et al. (2018, S. 30)). Mit der Angabe des Bestimmtheitsmaßes in Tabelle 5.55 wird stattdessen ein Hinweis darüber angestrebt, an welchen Stellen das gewählte Modell die Zielgröße Kaufpreis mit ausreichender Sicherheit erklären kann. Das Bestimmtheitsmaß ist demnach für jede Auswertung isoliert zu betrachten.

**Tabelle 5.55:** Vergleich der Modellparameter aus den Verfahren der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips (RPM) und der multiplen linearen Regression (MLR)

Teilmarkt	Verfahren	$\beta_0$ korrr	$b_{BW}$	$b_{FL}$	$b_{GSW}$	F	$R^2$
Dresden, DHH	RPM	-1.323,03	299,44	71,29	0,87	268	0,87
	MLR	-4.796,35	322,42	57,14	0,92	296	0,87
Dresden, EH	RPM	-56.502,49	552,21	78,93	0,96	418	0,81
	MLR	-45.767,86	588,62	61,62	0,97	445	0,82
Düsseldorf, DHH	RPM	-182.431,26	664,50	191,92	0,87	178	0,79
	MLR	-169.266,75	576,38	262,03	0,80	206	0,69
Düsseldorf, EH	RPM	-245.617,09	812,08	202,79	1,10	133	0,71
	MLR	-185.861,82	789,51	150,26	1,06	155	0,70
Frankfurt, DHH	RPM	-178.792,66	646,99	210,71	0,76	119	0,81
	MLR	-200.089,49	616,45	247,20	0,89	138	0,90
Frankfurt, EH	RPM	-281.985,62	776,62	211,79	1,19	26	0,63
	MLR	-350.209,59	885,10	211,40	1,21	42	0,69
Freiburg, DHH	RPM	-204.088,91	714,32	386,54	1,08	78	0,64
	MLR	-193.711,60	900,41	236,33	0,92	99	0,61
Freiburg, EH	RPM	-161.690,10	1.171,60	140,09	0,49	80	0,44
	MLR	-128.620,12	1.129,89	138,54	0,45	100	0,51
Hannover, DHH	RPM	-5.798,13	411,31	34,37	0,60	31	0,49
	MLR	30.360,35	492,13	-30,03	0,45	47	0,61
Hannover, EH	RPM	-44.908,03	726,37	40,41	0,50	201	0,56
	MLR	-52.790,06	708,90	44,07	0,55	226	0,59
Stuttgart, DHH	RPM	-199.944,76	392,51	533,41	1,01	136	0,82
	MLR	-170.520,22	405,73	439,95	0,97	158	0,87
Stuttgart, EH	RPM	-361.053,48	712,97	449,23	1,11	144	0,85
	MLR	-267.159,15	731,53	270,48	1,02	168	0,84

Es bedeuten: F = Anzahl der Freiheitsgrade;  $R^2$  = adjustiertes Bestimmtheitsmaß.

Verwendete Abkürzungen: Frankfurt = Frankfurt a. M.; Freiburg = Freiburg i. Br.

**Tabelle 5.56:** Minimale und maximale regionalspezifische Merkmalsausprägungen. Die Beträge werden auf ganze Zahlen gerundet dargestellt.

Teilmarkt	$BW_{\min}$ [EUR/m <sup>2</sup> ]	$BW_{\max}$ [EUR/m <sup>2</sup> ]	$FL_{\min}$ [m <sup>2</sup> ]	$FL_{\max}$ [m <sup>2</sup> ]	$GSW_{\min}$ [EUR]	$GSW_{\max}$ [EUR]
Dresden, DHH	58	235	280	869	1.206	254.549
Dresden, EH	29	230	401	1.423	11.873	307.144
Düsseldorf, DHH	299	738	263	847	83.786	448.167
Düsseldorf, EH	280	676	461	1.233	60.600	406.583
Frankfurt, DHH	402	584	268	579	73.147	348.782
Frankfurt, EH	408	488	443	870	59.396	153.321
Freiburg, DHH	290	413	255	559	69.013	307.074
Freiburg, EH	265	465	441	1.037	69.802	241.339
Hannover, DHH	104	196	278	816	57.327	281.170
Hannover, EH	70	245	417	1.297	47.267	394.480
Stuttgart, DHH	376	852	264	506	42.563	303.000
Stuttgart, EH	339	1.017	402	1.070	81.625	387.500

Verwendete Abkürzungen: Frankfurt = Frankfurt a. M.; Freiburg = Freiburg i. Br.

folgende Tabelle 5.57 liefert schließlich die aus den Merkmalsausprägungen gemäß Tabelle 5.56 und den Regressionsparametern gemäß Tabelle 5.55 berechneten minimalen und maximalen hypothetischen Kaufpreise  $KP$ . In den beiden letzten Spalten der Tabelle 5.57 werden die prozentualen Abweichungen zwischen den hypothetischen Kaufpreisen  $KP_{\min}$  und  $KP_{\max}$  nach den beiden Verfahren RPM und MLR dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Abweichungen der Ergebnisse aus den beiden Verfahren RPM und MLR regelmäßig ausgesprochen gering ausfallen, sich die Ergebnisse somit in hohem Maß entsprechen. Größere Abweichungen sind nur in Dresden in Bezug auf  $KP_{\min}$  sowie in Hannover im Teilmarkt DHH sowohl in Bezug auf  $KP_{\min}$  als auch  $KP_{\max}$  zu verzeichnen.

Nun sind die Abweichungen  $\Delta KP_{\min}$  für Dresden gut erklärbar. Immerhin handelt es sich um sehr niedrige Ausprägungen für  $KP_{\min}$ . Die absolute Abweichung liegt bei rund 5.000 EUR (EH) bis 10.000 EUR (DHH) und erreicht damit sogar eine für die Wertermittlungspraxis üblicherweise nur schwierig erreichbare absolute Genauigkeit. Das aufgrund der geringen absoluten Ausprägung von  $KP_{\min}$  sehr groß erscheinende  $\Delta KP_{\min}$  kann demnach an dieser Stelle getrost vernachlässigt werden. Somit sind lediglich die Ergebnisse aus beiden Verfahren für Hannover im Teilmarkt

**Tabelle 5.57:** Mittels Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung (RPM) und multipler linearer Regression (MLR) (s. Tabelle 5.55) ermittelte hypothetische Grundstückskaufpreise  $KP$  für die in Tabelle 5.56 angegebenen Merkmalsausprägungen

Teilmarkt	Verfahren	$KP_{\min}$ [EUR]	$KP_{\max}$ [EUR]	$\Delta KP_{\min}$ [%]	$\Delta KP_{\max}$ [%]
Dresden, DHH	RPM	45.879	361.552		
	MLR	35.886	358.514	-28	-1
Dresden, EH	RPM	13.111	487.669		
	MLR	18.425	486.121	29	0
Düsseldorf, DHH	RPM	139.667	859.997		
	MLR	148.864	845.881	6	-2
Düsseldorf, EH	RPM	152.701	1.011.138		
	MLR	161.713	957.317	6	-6
Frankfurt a. M., DHH	RPM	205.984	599.485		
	MLR	191.560	625.219	-8	4
Frankfurt a. M., EH	RPM	251.128	515.457		
	MLR	246.277	520.966	-2	1
Freiburg i. Br., DHH	RPM	129.228	590.665		
	MLR	140.487	542.173	8	-9
Freiburg i. Br., EH	RPM	195.019	597.210		
	MLR	199.137	585.574	2	-2
Hannover, DHH	RPM	80.898	271.480		
	MLR	99.039	229.023	18	-19
Hannover, EH	RPM	46.234	381.896		
	MLR	41.087	394.777	-13	3
Stuttgart, DHH	RPM	129.792	709.355		
	MLR	149.907	701.748	13	-1
Stuttgart, EH	RPM	156.453	1.279.160		
	MLR	176.382	1.164.260	11	-10

DHH auffällig. Warum dies so ist, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Es kann lediglich darauf verwiesen werden, dass die Auswertungen für Hannover (DHH) ohnehin mit einer hohen Unsicherheit verbunden sind (vgl. Abschnitt 5.3.10). Mit einer ausgesprochen geringen Anzahl an Vergleichsdaten und einer vergleichsweise hohen Streuung ist die Modellierung der Zielgröße  $KP$  nur relativ unzuverlässig möglich.

Die relativ hohe Überdeckung der Ergebnisse aus den beiden Verfahren RPM und MLR, welche in den anderen Fällen überwiegend unter 10 % liegt,<sup>9</sup> spricht für eine grundsätzliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Verfahren der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung und der klassischen linearen Regression.

In diesem Zusammenhang ist jedoch noch die Frage zu beantworten, ob überhaupt *identische* Ergebnisse zwischen beiden Verfahren zu erwarten sind. Die Frage ist zu verneinen. Durch die Klassierung der Merkmalsausprägungen im Rahmen der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung werden Daten generalisiert. Es gehen Informationen verloren. Wenngleich dies, wie in Abschnitt 4.8 begründet, im Austausch mit einer Erhöhung der Zugänglichkeit und Transparenz der Verfahrensergebnisse (vgl. die dort bereits aufgeführte Einschätzung von Schatten (1999, S. 21 f.)) bewusst in Kauf genommen wird, kann diese Tatsache im hier diskutierten Zusammenhang nicht ignoriert werden. Daneben kommt jedoch noch ein weiterer Aspekt zum Tragen:

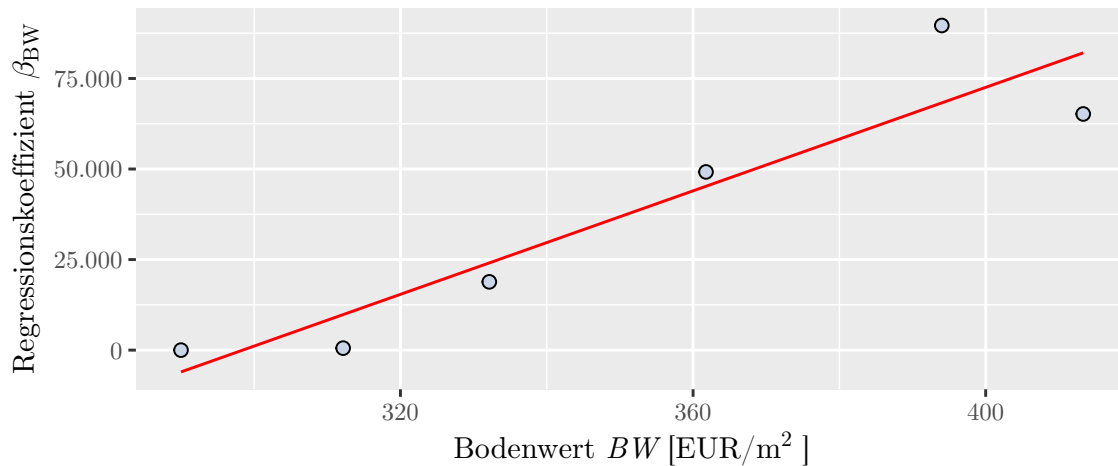
Die Identifikation und Elimination von kritischen Datensätzen erfolgt unter Anwendung der klassischen multiplen linearen Regression nach einer rein mechanischen Methode (vgl. Abschnitt 5.5.1).<sup>10</sup> Eine wesentliche Stärke der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips ist aber gerade die Möglichkeit, durch die Klassierung der vorliegenden Eingangsdaten einen auf die wesentlichen Aussagen reduzierten – und damit in diesem Sinn optimierten – Datenbestand zu erzeugen, an diesem die Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und der Zielgröße sichtbar zu machen und abschließend individuell beurteilen zu können. Kurzum: Das Verfahren verschafft dem Anwender auch bei großen Datenmengen Überblick und eröffnet damit die Möglichkeit, individuelle Entscheidungen zu treffen.

So zeigt sich etwa im Teilmarkt der Doppelhaushälften in Freiburg i. Br. der Zusammenhang zwischen  $BW$  und  $\beta_{BW}$  nicht eindeutig funktional modellierbar (Ab-

<sup>9</sup>Es sei an dieser Stelle erinnert, dass es sich bei den Testrechnungen durch die Wahl der jeweils minimalen und maximalen Merkmalsausprägungen um Extremwerte und damit um maximale Abweichungen handelt. Bei der Wahl mittlerer Merkmalsausprägungen verringern sich die Abweichung regelmäßig ganz erheblich. So weist etwa Dresden (DHH) bei mittleren Merkmalsausprägungen statt der unter  $\Delta KP_{\min}$  angegebenen -28 % nur noch eine Abweichung von -3 % auf.

<sup>10</sup>Grundsätzlich lässt die Methode natürlich auch eine individuelle Beurteilung der Residuen und damit auch eine individuelle Ausreißeridentifikation zu. Spätestens wenn große Massen an Daten zu verarbeiten sind, ist dies jedoch nicht mehr praktikabel, sodass regelmäßig auf mechanische Verfahren der Identifikation und oft auch gleichzeitig Elimination potentieller Ausreißer zurückgegriffen wird.





**Abbildung 5.39:** Identifikation kritischer Datensätze innerhalb des auf den Bodenwert  $BW$  partiell aufgelösten Regressionsmodells am Beispiel des Teilmarktes der Doppelhaushälften in Freiburg i. Br. (vgl. Abbildung 5.22)

bildung 5.39). Dies liegt an einer Streuung der Datenpunkte im oberen und unteren Wertebereich. Durch Elimination einzelner Datenpunkte – naheliegend sind der erste, fünfte oder sechste – lässt sich das adjustierte Bestimmtheitsmaß der ausgleichenden Funktion massiv steigern. Deren Lage ändert sich dadurch jedoch maßgeblich. Fraglich ist aber, welcher dieser Datenpunkte nun tatsächlich kritisch ist, welche Lage der ausgleichenden Funktion also das tatsächliche Marktgeschehen am besten abbildet. Anhand der zur Verfügung stehenden Daten kann diese Entscheidung nicht getroffen werden. Um eine auf einer falschen Wahl beruhende Verschlechterung der Ergebnisse zu vermeiden, wurde im Rahmen der Auswertung im Abschnitt 5.3.8.4 bewusst auf eine Elimination verzichtet und damit gewissermaßen ein Kompromiss gewählt.

Der mechanische Ansatz der klassischen multiplen linearen Regressionsanalyse eröffnet diese Entscheidungsfreiheit dagegen nicht. Die Elimination von kritischen Datensätzen erfolgt hier allein auf der Grundlage des zuvor gewählten Mechanismus. Im Ergebnis können damit unter Anwendung beider Verfahren zwei verschiedene ausgleichende Funktionen vorliegen, welche allein auf die Methode der Identifikation kritischer Datensätze zurückzuführen ist.

Somit kann festgehalten werden, dass die Ergebnisse aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips denen aus der klassischen multiplen linearen Regression gut<sup>11</sup> entsprechen. Abweichungen zwischen beiden Ergebnissen sind plausibel erklärbar.

<sup>11</sup>Zur Wertung des Begriffes „gut“ vgl. den folgenden Abschnitt 5.5.4.

#### 5.5.4 Die Frage der Objektivierung

Es darf nicht verschwiegen werden, dass die abschließende Einschätzung aus dem vorangehenden Abschnitt 5.5.3 ein Stück weit subjektiv geprägt ist. Ein rein objektives Kriterium für die Gleichheit der Ergebnisse aus beiden Regressionsverfahren liegt nicht vor. Im Rahmen der Modelldiagnostik wird oft auf die Informationskriterien AIC (Akaike Information Criterion) und BIC (Bayesian Information Criterion) verwiesen.<sup>12</sup> Mit diesen kann untersucht werden, welches Modell am besten geeignet ist, die Zielgröße zu erklären. Ein solcher Ansatz ist hier jedoch nicht hilfreich. Von entscheidender Bedeutung in der vorliegenden Arbeit ist die Modellierung der Zielgröße anhand der als relevant festgestellten beschreibenden Größen. Deren Auswahl – und damit das Modelldesign – erfolgte zuvor auf der Grundlage von Erkenntnissen aus Ökonomie und Psychologie (vgl. die Abschnitte 4.2 bis 4.5). Es geht also gerade nicht darum, auf der Basis *eines* Datenpools ein optimales Modell zu designen. Vielmehr ist die Zielstellung, ein Modell aufgrund vorliegender Erkenntnisse zu designen und dies an *verschiedenen* Datenpools (Kauffalldaten aus verschiedenen Regionen Deutschlands) zu erproben. Unter der Verwendung verschiedener Datenpools sind AIC und BIC jedoch nicht aussagekräftig. Somit kann das Problem der Subjektivität nicht weiter gelöst werden und die Frage der Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus beiden Regressionsverfahren der zwar subjektiven aber dennoch vorsichtigen und gewissenhaften Einschätzung überlassen bleiben. In diesem Sinn soll die Schlussfolgerung des Abschnittes 5.5.3 und der in diesem Zusammenhang gewählte Begriff „gut“ gewürdigt und verstanden werden.

#### 5.5.5 Zur Bestätigung der Verfahrenswahl

Wenn nun die Ergebnisse aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips denen aus der klassischen multiplen linearen Regression gemäß vorstehenden Ausführungen gut entsprechen, ist die Frage, warum nicht das in seiner Anwendung einfachere und den Anwendern regelmäßig vertrautere Verfahren der klassischen multiplen linearen Regression zur Lösung der in dieser Arbeit gestellten Forschungsfrage herangezogen wird, durchaus berechtigt. Es gibt jedoch drei gewichtige Gründe, die dazu führen, dem Verfahren der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips den Verzug zu geben:

1. Der Datenbestand basiert auf Gebäudesachwerten *GSW* im System der NHK 2000. Sollen künftigen Untersuchungen das System der NHK 2010 oder sonstige Systeme zugrunde gelegt werden, kann nicht vorausgesetzt werden, dass sich ebenfalls lineare Abhängigkeiten zwischen *GSW* und der Zielgröße *KP* ergeben. Entsprechend verhält es sich mit möglichen Anpassungen im Boden-

<sup>12</sup>Vgl. hierzu etwa Gernand und Fenske (2009) oder Fahrmeir et al. (2009).

richtwertssystem. Es kann an dieser Stelle also gar keine Aussage darüber getroffen werden, ob das Verfahren der klassischen multiplen *linearen* Regression in künftigen Untersuchungen ähnlich leistungsfähig ist.

2. Der im Abschnitt 4.8 herausgestellte Vorteil der Transparenz des Verfahrens und der sachverständigen Überprüfbarkeit der Ergebnisse bleibt nach wie vor ein wesentlicher Vorteil für die Arbeit der Sachverständigen.
3. Im Abschnitt 5.5.3 wurde an einem Beispiel dargelegt, dass die individuelle Entscheidung in Bezug auf die Identifikation kritischer Datensätze durchaus von einer mechanischen Auswahl abweichen kann. Der individuellen einzelfallbezogenen Entscheidung ist aber grundsätzlich der Vorrang vor einem mechanischen Verfahren zu geben – eben weil die Entscheidung bewusst getroffen wird und damit bei gewissenhaftem Umgang begründbar und nachvollziehbar ist.

Damit wird in dieser Arbeit den Ergebnissen aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips der Vorrang eingeräumt. Sämtliche weitere Untersuchungen basieren auf diesen Ergebnissen.

## 5.6 Äußere Genauigkeit – Validierung des Verfahrens

Die innere Genauigkeit des in dieser Arbeit entwickelten Ansatzes wurde bereits im Abschnitt 5.4 beleuchtet. Von entscheidender Bedeutung ist jedoch auch die äußere Genauigkeit zugunsten einer Validierung des entwickelten Modells an Daten außerhalb des an der Modellbildung beteiligten Pools. Ein gängiges Validierungsverfahren ist die Kreuzvalidierung.<sup>13</sup> Hierbei wird der zur Verfügung stehende Datenbestand in einem bestimmten Verhältnis durch zufällige Auswahl in Trainings- und Testdaten unterteilt. Anschließend wird das Modell auf der Grundlage der Trainingsdaten entwickelt und dessen Leistungsfähigkeit an den Testdaten überprüft, indem die prognostizierten (mithilfe des Modells abgeleiteten) Ausprägungen der Zielgröße mit den tatsächlichen Ausprägungen derselben verglichen werden. Ggf. werden anschließend die Trainingsdaten und Testdaten in ihrer Funktion vertauscht und der Test erneut durchgeführt.

Da im Rahmen der zufälligen Einteilung in Trainings- und Testdaten auch durchaus unerwünschte einseitige Effekte auftreten können, bietet es sich an, den Gesamtdatenbestand in  $k$  etwa gleich große Partitionen einzuteilen. Anschließend wird in der Folge von  $k$  Rechendurchgängen jede Partition einmal zum Testdatensatz erklärt, während die anderen  $k - 1$  Partitionen als Trainingsdaten Verwendung finden. Der Vorteil dieser Variante ist, dass nach  $k$  Durchgängen jeder Datensatz genau einmal die Funktion eines Testdatensatzes erhält und genau  $k - 1$  mal als Trainingsdatensatz dient. Der Einfluss des Zufalls wird somit minimiert.

<sup>13</sup>Zum Verfahren der Kreuzvalidierung vgl. z. B. Fahrmeir et al. (ebd., S. 161 f.).

In Bezug auf das in dieser Arbeit entwickelte Modell ergibt sich jedoch ein Problem: Durch eine Aufteilung der zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten in Trainings- und Testdaten würden verschiedene Klassen nicht mehr ausreichend bedient werden können. Eine möglichst hohe Anzahl an Klassen ist für die partielle Auflösung jedoch von entscheidender Bedeutung. Somit würde das Modell an Sicherheit und Qualität verlieren.

Eine Abwandlung der oben beschriebenen Kreuzvalidierung ist die Leave-One-Out-Methode.<sup>14</sup> Nach dieser wird aus der Gesamtmenge aller Datensätze nacheinander jeweils nur ein Datensatz als Testdatensatz deklariert und an diesem das anhand der Trainingsdaten entwickelte Modell erprobt. Bei insgesamt  $n$  Datensätzen werden somit  $n$  Rechendurchgänge erforderlich. Mit diesem Ansatz kann zwar dem Problem des Verlustes notwendiger Klassen begegnet werden, allerdings stellt sich hier ein weiteres Problem ein: Unter Abschnitt 5.5 wurde dargelegt, dass ein wesentlicher Vorteil der Regressionsanalyse mit partieller Zerlegung unter Verwendung des Normierungsprinzips darin besteht, dass das partiell zerlegte Regressionsmodell individuell überprüft und kritische Datensätze nach sachverständiger Entscheidung von den weiteren Auswertungen ausgeschlossen werden können. Auf maschinellem Weg ist dies jedoch nicht möglich. Hieraus folgt, dass bei  $n$  Datensätzen  $n$  individuelle Sichtungen und Beurteilungen zu erfolgen hätten. Bei einem Datenbestand von über 2.000 Datensätzen über alle Teilmärkte ist dieser Aufwand aus Gründen der Effizienz nicht leistbar.

Nun kann aber ein glücklicher Umstand genutzt und die entwickelten Modelle dennoch nach den Grundsätzen der Kreuzvalidierung getestet werden. Im Abschnitt 5.5 wurde ausgeführt, dass sich die im Rahmen der partiellen Zerlegung ermittelten funktionalen Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen  $BW$ ,  $FL$ ,  $GSW$  und der Zielgröße  $KP$  in linearer Form zeigen. Daraufhin wurde das Modell gemäß Gleichung 4.8 mithilfe der klassischen multiplen linearen Regression gelöst und die Modellparameter in Tabelle 5.55 zusammengestellt. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse vergleichbar sind (vgl. hierzu die Ausführungen im Abschnitt 5.5). Wenn nun also die Kreuzvalidierung an den mithilfe der multiplen linearen Regression ermittelten Modellen durchgeführt wird und diese Modelle denen aus der Regressionsanalyse mit partieller Zerlegung unter Verwendung des Normierungsprinzips entsprechen, muss auch das Ergebnis der Validierung des ersten Verfahrens auf das zweite Verfahren übertragbar sein. Die Validierung der im Abschnitt 5.3 ermittelten Ergebnisse erfolgt also indirekt über die Validierung der Ergebnisse aus der klassischen multiplen linearen Regression gemäß Abschnitt 5.5.

Diesem Gedanken folgend werden nun die vorliegenden teilmarktspezifischen Datensätze in  $k = 10$  Partitionen eingeteilt. In 10 Durchgängen werden nacheinander alle Partitionen einmal zum Testdatensatz erklärt, an welchem die aus den Trainingsdatensätzen abgeleiteten Regressionsparameter im Modell gemäß Gleichung 4.8

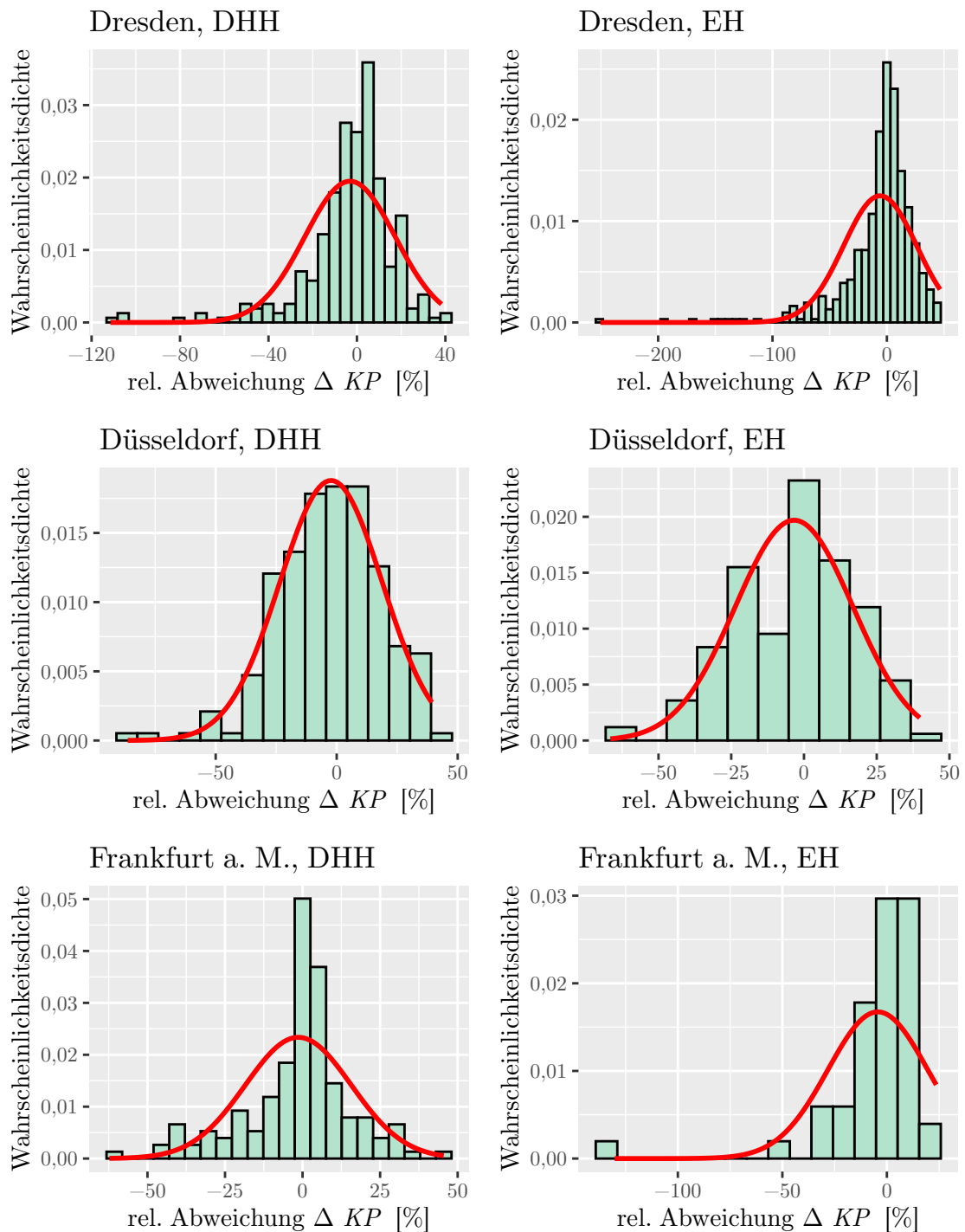
<sup>14</sup>Zur Leave-One-Out-Methode vgl. z. B. Fahrmeir et al. (2009, S. 162).

**Tabelle 5.58:** Mittelwert, Median und Standardabweichung der relativen Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta KP$ 

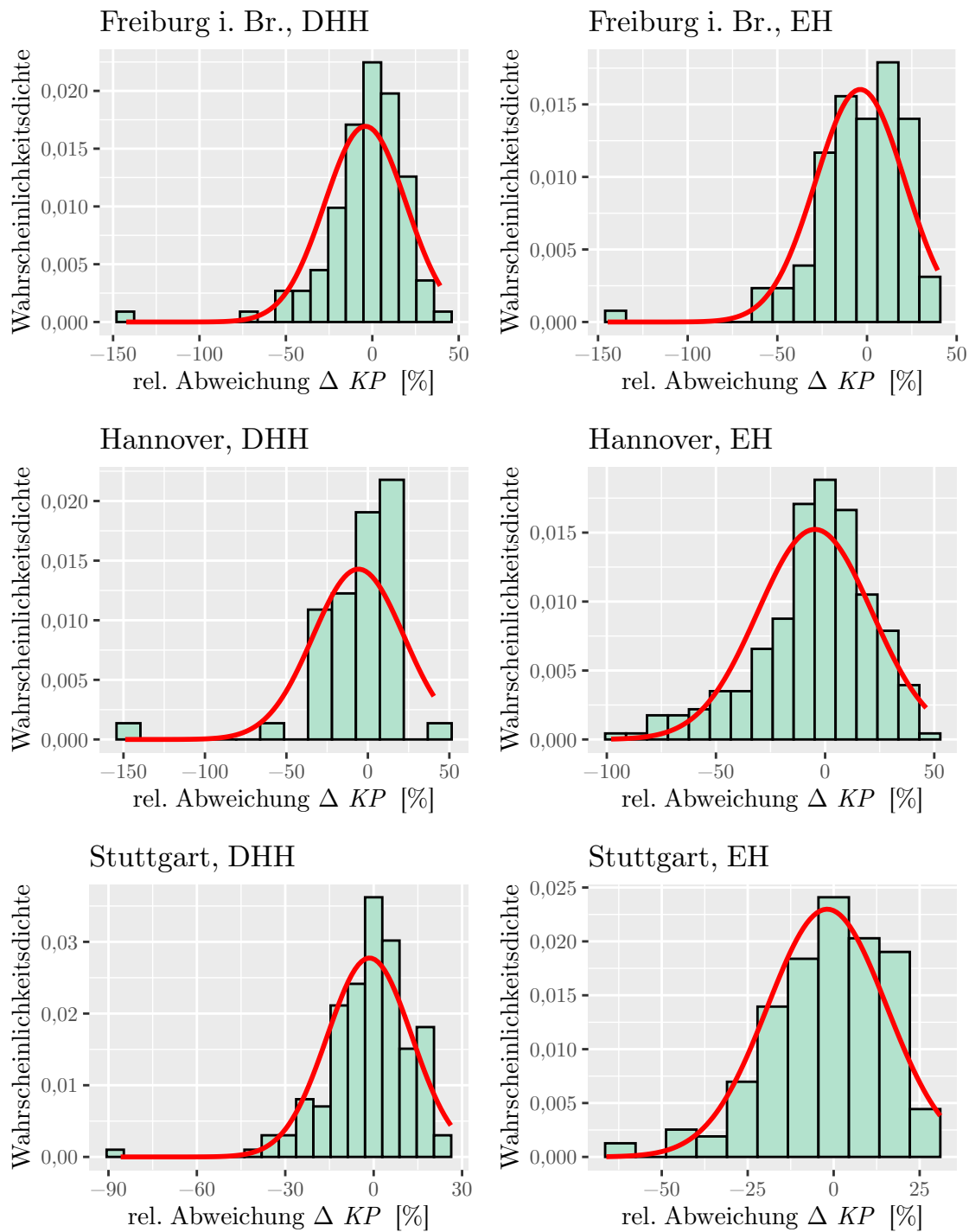
Teilmarkt	$\Delta KP$ [%]		
	Mittelwert	Median	Standardabweichung
Dresden, DHH	-3,14	-0,23	20,46
Dresden, EH	-5,88	-0,17	31,91
Düsseldorf, DHH	-2,32	-1,29	21,23
Düsseldorf, EH	-3,39	-0,02	20,26
Frankfurt a. M., DHH	-1,37	1,13	17,07
Frankfurt a. M., EH	-4,34	2,05	23,83
Freiburg i. Br., DHH	-4,00	-0,73	23,55
Freiburg i. Br., EH	-3,75	-0,98	24,88
Hannover, DHH	-5,78	-0,50	27,92
Hannover, EH	-4,69	-0,69	26,19
Stuttgart, DHH	-1,42	-0,31	14,38
Stuttgart EH	-1,89	0,56	17,35
Mittel	-3,50	-0,10	22,42

erprobt werden. Hierzu werden in jedem Durchgang die aus dem Modell prognostizierten Kaufpreise  $KP_{Ist}$  den tatsächlichen Kaufpreisen  $KP_{Soll}$  gegenübergestellt. Als Maß zur Beurteilung der Güte des Modells dient die relative Abweichung  $\Delta KP$  in [%] zwischen  $KP_{Soll}$  und  $KP_{Ist}$ . Die Häufigkeitsverteilung der aus 10 Durchgängen ermittelten  $\Delta KP$  werden in den Abbildungen 5.40 und 5.41 dargestellt. Als Referenz wird zusätzlich die Normalverteilung in die Abbildungen eingetragen. Die statistischen Kenngrößen Mittelwert, Median und Standardabweichung der relativen Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta KP$  fasst Tabelle 5.58 zusammen. Es lässt sich das Folgende festhalten:

- Die Häufigkeitsverteilungen der relativen  $\Delta KP$  nähern sich in allen Teilmärkten sehr gut der Normalverteilung an.
- In einigen Teilmärkten zeigen sich vereinzelte relative  $\Delta KP$  mit ausgesprochen hoher negativer Ausprägung. Dies bedeutet, dass die betreffenden Grundstücke zu weit höheren Kaufpreisen veräußert wurden, als die teilmarktspezifischen Preisbildungsmodelle dies erwarten lassen. Da es sich jedoch nur um wenige Einzelfälle handelt, sind hierin keine Modellschwächen zu vermuten. Vielmehr



**Abbildung 5.40:** Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung  $\Delta KP$  in [%] zwischen  $KP_{Soll}$  und  $KP_{Ist}$  für Dresden, Düsseldorf und Frankfurt a. M. Als Referenz ist in rot die Normalverteilung dargestellt.



**Abbildung 5.41:** Häufigkeitsverteilung der relativen Abweichung  $\Delta KP$  in [%] zwischen  $KP_{\text{Soll}}$  und  $KP_{\text{Ist}}$  für Freiburg i. Br., Hannover und Stuttgart. Als Referenz ist in rot die Normalverteilung dargestellt.

ist davon auszugehen, dass es sich um Grundstücke handelt, deren Preisbildung nicht ausreichend durch die Merkmale  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  beschrieben werden kann. Denkbar wären etwa besonders hochwertige Ausstattungen und/oder auf überdurchschnittlich große Grundstücksflächen abgestellte Bodenrichtwerte. Beide Merkmale sind typisch für regionale Hochpreisquartiere wie etwa Villengegenden.

- Sowohl die Mittelwerte als auch die Mediane der relativen  $\Delta KP$  nähern sich sehr gut einem Wert von null an.
- Die Standardabweichungen der relativen  $\Delta KP$  liegen im Mittel bei rund 22 %. Da sich die relativen  $\Delta KP$  annähernd normalverteilt zeigen, bedeutet dies, dass die 2/3-Mehrheit der Grundstückskaufpreise innerhalb dieser Grenze vorhergesagt werden kann. Hierbei ist zudem zu berücksichtigen, dass im vorliegenden Soll-Ist-Vergleich Einzelfälle betrachtet werden. Im Rahmen der praktischen Anwendung stehen oft mehrere Vergleichskauffälle je Bodenrichtwertzone zur Verfügung. Das bedeutet, dass bei der praktischen Umsetzung dieses Ansatzes die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse je Bodenrichtwertzone noch deutlich erhöht werden kann.

Damit kann das mithilfe der klassischen multiplen linearen Regression aufgelöste Modell gemäß Gleichung 4.8 als validiert und für eine praktische Anwendung als geeignet eingestuft werden. Da die Auflösung des Modells gemäß Gleichung 4.8 mithilfe der Regressionsanalyse mit partieller Zerlegung unter Verwendung des Normierungsprinzips zu gleichartigen Ergebnissen kommt (vgl. Abschnitt 5.5.3), kann auch dieses als validiert und für eine praktische Anwendung als geeignet betrachtet werden.

## 5.7 Anwendungsbeispiel

An einem praktischen Beispiel soll an dieser Stelle die Anwendung des zuvor entwickelten Ansatzes zur Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke dargestellt werden.

Vorbereitend sind zur Lösung der Aufgabe gemäß Abschnitt 4.9 und den dortigen Gleichungen 4.28 bis 4.34 die teilmarktspezifischen Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$ ,  $g_k(FL) = k_{FL}$ ,  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  sowie die jahrgangsspezifische Korrektur  $k_J$  zu ermitteln. Dies geschieht auf der Grundlage der grundstücksspezifischen Bodenwerte, Grundstücksflächen, Gebäudesachwerte sowie der Jahrgänge der Veräußerungen. Die Ermittlung der Korrekturfunktionen kann vollständig automatisiert erfolgen. Ist ein entsprechender Algorithmus programmiert – und im Optimalfall in die Kaufpreissammlung integriert – können jederzeit und ohne weiteren Aufwand regional- und teilmarktspezifische Korrekturfunktionen ermittelt werden.



Ist diese Vorarbeit geleistet, kann im Rahmen der definierten Teilmarktgrenzen zu jedem Kauffall eines bebauten Grundstücks der individuelle Bodenwert  $BW$  ermittelt werden – und zwar ebenfalls vollständig automatisiert, sofern entsprechende Rechenroutinen in die Kaufpreissammlung implementiert werden. Der ermittelte Bodenwert entspricht dem Modell des fiktiv unbebauten Bodens und kann daher ohne Berücksichtigung etwaiger Wertunterschiede zwischen bebautem und unbebautem Boden der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden. Beispielfhaft sei das Grundstück mit den folgenden Merkmalen gegeben:

- Region: Stuttgart
- Teilmarkt: Freistehende Einfamilienhäuser
- Kaufpreis  $KP$ : 800.000 EUR
- Grundstücksgröße  $FL$ : 600 m<sup>2</sup>
- Gebäudesachwert  $GSW$ : 250.000 EUR
- Jahrgang des Kaufvertrages  $J$ : 2013

Gemäß Gleichung 5.196 ergibt sich der Normpreis  $N$  für Stuttgart (EH) zu

$$N = 271.124,035 \text{ EUR.} \quad (5.219)$$

Die Korrekturfunktionen lauten gemäß der Gleichungen 5.201 bis 5.204:

$$k_{BW} = -2,630 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,789, \quad (5.220)$$

$$k_{FL} = -16,569 \cdot 10^{-4} \cdot FL + 0,911, \quad (5.221)$$

$$k_{GSW} = -4,091 \cdot 10^{-6} \cdot GSW + 0,614, \quad (5.222)$$

$$k_J = -\frac{\beta_J}{N} + 0,018. \quad (5.223)$$

Für das Jahr 2013 lautet gemäß Tabelle 5.52

$$\beta_J = 23.738,463. \quad (5.224)$$

Werden in die Gleichungen 5.221, 5.222 und 5.223 die oben genannten Ausprägungen der Grundstücksmerkmale  $FL$ ,  $GSW$  und  $J$  eingesetzt, ergibt sich daraus

$$k_{FL} = -16,569 \cdot 10^{-4} \cdot 600 \text{ m}^2 + 0,911 = -0,083, \quad (5.225)$$

$$k_{GSW} = -4,091 \cdot 10^{-6} \cdot 250.000 \text{ EUR} + 0,614 = -0,409, \quad (5.226)$$

$$k_J = -\frac{23.738,463 \text{ EUR}}{271.124,035 \text{ EUR}} + 0,018 = -0,070. \quad (5.227)$$

Nun ist nach Gleichung 4.36

$$\begin{aligned}
 k_{\text{BW}} &= 1 - \frac{KP}{N} - k_{\text{FL}} - k_{\text{GSW}} - k_{\text{J}} \\
 \Leftrightarrow k_{\text{BW}} &= 1 - \frac{800.000 \text{ EUR}}{271.124,035 \text{ EUR}} + 0,083 + 0,409 + 0,070 & (5.228) \\
 \Leftrightarrow k_{\text{BW}} &= -1,389
 \end{aligned}$$

Wird dieses Ergebnis in Gleichung 5.220 eingesetzt und diese nach  $BW$  umgeformt, ergibt sich

$$\begin{aligned}
 -1,389 &= -2,630 \cdot 10^{-3} \cdot BW + 0,789 \\
 \Leftrightarrow BW &= 828,137 \text{ EUR/m}^2 \approx \underline{\underline{830 \text{ EUR/m}^2}} & (5.229)
 \end{aligned}$$

Der Bodenwert des bebauten Grundstücks – und zwar im Modell des fiktiv unbebauten Bodens – wird zu 830 EUR/m<sup>2</sup> ermittelt.<sup>15</sup>

Nun war die Aufgabe so konstruiert, dass der Kauffall aus dem Jahr 2013 stammt und damit der entsprechende jahrgangsspezifische Korrekturwert  $k_{\text{J}}$  bekannt ist. Dies ist in der Praxis regelmäßig jedoch nicht gegeben. Stattdessen dürfte die übliche Vorgehensweise sein, dass zunächst die Korrekturfunktionen anhand der Kaufpreissammlung unter Kenntnis der jeweils aktuellen Bodenwerte ermittelt werden. Die Aufgabe der Bodenwertableitung stellt sich dann im Folgejahr. Dann könnten die berechneten Ergebnisse aufgrund konjunktureller Entwicklungen jedoch bereits veraltet und nicht mehr ausreichend marktkonform sein. Ähnliche Herausforderungen sind in der Wertermittlung durchaus geläufig. So werden etwa Sachwertfaktoren oder Liegenschaftszinssätze für die aktuelle Anwendung aus Daten der Vorjahre abgeleitet. Diesem Problem wird mit sachverständiger Einschätzung der Entwicklung, optimalerweise unter Zuhilfenahme von extrapolierten Indexreihen oder sonstigen Statistiken, begegnet. Entsprechend ist auch hier zu verfahren. Da die konjunkturelle Korrektur ausschließlich durch das Glied  $k_{\text{J}}$  abgedeckt wird, ist eine entsprechende Anpassung sogar relativ einfach. Während alle anderen Glieder des Modells unverändert bleiben, muss lediglich  $k_{\text{J}}$  angepasst werden. Eine andere mögliche Variante ist die Berechnung des Bodenwertes zum gegebenen Referenzjahr mit anschließender konjunktureller Anpassung desselben auf das Bewertungsjahr.

<sup>15</sup>Mit maschineller Unterstützung unter Verwendung einer höheren Anzahl von Nachkommastellen wird ein Ergebnis von 828,20 EUR/m<sup>2</sup> und damit gerundet ebenfalls 830 EUR/m<sup>2</sup> erzielt.

## 6 Die überregionale Vergleichbarkeit des Preisbildungsmechanismus

### 6.1 Die Korrekturfunktionen $f_k(BW)$ , $g_k(FL)$ und $u_k(GSW)$

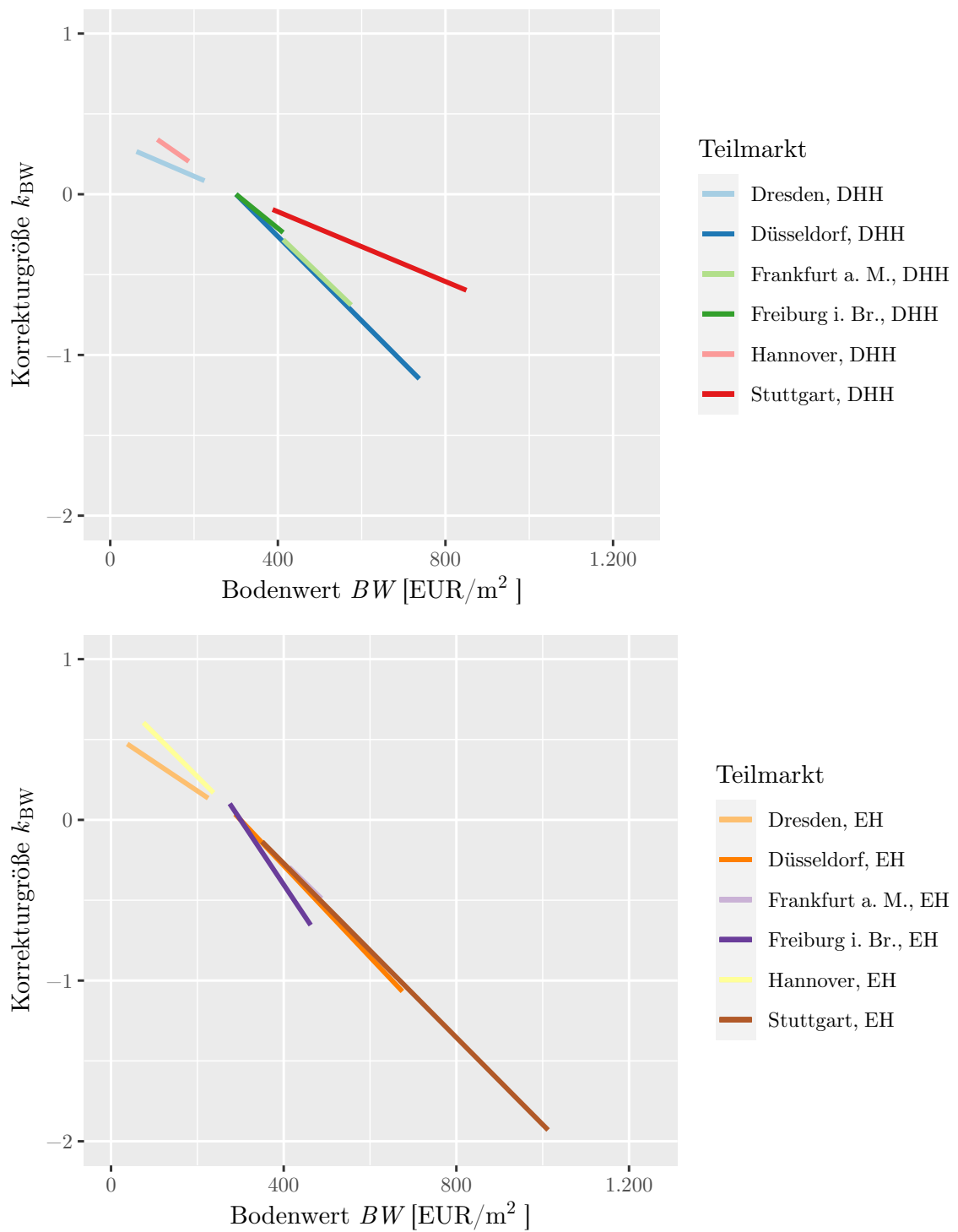
Während in Kapitel 5 die Ergebnisse aus den zwölf Testreihen weitestgehend isoliert voneinander betrachtet wurden, soll in diesem Kapitel ein Vergleich der Ergebnisse erfolgen. Da für die Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke die Korrekturgrößen  $k_{BW}$ ,  $k_{FL}$  und  $k_{GSW}$  gemäß der Gleichungen 4.28 bis 4.30 bzw. deren funktionalen Zusammenhänge  $f_k(BW)$ ,  $g_k(FL)$  und  $u_k(GSW)$  gemäß der Gleichungen 4.32 bis 4.34 maßgeblich sind, erfolgt der Vergleich auf deren Grundlage. Eine Betrachtung der Korrekturgröße  $k_J$  unterbleibt dagegen, da diese keine Aussage über die Preisbildungsmechanismen trifft. Die Aufgabe von  $k_J$  ist die Kompensation konjunktureller Entwicklungen. Da diese regional unterschiedlich verlaufen können, ist ein entsprechender Vergleich für die hier gestellte Aufgabe bedeutungslos.

Im ersten Schritt sollen die aus den verschiedenen Teilmärkten abgeleiteten Funktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$  und  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  miteinander verglichen werden. Die Abbildungen 6.1 und 6.2 liefern einen Vergleich in graphischer Form. Es lässt sich das Folgende erkennen:

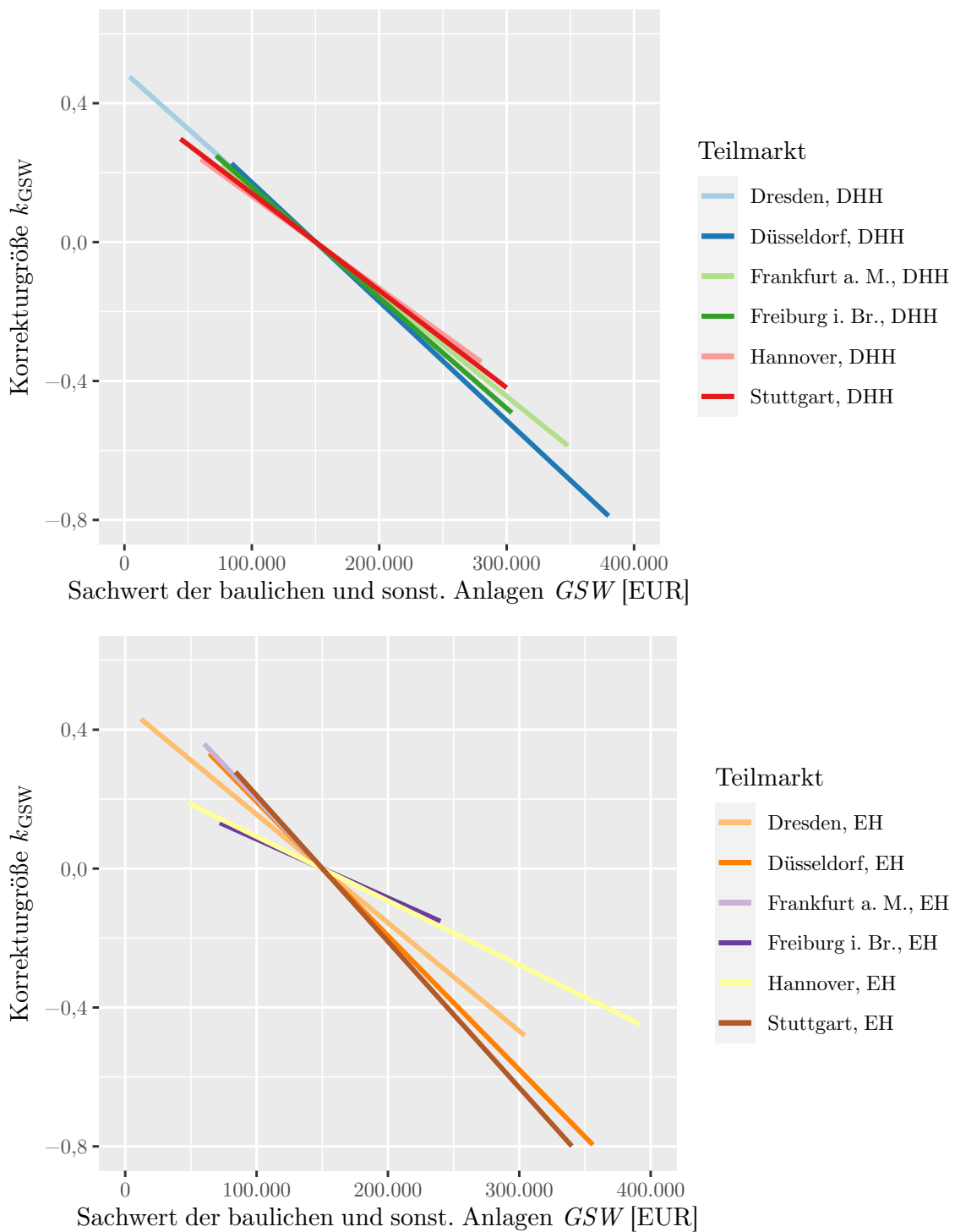
Zunächst ist festzuhalten, dass sich alle Funktionen der Abbildungen 6.1 und 6.2 in jeweils einem Punkt schneiden. Dies ist auf das zugrundeliegende Verfahren zurückzuführen. Im Rahmen der partiellen Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips wird jedem Grundstücksmerkmal ein Normwert zugewiesen. Die korrespondierende Korrekturgröße erhält den Wert 1,0. Da gemäß Abschnitt 4.9.5 Tabelle 4.7 allen Teilmärkten identische Normmerkmale zugewiesen wurden ( $BW_N = 300 \text{ EUR/m}^2$ ,  $FL_N = 550 \text{ m}^2$  und  $GSW_N = 150.000 \text{ EUR}$ ) ergibt sich für die Korrekturfunktionen ein gemeinsamer Schnittpunkt.

Nun zeigt sich gemäß Abbildung 6.1 eine hohe Übereinstimmung der Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$  für verschiedene Testregionen. Für den Teilmarkt der Doppelhaushälften (DHH) stellen sich  $f_k(BW)$  einerseits für Düsseldorf, Frankfurt und Freiburg i. Br. sowie andererseits für Dresden und Stuttgart nahezu identisch dar. Allein Hannover ist mit den beiden anderen Gruppen nicht zur Deckung zu bringen. Für den Teilmarkt der Freistehenden Einfamilienhäuser (EH) zeigt sich eine noch höhere Überdeckung. Bis auf Dresden und Freiburg i. Br. liefern alle Testregionen nahezu identische Funktionen  $f_k(BW)$ .

Auch die Korrekturfunktionen  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  der sechs Testregionen zeigen eine gewisse Ähnlichkeit untereinander. Gerade der Teilmarkt der Doppelhaushälften



**Abbildung 6.1:** Die Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$  für die Teilmärkte DHH (oben) und EH (unten) in sechs deutschen Großstädten



**Abbildung 6.2:** Die Korrekturfunktionen  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  für die Teilmärkte DHH (oben) und EH (unten) in sechs deutschen Großstädten

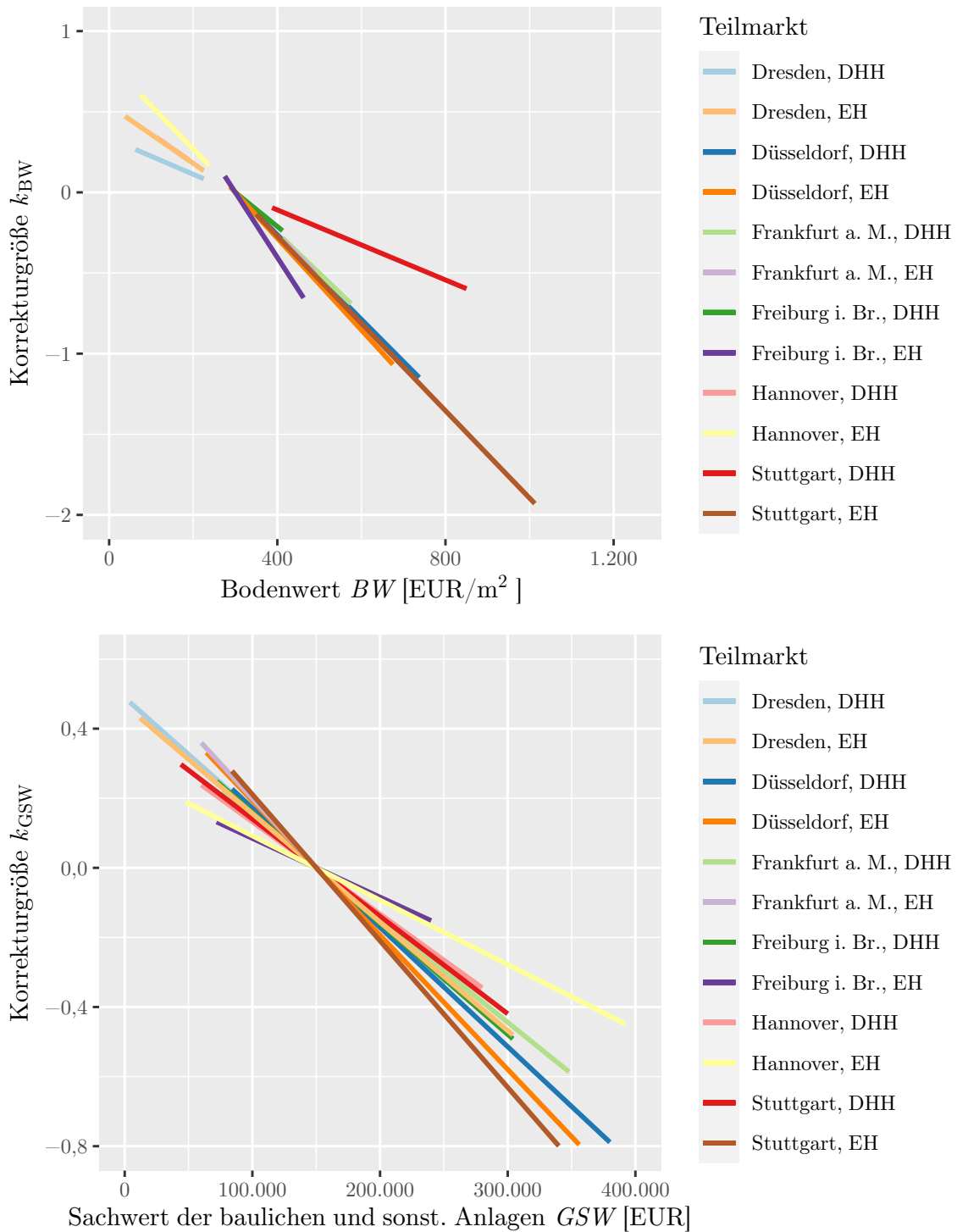
(DHH) zeigt eine überraschend hohe Übereinstimmung aller Funktionen. In Bezug auf den Teilmarkt der Freistehenden Einfamilienhäuser (EH) ist dagegen wieder eine gewisse Gruppenbildung erkennbar. Zunächst decken sich jeweils sehr gut die Korrekturfunktionen für Düsseldorf, Frankfurt a. M. und Stuttgart. Dresden nähert sich dieser Systematik in gewissen Grenzen an. Demgegenüber steht die zweite Gruppe mit annähernd deckungsgleichen Korrekturfunktionen: Freiburg i. Br. und Hannover.

Darüber hinaus zeigen sich auch über die Teilmärkte DHH und EH greifend wesentliche Gemeinsamkeiten der Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$  und  $u_k(GSW) = k_{GSW}$ . Die Abbildung 6.3 vermittelt einen diesbezüglichen Eindruck, indem die Korrekturfunktionen für die Teilmärkte DHH und EH der Abbildungen 6.1 und 6.2 jeweils in einer gemeinsamen Graphik dargestellt werden. Sowohl in Bezug auf  $k_{BW}$  als auch auf  $k_{GSW}$  deckt sich jeweils die Mehrzahl der ermittelten funktionalen Abhängigkeiten – teilweise mit sogar hoher Präzision. Eine Interpretation der Zusammenhänge erfolgt in diesem Abschnitt weiter unten.

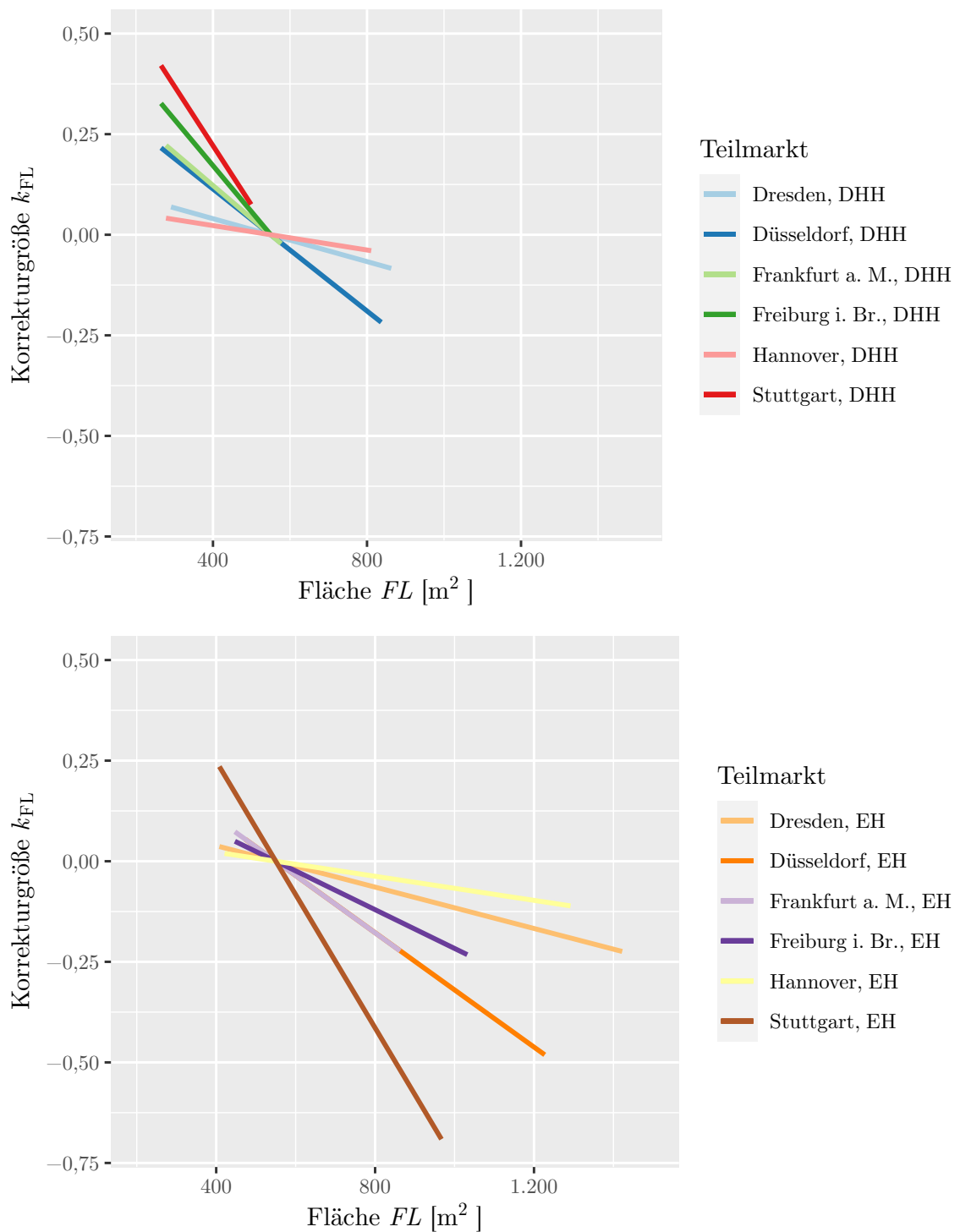
Abbildung 6.4 zeigt die für die Testregionen und Teilmärkte ermittelten Funktionen  $g_k(FL) = k_{FL}$ . Auch hier lassen sich schnell systematische Zusammenhänge ausmachen. Werden die Steigungen der regional- und teilmarktspezifischen Funktionen  $g_k(FL)$  dem jeweiligen mittleren regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$  gegenübergestellt, zeigt sich, dass beide Größen stark miteinander korrelieren, offensichtlich sogar in einem linearen Zusammenhang zueinander stehen. Abbildung 6.5 verdeutlicht dies in graphischer Form. Hierbei wird als regionales Bodenwertniveau  $BW_{reg}$  jeweils der Median der regional- und teilmarktspezifischen Bodenwerte aller ausgewerteten Vergleichskauffälle gewählt. Diese werden zur Übersicht in Tabelle 6.1 zusammengestellt. Hierbei zeigt sich: Je höher das ortsspezifische Bodenwertniveau ausfällt, desto steiler fällt die Funktion  $g_k(FL)$ . Anders ausgedrückt: Je höher das ortsspezifische Bodenwertniveau ausfällt, desto stärker wirkt sich die Grundstücksfläche auf die Preisbildung aus.<sup>1</sup> Vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.73 im Anhang.

Wenn nun von einer Ähnlichkeit bzw. Systematik in der Gestalt der verschiedenen Korrekturfunktionen gesprochen wird, ist zunächst zu hinterfragen, ob eine präzise Übereinstimmung der Ergebnisse aus verschiedenen Regionen und Teilmärkten überhaupt möglich ist. Hierbei ist Folgendes zu berücksichtigen: Für die Ableitung der Korrekturfunktionen ist die Kenntnis verschiedener Ausgangsdaten erforderlich. Es sind dies die Bodenwerte, die Grundstücksflächen sowie die Gebäudesachwerte. Damit wird das Ergebnis – die gesuchten Korrekturfunktionen – zwangsläufig durch die verwendeten Ausgangsdaten beeinflusst. Und dies ist, das sei betont, zunächst keine Frage der Datenqualität, sondern eine Frage der verwendeten Modelle. Zwar geben sowohl die Wertermittlungslehre als auch das Wertermittlungsrecht gewisse Rahmenbedingungen vor, jenseits dieser sind die Gutachterausschüsse jedoch relativ frei. So existiert keine Vorschrift oder allgemein anerkannte Lehre zur Berücksichtigung be-

<sup>1</sup>Zur Erinnerung: In Gleichung 4.35 geht  $k_{FL}$  mit negativem Vorzeichen ein. Daher bedeutet ein negatives  $k_{FL}$  mit wachsendem Betrag einen wachsenden Kaufpreis  $KP$ .

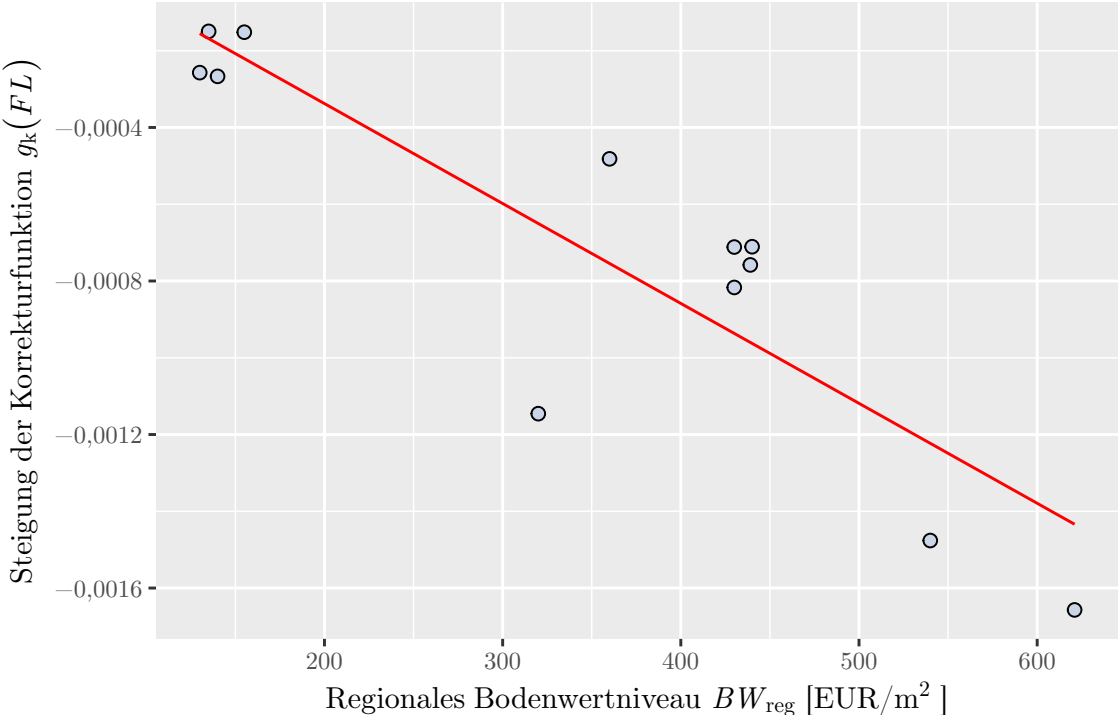


**Abbildung 6.3:** Die Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$  (oben) und  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  (unten) für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten



**Abbildung 6.4:** Die Korrekturfunktionen  $g_k(FL) = k_{FL}$  für die Teilmärkte DHH (oben) und EH (unten) in sechs deutschen Großstädten





**Abbildung 6.5:** Steigungen der regionalspezifischen Korrekturfunktionen  $g_k(FL)$  in Abhängigkeit vom jeweiligen regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$

**Tabelle 6.1:** Regional- und teilmarktspezifische Bodenwertniveaus in den Testregionen

Teilmarkt	Mittlerer Bodenwert (Median) $BW_{\text{reg}}$ [EUR/m <sup>2</sup> ]
Dresden, DHH	140
Dresden, EH	130
Düsseldorf, DHH	439
Düsseldorf, EH	440
Frankfurt a. M., DHH	430
Frankfurt a. M., EH	430
Freiburg i. Br., DHH	320
Freiburg i. Br., EH	360
Hannover, DHH	155
Hannover, EH	135
Stuttgart, DHH	540
Stuttgart, EH	621

sonderer Bauteile oder Anlagen (z. B. Garagen, Carports, Außenanlagen). Ebenso werden individuelle Modelle zur Benennung des Ausstattungsstandards verwendet.

Noch komplexer ist die Ableitung der individuellen Bodenwerte aus den Bodenrichtwerten. So existieren unterschiedliche Ansätze zur Wertanpassung gegenüber dem Bodenrichtwertgrundstück in Bezug auf die bauliche Ausnutzung, den Grundstückszuschnitt oder die Lage im Erschließungssystem. Diese Uneinheitlichkeit setzt sich auch in Bezug auf die Ableitung der Bodenrichtwerte selbst fort. So werden diese je nach den vorhandenen Rahmenbedingungen nach teilweise sehr unterschiedlichen Ansätzen ermittelt (vgl. hierzu Kapitel 2, darunter insbesondere auch Tabelle 2.1). Und so wie immer die Wahl des Verfahrens auch das Ergebnis beeinflussen kann, so kann insbesondere auch die letztendlich erforderliche sachverständige Einschätzung nicht in Normen gepresst werden. Insofern ist die Erwartung einer präzisen Übereinstimmung der aus den sechs Testregionen ermittelten Korrekturfunktionen nicht realistisch. Eine gewisse Streubreite ist immer zu erwarten.

Viel interessanter sind demgegenüber aber die Funktionen verschiedener Teilmärkte, welche zwar vom allgemeinen Trend abweichen, sich aber *untereinander* sehr genau entsprechen. Ein prägnantes Beispiel stellen die Funktionen  $f_k(BW)$  der Teilmärkte Dresden (DHH) und Stuttgart (DHH) dar (vgl. die obere Teilgraphik in Abbildung 6.3). Diese decken zwar einen völlig anderen Bodenwertbereich ab, zeigen aber eine nahezu identische funktionale Abhängigkeit. Ähnliches ist für Dresden

(EH) und Hannover (DHH) (vgl. ebenfalls die obere Teilgraphik in Abbildung 6.3) zu erkennen. In Bezug auf die Funktionen  $u_k(GSW)$  zeigen die Teilmärkte Stuttgart (EH) und Düsseldorf (EH) sowie Hannover (EH) und Freiburg i. Br. (EH) ein entsprechendes Phänomen (vgl. die untere Teilgraphik in Abbildung 6.3).

Aufgrund dieser mehrfachen Gleichheit ist nicht von einem Zufall auszugehen. Vielmehr ist eine Systematik zu vermuten, welche dafür sorgt, dass manche Funktionen diese und andere jene Gestalt annehmen, beide Gestalten aber jeweils mehrfach auftreten. Als Lösung für diese Frage können erneut die Modelle der Gutachterausschüsse herangezogen werden: Unterscheiden sich die Modelle zur Auswertung der Vergleichskauffälle müssen auch die daraus abgeleiteten Funktionen  $f_k(BW)$ ,  $g_k(FL)$  und  $u_k(GSW)$  eine andere Gestalt annehmen – auch wenn der Preisbildungsmechanismus, welcher durch diese Funktionen modelliert wird, grundsätzlich identisch sein sollte. Verwenden zwei Gutachterausschüsse aber nun dasselbe von der Norm abweichende Modell, erhalten beide, im Fall der Gleichheit der Preisbildungsmechanismen, dieselben von der Norm abweichenden Ergebnisse.

Natürlich ist dies eine Interpretation, welche in der vorliegenden Arbeit lediglich als These aufgestellt und nicht überprüft werden kann. Hierfür wäre die Untersuchung aller von den jeweiligen Gutachterausschüssen verwendeten Modelle erforderlich. Zumindest kann aber ein weiterer die These stützender Hinweis eingebracht werden: Wie erwähnt, zeigen die Funktionen  $f_k(BW)$  für Dresden (DHH) und Stuttgart (DHH) eine auffällige Ähnlichkeit bei gleichzeitiger Abweichung gegenüber der Mehrheit der Funktionen der anderen Teilmärkte (vgl. die obere Teilgraphik in Abbildung 6.3). Nun wurde nach Fehrman (2019) der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Dresden nach seiner Gründung im Zuge der deutschen Wiedervereinigung durch den Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Stuttgart beraten und betreut. Die Modelle aus Stuttgart finden nach Auskunft der Geschäftsstelle bis heute noch in Dresden Anwendung. Insofern ist es kein Zufall, sondern logische Konsequenz, dass sich Dresden und Stuttgart in Bezug auf die Korrekturfunktionen so sehr ähneln – und zwar unabhängig von den in Dresden und Stuttgart immerhin wesentlich unterschiedlichen Bodenwertniveaus. Dies spricht grundsätzlich für eine überregionale Gleichheit der Preisbildungsmechanismen.

## 6.2 Der Normpreis $N$

Während die Korrekturfunktionen angeben, in welchem Maß der regional ermittelte Normpreis  $N$  durch die individuellen Grundstücksmerkmale beeinflusst wird, gibt  $N$ , ausgehend von den Merkmalen des Normgrundstücks, Auskunft über das absolute Preisniveau. Daher ist natürlich auch die Betrachtung der in den Testregionen berechneten Normpreise von Interesse. Tabelle 6.2 fasst diese zusammen.

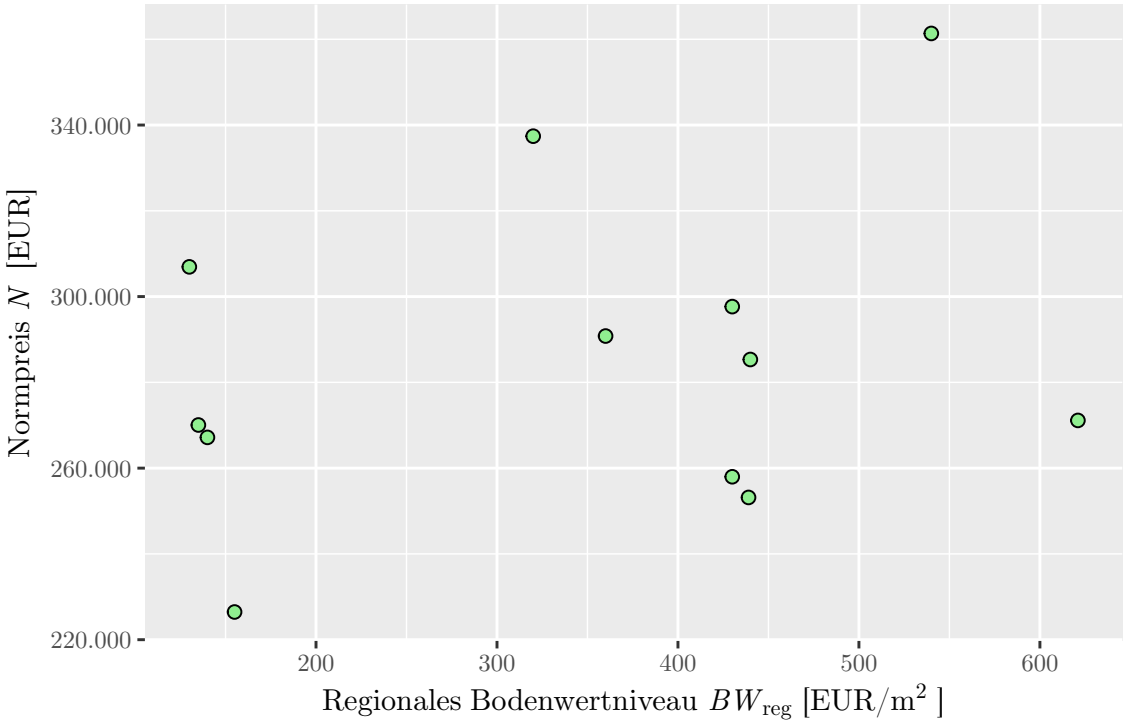
**Tabelle 6.2:** Zusammenstellung der in Kapitel 5 berechneten Normpreise  $N$ . Die Angaben wurden auf volle EUR-Werte gerundet.

Teilmarkt	Normpreis $N$
Dresden, DHH	267.170 EUR
Dresden, EH	306.932 EUR
Düsseldorf, DHH	253.169 EUR
Düsseldorf, EH	285.330 EUR
Frankfurt a. M., DHH	257.988 EUR
Frankfurt a. M., EH	297.663 EUR
Freiburg i. Br., DHH	337.400 EUR
Freiburg i. Br., EH	290.802 EUR
Hannover, DHH	226.458 EUR
Hannover, EH	270.059 EUR
Stuttgart, DHH	361.356 EUR
Stuttgart, EH	271.124 EUR

Zunächst mag der Verdacht nahe liegen, dass die Ausprägung des Normpreises  $N$  regional abhängig ausfällt, jede Region also über ein individuelles Preisniveau verfügt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Werden als Repräsentanten der Testregionen ihre regionalen Bodenwertniveaus  $BW_{\text{reg}}$  gewählt und diese den regionalspezifischen  $N$  gegenübergestellt, zeigt sich keine Systematik (vgl. Abbildung 6.6). Zwar lässt sich augenscheinlich ein gewisser Zusammenhang erahnen, dieser wird aber im Wesentlichen durch den Datenpunkt Stuttgart, DHH = (575 EUR/m<sup>2</sup> | 361.356 EUR) provoziert. Wird dieser aus der Auswertung ausgeschlossen, reduziert sich der Korrelationskoeffizient zwischen  $BW_{\text{reg}}$  und  $N$  von 0,27 auf 0,05.

Ergänzend hierzu soll abschließend geklärt werden, ob die Teilmärkte DHH und EH über unterschiedliche gemittelte Normpreise verfügen, ob also der Marktteilnehmer die beiden Teilmärkte bei ansonsten gleichartigen Grundstücksmerkmalen ( $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$ ) unterschiedlich bewertet. Hierzu wird zunächst ein F-Test zur Prüfung der Varianzen beider Datenreihen auf Ungleichheit sowie anschließend ein t-Test zur Prüfung der Mittelwerte beider Datenreihen auf Ungleichheit durchgeführt. Das Ergebnis (vgl. hierzu das Berechnungsprotokoll P.74 im Anhang) führt zu der Annahme, dass die gemittelten Normpreise der Teilmärkte DHH und EH sich nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Natürlich muss kritisch angemerkt werden, dass die Datenreihen mit jeweils sechs Datensätzen ausgesprochen klein ausfallen und die Tests zudem sehr anfällig gegen



**Abbildung 6.6:** Vergleich zwischen dem Normpreis  $N$  und dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$

**Tabelle 6.3:** Repräsentativer Normpreis für die Teilmärkte DHH und EH in den sechs Testregionen

Kenngröße	Ausprägung
Median	278.227 EUR
arithm, Mittel	285.454 EUR
Standardabw. d. Mittels	37.115 EUR

Störungen der Normalverteilungsbedingung sind.<sup>2</sup> Dennoch kann aus dem Vorgenannten in Verbindung mit Abbildung 6.6 die These abgeleitet werden, dass der Normpreis  $N$  für alle untersuchten Testregionen eine teilmarktunabhängige konstante Größe darstellt. Diese kann gemäß Tabelle 6.3 beschrieben werden.

### 6.3 Fazit

Der Großteil der ermittelten Korrekturfunktionen  $f_k(BW) = k_{BW}$ ,  $g_k(FL) = k_{FL}$  und  $u_k(GSW) = k_{GSW}$  weist ein gewisses Maß an Ähnlichkeit auf – und zwar sowohl zwischen den Teilmärkten DHH und EH als auch zwischen den sechs Testregionen. Speziell die Auswertungen für Dresden (DHH) und Stuttgart (DHH) weisen darauf hin, dass bei Anwendung gleicher Wertermittlungsmodelle auch gleiche Korrekturfunktionen – welche das Bindeglied zwischen den Modellgrößen der Wertermittlung und dem im Kaufpreis manifestierten ökonomischen Verständnis der Marktteilnehmer darstellen – ermittelt werden. Dies deutet darauf hin, dass die Preisbildungsmechanismen grundsätzlich nach überregional einheitlichen Mechanismen funktionieren.

Auch die Normpreise  $N$  weisen regional- und teilmarktunabhängige Ähnlichkeiten auf. Hieraus kann abgeleitet werden, dass neben den Preisbildungsmechanismen auch das absolute Preisniveau für Grundstücke mit identischen Merkmalen  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  in allen Testregionen gleich ist. Für die Frage der Bodenrichtwertermittlung auf Grundlage der Kaufpreise bebauter Grundstücke bedeutet dies, dass nicht jeder Gutachterausschuss seine eigenen Korrekturfunktionen  $f_k(BW)$ ,  $g_k(FL)$  und  $u_k(GSW)$  sowie den Normpreis  $N$  abzuleiten hat. Er kann auch auf die Ergebnisse anderer Gutachterausschüsse zurückgreifen und diese (ggf. unter Berücksichtigung der regionalspezifischen konjunkturellen Entwicklung) für seine eigene Bodenrichtwertermittlung verwenden. Die einzige Voraussetzung für das Gelingen dieser Methode ist, dass die sich gegenseitig austauschenden Gutachterausschüsse identische Modelle der Boden- und Gebäudesachwertermittlung verwenden.

Ökonomisch betrachtet lässt sich hieraus eine interessante Schlussfolgerung ziehen: Es existieren keine regionalspezifischen Preiszuschläge. Zwar weisen die untersuchten

<sup>2</sup>Vgl. z. B. Eichner (2019, S. 136 f.).

Regionen (höchst) verschiedene Preisniveaus auf. Diese sind aber den individuellen Boden- und Gebäudepreisen zuzurechnen. Würde aufgrund erhöhter Nachfrage oder sonstiger Umstände das Bodenwertniveau in Hannover oder Dresden auf das Niveau von Stuttgart anwachsen, würden sich auch die Grundstückspreise in den Regionen entsprechen, denn alle Preise lassen sich rational und nachvollziehbar aus den Grundstücksmerkmalen *BW*, *FL* und *GSW* ableiten.

An dieser Stelle muss jedoch deutlich hervorgehoben werden, dass in der vorliegenden Arbeit kein Beweis für die überregionale Einheitlichkeit der Korrekturfunktionen erbracht werden kann. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke. Die Leistungsfähigkeit des Verfahrens wurde anhand von sechs Testregionen überprüft und belegt. Die überregionale Gleichheit der Korrekturfunktionen kann jedoch ausdrücklich nur als These verstanden werden, da sie zwar aus den Ergebnissen erkennbar, die Anzahl der Testrechnungen aber zu gering ist, als dass hieraus ein empirischer Beleg abgeleitet werden könnte. Dieser sollte aufgrund der Bedeutung der These für die praktische Arbeit in den Gutachterausschüssen im Rahmen künftiger Forschungsaufgaben erbracht werden. Dabei sollte ebenfalls überprüft werden, ob die Vergleichbarkeit der Korrekturfunktionen auch für Städte unterschiedlicher Größe und Regionalstruktur gilt.

## 7 Die Repartition von Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Ziel 2)

### 7.1 Entwicklung eines Ansatzes zur Repartition

In den voranstehenden Kapiteln wurde gezeigt, mit welchem Ansatz der Bodenwert eines bebauten Grundstücks aus dessen Kaufpreis im Modell der ImmoWertV abgeleitet werden kann. Der in dieser Hinsicht modellkonforme Bodenwert kann unmittelbar der Bodenrichtwertermittlung zugeführt werden. Nun ist hiervon aber der Bodenwertanteil eines bebauten Grundstücks im Verständnis der Marktteilnehmer – also im ökonomischen Sinn – zu unterscheiden. Zumindest darf nicht ungeprüft vorausgesetzt werden, dass sich die Werte bebauten Bodens im Modellgedanken der ImmoWertV und im Sinn des Marktteilnehmers decken. Zwar dürfte, so wurde in Kapitel 4 ausführlich dargelegt, der Bodenrichtwert eine wesentliche Größe für den Marktteilnehmer zur Findung des Kaufpreises sein. Nicht zwangsläufig übernimmt der Marktteilnehmer diese Größe aber unangepasst. Das Gegenteil ist sogar vor auszusetzen. Wie das Experiment von Northcraft und Neale (1987) (vgl. Abschnitt 4.3) anschaulich belegt, orientiert sich der Marktteilnehmer zwar an den ihm zur Verfügung stehenden Marktinformationen, passt diese aber seiner persönlichen Einschätzung, welche aus den unterschiedlichsten sonstigen Informationen und Erfahrungen resultieren kann, entsprechend an. Soll nun also der Bodenwert im Sinn des Marktteilnehmers aus dem Grundstückskaufpreis extrahiert werden, ist zu prüfen, in welcher Weise der Marktteilnehmer die eingehenden Marktinformationen anpasst.

Nun ist die Aufgabe sogar relativ leicht zu lösen. In Kapitel 4 wurde die Kaufpreisbildung mathematisch modelliert (Gleichung 4.8). Problematisch ist jedoch, dass ein lineares Regressionsmodell nicht einfach in seine Bestandteile zerlegt werden darf, da die Regressionsgleichung nur als Ganzes aussagekräftig ist (vgl. Sprengnetter (1978, S. 270 f.), zitiert in Abschnitt 2.1.5.6). Mit dem Ansatz der partiellen Modellauflösung gemäß Mann (2004) wurde jedoch ein Ansatz geschaffen, welcher eine isolierte Betrachtung der Einflussgrößen und deren Einfluss auf die Zielgröße ermöglicht. Gemäß Gleichung 5.218 gilt

$$\begin{aligned} KP &= \beta_{0 \text{ korr}} + f_{\text{korr}}(BW) + g_{\text{korr}}(FL) + u_{\text{korr}}(GSW) + \beta_J \\ &= \beta_{0 \text{ korr}} + \bar{\beta}_{BW \text{ korr}} + \bar{\beta}_{FL \text{ korr}} + \bar{\beta}_{GSW \text{ korr}} + \beta_J \end{aligned} \quad (7.1)$$

Hierbei hat  $\beta_J$  allein die Aufgabe, konjunkturelle Entwicklungen über den Untersuchungszeitraum zu modellieren. Es handelt sich also nicht um eine für die Repartitionsfrage relevante Komponente. Diese soll daher aus den folgenden Betrachtungen



ausgeschlossen werden. Wenn der um die jahresspezifischen konjunkturelle Einflüsse bereinigte Kaufpreis mit  $KP_{\text{berein}}$  bezeichnet wird, wenn also gilt

$$KP_{\text{berein}} = KP - \beta_J, \quad (7.2)$$

folgt aus Gleichung 7.1

$$KP_{\text{berein}} = \beta_0 \text{ korr} + \bar{\beta}_{\text{BW korr}} + \bar{\beta}_{\text{FL korr}} + \bar{\beta}_{\text{GSW korr}}. \quad (7.3)$$

Nun ist offensichtlich, dass die Glieder  $\bar{\beta}_{\text{BW korr}}$  und  $\bar{\beta}_{\text{FL korr}}$  dem Bodenwertanteil des bebauten Grundstücks zuzurechnen sind, während das Glied  $\bar{\beta}_{\text{GSW korr}}$  den Gebäudewertanteil repräsentiert. Offen ist jedoch die Frage, welche Bedeutung der Konstanten  $\beta_0 \text{ korr}$  zukommt. Der folgende Abschnitt 7.2 befasst sich mit dieser Frage.

## 7.2 Bedeutung und Interpretation der korrigierten Konstanten

### $\beta_0 \text{ korr}$

Die Aufgabe der Repartition wäre problemlos zu lösen, wenn sich gemäß Gleichung 7.3 ein  $\beta_0 \text{ korr}$  von null ergäbe. In diesem Fall wären sämtliche Glieder eindeutig dem Boden oder dem Gebäude zuzuordnen. Leider ist dies nicht der Fall. Es ist daher ein genauerer Blick auf  $\beta_0 \text{ korr}$  erforderlich.

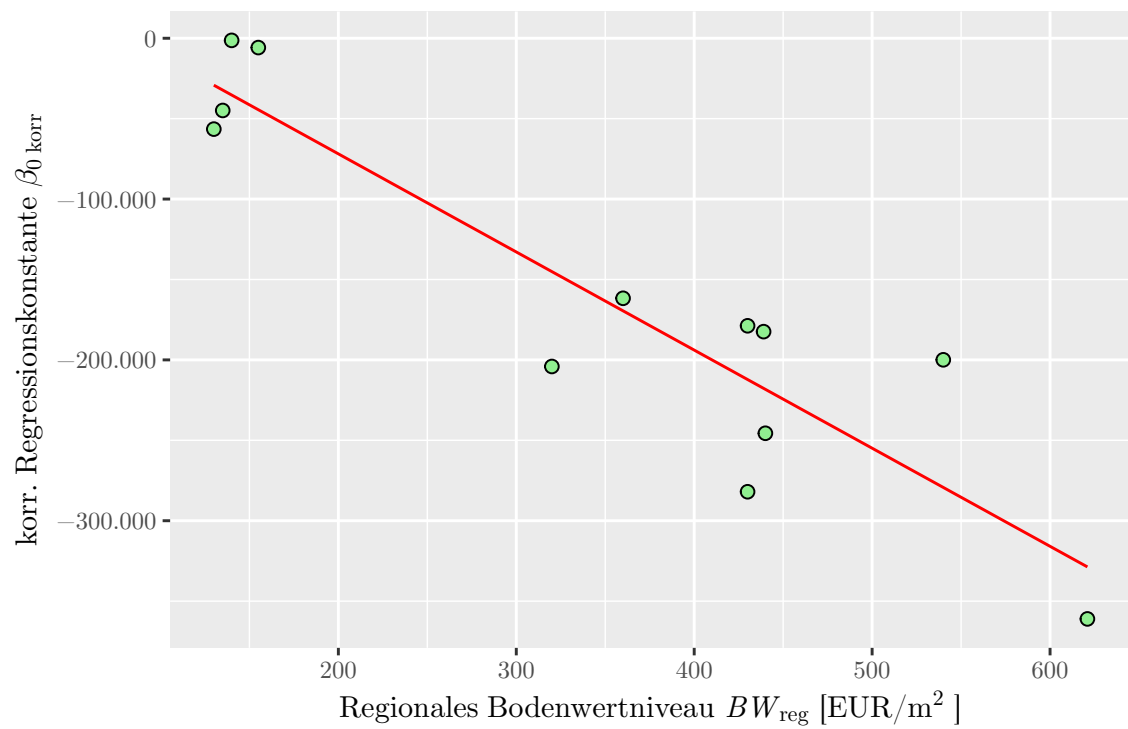
Grundsätzlich ist es möglich, mithilfe mathematischer Umformungen  $\beta_0 \text{ korr}$  aus Gleichung 7.3 zu eliminieren. Die Abbildung 7.1 zeigt, dass zwischen  $\beta_0 \text{ korr}$  und dem Bodenwertniveau eine gut modellierbare funktionale Abhängigkeit besteht. Es könnte also  $\beta_0 \text{ korr}$  durch eine Funktion des regionalen Bodenwertniveaus  $BW_{\text{reg}}$  ersetzt werden. Diese oder ähnliche Maßnahmen sind letztendlich jedoch nicht gewinnbringend, da Gleichung 7.3 hierdurch verkompliziert und der jetzt noch gut erkennbare Anteil von  $\bar{\beta}_{\text{BW korr}}$ ,  $\bar{\beta}_{\text{FL korr}}$  und  $\bar{\beta}_{\text{GSW korr}}$  an der Zielgröße verschleiert würde. Vielmehr muss das Ziel sein, die Ausprägung von  $\beta_0 \text{ korr}$  plausibel zu erklären und die Frage nach dessen Zugehörigkeit zum Boden oder zum Gebäude zu beantworten.

Bei Betrachtung der in Abbildung 7.1 dargestellten Ausprägungen von  $\beta_0 \text{ korr}$  fallen zunächst zwei Dinge auf :

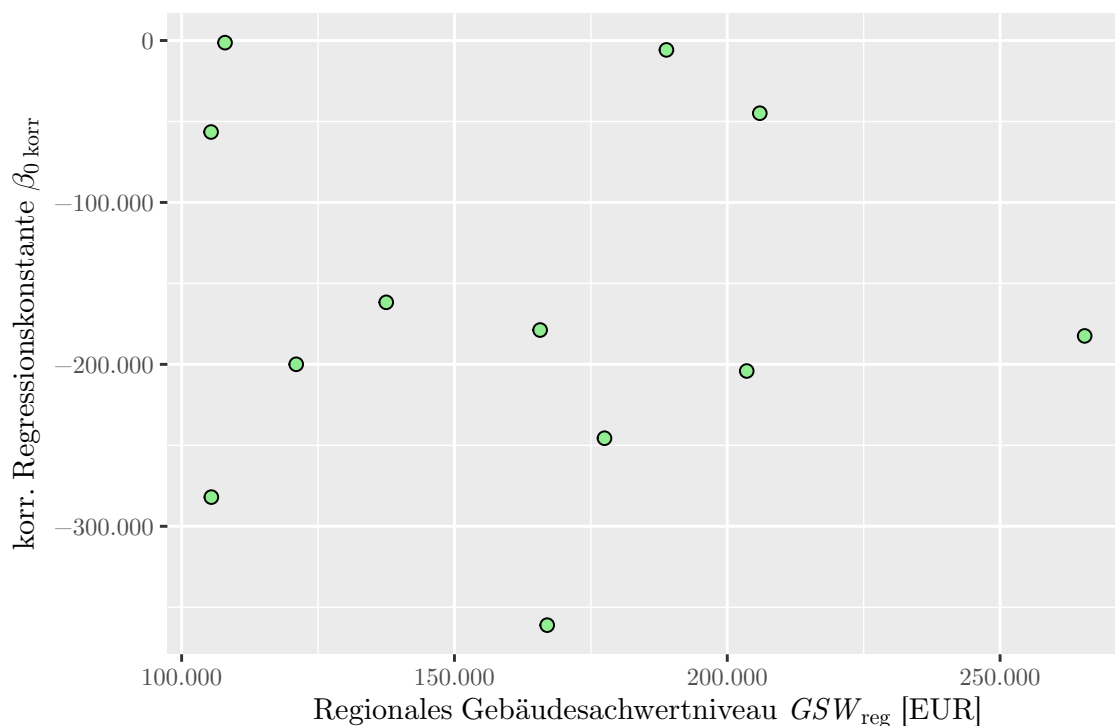
1. Je höher das Bodenwertniveau ausfällt, desto größer ist der Betrag von  $\beta_0 \text{ korr}$ . Der funktionale Zusammenhang zwischen  $\beta_0 \text{ korr}$  und dem durchschnittlichen regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  lässt sich in der Form

$$\beta_0 \text{ korr} = -610,046 \cdot BW_{\text{reg}} + 50.121,240 \quad (7.4)$$

mit einem adjustierten Bestimmtheitsmaß von 0,82 modellieren (vgl. im Anhang das Berechnungsprotokoll P.75).



**Abbildung 7.1:** Zusammenhang zwischen dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  und der korrigierten Regressionskonstanten  $\beta_{0 \text{ korr}}$



**Abbildung 7.2:** Das regionale Gebäudesachwertniveau  $GSW_{reg}$  und die korrigierte Regressionskonstante  $\beta_{0 \text{ korr}}$

- Die funktional modellierte korrigierte Konstante  $\beta_{0 \text{ korr}}$  fällt grundsätzlich negativ aus.<sup>1</sup>

Die möglicherweise bestehende Erwartung, dass neben der funktionalen Abhängigkeit zwischen  $\beta_{0 \text{ korr}}$  und dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$  auch eine funktionale Abhängigkeit zwischen  $\beta_{0 \text{ korr}}$  und dem regionalen Gebäudesachwertniveau  $GSW_{reg}$  bestehen könnte, bestätigt sich nicht (vgl. Abbildung 7.2 und die Ergebnisse der Regressionsanalyse gemäß Berechnungsprotokoll P.76 – hierunter der ausgesprochen hohe Prüfwert von 0,86 für die Signifikanz des regionalen GSW-Niveaus zur Erklärung der Zielgröße). Hieraus folgt, dass bei zunehmendem Bodenwertniveau – und zwar unabhängig vom Gebäudesachwertniveau – ein immer größerer Abschlag zu dem sich aus  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  ergebenden vorläufigen Grundstückspreis berücksichtigt werden muss. Dies ist jedoch in zweierlei Hinsicht bemerkenswert. Zum einen scheint die Beobachtung einer gewissen Alltagserfahrung zu widersprechen – würde

<sup>1</sup>Eine Ausnahme bildet der Bodenwertbereich von  $BW_{reg} < 81,98 \text{ EUR/m}^2$ . Dies ist jedoch ein rein rechnerisches Ergebnis, welches nicht zwangsläufig als statistisch gesichert angenommen werden kann. Da der Bodenwertbereich der zugrundeliegenden Testregionen aber ohnehin fast ausschließlich diesen Schwellenwert überschreitet, ist dies für die weiteren Betrachtungen irrelevant.

in Hochpreisregionen doch eher ein Zuschlag als ein Abschlag zu erwarten sein. Zum anderen ist überraschend, dass überhaupt eine Abhängigkeit zwischen  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  und dem Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  zu verzeichnen ist. Immerhin wurde doch bereits ein Zusammenhang zwischen  $\beta_{\text{BW}}$  und  $KP$  gemäß Gleichung 4.16 nachgewiesen (vgl. hierzu jeweils Schritt 4 der durchgeführten Untersuchungen zu den Testregionen innerhalb des Abschnittes 5.3). Damit sollte aller Einfluss des Bodenwertes auf den Kaufpreis modelliert worden sein und sich kein Resteinfluss in der Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  verbergen dürfen.

Hieraus lässt sich nur ein Schluss ziehen: In der Untersuchung der Testregionen wurde tatsächlich aller Einfluss des Bodenwertes auf den Kaufpreis vollständig und umfassend modelliert, ein weiterer Resteinfluss liegt nicht vor. Darüber hinaus weisen die Testregionen jedoch eine individuelle Eigenschaft auf, welche sich in  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  wiederfindet. Und diese ist nun gerade abhängig vom regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$ . Damit liegen zwei voneinander völlig unabhängige Systematiken vor: einmal der örtliche Einfluss des Bodenwertes auf den Kaufpreis gemäß  $\beta_{\text{BW}}$  in Gleichung 4.16 und einmal ein durch das Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  beschreibbarer Einfluss auf den Kaufpreis, manifestiert durch  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  gemäß Gleichung 7.3. Da beide Systematiken nicht austauschbar sind, ist eine Übertragung der funktionalen Abhängigkeit gemäß Abbildung 7.1 auch nicht auf  $\beta_0$  nach Gleichung 4.16 zulässig.

Die andere oben erwähnte und zunächst ungewöhnlich erscheinende Beobachtung (wachsender Preisabschlag bei steigendem Bodenwertniveau) wird dann plausibel erklärbar, wenn neben den reinen Sachkosten für Boden und Gebäude der Aspekt der Wirtschaftlichkeit in die Kalkulation einbezogen wird. Die folgende Betrachtung soll dies verdeutlichen:

Im Modell der deutschen Wertermittlung wird bekanntlich dem Boden und den baulichen Anlagen ein jeweils eigenständiger Anteil am Gesamtgrundstückswert zugeschrieben. Dies äußert sich sowohl im Sachwertverfahren als auch im Ertragswertverfahren. Nun sind die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Einfamilienhäuser durchaus keine klassischen Ertragswertobjekte. Es gilt aber eine enge Beziehung zwischen Ertragswert- und Sachwertobjekten. Dies begründet Voigtländer (2013) folgendermaßen:

«Aufgrund der Nutzungsmöglichkeit von Wohnimmobilien lässt sich der Wohnungsmarkt in zwei Teilmärkte unterteilen, die in einer engen Interaktionsbeziehung stehen: den Mietwohnungsmarkt und den Wohneigentumsmarkt. Wer eine Immobilie erwirbt, kann grundsätzlich entscheiden, ob er die Immobilie selbst nutzt oder vermietet. Sowohl der Preis für die Immobilie als auch der Mietpreis werden am Markt durch Angebot und Nachfrage bestimmt. Da Mieten und Kaufen in enger Substitutionsbeziehung stehen und auf das Gut „Wohnen“ nicht verzichtet werden kann, ist zu erwarten, dass sich die Preise für beide Nutzungsformen ausgleichen. In einem Marktgleichgewicht muss also für eine vergleichbare Wohneinheit gelten:  $\text{Miete} = \text{Kosten der Selbstnutzung}$ » (Voigtländer (2013, S. 42)).

Damit können für die weiteren Betrachtungen auch Elemente der Ertragswertermittlung auf die vorliegende Fragestellung übertragen werden.

Wenn nun gilt, dass ein Anteil des Gesamtgrundstückswertes auf den Boden und ein Anteil auf die baulichen Anlagen entfällt, kann der Fall eintreten, dass

«[...] der nicht abgezinste Bodenwert ohne Berücksichtigung der Freilegungskosten den im Ertragswertverfahren [...] ermittelten Ertragswert erreicht oder übersteigt»  
(16 Abs. 3 Nr. 2 ImmoWertV).

Dies ist ein Indikator dafür, dass das Grundstück unrentabel geworden ist oder zumindest zu werden droht. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten bleibt damit keine andere Möglichkeit als die umfassende Sanierung der baulichen Anlagen oder die Freilegung des Grundstücks mit dem Ziel der anschließenden Neubebauung.

Nun ist die Schwelle zur Unrentabilität abhängig vom Bodenwert. Bei steigendem Bodenwert wird unter Beibehaltung aller anderen Parameter der Reinertragsanteil des Bodens größer und damit der Ertrag der baulichen Anlagen, welcher sich aus der Differenz des jährlichen Reinertrages und dem Reinertragsanteil des Bodens berechnet, geringer. Das bedeutet, dass in Hochpreisregionen im Vergleich zu Niedrigpreisregionen bestehende Bausubstanz schneller unrentabel wird und früher eine umfassende Sanierung oder einen Abbruch mit anschließender Neubebauung erfordert. So muss unterstellt werden, dass sich dieser Zusammenhang auch im Grundstückskaufpreis widerspiegelt. Zwar dürften die wenigsten Käufer einer zur Nutzung noch längerfristig geeigneten Wohnimmobilie die Grundstücksfreilegung gedanklich einplanen. Erwerber eines Grundstücks mit absehbar abgängiger Bausubstanz werden dies jedoch sehr bewusst tun. Da die Preise beider Grundstücke aber in einem angemessenen Verhältnis zueinander stehen, kann vorausgesetzt werden, dass auch dem Kaufpreis für das Grundstück mit noch längerfristig nutzbaren baulichen Anlagen der finanzielle Aufwand für die künftige Freilegung immanent ist.

Nun ist noch zu berücksichtigen, dass der oben genannte finanzielle Aufwand durch zwei Komponenten beeinflusst wird. Zum einen sind es die reinen Abbruchkosten. Es ist anzunehmen, dass auch diese über die Kosten für die Lagerung des Abbruchmaterials und Betriebskosten des Abbruchunternehmers Eingang in die aufzuwendenden Gesamtkosten finden und damit indirekt bodenwertabhängig sind. Noch entscheidender ist aber der Restwert der wirtschaftlich nicht mehr, aber technisch durchaus noch nutzbaren baulichen Anlagen. Je früher ein Gebäude als unrentabel klassifiziert und nicht mehr genutzt wird, desto höher ist dessen substanzorientierter Restwert. Oder wirtschaftlich ausgedrückt: Je früher ein Gebäude abgebrochen wird, desto geringer ist dessen Gesamtnutzungsdauer und desto höher ist dessen jährlicher Wertverlust.

Es ist also durchaus plausibel, dass für Grundstücke mit zunehmendem Bodenwertniveau unter Berücksichtigung der oben genannten ökonomischen Gesichtspunkte ein stetig wachsender Preisabschlag, welcher im Folgenden als Wirtschaftlichkeitsabschlag bezeichnet werden soll, kalkuliert werden muss. Natürlich wiegt dieser nicht vollständig die Bodenwertentwicklung auf. Es gilt nach wie vor, dass bei steigendem Bodenwertniveau die Gesamtgrundstückspreise ebenfalls steigen. Hinter die Kulissen geschaut zeigt sich aber, dass die Preissteigerung durch den ökonomisch bedingten

Wirtschaftlichkeitsabschlag geringer ist, als es der rein technisch betrachtete Aspekt der Preisbildung auf der Grundlage von Boden und Gebäude erwarten ließe. In diesem Sinn wird die Konstante  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  in dieser Arbeit interpretiert.  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  ist damit kein *Störfaktor* mehr auf dem Weg zur Lösung der Repartitionsfrage, sondern wird unter der Bezeichnung des Wirtschaftlichkeitsabschlags sogar zu einem wesentlichen *Bestandteil* derselben.

Auch steht diese Interpretation von  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  nicht in Widerspruch zu den Ausführungen im Abschnitt 4.5. In diesem wurde zwar beschrieben, dass der Marktteilnehmer die Immobilie als „Bündel seiner Eigenschaften“ betrachtet und der Preis „die Summe aller Werte, die ein Verbraucher für den Nutzen, den ein Produkt oder eine Dienstleistung ihm liefert“ (Kotler et al. (2011, S. 730)) repräsentiert. Gleichzeitig wurde aber ausgeführt, dass es sich hierbei nur um eine relative Einschätzung handeln kann. Die Einschätzung des angemessenen Preises in seinem absoluten Betrag kann nur durch den Vergleich mit anderen Preisangeboten erfolgen (vgl. Gleichung 4.3). Wenn nun der Wirtschaftlichkeitsabschlag dem Kaufpreis immanent ist, wird der Marktteilnehmer diesen über die Verwendung von Vergleichspreisen zwangsläufig (wenngleich unbewusst) in seine eigenen Kalkulationen einbeziehen.

Damit bleibt abschließend zu diskutieren, ob der Wirtschaftlichkeitsabschlag jeweils ganz oder teilweise auf den Boden und/oder die baulichen Anlagen umzulegen ist. Zur Beantwortung dienen die beiden folgenden Überlegungen:

1. Wie bereits erläutert und an Abbildung 7.1 anschaulich gezeigt wurde, besteht eine offensichtliche Abhängigkeit zwischen dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  und der korrigierten Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$ . Eine Abhängigkeit zwischen dem regionalen Gebäudesachwertniveau  $GSW_{\text{reg}}$  und  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  konnte dagegen nicht nachgewiesen werden. Eine kausale Verknüpfung kann demnach nur zwischen  $BW_{\text{reg}}$  und  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  vermutet werden.
2. Was den Wert des Bodens ausmacht, ist letztendlich die Möglichkeit seiner Nutzung in spezifischer Weise. Besteht ein Baurecht, wird der Boden regelmäßig zum Baulandpreis veräußert. Andere Nutzungsmöglichkeiten führen zu anderen Preisgestaltungen. Wichtig hierbei ist, dass nicht das Nutzungsrecht primär entscheidend ist, sondern die Nutzungsmöglichkeit. Das Nutzungsrecht ohne die technisch realisierbare oder wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsmöglichkeit führt nicht zu Preisen, die dem isoliert betrachteten Nutzungsrecht üblicherweise entsprechen.

Nun sei ein Grundstück betrachtet, dessen bauliche Substanz abgängig ist. Wie oben beschrieben besteht zwar das Recht, den Boden in einer entsprechenden Weise zu nutzen – vor der Freilegung besteht aber nicht die technische Möglichkeit, den Boden entsprechend zu nutzen. Diese ergibt sich erst *nach* der Freilegung des Grundstücks. Somit stellen sich die Freilegungskosten als Investition in die Schaffung der Nutzungsmöglichkeit dar. Die Nutzungsmöglichkeit

ist aber, wie oben erwähnt, eine Eigenschaft des Bodens. Das Gebäude dagegen ist die materielle Realisierung der Möglichkeit der Nutzung.

Beide Betrachtungen – die eine mathematisch-statistisch, die andere ökonomisch – führen zu dem Schluss, dass der Wirtschaftlichkeitsabschlag Bestandteil des Bodenwertanteils des Kaufpreises sein muss.

Auf diese Weise kann übrigens auch durchaus plausibel erklärt werden, dass der Betrag des Wirtschaftlichkeitsabschlags den Sachwert der baulichen Anlagen überschreiten kann – was durchaus häufiger zu erwarten ist, wenn nämlich der tatsächliche Sachwert der vorhandenen baulichen Anlagen geringer als der Restwert üblicherweise abgängiger baulicher Anlagen zuzüglich der Freilegungskosten ausfällt. Wird gemäß obenstehender Interpretation der Wirtschaftlichkeitsabschlag als Merkmal des Bodens betrachtet, ergibt sich kein Widerspruch zur deutschen Wertermittlungstheorie, nach welcher negative Werte des Bodens oder der baulichen Anlagen nicht zulässig sind.

Damit ergibt sich die folgende Aufteilung in den Bodenwertanteil  $BWA$  und Gebäudewertanteil  $GWA$  nach

$$KP_{\text{berein}} = BWA + GWA, \quad (7.5)$$

mit

$$BWA = \beta_{0 \text{ kor}} + \bar{\beta}_{\text{BW kor}} + \bar{\beta}_{\text{FL kor}} \quad (7.6)$$

und

$$GWA = \bar{\beta}_{\text{GSW kor}}. \quad (7.7)$$

Hierbei gilt:

$$\bar{\beta}_{\text{BW kor}} = b_{\text{BW}} \cdot BW, \quad (7.8)$$

$$\bar{\beta}_{\text{FL kor}} = b_{\text{FL}} \cdot FL, \quad (7.9)$$

$$\bar{\beta}_{\text{GSW kor}} = b_{\text{GSW}} \cdot GSW. \quad (7.10)$$

Die Ausprägungen von  $\beta_{0 \text{ kor}}$ ,  $b_{\text{BW}}$ ,  $b_{\text{FL}}$  und  $b_{\text{GSW}}$  sind abschließend noch einmal in Tabelle 7.1 zusammengefasst. Diese stellt eine auf die wesentlichen Aussagen beschränkte Zusammenfassung der Tabelle 5.55 dar.

### 7.3 Plausibilisierung der Interpretation der korrigierten Konstanten $\beta_{0 \text{ kor}}$ durch Expertenbefragung

Im Abschnitt 7.2 wurde die korrigierte Konstante  $\beta_{0 \text{ kor}}$  mit mathematischen Mitteln und damit objektiv beschrieben. Die Interpretation der korrigierten Konstanten

**Tabelle 7.1:** Ausprägungen der Modellparameter  $\beta_0$  <sub>korrr</sub>,  $b_{\text{BW}}$ ,  $b_{\text{FL}}$  und  $b_{\text{GSW}}$ 

Teilmarkt	$\beta_0$ <sub>korrr</sub>	$b_{\text{BW}}$	$b_{\text{FL}}$	$b_{\text{GSW}}$
Dresden, DHH	-1.323,031	299,443	71,291	0,871
Dresden, EH	-56.502,485	552,211	78,932	0,958
Düsseldorf, DHH	-182.431,258	664,500	191,919	0,869
Düsseldorf, EH	-245.617,094	812,075	202,787	1,101
Frankfurt a. M., DHH	-178.792,663	646,993	210,714	0,763
Frankfurt a. M., EH	-281.985,619	776,622	211,790	1,188
Freiburg i. Br., DHH	-204.088,912	714,320	386,541	1,076
Freiburg i. Br., EH	-161.690,104	1.171,603	140,093	0,492
Hannover, DHH	-5.798,127	411,308	34,368	0,600
Hannover, EH	-44.908,026	726,368	40,410	0,499
Stuttgart, DHH	-199.944,762	392,510	533,407	1,013
Stuttgart, EH	-361.053,476	712,965	449,227	1,109

$\beta_0$  <sub>korrr</sub> als Wirtschaftlichkeitsabschlag, also als durch die ortsübliche Nutzungsdauer beeinflusste negative Kaufpreiskorrektur, erfolgt in dieser Arbeit dagegen rein subjektiv. Empirische Untersuchungen in Form der ortsüblichen Gesamtnutzungsdauer von Wohngebäuden und deren Abhängigkeit vom regionalen Bodenwertniveau können die Aussage zwar grundsätzlich objektivieren, dies ist allerdings als eigenständige Forschungsaufgabe einzustufen und kann daher nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit sein. Um dennoch die hier vorgetragene Interpretation ein Stück weit zu plausibilisieren wurde eine Expertenbefragung durchgeführt. Im Rahmen einer Gesamtsitzung wurden die Mitglieder des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen um ihre Einschätzung zur Plausibilität der Interpretation der korrigierten Konstanten  $\beta_0$  <sub>korrr</sub> als Wirtschaftlichkeitsabschlag im Sinn des Abschnittes 7.2 gebeten (Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen (2018)). Das Votum der Mitglieder erfolgte schriftlich per Fragebogen, anonym und ohne Absprachen untereinander. Da die Qualifikation der Mitglieder des Oberen Gutachterausschusses auf unterschiedlichen Gebieten liegt, in der vorgelegten Frage jedoch eine Expertenmeinung auf dem Gebiet der Immobilienwertermittlung gewünscht ist, wurde der berufliche Hintergrund der Teilnehmer in kategorisierter Form abgefragt. Ausgewertet wurden anschließend ausschließlich die Einschätzungen der Teilnehmer, welche über eine Öffentliche Bestellung und Vereidigung und/oder eine Zertifizierung nach DIN EN ISO/IEC 17024 oder vergleichbar als



**Tabelle 7.2:** Einschätzung der Öffentlich bestellten und vereidigten und/oder nach DIN EN ISO/IEC 17024 oder vergleichbar zertifizierten Mitglieder des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen zur Interpretation der korrigierten Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  im Sinn des Abschnittes 7.2

Die Interpretation der korrigierten Konstanten $\beta_{0 \text{ korrr}}$ als Wirtschaftlichkeitsabschlag im Sinn des Abschnittes 7.2 ist ...	Votum
... plausibel	8 Stimmen
... nicht plausibel	3 Stimmen

Sachverständige/-r für Immobilienwertermittlung verfügen. Das Ergebnis der Umfrage ist in Tabelle 7.2 zusammengefasst.

Es lässt sich festhalten: Rund 72 % der Teilnehmer mit oben angegebener Qualifikation erachten die Interpretation der korrigierten Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  als Wirtschaftlichkeitsabschlag im Sinn des Abschnittes 7.2 als plausibel.<sup>2</sup> Damit ist natürlich nach wie vor kein Beweis für die Richtigkeit der Interpretation erbracht. Jedoch erscheint die vorgetragene Deutung als ausreichend plausibel und nachvollziehbar, um weitere Forschungsarbeit in diese Frage zu investieren. Diese Hoffnung sei mit dem hier vorgetragenen Votum verbunden.

## 7.4 Diskussion und Schlussfolgerungen aus dem Repartitionsansatz

Das Repartitionsmodell nach den Gleichungen 7.5 bis 7.10 wurde aus dem Modell der Kaufpreisbildung gemäß Gleichung 4.16 abgeleitet. In Kapitel 6 wurden Argumente für eine regionale Unabhängigkeit des Preisbildungsmechanismus in deutschen Großstädten vorgebracht. Ist nun das Repartitionsmodell aus dem Preisbildungsmodell abgeleitet, kann auch für dieses die regionale Unabhängigkeit angenommen werden.<sup>3</sup> Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Funktionen  $f_k(BW)$ ,  $g_k(FL)$  und

<sup>2</sup>Zur Information: Wird das Votum aller Teilnehmer, also auch derer mit nachgewiesenen Qualifikationen auf anderen Gebieten als der Immobilienwertermittlung, ausgewertet, liegt die Quote der Zustimmung zur Interpretation als Wirtschaftlichkeitsabschlag bei rund 63 %.

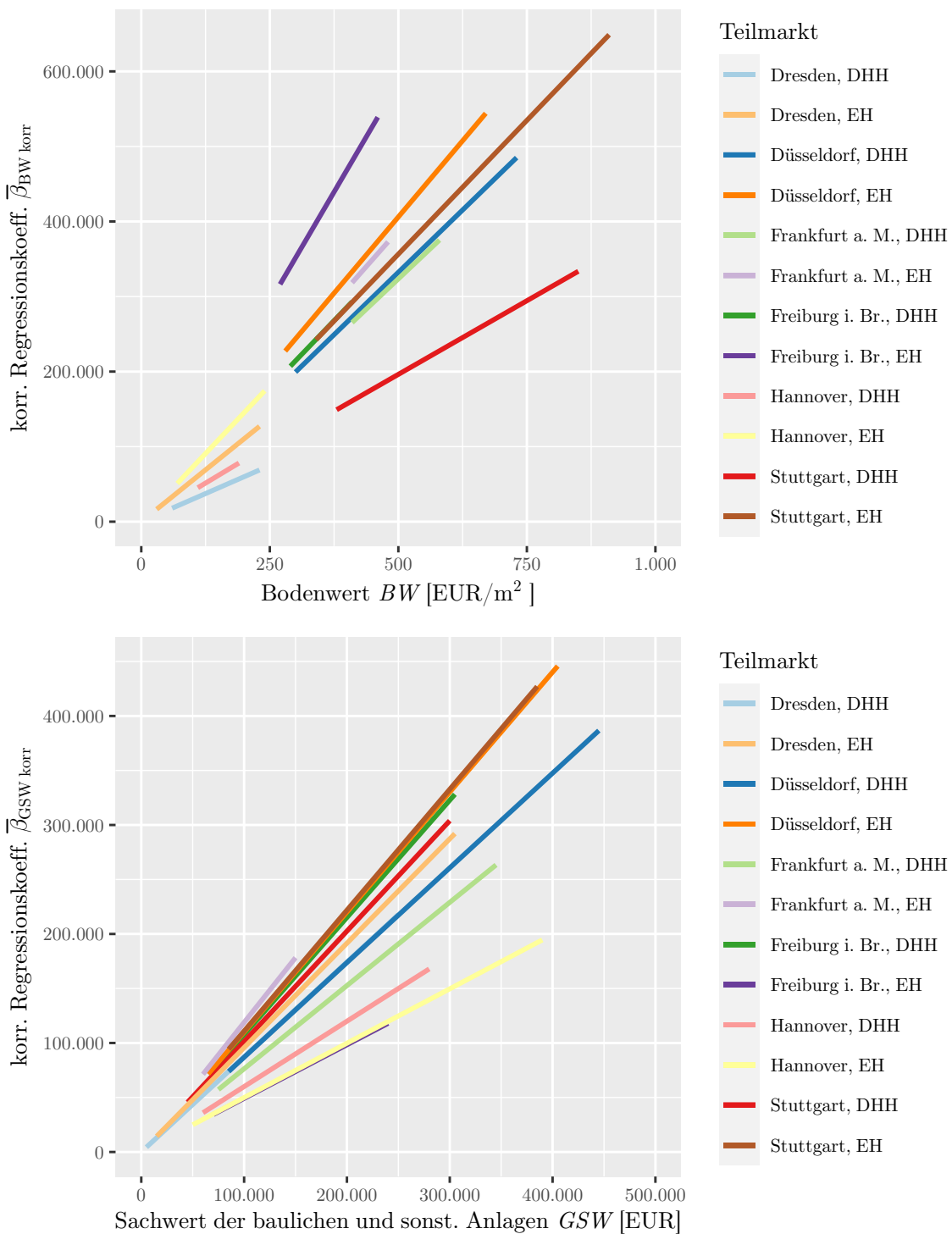
<sup>3</sup>Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass aufgrund der Anzahl der untersuchten Testregionen und Teilmärkte im Rahmen dieser Arbeit kein Beweis für die regionale Unabhängigkeit des Preisbildungsmechanismus erbracht werden kann (vgl. Abschnitt 6.3) Es handelt sich hierbei vielmehr um eine Annahme, welche aus den Ergebnissen dieser Arbeit resultiert. Ein entsprechender Beweis wird durch künftige Forschungsarbeiten erbracht werden müssen.

$u_k(GSW)$  gemäß der Gleichungen 4.28 bis 4.34 unter Abschnitt 4.9.5 und die Funktionen  $f_{\text{korr}}(BW)$ ,  $g_{\text{korr}}(FL)$  und  $u_{\text{korr}}(GSW)$  gemäß der Gleichungen 5.211 bis 5.217 unter Abschnitt 5.5.2 in Tendenzen durchaus voneinander unterscheiden können. Immerhin sind die Funktionen  $f_k(BW)$ ,  $g_k(FL)$  und  $u_k(GSW)$  durch den Schritt der Normierung auf den Normpreis  $N$  weiteren Umformungen unterworfen, während sich  $f_{\text{korr}}(BW)$ ,  $g_{\text{korr}}(BW)$  und  $u_{\text{korr}}(GSW)$  ohne Hinzunahme weiterer Variablen unmittelbar aus  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$  ergeben. Dennoch sollten sich entsprechende Gemeinsamkeiten im Rahmen gewisser Grenzen auch hier ergeben. Dies veranschaulicht die Abbildung 7.3. Dort sind die korrigierten Funktionen  $f_{\text{korr}}(BW) = \bar{\beta}_{BW \text{ korr}}$  und  $u_{\text{korr}}(GSW) = \bar{\beta}_{GSW \text{ korr}}$  gemäß Gleichung 7.8 und 7.10 in Verbindung mit Tabelle 7.1 dargestellt. Erwartungsgemäß zeigen sich auch hier gewisse Ähnlichkeiten. So sind insbesondere die Funktionen  $f_{\text{korr}}(BW)$  der Teilmärkte Dresden (EH), Düsseldorf (DHH), Frankfurt a. M. (DHH), Frankfurt a. M. (EH), Hannover (EH) und Stuttgart (EH) in gewisser Weise vergleichbar. Hiervon unterschiedlich, aber untereinander gut vergleichbar, zeigen sich die Funktionen für Hannover (DHH) und Stuttgart (DHH). Eine Interpretation dieser Art von Gruppenbildung der Funktionen wurde in Abschnitt 6.1 vorgetragen.

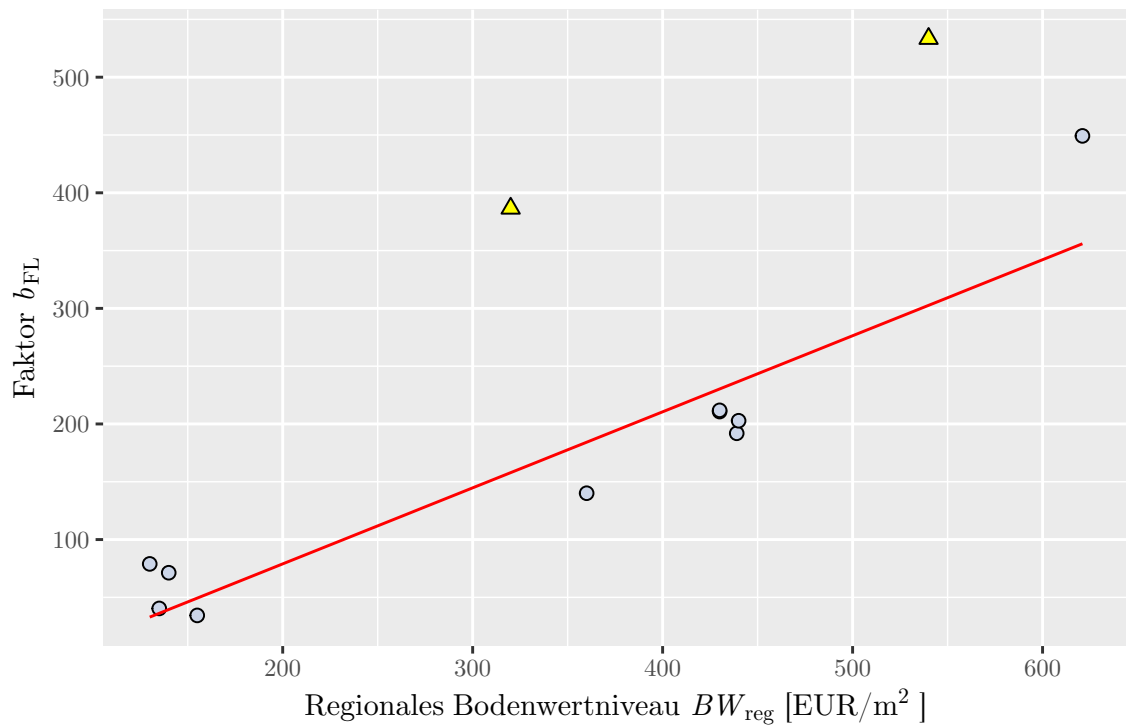
In Bezug auf die Funktionen  $u_{\text{korr}}(GSW)$  zeigen sich erneut Gemeinsamkeiten insbesondere in den Teilmärkten Dresden (EH), Düsseldorf (EH), Frankfurt a. M. (EH), Freiburg i. Br. (DHH), Stuttgart (DHH) und Stuttgart (EH).

Auch in Bezug auf die Funktionen  $g_{\text{korr}}(FL) = \bar{\beta}_{FL \text{ korr}} = b_{FL} \cdot FL$  ergibt sich wieder eine sehr schöne Systematik, welche in Abbildung 7.4 sowie im entsprechenden Berechnungsprotokoll P.77 ausgewiesen wird. Erwartungsgemäß besteht ein gut modellierbarer funktionaler Zusammenhang zwischen der Steigung  $b_{FL}$  der jeweiligen Funktionen und dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$ .

Nun kann anhand der untersuchten sechs Testregionen kein Anspruch auf ein überregional abgestimmtes Modell erhoben werden. Dafür ist zunächst die Anzahl der untersuchten Testregionen zu gering. Darüber hinaus wurde bereits in Abschnitt 6.1 dargelegt, dass die von den Gutachterausschüssen zur Auswertung ihrer Daten verwendeten Methoden entscheidend auf die Ausprägung der hier entwickelten Funktionen einwirken. Die Arbeit ist also nicht damit getan, anhand der Daten verschiedener Testregionen statistisch gesicherte repräsentative Funktionen  $f_{\text{korr}}(BW)$ ,  $g_{\text{korr}}(FL)$  und  $u_{\text{korr}}(GSW)$  zu berechnen. Vielmehr muss zunächst anhand detaillierter Untersuchungen geklärt werden, welche Modelle die jeweiligen Gutachterausschüsse nutzen. Erst im Fall einer ausreichenden Entsprechung dürfen die ermittelten Korrekturfunktionen miteinander verglichen und zum Nachweis der Existenz eines überregional gültigen Modells verwendet werden. In der vorliegenden Arbeit, welche sich dagegen mit der Schaffung der diesbezüglichen Grundlagen befasst, kann eine solche Analyse nicht durchgeführt werden. Folglich wäre es nicht richtig, aus den vorliegenden Ergebnissen ein für deutsche Großstädte repräsentatives Modell ableiten zu wollen. Dennoch können auch hier bereits erste Beobachtungen – mit der Hoffnung auf künftige empirische Bestätigung – festgehalten werden.



**Abbildung 7.3:** Die regionalspezifischen korrigierten Funktionen  $f_{\text{korr}}(BW) = \bar{\beta}_{BW \text{ korr}}$  (oben) und  $u_{\text{korr}}(GSW) = \bar{\beta}_{GSW \text{ korr}}$  (unten) für die Teilmärkte DHH und EH in sechs deutschen Großstädten



**Abbildung 7.4:** Ausprägung des Faktors  $b_{FL}$  im Modell  $\bar{\beta}_{FL \text{ kor}} = b_{FL} \cdot FL$  in Abhängigkeit vom regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$ . Die Ausprägungen für die Teilmärkte DHH in Stuttgart und DHH in Freiburg i. Br. (in Form von gelben Dreiecken dargestellt) passen weniger in den ansonsten gut erkennbaren Zusammenhang. Hinweis: Bei einem  $BW_{reg}$  von 430 EUR/m<sup>2</sup> befinden sich zwei nahezu deckungsgleiche, optisch nicht mehr trennbare Datenpunkte.

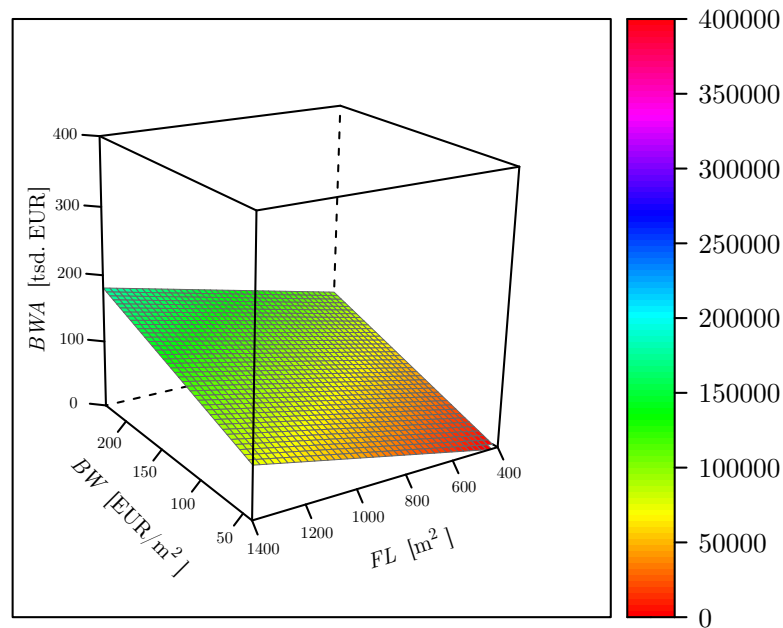
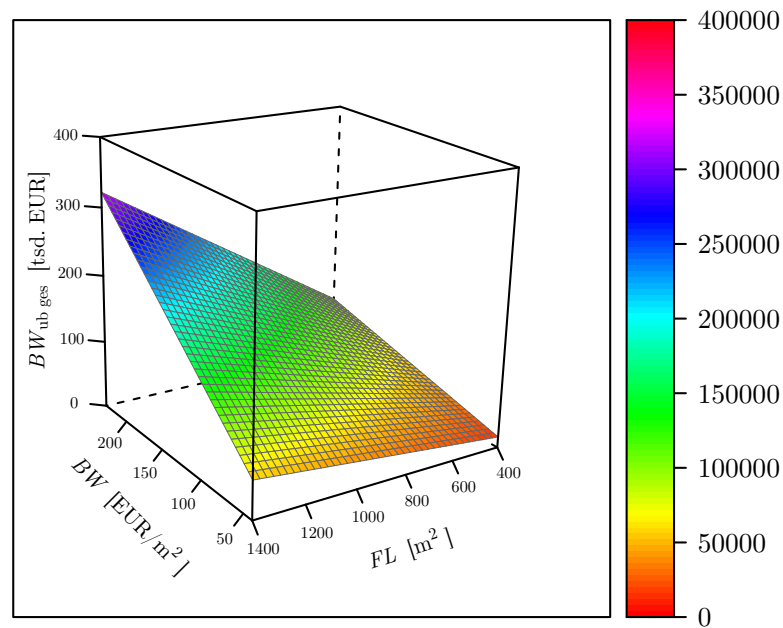
**Tabelle 7.3:** Kenngrößen für  $b_{\text{GSW}}$  innerhalb des Modells  $\bar{\beta}_{\text{GSW}}^{\text{korr}} = b_{\text{GSW}} \cdot \text{GSW}$  gemäß Gleichung 7.10 i. V. m. Tabelle 7.1

Kenngrößen für $b_{\text{GSW}}$ gemäß Tabelle 7.1 ...		
	... für alle Ausprägungen	... unter Auslassung der Extremwerte für Freiburg i. Br. (EH) und Hannover (EH)
Median	0,91	0,99
arithm. Mittel	0,88	0,95
Standardabw.	0,24	0,18

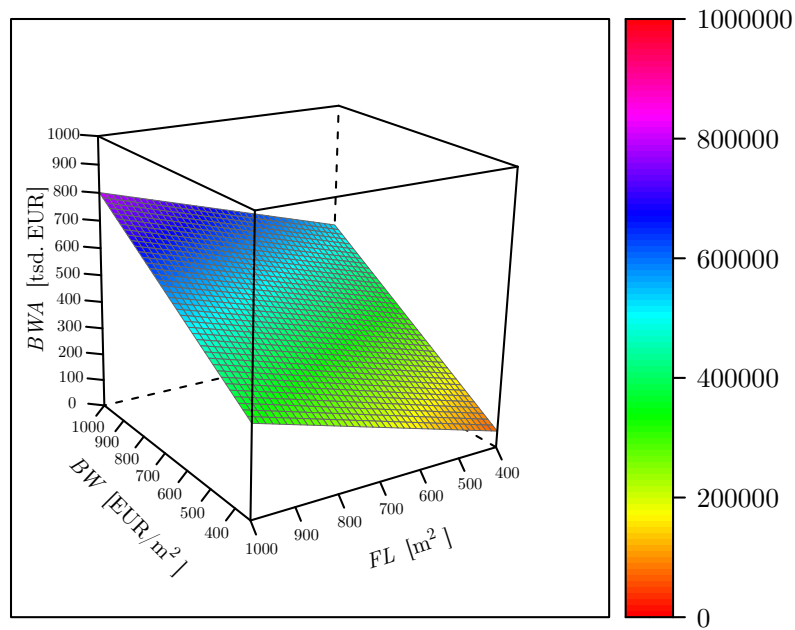
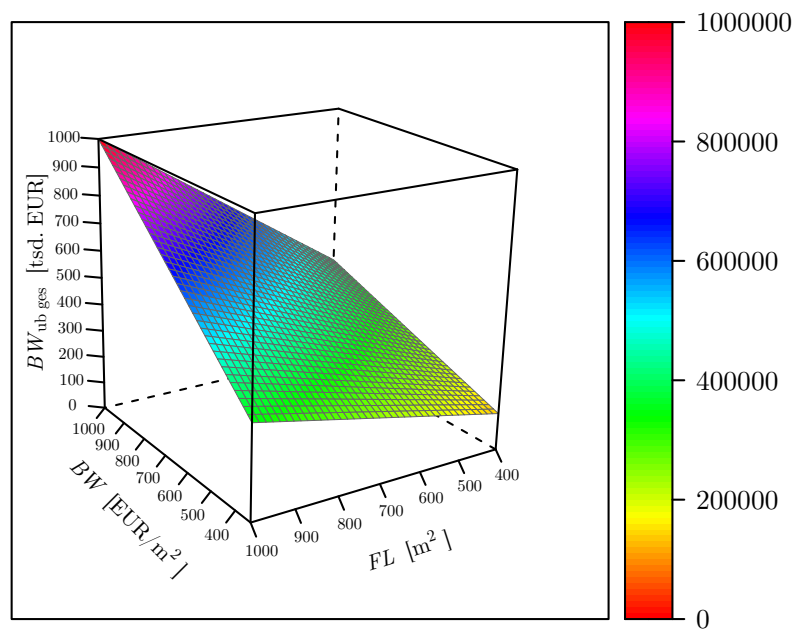
So ist zunächst die Beobachtung hoch interessant, dass gemäß Tabelle 7.1 der Faktor  $b_{\text{GSW}}$  im Mittel sehr nahe bei 1,0 liegt. Es ergeben sich die Kenngrößen gemäß Tabelle 7.3. Das bedeutet, dass die Einschätzung der Marktteilnehmer zum Wertanteil der baulichen Anlagen am Grundstück den Ansätzen der NHK 2000 (und zwar ohne eine weitere Marktanpassung) sehr nahe kommen.

Für den Bodenwertanteil gilt dies ganz offensichtlich nicht. Um einen Eindruck von den grundstücksspezifischen Abweichungen zu erhalten, sollen zwei Beispielrechnungen angefertigt werden. Es sollen jeweils für eine Region mit hohem und eine Region mit niedrigem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{\text{reg}}$  die Bodenwertanteile  $BWA$  für unterschiedliche Ausprägungen von  $BW$  und  $FL$  gemäß dem hier entwickelten Repartitionsmodell (Gleichungen 7.5 bis 7.10) berechnet und den jeweiligen Bodenwerten  $BW_{\text{ub ges}}$ , welche sich gemäß Modell der ImmoWertV aus der Gleichsetzung von bebautem und unbebautem Boden ergeben, vergleichend gegenübergestellt werden. Da die Zielgrößen  $BWA$  und  $BW_{\text{ub ges}}$  jeweils von drei Einflussgrößen abhängig sind ( $BW_{\text{reg}}$ ,  $BW$  und  $FL$ ), kann eine tabellarische Gegenüberstellung lang und unübersichtlich werden. Mit den Abbildungen 7.5 und 7.6 erfolgt daher zunächst eine Gegenüberstellung in graphischer Form. Als Repräsentant für ein niedriges Bodenwertniveau wurde der Teilmarkt Dresden (EH) mit  $BW_{\text{reg}} = 130 \text{ EUR/m}^2$ , für ein hohes Bodenwertniveau der Teilmarkt Stuttgart (EH) mit  $BW_{\text{reg}} = 621 \text{ EUR/m}^2$  ausgewählt. Die jeweiligen Funktionsparameter zur Berechnung des Bodenwertanteils  $BWA$  sind Tabelle 7.1 zu entnehmen. Der gewählte Datenrahmen orientiert sich am tatsächlich vorgefundenen Datenrahmen gemäß Tabelle 5.12 für Dresden (EH) und Tabelle 5.52 für Stuttgart (EH). Unzulässige Extrapolationen werden damit vermieden.

Die Abbildungen 7.5 und 7.6 lassen nun teilweise gravierende Unterschiede zwischen  $BWA$  und  $BW_{\text{ub ges}}$  erkennen. So fällt zum überwiegenden Teil der Bodenwertanteil  $BWA$  am Grundstücksgesamtwert geringer aus als der Bodenwert  $BW_{\text{ub ges}}$  gemäß Sachwertmodell der ImmoWertV. Um einen Überblick über die Größenordnung der Abweichungen zu erhalten, werden in Tabelle 7.4 einige Beispielrechnungen

Dresden (EH):  $BWA$  im RepartitionsmodellDresden (EH):  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell

**Abbildung 7.5:** Gegenüberstellung des Bodenwertanteils  $BWA$  im Repartitionsmodell (oben) und des Bodenwertes  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell (unten) für Dresden (EH) mit einem regionalen Bodenwertniveau von 130 EUR/m<sup>2</sup>

Stuttgart (EH):  $BWA$  im RepartitionsmodellStuttgart (EH):  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell

**Abbildung 7.6:** Gegenüberstellung des Bodenwertanteils  $BWA$  im Repartitionsmodell (oben) und des Bodenwertes  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell (unten) für Stuttgart (EH) mit einem regionalen Bodenwertniveau von 621 EUR/m<sup>2</sup>

zusammengestellt. Jeweils in Abhängigkeit verschiedener Grundstücksmerkmale werden der Bodenwertanteil  $BWA$  im Repartitionsmodell sowie der Bodenwert  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell gegenübergestellt. Dabei werden die Grundstücksmerkmale so ausgewählt, dass sie jeweils einmal die maximalen regionaltypischen Grundstücksmerkmale, einmal die mittleren und einmal die minimalen regionaltypischen Grundstücksmerkmale abdecken.<sup>4</sup> Auf diese Weise kann ein Eindruck über den gesamten Datenrahmen vermittelt werden.

Anhand der Abbildungen 7.5 und 7.6 sowie der Tabelle 7.4 wird deutlich, welches Potenzial an Fehlbewertungen unter Anwendung des Ansatzes „bebaut = unbebaut“ gemäß ImmoWertV steckt.

Etwas relativierend ist hierbei zu berücksichtigen, dass in den Verfahren der Verkehrswertermittlung der Bodenwert üblicherweise an die Grundstücksgröße angepasst wird. Dies ist in oben aufgeführten Beispielen nicht erfolgt. Eine regionalspezifische Flächenanpassung würde das genannte Ergebnis demnach wieder etwas entschärfen. Jedoch ist fraglich, ob die Flächenanpassung Abweichungen von bis zu 55 % kompensieren kann. Zudem entfällt üblicherweise die Flächenanpassung bei regionaltypischen Grundstücksgrößen, da die Bodenrichtwerte auf jene normiert sind. Im Vergleich von  $BWA$  und  $BW_{ub\ ges}$  ergeben sich jedoch auch unter diesen Bedingungen – wie das Beispiel Dresden (EH) anschaulich zeigt – zumindest teilweise gravierende Abweichungen. Die Flächenanpassung kann das Problem somit nicht vollständig lösen.

Vielmehr kann an dieser Stelle der Schluss gezogen werden, dass mit dem das tatsächliche Markthandeln beschreibende Repartitionsmodell ein wesentlicher Grund dafür gefunden ist, warum insbesondere in Hochpreisregionen die Wertermittlungsverfahren in ihrer unmodifizierten Form zu unglücklichen Ergebnissen führen. So bemerkt etwa Möckel (2002) (zuvor auch in anderen Beiträgen), dass in Berlin bereits der vermeintliche Bodenwert zahlreicher bebauter Grundstücke deren tatsächlichen Kaufpreis erreicht oder sogar übersteigt. Zwar bezieht sich der Autor auf Ertragswertgrundstücke, da diese aber zu den in dieser Arbeit behandelten Sachwertgrundstücken in einem plausiblen Verhältnis stehen müssen, lässt sich die Kritik zweifelsfrei auch in diesem Zusammenhang aufführen:

«[...] Dies vor allem dann, wenn in Regionen mit sehr hohem Bodenwertniveau in relativ vielen Fällen die Bodenwerte über den Kaufpreisen von (baulich voll ausgenutzten) Ertragsgrundstücken liegen, die baulichen Anlagen von den Marktteilnehmern aber dennoch nicht als „wirtschaftlich verbraucht“ betrachtet werden» (Möckel (2002, S. 259)).

Dasselbe Phänomen beschreiben auch Groß (1998) für München und Loose (2009) für Leipzig:

<sup>4</sup>Für den Teilmarkt Dresden (EH) werden für  $BW$  nicht ganz die minimalen Ausprägungen gewählt, da sich hierfür ein geringfügig negativer Wert für  $BWA$  ergibt. Das ist sachlich natürlich nicht haltbar, rechnerisch aber der Unschärfe der Bestimmung der Regressionsparameter zuzurechnen.



**Tabelle 7.4:** Bodenwertanteil  $BWA$  eines bebauten Grundstücks im Repartitionsmodell im Vergleich zum Bodenwert  $BW_{ub\ ges}$  im Sachwertmodell bei verschiedenen Grundstückskonstellationen

Teilmarkt	Grundstücksmerkmale	$BWA$	$BW_{ub\ ges}$	Abweichung
Dresden (EH)	$BW_{reg} = 130 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 230 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 1.400 \text{ m}^2$	181.011 EUR	322.000 EUR	44 %
Dresden (EH)	$BW_{reg} = 130 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 130 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 900 \text{ m}^2$	86.324 EUR	117.000 EUR	26 %
Dresden (EH)	$BW_{reg} = 130 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 70 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 400 \text{ m}^2$	13.725 EUR	28.000 EUR	51 %
Stuttgart (EH)	$BW_{reg} = 621 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 1.000 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 1.000 \text{ m}^2$	801.139 EUR	1.000.000 EUR	20 %
Stuttgart (EH)	$BW_{reg} = 621 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 680 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 735 \text{ m}^2$	453.945 EUR	499.800 EUR	9 %
Stuttgart (EH)	$BW_{reg} = 621 \text{ EUR/m}^2$ $BW = 340 \text{ EUR/m}^2$ $FL = 400 \text{ m}^2$	61.046 EUR	136.000 EUR	55 %

«**Handlungsbedarf** besteht hingegen, wenn der „unbebaute“ Bodenwert für das bebaute Grundstück offensichtlich nicht plausibel ist, z.B. wenn sich in bestimmten Bereichen bzw. in bestimmten Teilmärkten aufgrund des hohen örtlichen Bodenpreinsniveaus in der Ertrags- oder Sachwertberechnung unverhältnismäßig geringe, häufig keine oder sogar negative Werte für Gebäude ergeben, bei denen niemand an Abbruch denkt, die vielmehr auf unabsehbare Zeit erhalten werden sollen» (Groß (1998, S. 1 f.), Hervorh. im Original).

«Vergleicht man nun die erzielten Kaufpreise mit dem „Sachwert“ der Grundstücke, stellt man fest, dass bei der überwiegenden Anzahl (23 von 29 Fällen) **der Boden(richt)wert allein** den tatsächlichen Kaufpreis – inklusive Bausubstanz – teilweise erheblich – überschreitet» (Loose (2009, S. 217), Hervorh. und Zeichensetzung im Original).

Wenn nun die Erkenntnis gewonnen wurde, dass sich in Bezug auf die Bewertung von bebautem Boden im Bewertungsmodell gemäß ImmoWertV und dem Verständnis des Marktteilnehmers teilweise gravierende Unterschiede zeigen, stellt sich zwangsläufig die Frage, ob die Definition des Bodenrichtwertes für bebaute Grundstücke gemäß ImmoWertV überhaupt noch haltbar ist. Oder sollte nicht vielleicht wieder der früher häufig vertretene Ansatz der gedämpften Bodenwerte für bebaute Flächen vertreten werden?

Nun kann nicht das Ziel sein, Bodenrichtwerte in Deutschland nach uneinheitlichen Maßstäben abzuleiten. Zugunsten einer überregionalen Vergleichbarkeit ist die Einheitlichkeit ein wesentliches Ziel. Hat sich aufgrund der rechtlichen Gegebenheiten der Ansatz „Bodenwert bebaut = Bodenwert unbebaut“ bewährt, sollte dieser beibehalten werden – auch mit der Konsequenz des ggf. im Verkehrswertgutachten folgenden Erläuterungsbedarfs. Ist der Bodenwert eines bebauten Grundstücks im ökonomischen Sinn dagegen als eigenständige Größe erforderlich – etwa für Entschädigungsfragen – sollten die hier aufgezeigten Erkenntnisse zur Repartition von Kaufpreisen und Verkehrswerten bebauter Grundstücke von Entscheidungsträgern in Verwaltung und Rechtsprechung unbedingt berücksichtigt werden.

## 7.5 Modellgröße und Marktgröße vs. Markttransparenz

Im Abschnitt 7.4 wurde gezeigt, dass der Bodenwert eines bebauten Grundstücks im Sinn des § 16 Abs. 1 ImmoWertV (Bodenwert bebaut = Bodenwert unbebaut) nicht dem Bodenwert im Verständnis der Marktteilnehmer entspricht, sondern Modellgröße und Marktgröße in Abhängigkeit von verschiedenen Rahmenbedingungen teilweise gravierend auseinanderlaufen. Es stellt sich damit die Frage, inwieweit die von den Gutachterausschüssen veröffentlichten Bodenrichtwerte dann noch zur Markttransparenz beitragen. Es könnte der voreilige Schluss gezogen werden, dass der Bodenwert im Modell der ImmoWertV nur noch eine dem Sachverständigen zugängliche Rechengröße ohne erkennbaren Marktbezug darstellt. Dies wäre umso verwunderlicher, da,

wie in Abschnitt 4.4 und Abbildung 4.2 gezeigt wurde, der Marktteilnehmer sehr häufig auf Bodenrichtwerte zurückgreift und diese in seine Kalkulation einbezieht.

Nun wurde in Abschnitt 4.2 dargelegt, dass der Marktteilnehmer mit der Aufgabe der Preisfindung einen höchst komplexen Prozess zu durchlaufen hat.<sup>5</sup> Komplex ist dieser Prozess deshalb, da der Marktteilnehmer sich aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung des Immobilienhandels vor Fehlentscheidungen zu schützen sucht und darüber hinaus sich der Vergleich verschiedener Angebote aufgrund der Vielseitigkeit der preisrelevanten Grundstücksmerkmale i. d. R. sehr schwierig gestaltet. Aus den Abschnitten 4.4 und 4.5 wurde geschlussfolgert, dass aber gerade der Bodenrichtwert eine Art Schablone liefert, welche die individuellen Eigenschaften und damit den individuellen Gesamtnutzen eines Grundstücks repräsentiert. Der Marktteilnehmer wird durch den Bodenrichtwert in die Lage versetzt, Grundstücke und deren Preise zueinander in Beziehung zu setzen und zu beurteilen.

Aber nicht nur diese Momentaufnahme der regionalen oder sogar überregionalen Preisstruktur, sondern auch deren zeitliche Entwicklung ist zum Füllen zukunftsorientierter und risikominimierter Entscheidungen unerlässlich. So wird die Modellgröße Bodenwert im Sinn der ImmoWertV sogar zu einem wesentlichen Element der Markttransparenz, ungeachtet dessen, dass der abschließend vereinbarte Grundstückskaufpreis und der daraus abzuleitende Bodenwertanteil im ökonomischen Sinn eine vom Bodenrichtwert gemäß ImmoWertV systematisch abweichende Ausprägung annimmt.

In einem etwas anderem Zusammenhang ist dies übrigens Fachleuten wie Laien bestens vertraut. So weisen die Gutachterausschüsse regelmäßig darauf hin, dass ein Bodenrichtwert nicht mit dem Bodenwert eines individuellen Grundstücks gleichzusetzen ist und letzterer nur durch ein entsprechendes Gutachten ermittelt werden kann. Als Beispiel seien die allgemeinen Informationen zu BORIS-D zitiert:

«Was kann BORIS-D nicht? BORIS-D liefert keine Bodenwerte für konkrete Grundstücke. BORIS-D liefert keine Verkehrswerte über bebaute oder unbebaute Grundstücke. BORIS-D liefert keine Kaufpreise für konkrete Objekte» (BORIS-D. URL: <https://www.bodenrichtwerte-boris.de/borisde/?lang=de>. Zugriff 22.02.2020).

Somit wird bereits hier eine Diskrepanz zwischen Bodenrichtwert und dem eigentlich interessierenden Bodenwert des bebauten Grundstücks offen kommuniziert, ohne damit an Attraktivität für den Informationssuchenden einzubüßen.

Es ergibt sich also kein Widerspruch zwischen den Bestrebungen der Gutachterausschüsse zur Bereitstellung qualitativ hochwertiger Bodenrichtwerte zugunsten der Markttransparenz und den Erkenntnissen der voranstehenden Abschnitte. Andererseits ist jedoch, je nach Anwendungszweck, das Bewusstsein darüber, was der Bodenrichtwert tatsächlich repräsentiert, ebenso wichtig. Nur so ist ein der Aufgabenstellung angemessenes Ergebnis zu erzielen.

---

<sup>5</sup>Vgl. Kotler et al. (2011, S. 296).

## 8 Schlussbetrachtung

### 8.1 Methodenkritik

Die Grundlage für die Ableitung von Bodenwerten im Sinn des BauGB und der ImmoWertV aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Ziel 1) sowie zur Aufteilung des Kaufpreises in die auf Boden und Gebäude entfallenden Anteile im ökonomischen Sinn (Ziel 2) ist die Beschreibung der Preisbildung in einem mathematischen Modell. Anders als in der Wertermittlung üblich, wird dieses Modell in der vorliegenden Arbeit nicht iterativ anhand von statistischen Kenngrößen entwickelt, sondern aus den Erkenntnissen der Disziplinen Ökonomie und Psychologie abgeleitet. Damit verbunden ist der Anspruch, das tatsächliche Denken und Handeln der Marktteilnehmer abzubilden. Insofern gelingt es, nicht nur die Zielgröße des Modells mathematisch zuverlässig zu beschreiben, sondern auch den Umgang des Marktteilnehmers mit den Marktinformationen und somit letztendlich deren Anpassung im Prozess der Kaufpreisbildung nachzuvollziehen. Die Anwendung dieses Modells im Rahmen von Regressionsanalysen mit Daten aus sechs verschiedenen Testregionen in jeweils zwei unterschiedlichen Teilmärkten bestätigt die Marktkonformität dieses Ansatzes.

Aufgrund seiner in den Abschnitten 4.8 und 5.5.5 aufgeführten spezifischen Vorteile (Einfachheit der Anwendung, Transparenz und Interpretierbarkeit der Verfahrensergebnisse, Leistungsfähigkeit in Bezug auf nicht lineare funktionale Zusammenhänge) wird hierfür die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips gemäß Mann (2004) verwendet. Sowohl die bisher erfolgten praktischen Anwendungen zahlreicher Gutachterausschüsse als auch die hier ermittelten Ergebnisse und deren Gegenüberstellung zu denen der klassischen multivariaten linearen Regression (ggf. unter Verwendung transformierter Eingangsgrößen) lassen die Leistungsfähigkeit des Verfahrens erkennen. Gleichwohl fehlen bisher vertiefende Beiträge zur Untersuchung der Präzision des Verfahrens: Zeigt das Verfahren z. B. besondere Stärken oder Schwächen bei linearen oder nicht linearen Funktionen? Welche optimale Klassenbreite ist zu wählen? Welche Anzahl an Klassen ist sinnvoll? Welche Anzahl an Merkmalsausprägungen je Klasse ist anzustreben? Sämtliche Fragen werden in dieser Arbeit mit dem nötigen Maß an Pragmatismus beantwortet. Die Ergebnisse sprechen für sich. Dennoch sind hier weiterführende Untersuchungen wünschenswert, welche die Leistungsfähigkeit des Verfahrens systematisch untersuchen und darstellen. Nur unter Berücksichtigung dieser Kenntnisse können optimale Ergebnisse erzielt werden.

Eine einfache und aussagekräftige Methode zur Validierung der mittels Regressionsanalyse erzielten Ergebnisse ist die Kreuzvalidierung oder die daraus abgeleitete

Leave-One-Out-Methode. Beide Ansätze zeigen sich jedoch als ungeeignet für die Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Anwendung des Normierungsprinzips (vgl. Abschnitt 5.6). Durch die Aufteilung des Datenbestandes in Trainings- und Testdaten im Rahmen der Kreuzvalidierung kann die Anzahl der Datensätze in den Klassen stark eingeschränkt werden und die daraus abzuleitenden Regressionsparameter können massiv an Aussagekraft verlieren. Die Leave-One-Out-Methode dagegen erfordert bei größeren Datenbeständen einen hohen Rechenaufwand, welcher sich sinnvoll nur maschinell abarbeiten lässt. Dies läuft aber gerade einem der wesentlichen Vorteile der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung zuwider: der Schaffung eines transparenten Modells, welches nicht nur anhand statistischer Kenngrößen, sondern auch inhaltlich sachverständig zu beurteilen und ggf. anzupassen ist. Hier stehen sich somit mechanische Massendatenverarbeitung und menschliche Sachverständigenleistung unvereinbar gegenüber.

Um diesem Dilemma zu entgehen, wird die Validierung der in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse über einen kleinen Umweg erreicht. Es wurde festgestellt, dass die Ergebnisse aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung sich gut mit denen aus der klassischen linearen Regression decken. Insofern kann die Validierung der Ergebnisse aus der linearen Regression mittels Kreuzvalidierung erfolgen und deren äußere Genauigkeit sowie Schlüssigkeit beurteilt werden. Damit werden auf indirektem Weg auch die Ergebnisse aus der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung bestätigt, das gesteckte Ziel wird erreicht (vgl. Abschnitt 5.6). Dennoch ist dieser Erfolg der zuvor nicht abzusehenden Gleichheit der Ergebnisse aus beiden Regressionsansätzen zu verdanken. Wären die funktionalen Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und der Zielgröße dagegen von nicht linearer Gestalt, wäre diese indirekte Art der Validierung nicht möglich. Diese Konsequenz ist durchaus von praktischer Relevanz. Während nämlich die Untersuchungen in dieser Arbeit aus den in Abschnitt 4.6 genannten Gründen auf die NHK 2000 abgestellt werden, ist zu erwarten, dass unter Verwendung der aktuell üblichen NHK 2010 der funktionale Zusammenhang zwischen dem Gebäudesachwert und dem Grundstückskaufpreis in nicht linearer Form besteht. Damit funktioniert zwar das Verfahren der Regressionsanalyse mit partieller Modellauflösung unter Verwendung des Normierungsprinzips nach wie vor uneingeschränkt, für die Validierung der Ergebnisse sind dann jedoch andere Strategien zu entwickeln.

Für die Lösung der Repartitionsfrage ist die Interpretation der korrigierten Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  von entscheidender Bedeutung (vgl. Abschnitt 7.2). Die hier vorgeschlagene Interpretation als regionalspezifischer Wirtschaftlichkeitsabschlag wird von der Mehrheit der hierzu befragten Experten als plausibel eingeschätzt (vgl. Abschnitt 7.3). Dennoch bleibt es eine sachverständige Einschätzung. Ein entsprechender Beweis für die Richtigkeit der These kann an dieser Stelle nicht vorgelegt werden. Insofern wird die Deutung der Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  und damit die Lösung der Repartitionsfrage zwar mit einem guten Gewissen, gleichzeitig aber auch nicht ohne das erforderliche Maß an Mut vorgetragen. Vielleicht darf in diesem Zusammenhang

Max Planck zitiert werden, welcher sich zur Entwicklung neuer wissenschaftlicher Theorien im Bereich der theoretischen Physik folgendermaßen geäußert hat:

«[...] denn ohne einmal ein Risiko zu wagen, läßt sich auch in der exaktesten Naturwissenschaft keine wirkliche Neuerung einführen» (Baumgärtel (2016, S. 29) zitiert nach Kirsten und Körber (1975, S. 202)).

Hieran ist natürlich nicht zuletzt die Hoffnung geknüpft, dass sich künftige Forschungsarbeiten diesem Thema widmen und die Marktkonformität des hier entwickelten Ansatzes bestätigen. Die Aussicht hierauf besteht durchaus und wird noch einmal im Ausblick unter Abschnitt 8.2 aufgegriffen.

## 8.2 Zusammenfassung und Ausblick

Über Jahrzehnte wurde die Frage diskutiert, ob und ggf. in welcher Weise sich die Werte bebauten und unbebauten Bodens voneinander unterscheiden. Eine tragfähige Antwort konnte bisher noch nicht präsentiert werden.<sup>1</sup> Zugunsten einer einheitlichen Vorgehensweise im Rahmen der Bodenwertermittlung wurde daher durch den Verordnungsgeber im Jahr 2010 festgelegt, dass der Bodenwert eines bebauten Grundstücks in der Regel „ohne Berücksichtigung der vorhandenen baulichen Anlagen auf dem Grundstück“ (§ 16 Abs. 1 ImmoWertV), also fiktiv unbebaut, zu bewerten ist.<sup>2</sup> Wenngleich die Verkehrswertermittlung durch Anwendung entsprechender empirisch zu ermittelnder teilmarktspezifischer Korrekturgrößen (Marktanpassungsfaktoren) gut mit diesem Ansatz arbeiten kann, bleibt dennoch die Frage unbeantwortet, wie der Markt den Wert des bebauten Bodens einschätzt, welchen Wert im ökonomischen Sinn diesem also beizumessen ist. Gerade das sollte aber im Sinn gerechter Entscheidungen durch Rechtsprechung und Verwaltung (z. B. in Fragen der Entschädigung oder Besteuerung) im Vordergrund stehen.

Unabhängig davon kommt selbst die praktische Wertermittlung gelegentlich mit der Modellvorgabe der ImmoWertV an ihre Grenzen. So können etwa bis heute noch nicht widerspruchsfrei das Sachwertverfahren oder Ertragswertverfahren auf verschiedene Wertermittlungsobjekte beispielsweise in den Großstädten München, Berlin oder Leipzig angewendet werden – dann nämlich nicht, wenn bereits der vermeintliche Bodenwert gemäß ImmoWertV den Verkehrswert bzw. Kaufpreis bebauter Grundstücke erreicht oder sogar übersteigt, ohne dass die darauf befindlichen baulichen Anlagen in irgendeiner Weise als abgängig einzustufen wären.<sup>3</sup>

Die Frage des Bodenwertes bebauter Grundstücke im ökonomischen Sinn hat also durchaus einen praktischen Bezug und ihre Beantwortung ist dringend überfällig. Gleichzeitig birgt aber auch die Modellvorgabe der ImmoWertV einen wesentlichen

<sup>1</sup>Vgl. Kleiber (2020, Teil IV, ImmoWertV § 16, 2.3.2, Rn 50 – 65, Zugriff 26.01.2018).

<sup>2</sup>Vgl. Kleiber (2013a, Rn 56).

<sup>3</sup>Vgl. z. B. Groß (1998, S. 1), Möckel (2002, S. 259) und Loose (2009, S. 217).

Nutzen für das Bodenrichtwertsystem: Durch die verordnete Modellvorgabe wird für die Bodenrichtwerte – seien sie nun *marktkonform* oder nicht – die Möglichkeit der überregionalen Vergleichbarkeit geschaffen und damit die Markttransparenz wesentlich gesteigert.<sup>4</sup> Somit ist ersichtlich, dass die Frage des Bodenwertes bebauter Grundstücke grundsätzlich in zweifacher Hinsicht zu beantworten ist. Je nach Zielstellung ist entweder der Bodenwert im Sinn der ImmoWertV oder im ökonomischen Sinn zu betrachten.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Ableitung von Bodenwerten aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke. Den vorausgehenden Erkenntnissen folgend, werden dabei beide Interpretationsformen des Wertes bebauten Bodens behandelt.

Es wird hierzu zunächst aufbauend auf den Erkenntnissen der Ökonomie und Psychologie ein Ansatz abgeleitet, welcher den Prozess der Kaufpreisbildung mathematisch beschreibt. Es wird abgeleitet, dass sich sämtliche preisrelevanten Grundstücksmerkmale durch die Modellgrößen Bodenwert im Sinn der ImmoWertV und Gebäudesachwert im Sinn der NHK 2000 darstellen lassen. Allerdings sind diese in Abhängigkeit von den Ausprägungen der jeweiligen Grundstücksmerkmale an den Markt anzupassen. Im Rahmen der gängigen Wertermittlungspraxis wird die erforderliche Anpassung über einen pauschalen Sachwertfaktor realisiert. In der vorliegenden Arbeit wird dagegen mittels Regressionsanalyse ein merkmalspezifischer und damit grundstücksbezogener Ansatz entwickelt. Die Untersuchung stützt sich auf Vergleichsdaten mehrerer Jahrgänge der Teilmärkte „Freistehende Einfamilienhäuser“ und „Doppelhaushälften“ in jeweils sechs räumlich voneinander unabhängigen Großstädten Deutschlands.

Der Wahl des Regressionsverfahrens kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Dieses soll nämlich nicht nur in der Lage sein, die Zielgröße anhand verschiedener Einflussgrößen zu modellieren, sondern es soll darüber hinaus auch die jeweiligen Zusammenhänge interpretierbar und sachverständig überprüfbar machen. Es kommt also neben der rein mathematischen Leistungsfähigkeit des Verfahrens auch auf die Transparenz des Verfahrensgangs an – dies ist für die ökonomische Betrachtungsweise des Bodenwertes von elementarer Bedeutung. Es wird daher das von Mann (2004) entwickelte Regressionsverfahren herangezogen, welches in seinem Ablauf geringfügig an die hier zu lösende Aufgabe angepasst wird.

Wenn nun der Kaufpreis eines bebauten Grundstücks anhand der Modellgrößen Bodenwert und Gebäudesachwert beschrieben werden kann, kann folglich durch Umstellung des mathematischen Ansatzes aus dem Kaufpreis eines beliebigen Grundstücks unter Kenntnis dessen spezifischer Modellgröße Gebäudesachwert auf dessen spezifische Modellgröße Bodenwert geschlossen werden. Da diese zur ImmoWertV konform ist, kann der aus dem Kaufpreis abgeleitete Bodenwert unmittelbar der Bo-

---

<sup>4</sup>Dass die überregionale Vergleichbarkeit der Bodenrichtwerte durch die unterschiedlichsten Verfahrensdetails im Rahmen derer Ableitung wieder gestört wird, ist ein bekanntes und oft diskutiertes Problem, welches hier jedoch nicht weiter betrachtet werden soll.

denrichtwertermittlung zugeführt werden. Die Gutachterausschüsse werden damit in die Lage versetzt, die Kauffälle bebauter Einfamilienhausgrundstücke in die Bodenrichtwertermittlung einzubeziehen. Die Datenlage wird auf diese Weise wesentlich verbessert, die Qualität der Ergebnisse gesteigert und damit die Markttransparenz durch die Bereitstellung hochwertiger Marktinformationen befördert. Das erste Ziel der vorliegenden Arbeit wurde damit erreicht.

Das verwendete Regressionsverfahren umfasst den Ansatz, aus der Menge der zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten die Ausprägungen der wertrelevanten Grundstücksmerkmale und die korrespondierenden Grundstückskaufpreise systematisch gegenüberzustellen. Ausgehend von einem Normgrundstück, welchem Normmerkmale und ein Normpreis zugeordnet werden, kann modelliert werden, in welchem Maß die Ausprägungen der Grundstücksmerkmale auf den Kaufpreis wirken – wie also der Marktteilnehmer die Grundstücksmerkmale durch seine ökonomisch orientierte Sichtweise bewertet. Es kann also abgeleitet werden, in welcher Weise die Modellgrößen Bodenwert (gemäß ImmoWertV) und Gebäudesachwert (gemäß NHK 2000) anzupassen sind, um diese in die Marktgrößen Bodenwert (im ökonomischen Sinn) und Gebäudewert (im ökonomischen Sinn) zu überführen. Damit ist der Schlüssel zur Aufteilung von Grundstückskaufpreisen in seine auf den Boden und die Gebäude entfallenden Anteile gefunden. Die Frage der Repartition – unter diesem Begriff wird die Kaufpreisaufteilung im ökonomischen Sinn verstanden – ist gelöst. Es wird aufgezeigt, inwieweit sich der Bodenwert im Sinn der ImmoWertV von dem im ökonomischen Sinn unterscheidet. Im Ergebnis erhalten Entscheidungsträger in Verwaltung und Rechtsprechung die Möglichkeit, *marktkonforme* statt *modellkonforme* Daten in ihre Entscheidungen einfließen zu lassen. Damit wurde auch das zweite Ziel der vorliegenden Arbeit erreicht.

Die aus dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse haben zunächst nur für die jeweils untersuchten Testregionen Gültigkeit. Wenngleich deren Übertragung auf andere Großstädte oder sogar andere Gebietsstrukturen (Mittel- und Kleinstädte, ländlicher Raum) nicht unkritisch erfolgen sollte, werden bereits in dieser Arbeit Hinweise darauf aufgezeigt, dass die Preisbildung einer überregional einheitlichen Systematik folgt und lediglich die regionaltypischen Ausgangsbedingungen zu den regionaltypischen Preisen führen. Das entwickelte Modell und die erarbeiteten Modellparameter sowohl zur Bodenwertableitung als auch zur Repartition scheinen damit grundsätzlich überregional anwendbar zu sein.

Insofern sind weitere Arbeiten auf der Grundlage der hier vorgestellten Ergebnisse wünschenswert. So kann durch die Untersuchung von Kauffällen weiterer deutscher Großstädte zum einen die Annahme der überregionalen Unabhängigkeit des Preisbildungsmechanismus gestützt werden. Zum anderen kann die Präzision der Ergebnisse anhand weiterer Untersuchungen gesteigert werden. Darüber hinaus sind Erprobungen des Verfahrens in anderen Gebietsstrukturen wünschenswert. Im Ergebnis sollte damit den Anwendern ein umfassend erprobter, präziser und überregional anwendbarer Parametersatz zur Bodenwertableitung aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke



sowie zur marktgerechten Repartition von Kaufpreisen bebauter Grundstücke zur Verfügung gestellt werden können.

Wie im Rahmen der Methodenkritik (Abschnitt 8.1) bereits erwähnt, beruht die Interpretation der Konstanten  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  (vgl. Abschnitt 7.2) als bodenwertabhängiger Wirtschaftlichkeitsabschlag im Wesentlichen auf der sachverständigen Einschätzung verschiedener Experten. Im Rahmen weiterführender Untersuchungen könnte diese aber auch empirisch belegt werden. So könnte anhand realer Marktdaten das Zusammenspiel zwischen Bodenwert, Herstellungskosten, Freilegungskosten und tatsächlicher Gebäudenutzungsdauer untersucht werden. Zeigt sich der Gebäuderestwert zum Zeitpunkt der Freilegung bodenwertabhängig, ist zunächst die inhaltliche Interpretation von  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  bestätigt. Im weiteren Verlauf könnte untersucht werden, ob sich  $\beta_{0 \text{ korrr}}$  und die Gebäuderestwerte (ggf. unter Berücksichtigung spezifischer Kapitalisierungsmodelle) in ihrer Ausprägung entsprechen. Abhängig davon wie die Antwort ausfällt, kann der in der vorliegenden Arbeit entwickelte Ansatz bereits als rechnerisch stimmig und damit marktkonform bestätigt oder unter Hinzunahme ergänzender Erkenntnisse weiterentwickelt werden.

Im Rahmen der Erprobung des mathematischen Modells an verschiedenen Teilmärkten wird festgestellt, dass sich der Einfluss des Bodenwertes auf den Kaufpreis in einigen Testregionen weniger zuverlässig modellieren lässt als in den meisten anderen. Es wird beobachtet, dass dies auch dann der Fall ist, wenn die zuständigen Gutachterausschüsse ihre Bodenrichtwertinformationen kostenpflichtig bekannt machen. In Verbindung mit den beispielhaft aufgezeigten Zugriffszahlen auf die Bodenrichtwertportale wird die Vermutung geäußert, dass auf diese Weise die Marktinformation Bodenrichtwert bei den Marktteilnehmern weniger präsent und somit der Markt ein Stück weit weniger transparent ist. Insofern ist auch an dieser Stelle weitere Forschungsarbeit wünschenswert, um die Bedeutung des Bodenrichtwertes für den Immobilienmarkt konkret aufzuzeigen und tragfähige Kompromisse zwischen den wirtschaftlichen Zwängen der Kostenträger der Gutachterausschüsse und den Anforderungen an die Markttransparenz zu entwickeln.

## Quellenverzeichnis

### Literatur

- Anderson, Eric T.; Simester, Duncan I. (2010): Price Stickiness and Customer Antagonism. In: *Quarterly Journal of Economics* Volume 125/2, S. 729–765.
- Arbeitskreis der Oberen Gutachterausschüsse, Zentralen Geschäftsstellen und Gutachterausschüsse in der Bundesrepublik Deutschland (2019): Immobilienmarktbericht Deutschland 2019 der Gutachterausschüsse in der Bundesrepublik Deutschland.
- Baumgärtel, Hellmut (2016): Vom Galileischen Imperativ zum Geniestreich von Schrödinger. In: Christian Ammer, Hrsg.: *Das Schöne und Wahre im Einfachen*, S. 19–45.
- Benecke, Holger (2018b): Nutzung von Online-Bezahlverfahren im Portal der Gutachterausschüsse. In: *NaVKV* 1/2018, S. 43–45.
- Betz, Karl (2011): *VWL – Eine kritische Einführung*. Studienbuch zum Kurs VWL für Ingenieure. Meschede: FH SWF.
- Bonorden, R. (1974): Auswertung von Kaufpreisen bebauter Grundstücke für die Ermittlung von Richtwerten. In: *NaVKV* Dezember 1974, S. 218–232.
- Böser, W.; Preuss, R. (1982): Aufspaltung des Gesamtkaufpreises in Bodenwert und Gebäudewert und die sich daraus ergebenden Probleme im Großstadtraum Karlsruhe. In: *AVN* 11-12/1982, S. 449–456.
- Bradbury, James S. (2019): Revenge of the Realtors: The Procompetitive Case for Consolidating Multiple Listing Services. In: *University of Colorado Law Review* Volume 90, Issue 1, S. 267–316.
- Brandau, Kurt (1977): Zur Harmonisierung der Bodenwerte. In: *VR* März 1977, S. 68–74.
- (1980): Bewertung von bebauten Grundstücken. In: *VR* Januar 1980, S. 437–442.
- Bundesministerium der Finanzen (2018): *Anleitung für die Berechnung zur Aufteilung eines Grundstückskaufpreises*. Stand März 2018.
- Bundesrat (1985): Drucksache 575/85. Entwurf eines Gesetzes über das Baugesetzbuch.

- Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Bundesstadt Bonn (2017): Grundstücksmarktbericht 2017 Bundesstadt Bonn.
- Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Düsseldorf (2019): Grundstücksmarktbericht Landeshauptstadt Düsseldorf (inklusive Halbjahresbericht zum 01.07.2019).
- Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Bergisch Gladbach (2013): Grundstücksmarktbericht 2013.
- Der Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Stadt Köln (2017): Grundstücksmarktbericht 2017 für die Stadt Köln.
- Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen (2014): Grundstücksmarktbericht 2014. Nordrhein-Westfalen.
- (2015): Grundstücksmarktbericht 2015. Nordrhein-Westfalen.
- (2016): Grundstücksmarktbericht 2016. Nordrhein-Westfalen.
- (2017): Grundstücksmarktbericht 2017. Nordrhein-Westfalen.
- (2018): Grundstücksmarktbericht 2018. Nordrhein-Westfalen.
- Deutscher Bundestag – 18. Wahlperiode (2016): Drucksache 18/10753. Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Grundgesetzes (Artikel 105).
- Deutscher Bundestag – 3. Wahlperiode (1958): Drucksache 336. Entwurf eines Bundesbaugesetzes.
- Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e. V. et al., Hrsg. (2017): Wirtschaftsfaktor Immobilien 2017. Berlin: Selbstverlag. ISBN: 978-3-937162-49-2.
- Drees, Andreas; Hüsing, Birgit; Linder, Bernd-Ulrich (2011): Bodenrichtwerte für Wohngrundstücke im Außenbereich. In: fub 1/2011, S. 17–24.
- Eichner, Gerrit (2019): Grundlage der Datenanalyse mit R, Statistik und Simulation mit R, Lineare Modelle mit R: Regression und Varianzanalyse, Ausgewählte statistische Verfahren mit R. Skript zum viersemestrigen Veranstaltungszyklus zur angewandten Statistik mit R. Mathematisches Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Fahrmeir, Ludwig; Kneib, Thomas; Lang, Stefan (2009): Regression. Modelle, Methoden und Anwendungen. Zweite Auflage. Berlin: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-642-01836-7.
- Fehr, Ernst; Goette, Lorenz; Zehnder, Christian (2009): A Behavioral Account of the Labor Market: The Role of Fairness Concerns. In: Annual Review of Economics Volume 43, S. 355–384.

- Fehr, Ernst; Schmidt, Klaus M. (2000): Theories of Fairness and Reciprocity – Evidence and Economic Applications. CESifo Working Paper No. 403 and University of Zurich, Institute for Empirical Research, Working Paper No. 75.
- Freedman, David; Diaconis, Persi (1981): On the Histogram as a Density Estimator:  $L_2$  Theory. In: Probability Theory and Related Fields 57, S. 453–476.
- Freise, Jörn (1977): Bodenwert bebauter Grundstücke. In: VR März 1977, S. 57–68.
- Frenkler (1966): Bauart und Bodenwert. In: NaVKV Mai 1966, S. 74–81.
- Frey, Bruno S.; Benz, Matthias (2001): Ökonomie und Psychologie: eine Übersicht. Working Paper No. 92. Institute for Empirical Research in Economics, University of Zurich. ISSN 1424-0459.
- Frigge, Michael; Hoaglin, David C.; Iglewicz, Boris (1989): Some Implementations of the Boxplot. In: The American Statistician Volume 43, Issue 1, S. 50–54.
- GdW Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (2018): Anbieterstruktur auf dem deutschen Wohnungsmarkt nach Zusatzerhebung Mikrozensus 2018. Infografik auf der Grundlage Mikrozensus 2018 sowie GdW-Jahresstatistik 2018. URL: <https://www.gdw.de/downloads/infografiken/>.
- Gerardy, Theo (1980): Praxis der Grundstücksbewertung. 3. neu bearb. u. erw. Aufl. München: Verlag Moderne Industrie. ISBN: 3-478-51253-0.
- Gerardy, Theo et al., Hrsg. (2020): Praxis der Grundstücksbewertung. Loseblattsammlung, Stand Juni 2020, 130. Ergänzungslieferung. Mediengruppe Oberfranken (Verlag). ISBN: 978-3-7892-1800-2.
- Gernand, Lukas; Fenske, Nora (2009): Understanding AIC and BIC in Model Selection. Seminar: „Modellwahl und Modelldiagnostik“ Sommersemester 2009. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Gesellschaft für Immobilienwirtschaftliche Forschung e.V. (2008): Qualitätssicherung bei der Ermittlung von Bodenrichtwerten. URL: <https://www.gif-ev.de/onlineshop/download/direct,75>.
- Groß, Rudolf (1998): Geminderter Bodenwert bei bebauten Grundstücken. Seminarunterlagen: Vortrag im 384. Kurs des Instituts für Städtebau Berlin „Wertermittlung nach dem Baugesetzbuch“ vom 4. bis 6. November 1998.
- Gudat, René; Voß, Winrich (2011): Weiterentwicklung der Markttransparenz am Grundstücks- und Immobilienmarkt. Forschungsprojekt, Endbericht. Leibniz Universität Hannover. URL: [https://www.gih.uni-hannover.de/fileadmin/gih/pdf/publikationen/endbericht\\_markttransparenz\\_2012.pdf](https://www.gih.uni-hannover.de/fileadmin/gih/pdf/publikationen/endbericht_markttransparenz_2012.pdf).

- Güth, Werner; Schmittberger, Rolf; Schwarze, Bernd (1983): An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. In: *Journal of Economic Behavior and Organization* Volume 3/3, S. 367–388.
- Güttler, Helmut (1981): Zur Problematik der Ermittlung des Bodenwertes bebauter Grundstücke durch Anwendung eines kombinierten Sach-Ertragswertverfahrens – Anmerkungen zum Lagewertverfahren nach Brandau. In: *VR* November 1981, S. 396–400.
- Habel, Falk; Kleinmann, Brigitte (2018): NHK 2010 in der Beleihungswertermittlung. In: *GuG* 6/2018, S. 353–359.
- Hannen, Volker (1978): Erwiderung zum Aufsatz von Harald Lucht „Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke“. In: *VR* Juli 1978, S. 257–258.
- Hendricks, Andreas (2017): Bodenrichtwertermittlung. Habilitationsschrift. Schriftenreihe Institut für Geodäsie Heft 93. Universität der Bundeswehr München.
- Hüttenrauch, Christian; Jacobs, Erwin; Kehlen, Erhard (1992): Schematisiertes Verfahren zur Ermittlung von Bodenwerten in den neuen Bundesländern. In: *GuG* 9/1992, S. 137–142.
- Jacoby, Jürgen (2018): Kaufpreisaufteilung für bebaute Grundstücke. Problematik und Lösungsansatz. Dissertation. Hochschulschrift des Instituts für Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus. Karlsruher Institut für Technologie.
- Jeschke, Anja (2011): Flächenhafte Ermittlung von Bodenrichtwerten mittels Lagewertverfahren. In: *fub* 1/2011, S. 1–7.
- Jones Lang LaSalle IP, Inc. (2016): *Global Real Estate Transparency Index, 2016*.
- Kahnemann, Daniel; Knetsch, Jack L.; Thaler, Richard H. (1986): Fairness as a Constraint on Profit Seeking: Entitlements in the Market. In: *The American Economic Review* 76(4), S. 728–741.
- Kirsten, Christa; Körber, Hans-Günther (1975): Max Planck: Laudatio für A. Einstein. In: *Physiker über Physiker* Bd. 1. Akademie-Verlag Berlin.
- Kleiber, Wolfgang (1975): Zur Harmonisierung der Bodenwerte. In: *VR* August / September 1975, S. 329–337.
- (1977): Zum sog. „Lagewertverfahren“. Abschließende Stellungnahme zum vorstehenden Beitrag. In: *VR* März 1977, S. 74–77.
- (2013a): Kommentar zum Baugesetzbuch, § 196. In: Ernst, Zinkahn, Bielenberg, Krautzberger: *Baugesetzbuch. Loseblattsammlung, 110. Ergänzungslieferung*.
- (2013b): Kommentar zur Verordnung über die Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (*Immobilienwertermittlungsverordnung* –

- ImmoWertV). In: Ernst, Zinkahn, Bielenberg, Krautzberger: Baugesetzbuch. Loseblattsammlung, 109. Ergänzungslieferung.
- Kleiber, Wolfgang (2020): Verkehrswertermittlung von Grundstücken. Onlineversion (Kleiber-digital). Bundesanzeiger Verlag GmbH.
- Knospe, Frank; Schaar, Hans-Wolfgang (2011): Zonale Bodenrichtwerte – das Essener Modell. In: GuG 4/2011, S. 193–199.
- Kotler, Philip et al. (2011): Grundlagen des Marketing. 5. Auflage. München: Pearson Education Deutschland GmbH. ISBN: 978-3-86894-014-5.
- Kötter, Theo; Guhl, Silvie (2013): Zur Ableitung von Bodenrichtwerten – eine vergleichende Analyse und Bewertung der methodischen Ansätze. In: fub 1/2013, S. 1–8.
- Loose, Dirk (2009): Marktnähe von Bodenrichtwerten in mittleren und unterdurchschnittlichen Lagen. In: GuG 4/2009, S. 216–220.
- Lucht, Harald (1977): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke. In: VR Dezember 1977, S. 401–419.
- (1978a): Erwiderung zu den Argumenten von Herrn Hannen. In: VR Juli 1978, S. 258–259.
- (1978b): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke II. In: VR Juli 1978, S. 264–269.
- Ludwig, Ingo (2017): juris PraxisKommentar BGB, § 311b BGB. In: Herberger, Martinek, Rüßmann, Weth, Würdinger, Hrsg.: juris PraxisKommentar BGB Band 2, 8. Auflage 2017, Onlineversion.
- Mann, Wilfried (2003): „Düsseldorfer Türmchen“. Eine neue Methode zur Ermittlung von Bodenwerten für Baulandgrundstücke. In: GuG 4/2003, S. 193–198.
- (2004): Integratives Auswertemodell zur Beschreibung des Immobilienmarktes. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover. Nr. 251. Leibniz Universität Hannover.
- Meissner, W. (1975): Unterschiede in Bodenwerten von bebauten und unbebauten Grundstücken. In: AVN April 1975, S. 131–133.
- Möckel, Rainer (1978): Zur Ermittlung von Bau- und Bodenwert aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke. In: VR Juli 1978, S. 259–263.
- (1984): Zum Bodenwert bebauter Ertragsgrundstücke. In: Schriftenreihe des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Universität Bonn Heft 6, S. 239–251.

- 
- (1989): Zur Bedeutung und Ermittlung des aktuellen Bodenwertes bebauter Grundstücke im Ertragswertverfahren. In: VR Juni 1989, S. 163–174.
- (1995): Besonderheiten des Bodenwertes bebauter Grundstücke in der WertV und der Berliner Grundstücksmarkt. In: ZfV 5/1995, S. 226–239.
- (2002): Bodenwerte von Ertragsgrundstücken mit Bestandsbebauung bei hohem Bodenwertniveau. In: fub 6/2002, S. 259–273.
- (2020): Bodenwert bebauter Grundstücke. In: Theo Gerardy, Rainer Möckel, Herbert Troff, Bernhard Bischoff, Hrsg.: Praxis der Grundstücksbewertung. Loseblattsammlung, Stand Juni 2020, 130. Ergänzungslieferung, S. 4.1.0/1–4.1.3/44.
- Morgenstern, Oskar (1935): Vollkommene Voraussicht und wirtschaftliches Gleichgewicht. In: Zeitschrift für Nationalökonomie VI, S. 337–357.
- Mundt, Reinhard Walter (2016): Der Bodenwert bebauter Ein- und Zweifamilienhausgrundstücke im Außenbereich. In: zfv 1/2016, S. 35–46.
- Nagel, Matthias et al. (1996): Grafische Datenanalyse. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. ISBN: 3-437-40350-8.
- Naubereit, Philipp (2007): Bodenwert im Kontext der Harmonisierung der Immobilienbewertung. In: GuG 6/2007, S. 321–325.
- Niederer, Ueli (1982): Galileo Galilei und die Entwicklung der Physik. In: Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich 127/3, S. 205–229.
- Niemann (1952): Preisbildung im Grundstücksverkehr. In: NaVKV 4/1952, S. 136–139.
- Northcraft, Gregory B.; Neale, Margaret A. (1987): Experts, Amateurs, and Real Estate: An Anchoring-and-Adjustment Perspective on Property Pricing Decisions. In: Organizational Behavior and Human Decision Processes 39, S. 84–97.
- Randall, Lisa (2013): Die Vermessung des Universums. Frankfurt am Main: S. Fischer Verlag GmbH. ISBN: 978-3-596-18589-4.
- Reuter, Franz (1989): Zur Umsetzung des Verkehrswertbegriffs in Wertermittlungsmethoden. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Heft 9. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- (2006): Zur Ermittlung von Bodenwerten in kaufpreisarmen Lagen. In: fub 3/2006, S. 97–107.
- Rheinland-Pfalz – Ministerium des Innern und für Sport (2009): Ausgleichsbeträge in Sanierungsgebieten. Ein Leitfaden für die Ermittlung der sanierungsbedingten Bodenwerterhöhungen und der Ausgleichsbeträge.

- Ross, Franz Wilhelm; Brachmann, Rolf (1979): Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken. 23. Auflage. Hannover: Theodor Oppermann Verlag. ISBN: 3-87604-000-0.
- Rüffel, Ernst (1982): Fehlertheoretische Untersuchungen zum Lagewertverfahren nach Brandau. In: VR April 1982, S. 138–145.
- Schaper, Daniela (2014): Pressemeldung zum LVS-Immobilientag der Sachverständigen am 18. Juli 2014. LVS Bayern.
- Schatten, Alexander (1999): Statistik für Chemiker. Ein „Kochbuch“. Digitale Veröffentlichung auf der Homepage des Autors. Stand 21. März 1999. Wien.
- Schnell, Rainer (1994): Graphisch gestützte Datenanalyse. München: Verlag Oldenbourg. ISBN: 978-3-486-23118-2.
- Seele, Walter (1988): Zur Bedeutung und Ermittlung des aktuellen Bodenwertes bebauter Grundstücke. In: VR November 1988, S. 363–375.
- Sommer, Götz; Zimmermann, Peter (1991): Bestimmung von Bodenwerten in den neuen Bundesländern. In: GuG 4/1991, S. 193–204.
- Soot, Matthias et al. (2018): Weiterentwicklung der AKS – Implementierung neuer Auswertemethoden und Steigerung der Nutzer-Interaktion. In: zfv 1/2018, S. 24–35.
- Sprengnetter, Hans Otto (1978): Fortbildungsseminar des Deutschen Vereins für Vermessungswesen über „Grundstücksbewertung“ vom 11. bis 14. Oktober 1977 und vom 28. Februar bis 3. März 1978 (Wiederholungsseminar) in Bonn. In: VR Juli 1978, S. 269 ff.
- (1982): Zur Anwendung von Mittelwertvergleichen als Statistische Test- und Entscheidungsverfahren in der Grundstücksbewertung. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Universität Bonn. Heft 4. Universität Bonn.
- Hrsg. (2020a): Immobilienbewertung. Lehrbuch und Kommentar. Loseblattsammlung. Stand April 2020, 63. Ergänzungslieferung. Bad Neuenahr-Ahrweiler: Sprengnetter Verlag und Software GmbH. ISBN: 978-3-945689-32-5.
- Hrsg. (2020b): Immobilienbewertung. Marktdaten und Praxishilfen. Loseblattsammlung. Stand Februar 2020, 132. Ergänzungslieferung. Bad Neuenahr-Ahrweiler: Sprengnetter Verlag und Software GmbH. ISBN: 978-3-945689-31-8.
- Staiber, Markus; Schäfer, Jan; Becherer, Ferdinand (2015): Bundesweite Studie zu den Veröffentlichungszeitpunkten der Sachwertfaktoren nach NHK 2010. In: GuG 3/2015, S. 168–169.



- Statistisches Bundesamt (2013): Gemeindeverzeichnis Gebietsstand: 31.12.2012. Oktober 2013.
- Steinbrecher, Diana (2017): Prognose von Immobilienwerten. Dissertation. Technische Universität Dresden, URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-227437>.
- Störy, Jürgen (2017): Bodenrichtwerte für Wohnbebauung im Außenbereich. In: zfv 6/2017, S. 351–354.
- Streich, Jürgen (1974): Unterschiede in Bodenwerten von bebauten und unbebauten Grundstücken. In: AVN September 1974, S. 360–363.
- (1975): Unterschiede in Bodenwerten von bebauten und unbebauten Grundstücken. In: AVN April 1975, S. 132–133.
- Stumpf (1969): Der Bodenwert eines bebauten Grundstücks. In: NaVKV Oktober 1969, S. 198–210.
- Thomsen, Oliver; Nitsch, Harald (2010): Hedonische Modellierung von Bodenrichtwerten. In: GuG 2/2010, S. 82–86.
- Upmeyer, Bernhard (1999): Bodenwertermittlung für ein Grundstück in einer Großstadt in den neuen Bundesländern. In: GuG 1/1999, S. 42–44.
- Vogel, Roland (1995): Zur Verkehrswertermittlung von baulichen Anlagen auf fremdem Grund. In: GuG 5/1995, S. 268–273.
- Voigtländer, Michael (2013): Volkswirtschaftliche Grundlagen für den Immobiliensachverständigen. Studienbrief. 2. Auflage. vdpPfandbriefAkademie GmbH.
- Vornholz, Günter (2014): VWL für die Immobilienwirtschaft. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München. ISBN: 978-3-11-035494-2.
- Voß, Winrich; Bakker, Keno (2017): Einsatz von Geodaten für die Immobilienwertermittlung. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B., Hrsg.: Flächennutzungsmonitoring IX. Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung? Berlin: Rhombos-Verlag, IÖR Schriften 73, S. 113–122.
- Weitkamp, Alexandra; Alkhatib, Hamza (2014): Die Bewertung kaufpreisarmer Lagen mit multivariaten statistischen Verfahren – Möglichkeiten und Grenzen robuster Methoden bei der Auswertung weniger Kauffälle. In: AVN 1/2014, S. 3–12.
- Zeißler, Maik (2012): Zur Ermittlung von Bodenrichtwerten bei fehlenden Kaufpreisen unbebauter Grundstücke. Dissertation. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover Nr. 301. Leibniz Universität Hannover.

Ziegenbein, Werner (1977): Zur Anwendung multivariater Verfahren der mathematischen Statistik in der Grundstückswertermittlung. Dissertation. Wissenschaftliche Arbeiten der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie der technischen Universität Hannover Nr. 77. Technische Universität Hannover.

## Interviews

Benecke, Holger (2018a): Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN), Geschäftsstelle Oberer Gutachterausschuss. 30.07.2018. Auskunft per E-Mail.

Bühren, Thomas (2018): Deutsche Immobilien-Akademie an der Universität Freiburg GmbH, Abteilungsleitung / Studienberatung. 28.02.2018. Auskunft per E-Mail.

Der Obere Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen (2018): Mitgliederbefragung. 30.09.2019. Anonymes schriftliches Votum.

Eckmann, Henning (2018): Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte in der Stadt Bergisch-Gladbach, Geschäftsstellenleitung. 05.02.2018. Telefonische Auskunft.

Fehrman, Katharina (2019): Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Dresden, Geschäftsstellenleitung. 18.01.2019. Telefonische Auskunft.

Sahlmann, Arnd (2018): Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW), Geoinformationszentrum. 03.07.2018. Auskunft per E-Mail.

## Anhang: Plots und Berechnungsprotokolle

Im Folgenden sind die relevanten Plots und Protokolle zu den voranstehenden Berechnungen aufgeführt. Tabelle Ü.1 vermittelt einen Überblick über Inhalt und Sortierung der Protokolle. Zum Verständnis des Inhaltes der Protokolle dienen die folgenden Hinweise:

- Allgemeines: Sämtliche Plots und Protokolle wurden mit der Statistikumgebung R entwickelt. Dort wo dem Nutzer nicht die Möglichkeit der freien Gestaltung gegeben ist, folgen die Ausgaben dem R-Standard. Dementsprechend wird als Dezimaltrennzeichen der Punkt verwendet. Variablen werden in Abweichung zur üblichen deutschen mathematischen Schreibweise nicht in Kursivschrift ausgegeben. Dort wo dem Anwender Gestaltungsspielraum gegeben ist – dies betrifft die graphischen Darstellungen (Histogramme und QQ-Plots) – wurde die Schreibweise an die in Deutschland übliche mathematische Schreibweise angepasst (Variablen in Kursivschrift, Komma als Dezimaltrennzeichen und Punkt als Tausender-Trennzeichen).
- Histogramme der Merkmale *KP*, *BW*, *FL* und *GSW*: Dargestellt wird die Anzahl der Merkmalsträger je gemäß Abschnitt 4.9.3 gebildeter Klasse. Der Datenbestand wurde gemäß Abschnitt 4.9.2 bereits um die nicht teilmarkttypischen Vergleichsdaten bereinigt.
- QQ-Plots der Merkmale *KP*, *BW*, *FL* und *GSW*: Diese Plots verdeutlichen die Nähe der Verteilung der Merkmalsausprägungen zur Normalverteilung. Diese wird durch eine rote Linie dargestellt. Je näher sich die Datenpunkte dieser Linie annähern, desto genauer folgen die Merkmalsausprägungen der Normalverteilung.
- Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination: Dieses Protokoll spiegelt die Klassierung der Merkmale *BW*, *FL* und *GSW* gemäß Abschnitt 4.9.3 wider. Aus dem Gesamtbestand wurden bereits die Klassen entfernt, welche über weniger als drei Merkmalsausprägungen verfügen. Unter der Spalte „count“ wird die Anzahl der Merkmalsausprägungen je Klasse genannt. Spalte „x“ gibt den Klassenmittelwert an, während die Spalten „xmin“ und „xmax“ die jeweiligen Klassengrenzen benennen. Im ursprünglichen R-Berechnungsprotokoll sind noch weitere Informationen enthalten, welche für die gestellte Aufgabe jedoch ohne Bedeutung sind. Zugunsten einer besseren Übersicht wurden diese entfernt.

- Klassenstatistik für  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  nach Ausreißerelimination: Dieses Protokoll spiegelt die Klassierung der Merkmale nach der ersten Regressionsanalyse und Elimination der sich daraus ergebenden Ausreißer wider. Sofern erforderlich, wurden auch hier Klassen mit weniger als drei Merkmalsausprägungen entfernt. Die hier aufgeführte Klassierung ist die Grundlage für die finale Regressionsanalyse. Die Struktur des Protokolls entspricht der oben genannten.
- Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination: Dieses Protokoll umfasst die finale Regressionsanalyse. Ausreißer wurden bereits im Rahmen der ersten Analyse eliminiert. Das Protokoll der ersten Analyse wird, da es an dieser Stelle keinen Informationsmehrwert vermittelt, nicht mit aufgeführt. Der Inhalt des Protokolls entspricht der Standardausgabe aus R und ist selbsterklärend.
- Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$ : In diesem Protokoll wird nacheinander in dieser Reihenfolge die Ermittlung der Funktionen  $\bar{\beta}_{BW} = f(BW)$ ,  $\bar{\beta}_{FL} = g(FL)$  und  $\bar{\beta}_{GSW} = u(GSW)$  mittels linearer Regressionsanalyse dokumentiert. Der Inhalt des Protokolls entspricht der Standardausgabe aus R und ist selbsterklärend.
- Die Berechnungsprotokolle P.73 bis P.77 dokumentieren globale Auswertungen. Die Ausgabe folgt dem R-Standard und ist selbsterklärend.

**Tabelle Ü.1:** Übersicht über die Plots und Berechnungsprotokolle  
 (Verwendete Abkürzungen:  
 AE = Ausreißerelimination,  
 DHH: Teilmarkt Doppelhaushälften,  
 EH: Teilmarkt Freistehende Einzelhäuser.)

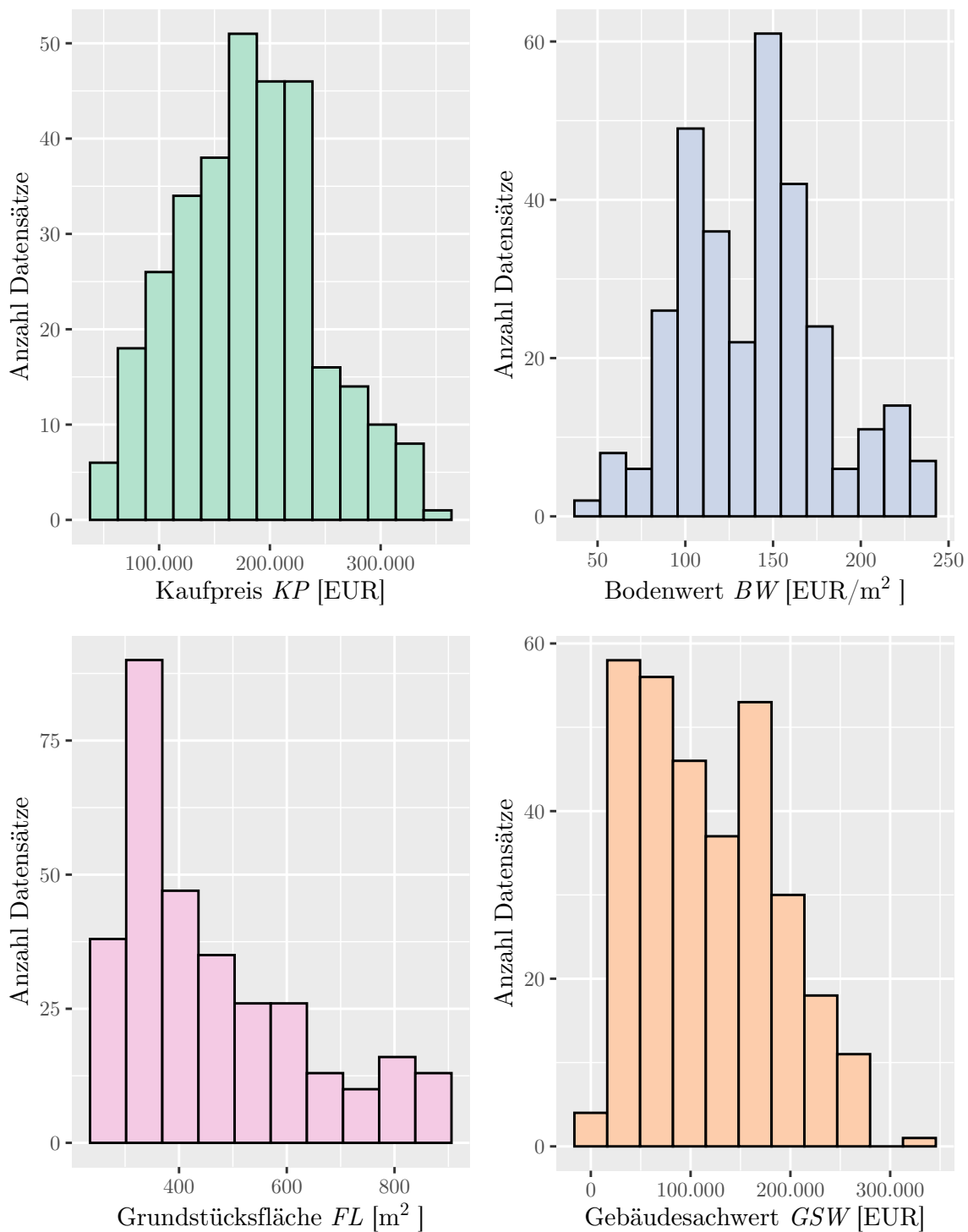
Berechnungsprotokoll	Nummer
Dresden DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.1
Dresden DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.2
Dresden DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.3
Dresden DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.4
Dresden DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.5
Dresden DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.6
Dresden EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.7
Dresden EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.8
Dresden EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.9
Dresden EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.10
Dresden EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.11
Dresden EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.12
Düsseldorf DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.13
Düsseldorf DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.14
Düsseldorf DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.15
Düsseldorf DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.16
Düsseldorf DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.17
Düsseldorf DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.18
Düsseldorf EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.19
Düsseldorf EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.20
Düsseldorf EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.21
Düsseldorf EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.22
Düsseldorf EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.23
Düsseldorf EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.24

Berechnungsprotokoll	Nummer
Fortsetzung	
Frankfurt a. M. DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.25
Frankfurt a. M. DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.26
Frankfurt a. M. DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.27
Frankfurt a. M. DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.28
Frankfurt a. M. DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.29
Frankfurt a. M. DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.30
Frankfurt a. M. EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.31
Frankfurt a. M. EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.32
Frankfurt a. M. EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.33
Frankfurt a. M. EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.34
Frankfurt a. M. EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.35
Frankfurt a. M. EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.36
Freiburg i. Br. DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.37
Freiburg i. Br. DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.38
Freiburg i. Br. DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.39
Freiburg i. Br. DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.40
Freiburg i. Br. DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.41
Freiburg i. Br. DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.42
Freiburg i. Br. EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.43
Freiburg i. Br. EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.44
Freiburg i. Br. EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.45
Freiburg i. Br. EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.46
Freiburg i. Br. EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.47
Freiburg i. Br. EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.48

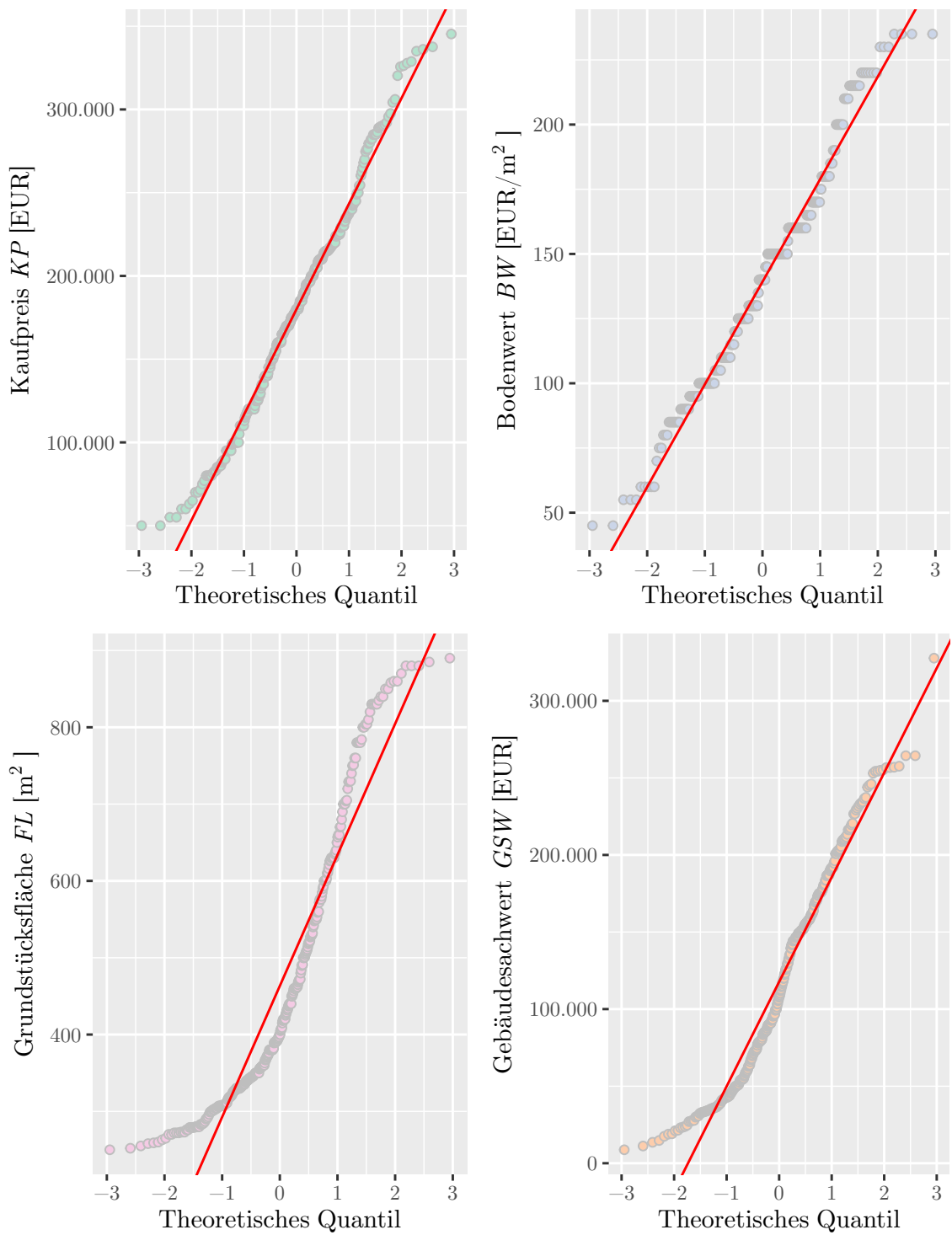
Berechnungsprotokoll	Nummer
Fortsetzung	
Hannover DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.49
Hannover DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.50
Hannover DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.51
Hannover DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.52
Hannover DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.53
Hannover DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.54
Hannover EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.55
Hannover EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.56
Hannover EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.57
Hannover EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.58
Hannover EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.59
Hannover EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.60
Stuttgart DHH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.61
Stuttgart DHH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.62
Stuttgart DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.63
Stuttgart DHH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.64
Stuttgart DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.65
Stuttgart DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.66
Stuttgart EH, Histogramme für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.67
Stuttgart EH, QQ-Plots für $KP$ , $BW$ , $FL$ und $GSW$	P.68
Stuttgart EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ vor AE	P.69
Stuttgart EH, Klassenstatistik für $BW$ , $FL$ und $GSW$ nach AE	P.70
Stuttgart EH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach AE	P.71
Stuttgart EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$	P.72

Berechnungsprotokoll	Nummer
Fortsetzung	
Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der teilmarkt-spezifischen Steigung der Funktion $g_k(FL)$ und dem jeweiligen regionalen Bodenwertniveau $BW_{\text{reg}}$	P.73
Test der Varianzen und Mittelwerte der Normwerte $N$ der Teilmärkte DHH und EH auf Ungleichheit	P.74
Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der korrigierten Konstanten $\beta_0_{\text{korr}}$ und dem regionalen Bodenwertniveau $BW_{\text{reg}}$	P.75
Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der korrigierten Konstanten $\beta_0_{\text{korr}}$ , dem regionalen Bodenwertniveau $BW_{\text{reg}}$ und dem regionalen Gebäudesachwertniveau $GSW_{\text{reg}}$	P.76
Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Faktor $b_{\text{FL}}$ im Modell $\bar{\beta}_{\text{FL korr}} = b_{\text{FL}} \cdot FL$ und dem jeweiligen regionalen Bodenwertniveau $BW_{\text{reg}}$	P.77





**Anhang P.1:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Dresden DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.2:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Dresden DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.3:** Dresden DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  8      8  58.850493445524975  51.494181764834352  66.206805126215599
2  6      6  73.563116806906208  66.206805126215585  80.919428487596832
3  26     26  88.275740168287456  80.919428487596832  95.632051848978080
4  49     49  102.988363529668703  95.632051848978080  110.344675210359327
5  36     36  117.700986891049951  110.344675210359327  125.057298571740574
6  22     22  132.413610252431170  125.057298571740546  139.769921933121793
7  60     60  147.126233613812417  139.769921933121793  154.482545294503041
8  42     42  161.838856975193664  154.482545294503041  169.195168655884288
9  24     24  176.551480336574912  169.195168655884288  183.907792017265535
10  6      6  191.264103697956159  183.907792017265535  198.620415378646783
11  11     11  205.976727059337406  198.620415378646783  213.333038740028030
12  14     14  220.689350420718654  213.333038740028030  228.045662101409278
13  7      7  235.401973782099901  228.045662101409278  242.758285462790525
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1  38     38  268.35825011159386  234.81346884764463  301.90303137554309
2  90     90  335.44781263949233  301.90303137554309  368.99259390344156
3  47     47  402.53737516739079  368.99259390344156  436.08215643134002
4  35     35  469.62693769528926  436.08215643134002  503.17171895923849
5  25     25  536.71650022318772  503.17171895923843  570.26128148713701
6  25     25  603.80606275108619  570.26128148713701  637.35084401503536
7  13     13  670.89562527898465  637.35084401503536  704.44040654293394
8  10     10  737.98518780688312  704.44040654293394  771.52996907083229
9  15     15  805.07475033478158  771.52996907083229  838.61953159873087
10  13     13  872.16431286268005  838.61953159873087  905.70909412662922
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4  0.000000000000000 -16464.517953670191  16464.517953670191
2  57     57  32929.035907340382  16464.517953670191  49393.553861010572
3  55     55  65858.071814680763  49393.553861010572  82322.589768350954
4  46     46  98787.107722021145  82322.589768350954  115251.625675691335
5  37     37  131716.143629361526  115251.625675691350  148180.661583031702
6  53     53  164645.179536701908  148180.661583031702  181109.697490372113
7  30     30  197574.215444042289  181109.697490372113  214038.733397712465
8  18     18  230503.251351382671  214038.733397712465  246967.769305052876
9  11     11  263432.287258723052  246967.769305052876  279896.805212393228
[1] "*****"
```

**Anhang P.4:** Dresden DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  8      8 59.619868025300164 52.167384522137638 67.072351528462690
2  6      6 74.524835031625202 67.072351528462690 81.977318534787713
3 25     25 89.429802037950253 81.977318534787742 96.882285541112765
4 47     47 104.334769044275291 96.882285541112765 111.787252547437816
5 35     35 119.239736050600342 111.787252547437816 126.692219553762868
6 34     34 134.144703056925380 126.692219553762868 141.597186560087891
7 47     47 149.049670063250403 141.597186560087891 156.502153566412971
8 52     52 163.954637069575483 156.502153566412971 171.407120572737995
9 14     14 178.859604075900506 171.407120572737995 186.312087579063018
10 10     10 193.764571082225530 186.312087579063018 201.217054585388041
11 10     10 208.669538088550610 201.217054585388098 216.122021591713121
12 10     10 223.574505094875633 216.122021591713121 231.026988598038145
13  4      4 238.479472101200656 231.026988598038145 245.931955604363168
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 43     43 271.27039951511580 237.36159957572630 305.17919945450529
2 81     81 339.08799939389473 305.17919945450524 372.99679933328423
3 51     51 406.90559927267373 372.99679933328423 440.81439921206322
4 31     31 474.72319915145266 440.81439921206322 508.63199909084210
5 26     26 542.54079903023160 508.63199909084210 576.44959896962109
6 21     21 610.35839890901059 576.44959896962109 644.26719884840008
7 12     12 678.17599878778947 644.26719884840008 712.08479872717885
8  9      9 745.99359866656846 712.08479872717896 779.90239860595796
9 17     17 813.81119854534745 779.90239860595796 847.71999848473695
10 11     11 881.62879842412644 847.71999848473706 915.53759836351583
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4  0.00000000000000 -16258.032831299903 16258.032831299903
2 57     57 32516.065662599805 16258.032831299905 48774.098493899706
3 53     53 65032.131325199603 48774.098493899699 81290.164156499508
4 42     42 97548.196987799412 81290.164156499508 113806.229819099317
5 32     32 130064.262650399207 113806.229819099302 146322.295481699111
6 56     56 162580.328312999016 146322.295481699111 178838.361144298920
7 28     28 195096.393975598825 178838.361144298920 211354.426806898729
8 16     16 227612.459638198634 211354.426806898729 243870.492469498538
9 14     14 260128.525300798443 243870.492469498538 276386.558132098347
[1] "*****"
```

### Anhang P.5: Dresden DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-65272.7755497938 -13236.4270334077  834.7621269913  13446.0144071236  57111.5488969141

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    46912.644698821263    15705.857895186615  2.98695 0.00307862 **
daten_trim$BW_klass(67.1,82]      4210.780115941940    12716.477996446516  0.33113 0.74080667
daten_trim$BW_klass(82,96.9]     1089.947681152350     9467.114650767086  0.11513 0.90842840
daten_trim$BW_klass(96.9,112]    -73.930865179718      9018.068809607939 -0.00820 0.99346505
daten_trim$BW_klass(112,127]     16065.706576043407     9094.486609161688  1.76653 0.07844486 .
daten_trim$BW_klass(127,142]     18616.201444444618     9094.715354439726  2.04693 0.04164071 *
daten_trim$BW_klass(142,157]     25394.843492171331     8862.534614841939  2.86542 0.00449468 **
daten_trim$BW_klass(157,171]     25910.773506683476     8934.651616530249  2.90003 0.00404050 **
daten_trim$BW_klass(171,186]     24409.724997420570    10387.729385189010  2.34986 0.01950613 *
daten_trim$BW_klass(186,201]     50370.763561027947    11168.024633566522  4.51027 9.6924e-06 ***
daten_trim$BW_klass(201,216]     45621.069232897949    11522.662090100741  3.95925 9.6393e-05 ***
daten_trim$BW_klass(216,231]     42335.238330570450    11150.804845200410  3.79661 0.00018146 ***
daten_trim$BW_klass(231,246]     43606.791364849443    14529.343031048835  3.00129 0.00294181 **
daten_trim$FL_klass(305,373]      4358.109985647650     4554.212246158748  0.95694 0.33945973
daten_trim$FL_klass(373,441]     12476.010440855953     5008.194832920602  2.49112 0.01333961 *
daten_trim$FL_klass(441,509]     26760.896686518372     5718.680877459434  4.67956 4.5676e-06 ***
daten_trim$FL_klass(509,576]     19501.924590766794     6182.637454153954  3.15431 0.00179202 **
daten_trim$FL_klass(576,644]     24116.486213660886     6587.496013162981  3.66095 0.00030265 ***
daten_trim$FL_klass(644,712]     27010.465360279431     8014.808974222959  3.37007 0.00086205 ***
daten_trim$FL_klass(712,780]     33185.504691411588     9003.295923094945  3.68593 0.00027575 ***
daten_trim$FL_klass(780,848]     40621.120973764555     6945.084694615001  5.84890 1.4371e-08 ***
daten_trim$FL_klass(848,916]     15478.361397415221     8748.135969523879  1.76933 0.07797563 .
daten_trim$GSW_klass(1.63e+04,4.88e+04] 13712.294733423823    12535.904890437892  1.09384 0.27500661
daten_trim$GSW_klass(4.88e+04,8.13e+04] 47230.954346190403    12657.440921272182  3.73148 0.00023241 ***
daten_trim$GSW_klass(8.13e+04,1.14e+05] 81375.645132763631    12740.966723461286  6.38693 7.4416e-10 ***
daten_trim$GSW_klass(1.14e+05,1.46e+05] 109960.368880807262    13120.621037342931  8.38073 3.0016e-15 ***
daten_trim$GSW_klass(1.46e+05,1.79e+05] 134762.367419359274    12977.169047013655  10.38457 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(1.79e+05,2.11e+05] 153614.752944262640    13184.716712486579  11.65097 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.11e+05,2.44e+05] 184574.989686512679    13697.889898095149  13.47470 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.44e+05,2.76e+05] 221281.405405661324    13961.961332810641  15.84888 < 2.22e-16 ***
daten_trim$Jahrgang2009          550.655535299966      4426.333029668320  0.12440 0.90108831
daten_trim$Jahrgang2010          7462.659804052542     4346.610613735633  1.71689 0.08715430 .
daten_trim$Jahrgang2011          8778.115105248235     4524.936176018334  1.93994 0.05343573 .
daten_trim$Jahrgang2012          11571.787620758590     4250.231069431501  2.72263 0.00690149 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 22653.83853140001 on 268 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.88456789097374, Adjusted R-squared:  0.87035423575781
F-statistic: 62.233667380853 on 33 and 268 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

### Anhang P.6: Dresden DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-9368.98729480156 -4084.25884655079  498.99736568458 3208.81730977358 13335.78679607311

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -21955.359106648280  4948.557161462652 -4.43672 0.0010004 **
KL_Mittel    299.443329297478    30.972914167089  9.66791 1.035e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.100000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 6216.5159980913004 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.89470507524438, Adjusted R-squared:  0.8851328093575
F-statistic: 93.468472963246 on 1 and 11 DF, p-value: 1.0349719868562e-06

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-2480.20166329785 -605.92364370764 -486.32949978424  540.72848860851 2757.70540298443

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -19147.4773198789480 2015.5270999480067 -9.49999 7.7541e-05 ***
KL_Mittel    71.2907942007420    3.4713114083284 20.53714 8.6688e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.100000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 1787.3047100269 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.98597390052172, Adjusted R-squared:  0.98363621727534
F-statistic: 421.77395164574 on 1 and 6 DF, p-value: 8.6687880995555e-07

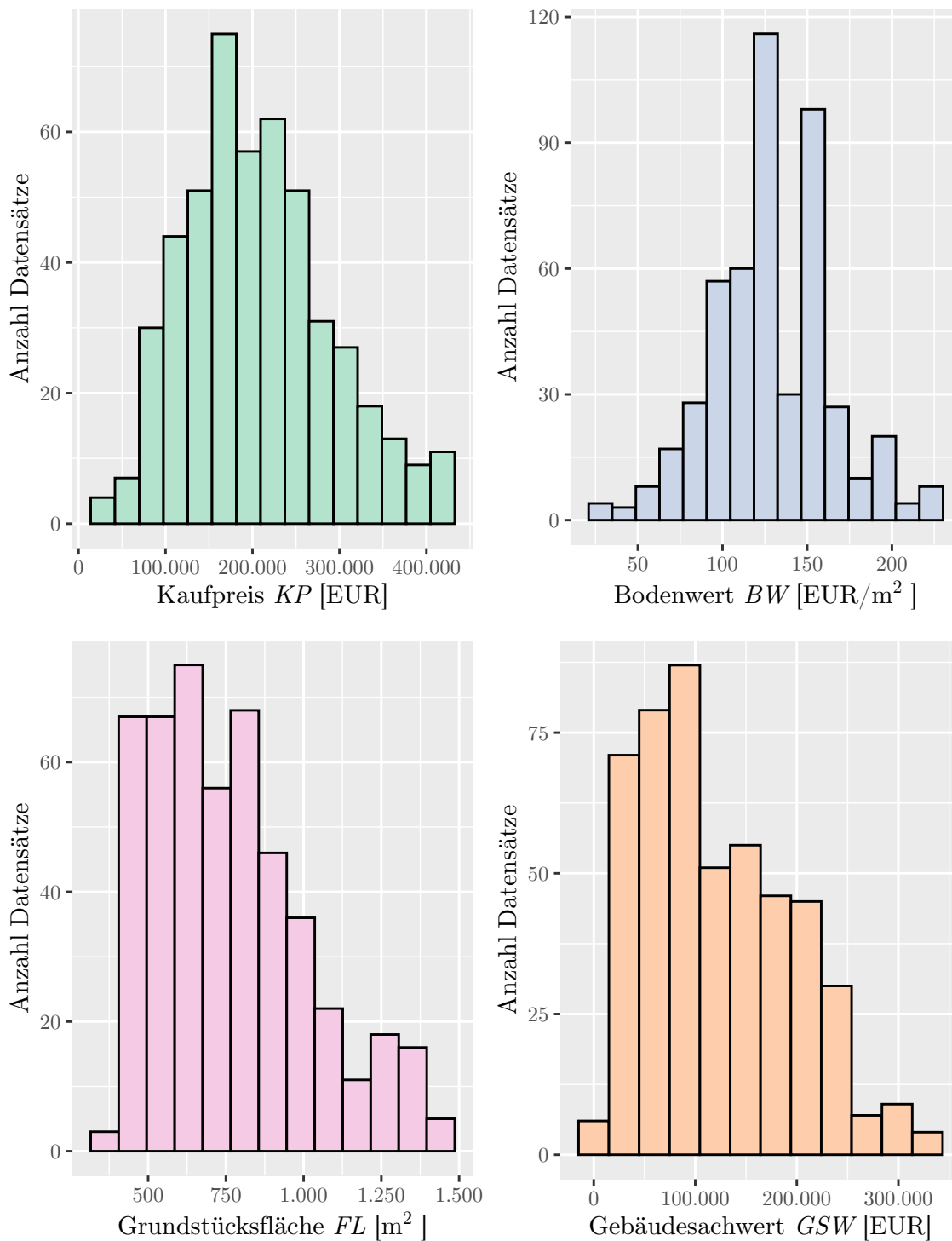
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

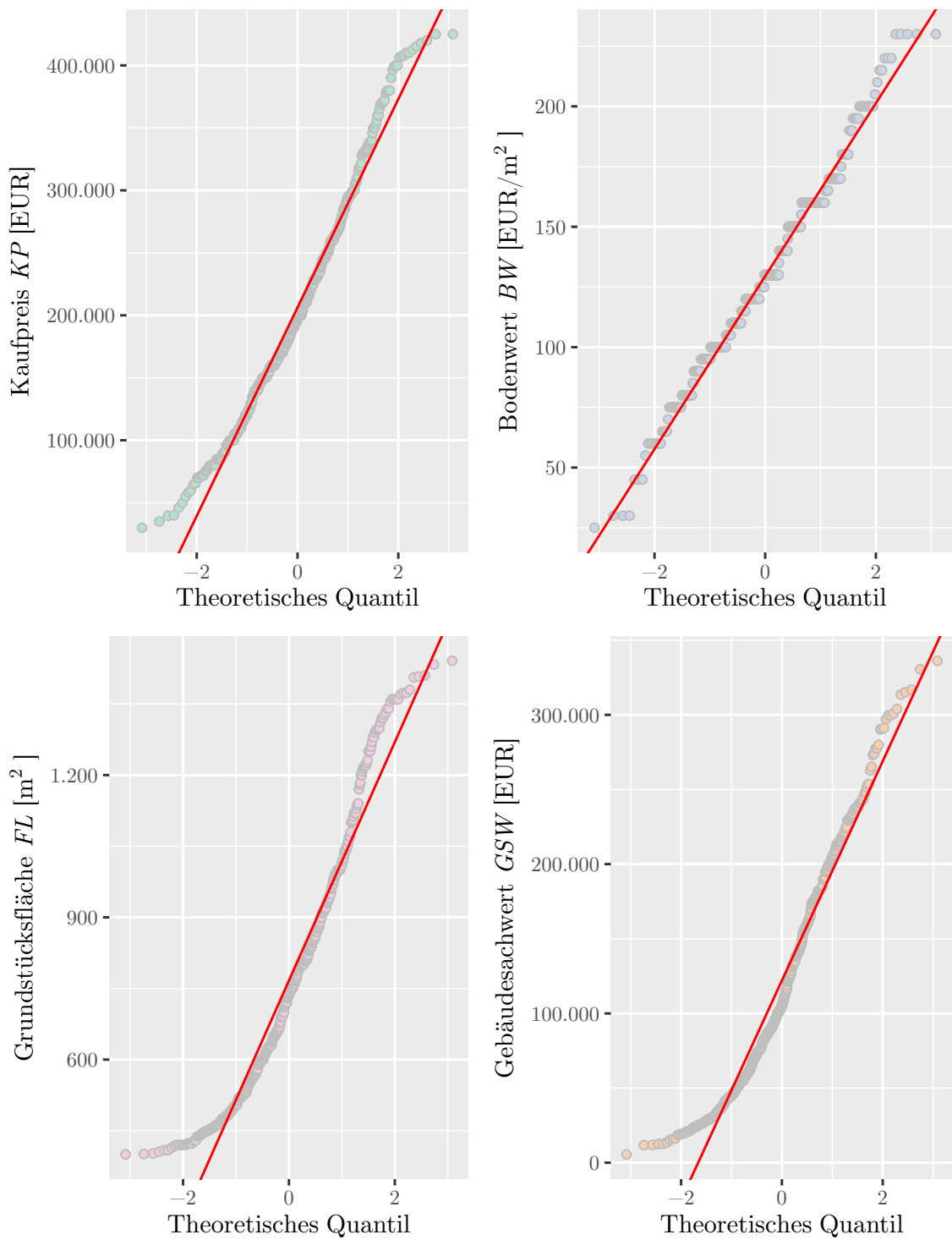
Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-9925.8560149158 -3582.4280869894 2702.8214987935 6082.1421023540 6664.4025749923

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -7.1328397181045e+03  4.3814013051965e+03 -1.62798  0.14755
KL_Mittel    8.7114756831417e-01  2.8668002799127e-02 30.38745 1.0782e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.100000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 7060.4991012237997 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.99247633208963, Adjusted R-squared:  0.99140152238815
F-statistic: 923.39725880991 on 1 and 7 DF, p-value: 1.0782275851093e-08
```



**Anhang P.7:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Dresden EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.8:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Dresden EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.9:** Dresden EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1   4     4 27.905554340481739 20.929165755361304 34.881942925602175
2   3     3 41.858331510722607 34.881942925602175 48.834720095843039
3   8     8 55.811108680963471 48.834720095843039 62.787497266083903
4  17    17 69.763885851204350 62.787497266083918 76.740274436324782
5  28    28 83.716663021445214 76.740274436324768 90.693051606565660
6  57    57 97.669440191686093 90.693051606565660 104.645828776806525
7  60    60 111.622217361926957 104.645828776806525 118.598605947047389
8 116   116 125.574994532167821 118.598605947047389 132.551383117288253
9  30    30 139.527771702408700 132.551383117288253 146.504160287529146
10 98    98 153.480548872649564 146.504160287529118 160.456937457770010
11 27    27 167.433326042890428 160.456937457769982 174.409714628010875
12 10    10 181.386103213131321 174.409714628010875 188.362491798251767
13 20    20 195.338880383372157 188.362491798251710 202.315268968492603
14  4     4 209.291657553613049 202.315268968492603 216.268046138733496
15  8     8 223.244434723853942 216.268046138733496 230.220823308974389
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1   3     3 360.23533784985517 315.20592061862328 405.26475508108706
2  67    67 450.29417231231895 405.26475508108706 495.32358954355084
3  67    67 540.35300677478267 495.32358954355078 585.38242400601462
4  75    75 630.41184123724656 585.38242400601462 675.44125846847851
5  56    56 720.47067569971034 675.44125846847851 765.50009293094217
6  68    68 810.52951016217412 765.50009293094217 855.55892739340607
7  46    46 900.58834462463801 855.55892739340607 945.61776185586996
8  36    36 990.64717908710168 945.61776185586973 1035.67659631833362
9  22    22 1080.70601354956534 1035.67659631833340 1125.73543078079729
10 11    11 1170.76484801202923 1125.73543078079729 1215.79426524326118
11 18    18 1260.82368247449313 1215.79426524326118 1305.85309970572507
12 16    16 1350.88251693695702 1305.85309970572507 1395.91193416818896
13  5     5 1440.94135139942068 1395.91193416818896 1485.97076863065240
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1   6     6  0.00000000000000 -14937.344743784613 14937.344743784613
2  71    71 29874.689487569227 14937.344743784612 44812.034231353842
3  79    79 59749.378975138454 44812.034231353842 74686.723718923065
4  87    87 89624.068462707684 74686.723718923080 104561.413206492289
5  51    51 119498.757950276908 104561.413206492289 134436.102694061527
6  55    55 149373.447437846160 134436.102694061527 164310.792181630793
7  46    46 179248.136925415369 164310.792181630764 194185.481669199973
8  45    45 209122.826412984577 194185.481669199944 224060.171156769211
9  30    30 238997.515900553844 224060.171156769211 253934.860644338478
10  7     7 268872.205388123053 253934.860644338478 283809.550131907628
11  9     9 298746.894875692204 283809.550131907570 313684.239619476837
12  4     4 328621.584363261471 313684.239619476837 343558.929107046104
[1] "*****"
```

**Anhang P.10:** Dresden EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1  4      4 28.478845030586807 21.359133772940105 35.598556288233510
2  3      3 42.718267545880209 35.598556288233510 49.837978803526909
3  8      8 56.957690061173608 49.837978803526909 64.077401318820307
4 15     15 71.197112576467021 64.077401318820307 78.316823834113734
5 26     26 85.436535091760419 78.316823834113706 92.556246349407132
6 67     67 99.675957607053832 92.556246349407132 106.795668864700531
7 92     92 113.915380122347230 106.795668864700531 121.035091379993929
8 62     62 128.154802637640614 121.035091379993915 135.274513895287328
9 27     27 142.394225152934041 135.274513895287328 149.513936410580754
10 90     90 156.633647668227468 149.513936410580754 163.753358925874181
11 26     26 170.873070183520838 163.753358925874124 177.992781441167551
12 12     12 185.112492698814265 177.992781441167551 192.232203956460978
13 16     16 199.351915214107635 192.232203956460921 206.471626471754348
14  6      6 213.591337729401062 206.471626471754348 220.711048987047775
15  5      5 227.830760244694488 220.711048987047775 234.950471502341202
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1  3      3 358.31565020301946 313.52619392764200 403.10510647839692
2  60     60 447.89456275377427 403.10510647839681 492.68401902915173
3  64     64 537.47347530452907 492.68401902915167 582.26293157990654
4  72     72 627.05238785528400 582.26293157990654 671.84184413066146
5  53     53 716.63130040603892 671.84184413066146 761.42075668141638
6  62     62 806.21021295679384 761.42075668141638 850.99966923217130
7  45     45 895.78912550754853 850.99966923217107 940.57858178292599
8  36     36 985.36803805830345 940.57858178292599 1030.15749433368092
9  17     17 1074.94695060905838 1030.15749433368092 1119.73640688443584
10 13     13 1164.52586315981330 1119.73640688443584 1209.31531943519076
11 16     16 1254.10477571056799 1209.31531943519076 1298.89423198594523
12 14     14 1343.68368826132291 1298.89423198594545 1388.47314453670037
13  4      4 1433.26260081207784 1388.47314453670037 1478.05205708745530
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1  7      7  0.00000000000000 -15388.867535516565 15388.867535516565
2  71     71 30777.735071033130 15388.867535516563 46166.602606549699
3  85     85 61555.470142066268 46166.602606549699 76944.337677582836
4  76     76 92333.205213099398 76944.337677582836 107722.072748615959
5  49     49 123110.940284132521 107722.072748615959 138499.807819649082
6  46     46 153888.675355165673 138499.807819649111 169277.542890682234
7  48     48 184666.410426198796 169277.542890682234 200055.277961715357
8  39     39 215444.145497231919 200055.277961715357 230833.013032748480
9  23     23 246221.880568265042 230833.013032748480 261610.748103781603
10  8      8 276999.615639298165 261610.748103781603 292388.483174814726
11  7      7 307777.350710331288 292388.483174814726 323166.218245847849
[1] "*****"
```

**Anhang P.11: Dresden EH,**

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-106932.4512617514  -19682.6862973871   1902.1653715429   19635.3495613829   99810.9218988221

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -18377.7130381093    30808.8592211740  -0.59651  0.55115921
daten_trim$BW_klass(35.6,49.8]      1853.2073242737     27655.1902070880   0.06701  0.94660483
daten_trim$BW_klass(49.8,64.1]     27448.5404028835     22011.3686488686   1.24702  0.21308971
daten_trim$BW_klass(64.1,78.3]     24579.5666725051     20280.2112881983   1.21200  0.22619795
daten_trim$BW_klass(78.3,92.6]     24237.5675685073     19182.9183653028   1.26350  0.20711471
daten_trim$BW_klass(92.6,107]      30173.4370393820     18360.1089187695   1.64342  0.10104724
daten_trim$BW_klass(107,121]       50165.0566167936     18319.8832138108   2.73828  0.00643999 **
daten_trim$BW_klass(121,135]       52539.8509818699     18566.8211811961   2.82977  0.00488264 **
daten_trim$BW_klass(135,150]       67099.2688975531     19330.3066462996   3.47120  0.00057210 ***
daten_trim$BW_klass(150,164]       72123.8762657946     18317.0400778754   3.93753  9.6429e-05 ***
daten_trim$BW_klass(164,178]       61407.9542508527     19256.4006276415   3.18896  0.00153530 **
daten_trim$BW_klass(178,192]       87263.9684596109     20637.8356146147   4.22835  2.8939e-05 ***
daten_trim$BW_klass(192,206]       93031.3307397194     19957.7307178582   4.66142  4.2300e-06 ***
daten_trim$BW_klass(206,221]       150887.4391182806     23345.3370351591   6.46328  2.8588e-10 ***
daten_trim$BW_klass(221,235]       113224.2853481319     24022.0047075125   4.71336  3.3241e-06 ***
daten_trim$FL_klass(403,493]        26710.2159845236     21207.3908056314   1.25948  0.20856098
daten_trim$FL_klass(493,582]       38233.1328824413     21183.9077005223   1.80482  0.07182244 .
daten_trim$FL_klass(582,672]       54591.5509887122     21094.5961423947   2.58794  0.00999149 **
daten_trim$FL_klass(672,761]       54177.8564872041     21326.7273034747   2.54037  0.01143429 *
daten_trim$FL_klass(761,851]       64499.2602927276     21127.1580691947   3.05291  0.00241111 **
daten_trim$FL_klass(851,941]       64249.4931358320     21419.0847108940   2.99964  0.00286466 **
daten_trim$FL_klass(941,1.03e+03]   56580.1686046543     21467.3444577361   2.63564  0.00871033 **
daten_trim$FL_klass(1.03e+03,1.12e+03]  81196.0210059121     22539.0489160422   3.60246  0.00035315 ***
daten_trim$FL_klass(1.12e+03,1.21e+03]  59966.8574353690     22945.0065005943   2.61350  0.00928533 **
daten_trim$FL_klass(1.21e+03,1.3e+03]   51908.4950442942     22426.1201246409   2.31464  0.02111618 *
daten_trim$FL_klass(1.3e+03,1.39e+03]   94254.8060420448     22773.3262530724   4.13882  4.2236e-05 ***
daten_trim$FL_klass(1.39e+03,1.48e+03]  135120.1541457407     27759.7951525896   4.86748  1.6051e-06 ***
daten_trim$GSW_klass(1.54e+04,4.62e+04]  10243.4701279568     14481.9357434581   0.70733  0.47975719
daten_trim$GSW_klass(4.62e+04,7.69e+04]  44042.2746331422     14340.1980519075   3.07125  0.00227091 **
daten_trim$GSW_klass(7.69e+04,1.08e+05]  87867.1624710108     14367.1837795005   6.11582  2.2080e-09 ***
daten_trim$GSW_klass(1.08e+05,1.38e+05]  118579.4304285298     14655.6116143518   8.09106  6.4924e-15 ***
daten_trim$GSW_klass(1.38e+05,1.69e+05]  137688.4269742664     14783.9219142746   9.31339  < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(1.69e+05,2e+05]    164354.8686824590     14761.1872148051  11.13426  < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2e+05,2.31e+05]    194350.3168322402     14845.8136775556  13.09125  < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.31e+05,2.62e+05]  214879.9153901705     15682.2116301937  13.70214  < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.62e+05,2.92e+05]  265415.1042850880     18746.5793588175  14.15806  < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.92e+05,3.23e+05]  272553.5697491114     19251.3124320807  14.15766  < 2.22e-16 ***
daten_trim$Jahrgang2009             2364.4789823257       5610.2151056185   0.42146  0.67363615
daten_trim$Jahrgang2010             7030.4099762978       5369.4598436835   1.30933  0.19114089
daten_trim$Jahrgang2011             10715.2757670618      5289.9872024261   2.02558  0.04344303 *
daten_trim$Jahrgang2012             24374.5303833775      5738.1461288752   4.24781  2.6632e-05 ***

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 35015.917379708997 on 418 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.82738369416838, Adjusted R-squared:  0.81086538739023
F-statistic: 50.088892601452 on 40 and 418 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

**Anhang P.12:** Dresden EH,  
Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-14683.5171473775  -4363.6123093322  1435.3724807152  3289.0267309650 11808.2967329166

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -17147.312871260005  4277.805275019114  -4.00844  0.0017352 **
KL_Mittel    552.211478589085    31.561501664901  17.49636 6.6065e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 6908.659625495 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.96227870633646, Adjusted R-squared:  0.95913526519783
F-statistic: 306.12270562707 on 1 and 12 DF, p-value: 6.6065114843721e-10

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-36067.0137626062 -10592.3676561803  4109.3614011575  7856.5981992798 33588.0707970707

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10788.181995942763 15377.051727491091  -0.70158 0.49751816
KL_Mittel    78.932020621653    16.085041682783  4.90717 0.00046627 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 18971.595613938 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.68643377908124, Adjusted R-squared:  0.65792775899772
F-statistic: 24.080309249414 on 1 and 11 DF, p-value: 0.00046627243727124

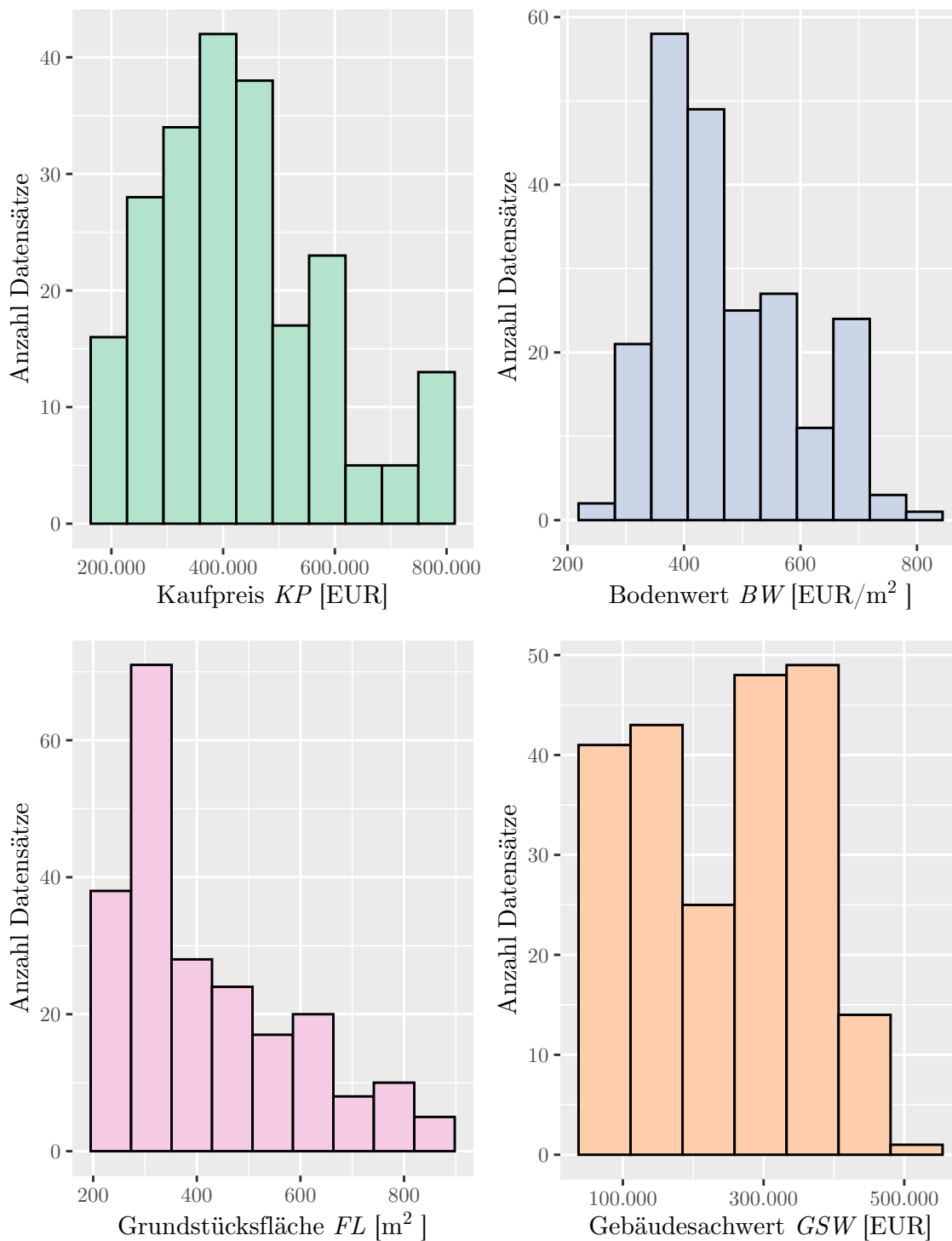
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

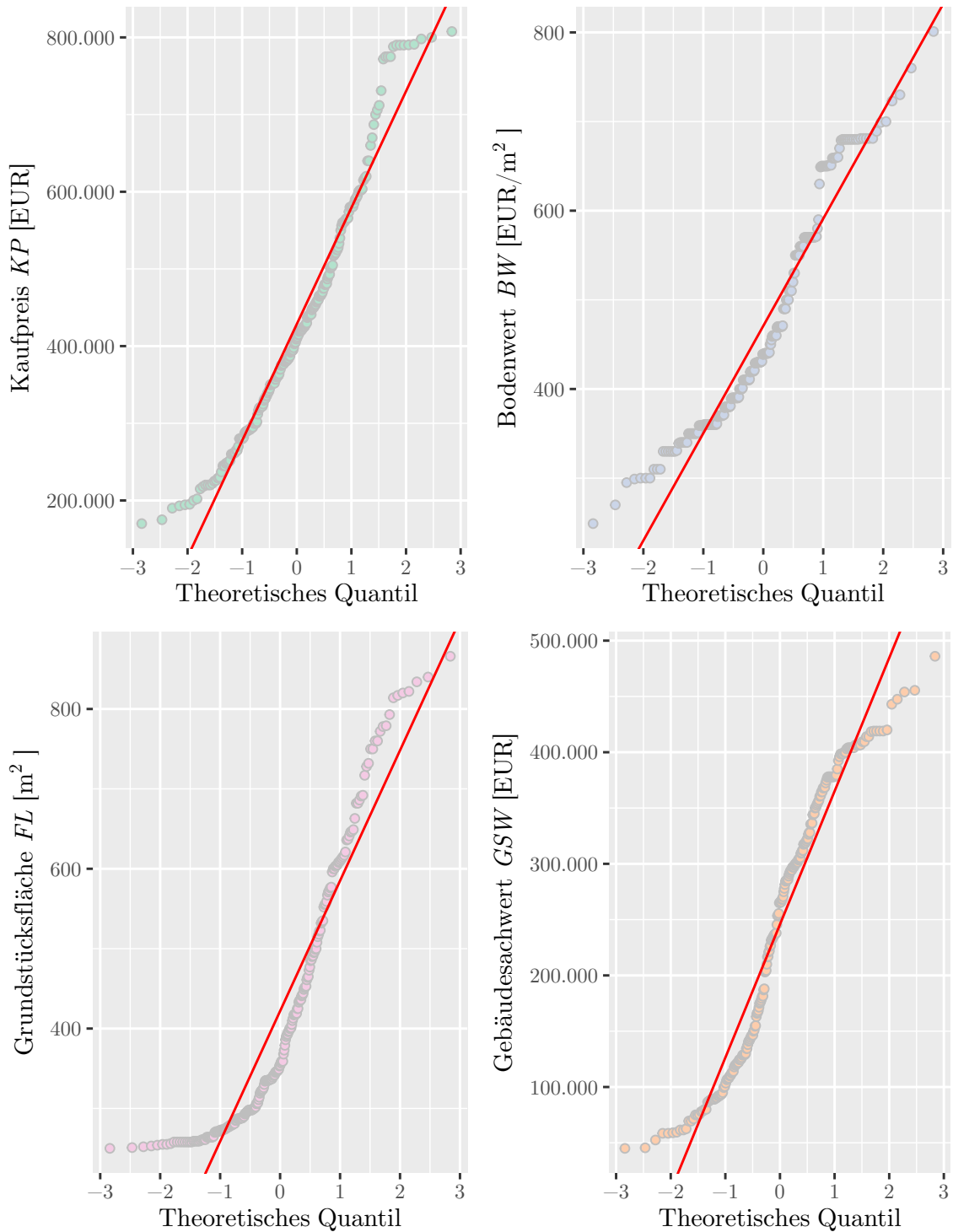
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-11384.8240419162  -4653.2846645620 -1180.8132514651  5886.2388664250 10827.5359393001

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.0189277522340e+04  4.6697969511067e+03  -2.18195  0.056993 .
KL_Mittel    9.5762083855627e-01  2.5826596148627e-02  37.07886 3.7423e-11 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 8118.0159479265003 on 9 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.99349636798795, Adjusted R-squared:  0.99277374220884
F-statistic: 1374.8421336461 on 1 and 9 DF, p-value: 3.7423127332634e-11
```



**Anhang P.13:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Düsseldorf DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.14:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Düsseldorf DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.15:** Düsseldorf DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 21     21 312.60629047987044 281.34566143188340 343.86691952785748
2 58     58 375.12754857584451 343.86691952785748 406.38817762383155
3 49     49 437.64880667181859 406.38817762383155 468.90943571980563
4 24     24 500.17006476779267 468.90943571980563 531.43069381577970
5 27     27 562.69132286376680 531.43069381577970 593.95195191175389
6 11     11 625.21258095974088 593.95195191175389 656.47321000772786
7 24     24 687.73383905571495 656.47321000772786 718.99446810370205
8 3       3 750.25509715168903 718.99446810370205 781.51572619967601
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 38     38 234.20661762936322 195.17218135780269 273.24105390092376
2 70     70 312.27549017248430 273.24105390092376 351.30992644404483
3 28     28 390.34436271560537 351.30992644404483 429.37879898716591
4 23     23 468.41323525872644 429.37879898716591 507.44767153028698
5 15     15 546.48210780184752 507.44767153028693 585.51654407340811
6 20     20 624.55098034496859 585.51654407340811 663.58541661652907
7 8       8 702.61985288808967 663.58541661652907 741.65428915965026
8 10     10 780.68872543121074 741.65428915965026 819.72316170277122
9 5       5 858.75759797433182 819.72316170277122 897.79203424589241
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 40     40 73933.868700794745 36966.93435039738 110900.80305119211
2 42     42 147867.737401589489 110900.80305119211 184834.67175198687
3 25     25 221801.606102384219 184834.67175198684 258768.54045278160
4 48     48 295735.474803178979 258768.54045278160 332702.40915357636
5 48     48 369669.343503973738 332702.40915357636 406636.27785437112
6 14     14 443603.212204768439 406636.27785437112 480570.14655516576
[1] "*****"
```

**Anhang P.16:** Düsseldorf DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  5      5 272.34933456700531 238.30566774612964 306.39300138788099
2 48     48 340.43666820875666 306.39300138788099 374.48033502963233
3 60     60 408.52400185050794 374.48033502963233 442.56766867138356
4 27     27 476.61133549225929 442.56766867138361 510.65500231313496
5 22     22 544.69866913401063 510.65500231313490 578.74233595488636
6  3      3 612.78600277576197 578.74233595488636 646.82966959663759
7 34     34 680.87333641751320 646.82966959663759 714.91700323838882
8  3      3 748.96067005926466 714.91700323838904 783.00433688014027
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 41     41 236.98482460289162 197.48735383574302 276.48229537004022
2 63     63 315.97976613718885 276.48229537004022 355.47723690433747
3 24     24 394.97470767148604 355.47723690433747 434.47217843863461
4 22     22 473.96964920578330 434.47217843863473 513.46711997293187
5 14     14 552.96459074008044 513.46711997293187 592.46206150722901
6 18     18 631.95953227437769 592.46206150722901 671.45700304152638
7  8      8 710.95447380867495 671.45700304152638 750.45194457582352
8  9      9 789.94941534297209 750.45194457582352 829.44688611012066
9  3      3 868.94435687726934 829.44688611012066 908.44182764441803
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 42     42 76651.510151133058 38325.755075566529 114977.26522669959
2 39     39 153303.020302266115 114977.265226699586 191628.77537783264
3 22     22 229954.530453399173 191628.775377832644 268280.28552896570
4 45     45 306606.040604532231 268280.285528965702 344931.79568009876
5 51     51 383257.550755665288 344931.795680098759 421583.30583123182
6  3      3 459909.060906798346 421583.305831231817 498234.81598236487
[1] "*****"
```



**Anhang P.17:** Düsseldorf DHH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-173891.4907088241  -38316.1684881554  -6320.6835435626   32492.2931610233  194092.7095974067

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      90970.82610076634    33671.67379947877    2.70170 0.00756566 **
daten_trim$BW_klass(306,374]  39465.13032699314    30344.29967056790    1.30058 0.19508422
daten_trim$BW_klass(374,443]  98954.64620359530    30695.05724452284    3.22380 0.00150492 **
daten_trim$BW_klass(443,511]  72610.91374349553    31608.08702305028    2.29723 0.02276985 *
daten_trim$BW_klass(511,579]  137350.91017864289    33053.45621519034    4.15542 5.0358e-05 ***
daten_trim$BW_klass(579,647]  185757.38513442391    48098.53559256611    3.86202 0.00015726 ***
daten_trim$BW_klass(647,715]  293908.24938168109    32709.25868394878    8.98548 3.6859e-16 ***
daten_trim$BW_klass(715,783]  278987.40763417317    47900.75668023448    5.82428 2.6289e-08 ***
daten_trim$FL_klass(276,355]   40478.66066493117    12987.19158437583    3.11681 0.00213198 **
daten_trim$FL_klass(355,434]  116238.04494420790    18923.77420399489    6.14243 5.1694e-09 ***
daten_trim$FL_klass(434,513]  71598.84838797089    18922.35654222629    3.78382 0.00021080 ***
daten_trim$FL_klass(513,592]  125859.24888613081    22514.18510182859    5.59022 8.3998e-08 ***
daten_trim$FL_klass(592,671]  135926.50415789383    21111.35925914207    6.43855 1.0860e-09 ***
daten_trim$FL_klass(671,750]   98980.64516681356    27505.87569948046    3.59853 0.00041461 ***
daten_trim$FL_klass(750,829]  136862.83686724366    26574.35492796806    5.15018 6.8520e-07 ***
daten_trim$FL_klass(829,908]  143540.00197096387    40409.68267393150    3.55212 0.00048919 ***
daten_trim$GSW_klass(1.15e+05,1.92e+05]  63393.31503685014    15381.82341248036    4.12131 5.7666e-05 ***
daten_trim$GSW_klass(1.92e+05,2.68e+05]  190879.05083285930    17943.05388344716    10.63805 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.68e+05,3.45e+05]  184141.79935659072    16775.91198041407    10.97656 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(3.45e+05,4.22e+05]  232940.38091953722    19982.05432976306    11.65748 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(4.22e+05,4.98e+05]  356361.85946854210    39524.66355374529    9.01619 3.0413e-16 ***
daten_trim$Jahrgang2011         366.89166060496    13326.00172284193    0.02753 0.97806625
daten_trim$Jahrgang2012    -34506.62635809102    15472.87727418943   -2.23014 0.02698820 *
daten_trim$Jahrgang2013    20549.55425521570    15377.64971138964    1.33633 0.18314847
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 62996.665120719001 on 178 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.81679845707103, Adjusted R-squared:  0.79312634759144
F-statistic: 34.504675545515 on 23 and 178 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

**Anhang P.18: Düsseldorf DHH,**Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$ 

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = BW)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-41068.571917572	-15969.099546853	-2200.597131392	13985.642851820	51736.381466262

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-202671.595516550326	42750.823846966668	-4.74076	0.0031889 **
KL_Mittel	664.499703733874	80.147981293822	8.29091	0.0001668 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 32924.354546577 on 6 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.91972083131636, Adjusted R-squared: 0.90634096986908

F-statistic: 68.739189485683 on 1 and 6 DF, p-value: 0.00016679657477882

```
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = FL)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-41227.9773742691	-10024.6062343698	-9170.9191827448	26079.0010625970	49231.2283623235

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-9153.219198398487	30987.048415829497	-0.29539	0.7762665
KL_Mittel	191.919451777291	52.947532049904	3.62471	0.0084571 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 31296.168163095001 on 7 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.65240747757578, Adjusted R-squared: 0.60275140294375

F-statistic: 13.138522978515 on 1 and 7 DF, p-value: 0.008457075753299

```
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = GSW)

Residuals:

	18	19	20	21	22	23
	-11220.0345113890	-3797.5933879488	49145.1799766558	-18981.2234752742	-43695.3890289964	28549.0604269526

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-6.1577269355690e+04	3.5623719470037e+04	-1.72855	0.1589525
KL_Mittel	8.6885102654655e-01	1.1998121284554e-01	7.24156	0.0019299 **

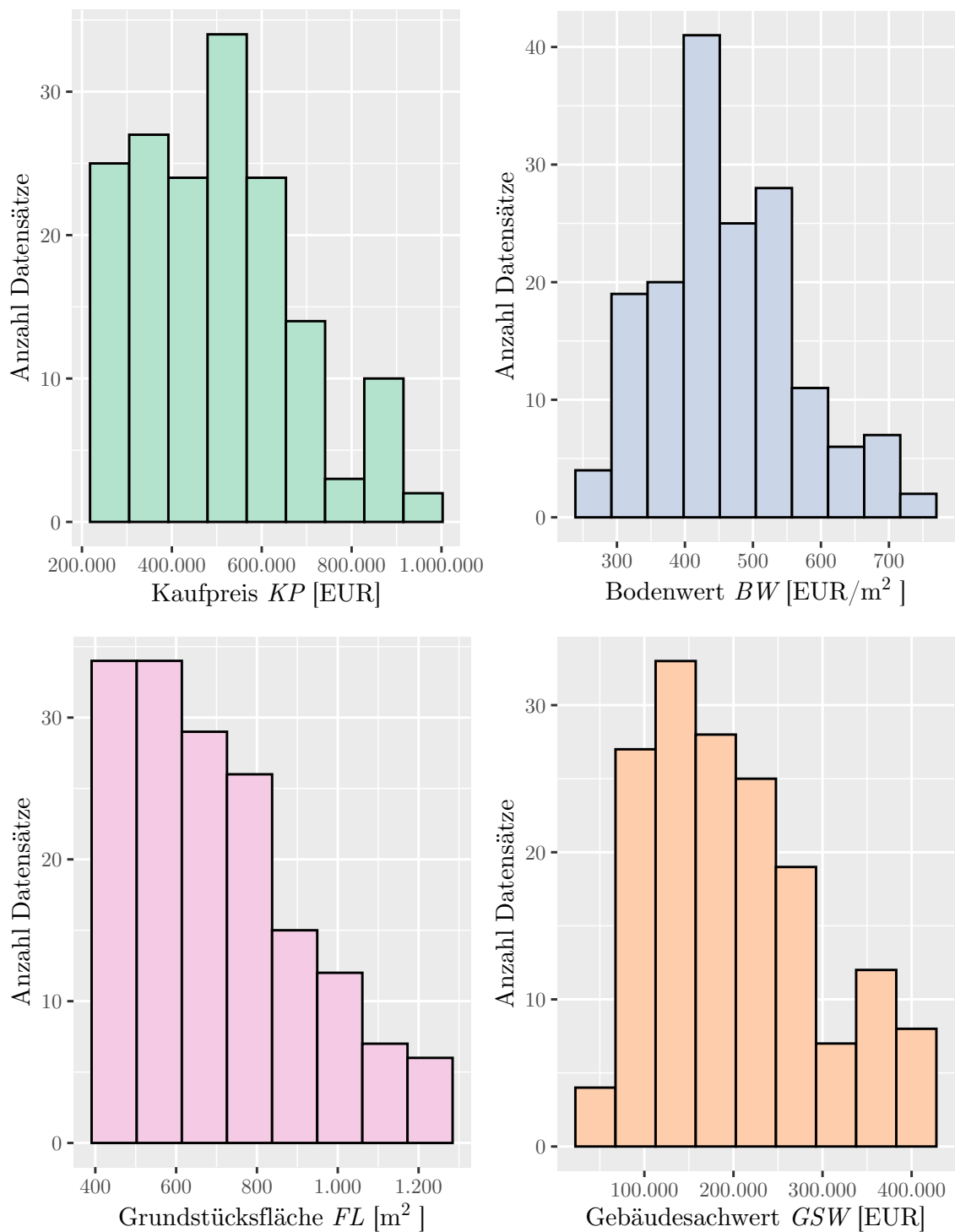
---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

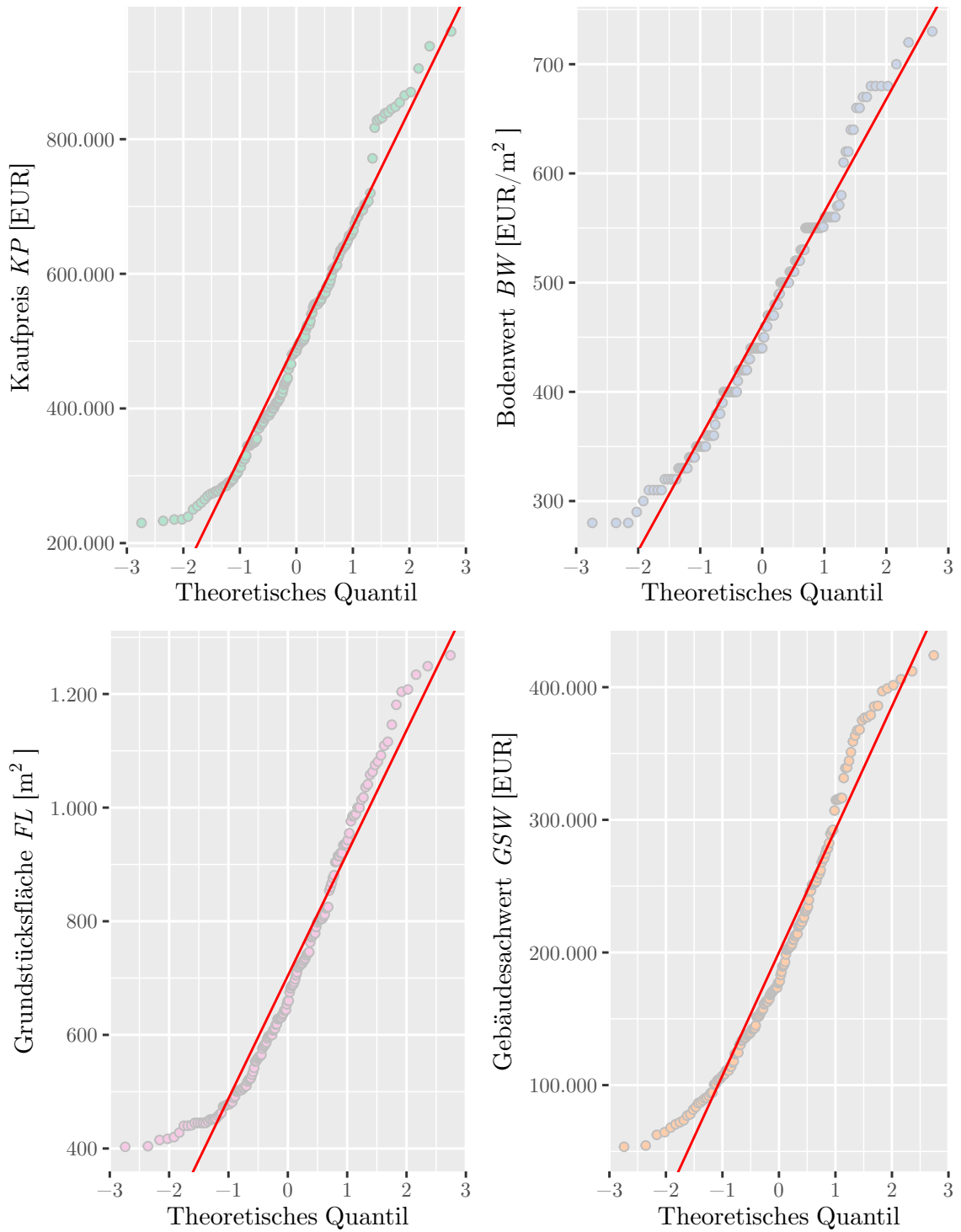
Residual standard error: 37550.573641392002 on 4 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.92912849897904, Adjusted R-squared: 0.9114106237238

F-statistic: 52.44017612689 on 1 and 4 DF, p-value: 0.0019298972762188



**Anhang P.19:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Düsseldorf EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.20:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Düsseldorf EH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.21:** Düsseldorf EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4 265.44352383766437 238.89917145389791 291.98787622143084
2 19     19 318.53222860519725 291.98787622143084 345.07658098896366
3 20     20 371.62093337273012 345.07658098896366 398.16528575649659
4 41     41 424.70963814026300 398.16528575649659 451.25399052402940
5 25     25 477.79834290779587 451.25399052402940 504.34269529156234
6 28     28 530.88704767532874 504.34269529156234 557.43140005909515
7 11     11 583.97575244286168 557.43140005909527 610.52010482662808
8  6      6 637.06445721039449 610.52010482662808 663.60880959416090
9  7      7 690.15316197792731 663.60880959416090 716.69751436169372
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 33     33 446.67737804406977 390.84270578856103 502.51205029957850
2 33     33 558.34672255508713 502.51205029957839 614.18139481059586
3 29     29 670.01606706610460 614.18139481059586 725.85073932161333
4 26     26 781.68541157712207 725.85073932161345 837.52008383263069
5 15     15 893.35475608813942 837.52008383263069 949.18942834364816
6 12     12 1005.02410059915690 949.18942834364816 1060.85877285466563
7  7      7 1116.69344511017425 1060.85877285466540 1172.52811736568310
8  6      6 1228.36278962119172 1172.52811736568310 1284.19746187670034
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4 45033.86680280375 22516.933401401879 67550.800204205618
2 27     27 90067.73360560750 67550.800204205618 112584.667007009382
3 33     33 135101.60040841124 112584.667007009368 157618.533809813089
4 28     28 180135.46721121500 157618.533809813118 202652.400612616882
5 24     24 225169.33401401876 202652.400612616882 247686.267415420647
6 18     18 270203.20081682247 247686.267415420618 292720.134218224324
7  7      7 315237.06761962618 292720.134218224324 337754.001021028031
8 12     12 360270.93442243000 337754.001021028147 382787.867823831853
9  8      8 405304.80122523371 382787.867823831853 427821.734626635560
[1] "*****"
```

**Anhang P.22:** Düsseldorf EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 262.48724427812755 236.23851985031479 288.73596870594031
2 20     20 314.98469313375307 288.73596870594031 341.23341756156583
3 19     19 367.48214198937859 341.23341756156583 393.73086641719135
4 39     39 419.97959084500411 393.73086641719135 446.22831527281687
5 18     18 472.47703970062963 446.22831527281687 498.72576412844239
6 37     37 524.97448855625521 498.72576412844245 551.22321298406791
7 10     10 577.47193741188062 551.22321298406791 603.72066183969332
8  5      5 629.96938626750625 603.72066183969335 656.21811069531896
9  9      9 682.46683512313166 656.21811069531896 708.71555955094436
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 38     38 457.55671213113612 400.36212311474412 514.75130114752812
2 32     32 571.94589016392013 514.75130114752812 629.14047918031213
3 30     30 686.33506819670413 629.14047918031213 743.52965721309613
4 21     21 800.72424622948813 743.52965721309613 857.91883524588013
5 15     15 915.11342426227225 857.91883524588025 972.30801327866425
6 14     14 1029.50260229505625 972.30801327866425 1086.69719131144825
7  5      5 1143.89178032784025 1086.69719131144825 1201.08636934423225
8  5      5 1258.28095836062425 1201.08636934423225 1315.47554737701626
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  5      5 45589.889795674790 22794.944897837398 68384.834693512181
2 26     26 91179.779591349579 68384.834693512181 113974.724489186978
3 32     32 136769.669387024362 113974.724489186978 159564.614284861746
4 32     32 182359.559182699129 159564.614284861716 205154.504080536542
5 20     20 227949.448978373955 205154.504080536542 250744.393876211368
6 18     18 273539.338774048723 250744.393876211310 296334.283671886136
7  9      9 319129.228569723549 296334.283671886136 341924.173467560962
8 12     12 364719.118365398375 341924.173467561021 387514.063263235730
9  6      6 410309.008161073085 387514.063263235730 433103.953058910440
[1] "*****"
```

**Anhang P.23:** Düsseldorf EH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-222839.8822423487  -52253.4996394125  -2713.2852917392   52564.6161039387  210070.0388895070

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      156992.970103138    72044.822029269   2.17910 0.03108568 *
daten_trim$BW_klass(289,341]    10297.715650485    60538.328524179   0.17010 0.86518808
daten_trim$BW_klass(341,394]   -13352.766489303    62254.393781255  -0.21449 0.83049571
daten_trim$BW_klass(394,446]    43478.287497501    60327.279445059   0.72071 0.47235471
daten_trim$BW_klass(446,499]    63648.509505305    63430.911058519   1.00343 0.31747532
daten_trim$BW_klass(499,551]    132640.366992511    61983.861639927   2.13992 0.03418688 *
daten_trim$BW_klass(551,604]    201414.623409074    68266.107795805   2.95043 0.00375106 **
daten_trim$BW_klass(604,656]    130551.161111358    79761.127847108   1.63678 0.10404122
daten_trim$BW_klass(656,709]    308512.835579266    70785.692408673   4.35841 2.5998e-05 ***
daten_trim$FL_klass(515,629]     53824.741770436    24435.421080716   2.20273 0.02933577 *
daten_trim$FL_klass(629,744]    48550.772092240    24946.115388719   1.94623 0.05373610 .
daten_trim$FL_klass(744,858]    53625.418759142    28022.314064767   1.91367 0.05781118 .
daten_trim$FL_klass(858,972]    115495.642098476    30409.941254050   3.79796 0.00022099 ***
daten_trim$FL_klass(972,1.09e+03] 111634.662902291    31316.518675971   3.56472 0.00050663 ***
daten_trim$FL_klass(1.09e+03,1.2e+03] 149085.519709409    48255.427252454   3.08951 0.00244178 **
daten_trim$FL_klass(1.2e+03,1.32e+03] 75068.741130510    48954.523785359   1.53344 0.12754324
daten_trim$GSW_klass(6.84e+04,1.14e+05] 41518.601608235    48258.906951881   0.86033 0.39115518
daten_trim$GSW_klass(1.14e+05,1.6e+05] 86094.747886322    49079.465967333   1.75419 0.08170105 .
daten_trim$GSW_klass(1.6e+05,2.05e+05] 205159.144703680    49214.738797496   4.16865 5.4873e-05 ***
daten_trim$GSW_klass(2.05e+05,2.51e+05] 254966.522628685    49935.991606349   5.10587 1.1152e-06 ***
daten_trim$GSW_klass(2.51e+05,2.96e+05] 245746.750377177    51257.550989748   4.79435 4.3054e-06 ***
daten_trim$GSW_klass(2.96e+05,3.42e+05] 329782.058308102    57623.279228026   5.72307 6.6213e-08 ***
daten_trim$GSW_klass(3.42e+05,3.88e+05] 350530.352293383    53909.893035873   6.50215 1.4678e-09 ***
daten_trim$GSW_klass(3.88e+05,4.33e+05] 373777.206788932    62710.363701646   5.96037 2.1317e-08 ***
daten_trim$Jahrgang2011         10694.675455478    23120.425470158   0.46256 0.64443283
daten_trim$Jahrgang2012        -22975.757944396    28993.432527347  -0.79245 0.42951133
daten_trim$Jahrgang2013         62714.011433212    24651.135737147   2.54406 0.01210053 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 93885.971301482001 on 133 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.75361983367481, Adjusted R-squared:  0.70545528988192
F-statistic: 15.646776120529 on 26 and 133 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

### Anhang P.24: Düsseldorf EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-44032.5437968057 -26279.9122694988 -1303.4949007328  25985.1774613756  47019.2486974871

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -274400.27000923193  49743.20609341368 -5.51634  0.00149200 **
KL_Mittel    812.07507611337    105.92967963926  7.66617  0.00025756 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 37252.240576283999 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.90736478277721, Adjusted R-squared:  0.89192557990675
F-statistic: 58.770183304801 on 1 and 6 DF, p-value: 0.00025755763926238

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    10      11      12      13      14      15
-7723.9596145671  22255.9432416476 -5437.8406054890 -21645.2271022827  16549.1085331299 -9996.9980772437
5998.9736248049

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -85819.638287819005  24091.129079081602 -3.56229  0.01617521 *
KL_Mittel    202.787193809730    29.077280234211  6.97408  0.00093253 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 17104.813222084002 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.90678207255576, Adjusted R-squared:  0.88813848706691
F-statistic: 48.637751203926 on 1 and 5 DF, p-value: 0.00093252967182212

[1] "*****"

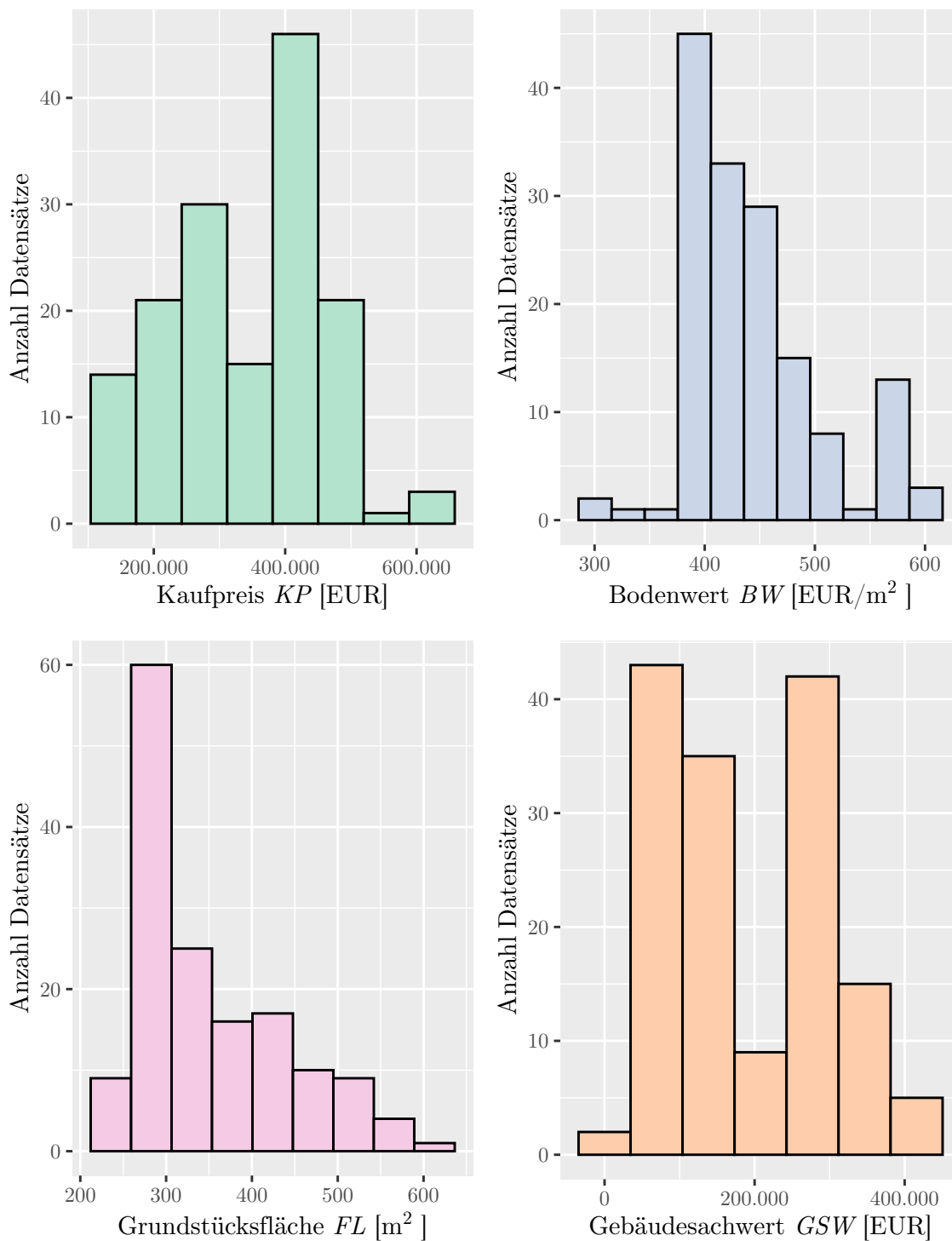
Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-31336.161092345 -22131.354282647 -13721.605470162  18009.420011139  50069.478307446

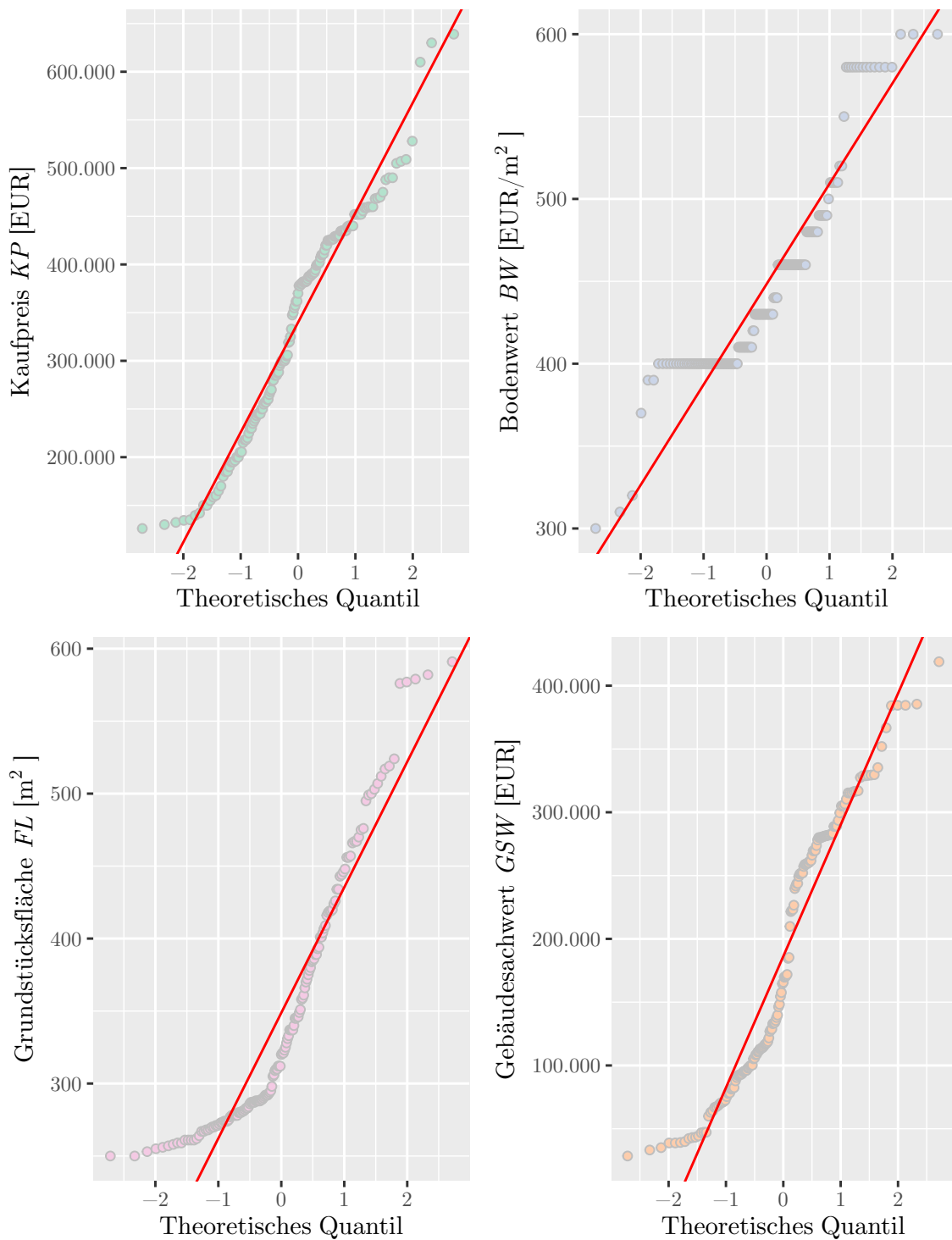
Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.2390156169035e+04  2.4961012449651e+04 -1.69825  0.13327
KL_Mittel    1.1006440435753e+00  9.7385436280441e-02  11.30194  9.4968e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 33596.857029083003 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9480456922711, Adjusted R-squared:  0.94062364830983
F-statistic: 127.73377484937 on 1 and 7 DF, p-value: 9.4968442455527e-06
```





**Anhang P.25:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Frankfurt a. M. DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.26:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Frankfurt a. M. DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.27:** Frankfurt a. M. DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 42     42 390.60489892855583 375.58163358514980 405.62816427196185
2 33     33 420.65142961536776 405.62816427196174 435.67469495877378
3 29     29 450.69796030217981 435.67469495877378 465.72122564558583
4 15     15 480.74449098899174 465.72122564558572 495.76775633239777
5  8       8 510.79102167580373 495.76775633239777 525.81428701920970
6  0       0 540.83755236261572 525.81428701920970 555.86081770602175
7 13     13 570.88408304942777 555.86081770602186 585.90734839283368
8  3       3 600.93061373623971 585.90734839283368 615.95387907964573
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1  9       9 235.67747507468152 212.10972756721338 259.24522258214967
2 57     57 282.81297008961781 259.24522258214967 306.38071759708595
3 24     24 329.94846510455409 306.38071759708589 353.51621261202229
4 16     16 377.08396011949043 353.51621261202229 400.65170762695857
5 16     16 424.21945513442671 400.65170762695857 447.78720264189485
6 10     10 471.35495014936299 447.78720264189485 494.92269765683113
7  8       8 518.49044516429933 494.92269765683113 542.05819267176753
8  3       3 565.62594017923561 542.05819267176753 589.19368768670370
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 40     40 69317.258032791375 34658.629016395687 103975.88704918706
2 33     33 138634.516065582749 103975.887049187062 173293.14508197844
3  9       9 207951.774098374124 173293.145081978437 242610.40311476981
4 41     41 277269.032131165499 242610.403114769841 311927.66114756116
5 15     15 346586.290163956874 311927.661147561157 381244.91918035259
6  5       5 415903.548196748248 381244.919180352590 450562.17721314391
[1] "*****"
```

**Anhang P.28:** Frankfurt a. M. DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 54    54 401.53653612733353 386.09282319935915 416.98024905530792
2 24    24 432.42396198328220 416.98024905530781 447.86767491125659
3 23    23 463.31138783923097 447.86767491125659 478.75510076720536
4 16    16 494.19881369517975 478.75510076720536 509.64252662315414
5 5      5 525.08623955112841 509.64252662315403 540.52995247910280
6 0      0 555.97366540707719 540.52995247910280 571.41737833505158
7 16    16 586.86109126302586 571.41737833505158 602.30480419100013
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 40    40 259.45437718996931 237.83317909080517 281.07557528913344
2 36    36 302.69677338829752 281.07557528913344 324.31797148746159
3 17    17 345.93916958662578 324.31797148746170 367.56036768578986
4 17    17 389.18156578495399 367.56036768578986 410.80276388411812
5 11    11 432.42396198328220 410.80276388411812 454.04516008244627
6 9      9 475.66635818161041 454.04516008244627 497.28755628077454
7 5      5 518.90875437993873 497.28755628077460 540.52995247910280
8 3      3 562.15115057826688 540.52995247910280 583.77234867743095
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 39    39 70373.748911207847 35186.874455603916 105560.62336681178
2 31    31 140747.497822415695 105560.623366811778 175934.37227801961
3 11    11 211121.246733623557 175934.372278019611 246308.12118922750
4 43    43 281494.995644831390 246308.121189227444 316681.87010043534
5 14    14 351868.744556039223 316681.870100435335 387055.61901164311
[1] "*****"
```

## Anhang P.29: Frankfurt a. M. DHH, Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-97409.8008941287 -33655.5905962535  2746.3007187344  27199.3510100765 120690.8859854116

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      175230.1369461244    12798.7207532892  13.69122 < 2.22e-16 ***
daten_trim$BW_klass(417,448]    36320.0964895411    12844.0527527604   2.82778 0.00550119 **
daten_trim$BW_klass(448,479]    58596.6777771274    12928.6644676248   4.53231 1.3984e-05 ***
daten_trim$BW_klass(479,510]    93559.2972384389    16834.5494758238   5.55758 1.7003e-07 ***
daten_trim$BW_klass(510,541]    65420.3216870723    24555.4441351307   2.66419 0.00878753 **
daten_trim$BW_klass(571,602]    128995.4143510422    15395.1020678305   8.37899 1.2299e-13 ***
daten_trim$FL_klass(281,324]     9749.2251762350     12295.5494174298   0.79291 0.42941012
daten_trim$FL_klass(324,368]    23566.9352093473    15375.9716703044   1.53271 0.12800113
daten_trim$FL_klass(368,411]    23189.6670422206    14365.3720660273   1.61428 0.10911626
daten_trim$FL_klass(411,454]    29365.4606656181    17279.9776036771   1.69939 0.09185796 .
daten_trim$FL_klass(454,497]    45351.6961989280    18739.3862076600   2.42013 0.01702724 *
daten_trim$FL_klass(497,541]    63202.1768435369    25006.7749991228   2.52740 0.01280218 *
daten_trim$FL_klass(541,584]    63080.4528250732    28439.9780750870   2.21802 0.02845151 *
daten_trim$GSW_klass(1.06e+05,1.76e+05] 49016.0582461265    13045.0710021337   3.75744 0.00026736 ***
daten_trim$GSW_klass(1.76e+05,2.46e+05] 109889.7783504750    17474.1472309719   6.28871 5.4963e-09 ***
daten_trim$GSW_klass(2.46e+05,3.17e+05] 177881.7049097899    11340.9261460642   15.68494 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(3.17e+05,3.87e+05] 202659.4538039363    18513.1831319743   10.94676 < 2.22e-16 ***
daten_trim$Jahrgang2011         12292.6322491160     10376.7554815126   1.18463 0.23852371
daten_trim$Jahrgang2012         9456.1801374721     11911.6458816612   0.79386 0.42885707
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 46290.408065556003 on 119 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.83451047212434, Adjusted R-squared:  0.80947844269777
F-statistic: 33.337707378954 on 18 and 119 DF, p-value: < 2.22044604925e-16
```

**Anhang P.30:** Frankfurt a. M. DHH,  
Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)
```

Residuals:

	1	2	3	4	5	6
	-14061.7157484926	3627.3698122621	7033.3130208332	25821.0998430073	-19786.6949586277	-2633.3719689822

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-246053.55580383335	61049.32778873953	-4.03041	0.0157283 *
KL_Mittel	646.99330556549	126.52046049855	5.11374	0.0069161 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 18203.943913413001 on 4 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.86733169983286, Adjusted R-squared: 0.83416462479107

F-statistic: 26.150382532682 on 1 and 4 DF, p-value: 0.0069161304497086

```
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-6670.66087083849	-4432.23580209229	-543.63359434489	2555.16849714533	9669.11186290835

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-54436.906585703502	8937.979148281911	-6.09052	0.00089153 ***
KL_Mittel	210.714230223130	21.121384278124	9.97635	5.8707e-05 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 5994.740084995 on 6 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.94314276791503, Adjusted R-squared: 0.93366656256754

F-statistic: 99.527472583146 on 1 and 6 DF, p-value: 5.8707225489576e-05

```
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)
```

Residuals:

	15	16	17	18	19
	-2301.56163593473	979.67188447707	-6091.83618442537	17451.03255323849	-10037.30661735547

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-5.3532337320975e+04	1.2901219835333e+04	-4.14940	0.02543433 *
KL_Mittel	7.6331156999077e-01	5.5252998401573e-02	13.81484	0.00082092 ***

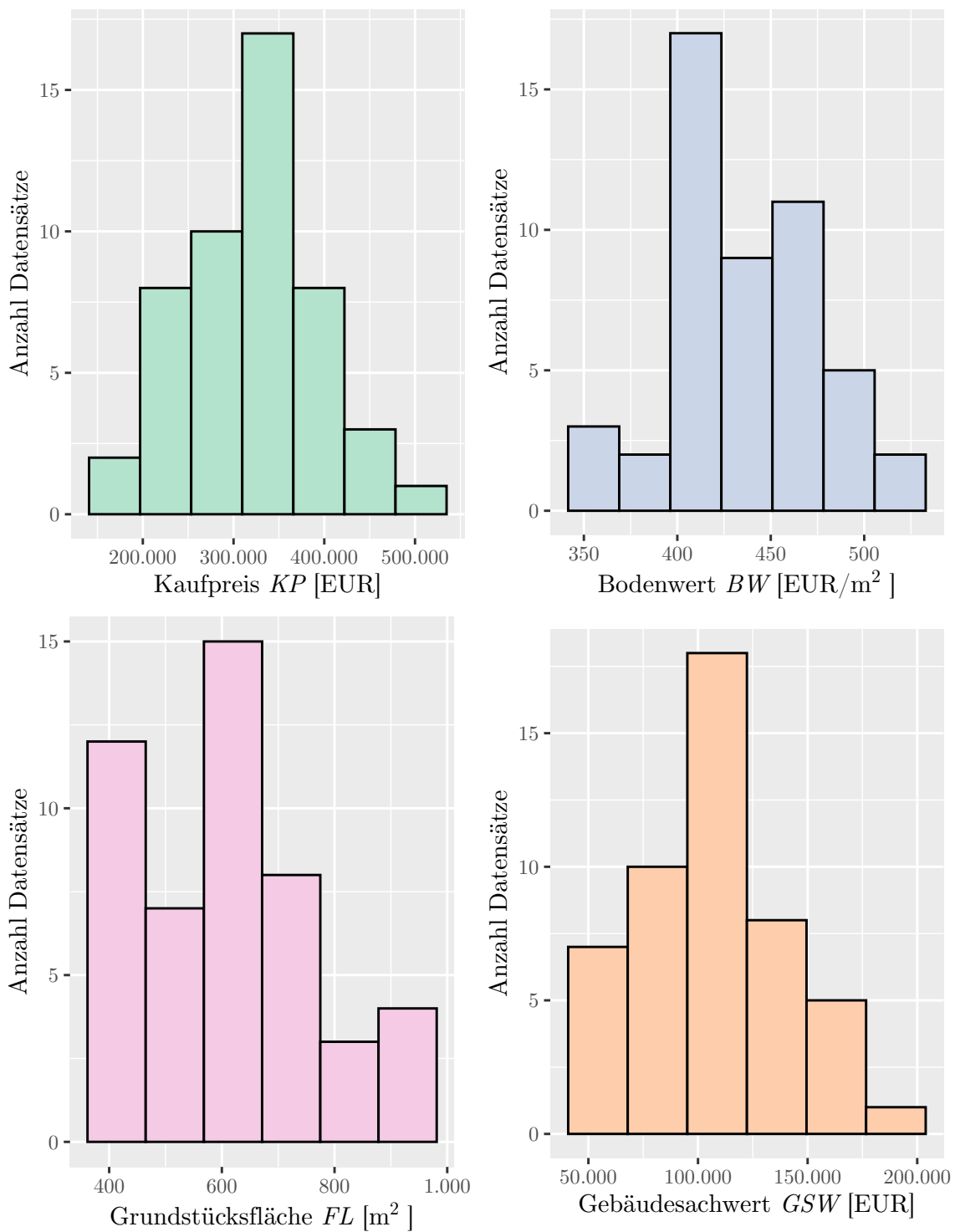
---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

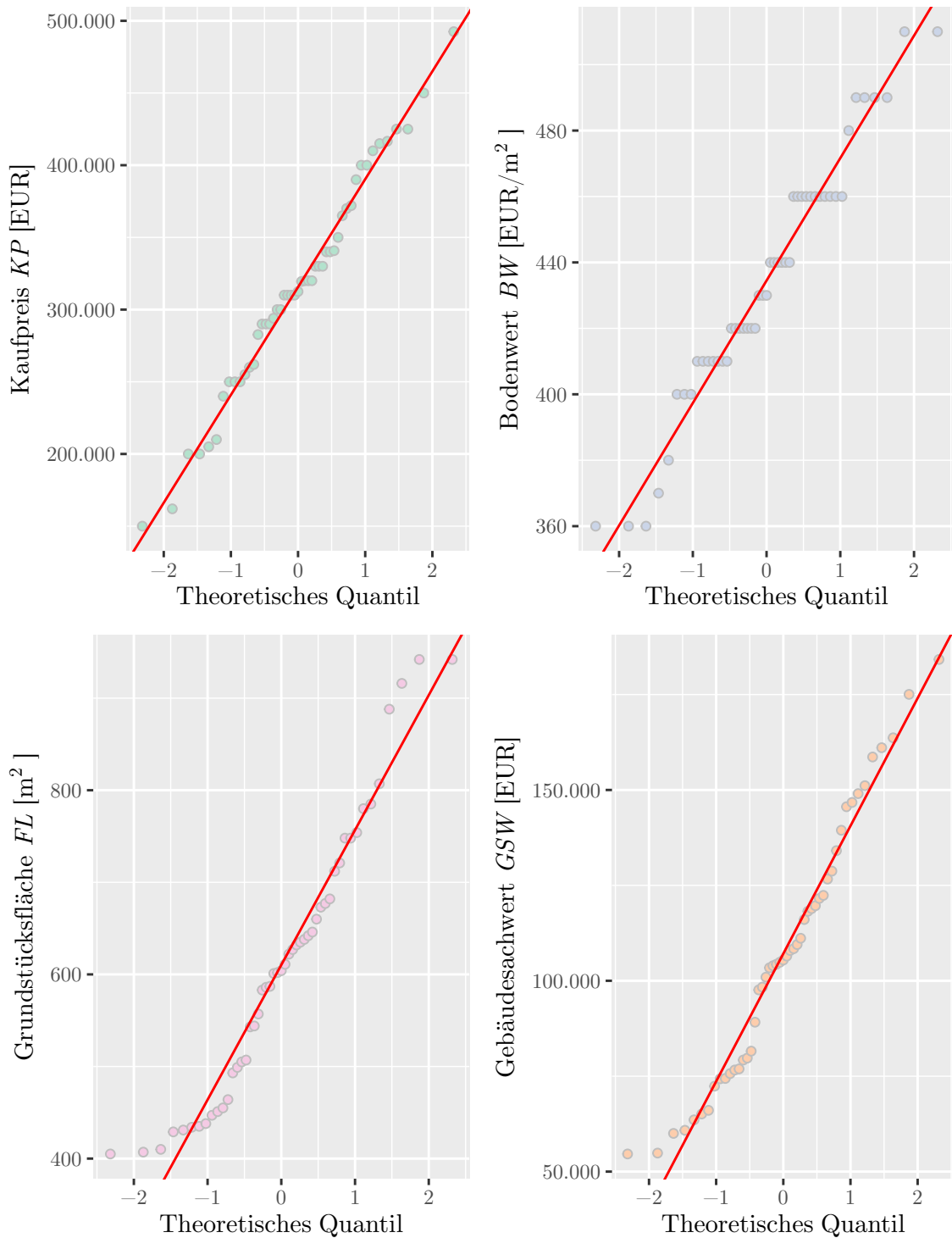
Residual standard error: 12229.111065651001 on 3 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.984524110439, Adjusted R-squared: 0.97936548058533

F-statistic: 190.84992301568 on 1 and 3 DF, p-value: 0.00082091986747985



**Anhang P.31:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Frankfurt a. M. EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.32:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Frankfurt a. M. EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.33:** Frankfurt a. M. EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 355.25864822915798 341.59485406649810 368.92244239181787
2  0      0 382.58623655447781 368.92244239181787 396.25003071713775
3 17     17 409.91382487979763 396.25003071713775 423.57761904245751
4  8      8 437.24141320511751 423.57761904245763 450.90520736777739
5 11     11 464.56900153043733 450.90520736777739 478.23279569309727
6  5      5 491.89658985575716 478.23279569309727 505.56038401841704
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 12     12 413.19313547883610 361.54399354398163 464.84227741369057
2  7      7 516.49141934854515 464.84227741369062 568.14056128339962
3 11     11 619.78970321825409 568.14056128339962 671.43884515310856
4  7      7 723.08798708796303 671.43884515310856 774.73712902281750
5  3      3 826.38627095767220 774.73712902281773 878.03541289252667
6  4      4 929.68455482738113 878.03541289252667 981.33369676223560
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  7      7 54362.192110686272 40771.644083014704 67952.740138357840
2 10     10 81543.288166029408 67952.740138357840 95133.836193700976
3 16     16 108724.384221372544 95133.836193700976 122314.932249044112
4  7      7 135905.480276715680 122314.932249044126 149496.028304387233
5  4      4 163086.576332058816 149496.028304387233 176677.124359730398
[1] "*****"
```

**Anhang P.34:** Frankfurt a. M. EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  9      9 396.56143445989335 382.39852608632572 410.72434283346098
2  9      9 424.88725120702861 410.72434283346104 439.05015958059619
3 16     16 453.21306795416382 439.05015958059619 467.37597632773145
4  5      5 481.53888470129903 467.37597632773145 495.70179307486660
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 13     13 429.13612371909886 357.61343643258238 500.65881100561535
2 14     14 572.18149829213189 500.65881100561541 643.70418557864832
3  9      9 715.22687286516475 643.70418557864832 786.74956015168118
4  3      3 858.27224743819761 786.74956015168118 929.79493472471404
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 51432.559269885678 38574.419452414259 64290.699087357098
2 12     12 77148.838904828517 64290.699087357090 90006.978722299944
3 11     11 102865.118539771356 90006.978722299944 115723.258357242768
4  8      8 128581.398174714195 115723.258357242768 141439.537992185622
5  5      5 154297.677809657034 141439.537992185622 167155.817627128446
[1] "*****"
```

**Anhang P.35:** Frankfurt a. M. EH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-73771.1296016466 -18569.2764579205  955.7267820393  22766.5021213109  60678.7599203849

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    239358.53992593705    39006.31201816467  6.13641 1.7335e-06 ***
daten_trim$BW_klass(411,439] -31480.07155885886    26148.09956737172 -1.20391 0.2394693
daten_trim$BW_klass(439,467] -2604.20445992301    17852.53488579758 -0.14587 0.8851467
daten_trim$BW_klass(467,496]  51228.84200191184    27629.61352014184  1.85413 0.0750985 .
daten_trim$FL_klass(501,644]  14812.34587389669    20853.13790813636  0.71032 0.4838305 .
daten_trim$FL_klass(644,787]  44250.84122716630    24586.69174399360  1.79979 0.0835099 .
daten_trim$FL_klass(787,930]  89854.21592579543    32490.18671625292  2.76558 0.0103148 *
daten_trim$GSW_klass(6.43e+04,9e+04]  8163.05638354199    28208.61127362292  0.28938 0.7745843
daten_trim$GSW_klass(9e+04,1.16e+05]  36772.57310707268    28786.52147071459  1.27742 0.2127423
daten_trim$GSW_klass(1.16e+05,1.41e+05]  48216.32060420261    29772.06464218213  1.61952 0.1174042
daten_trim$GSW_klass(1.41e+05,1.67e+05] 117477.59187804977    33784.74468610640  3.47724 0.0017971 **
daten_trim$Jahrgang2011    51945.42784434065    17953.73323644563  2.89329 0.0076136 **
daten_trim$Jahrgang2012     689.08402969332    18125.80341454939  0.03802 0.9699647
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 39083.641761737003 on 26 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.74600427304736, Adjusted R-squared:  0.6287754759923
F-statistic: 6.3636605662426 on 12 and 26 DF,  p-value: 4.1086757145768e-05
```

**Anhang P.36:** Frankfurt a. M. EH,  
Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
      1      2      3      4
22776.968586038 -19920.972436760 -14559.485560403  11703.489411126

Coefficients:
              Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -339466.05268440547  181298.31132608734  -1.87242  0.20203
KL_Mittel    776.62173212129      408.61189060963   1.90063  0.19772

Residual standard error: 25145.434227464 on 2 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.64364686889329, Adjusted R-squared:  0.46547030333994
F-statistic: 3.6124103464131 on 1 and 2 DF,  p-value: 0.197723944709

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
      5      6      7      8
7184.6639225166 -7027.5612737363 -6772.4150146079  6615.3123658277

Coefficients:
              Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -101089.193915137454  20678.166672153588  -4.88869  0.039387 *
KL_Mittel    211.790230725905      30.767040450085   6.88367  0.020458 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 9763.0419430418006 on 2 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.95950182982094, Adjusted R-squared:  0.93925274473141
F-statistic: 47.384947299031 on 1 and 2 DF,  p-value: 0.020458357280845

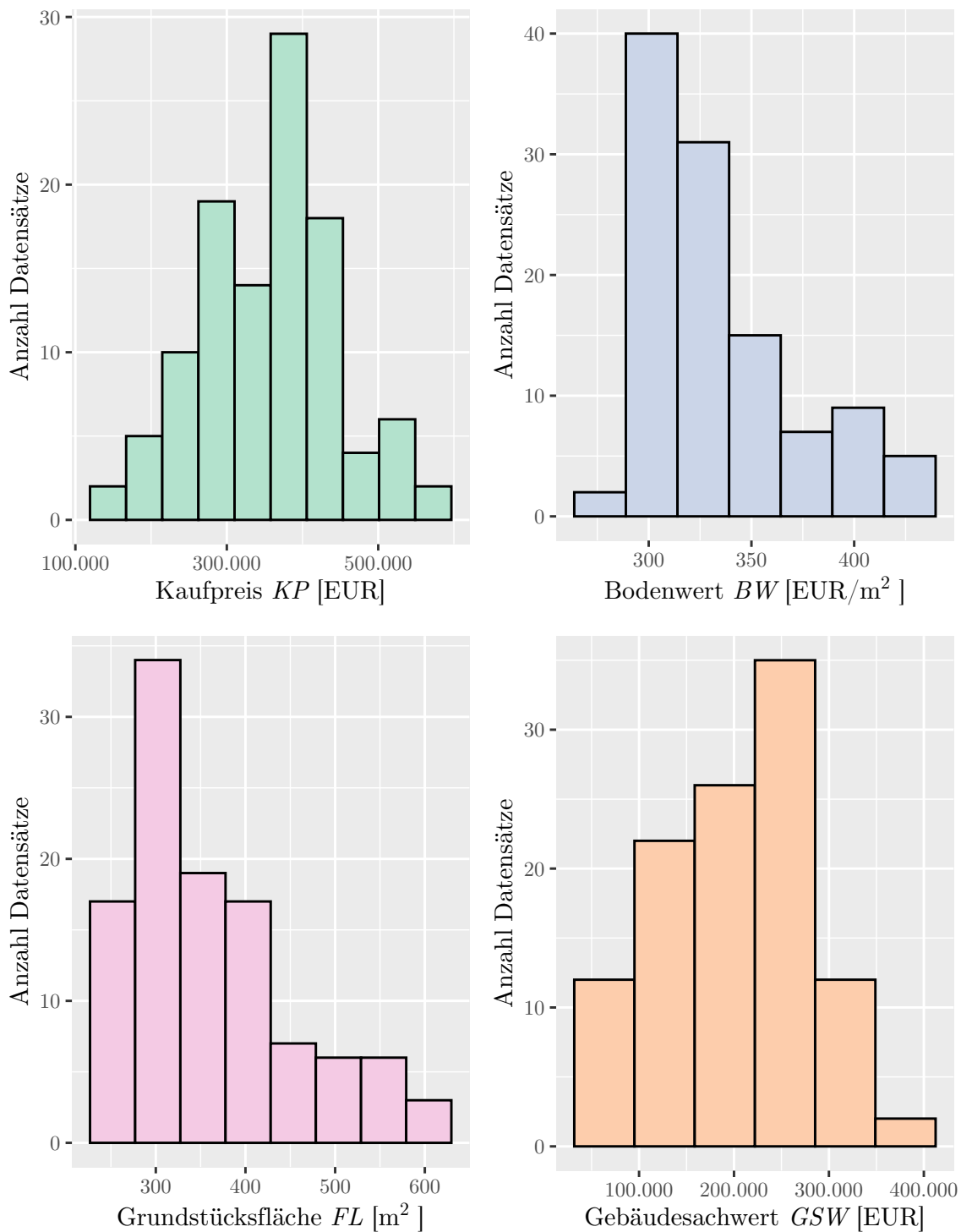
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

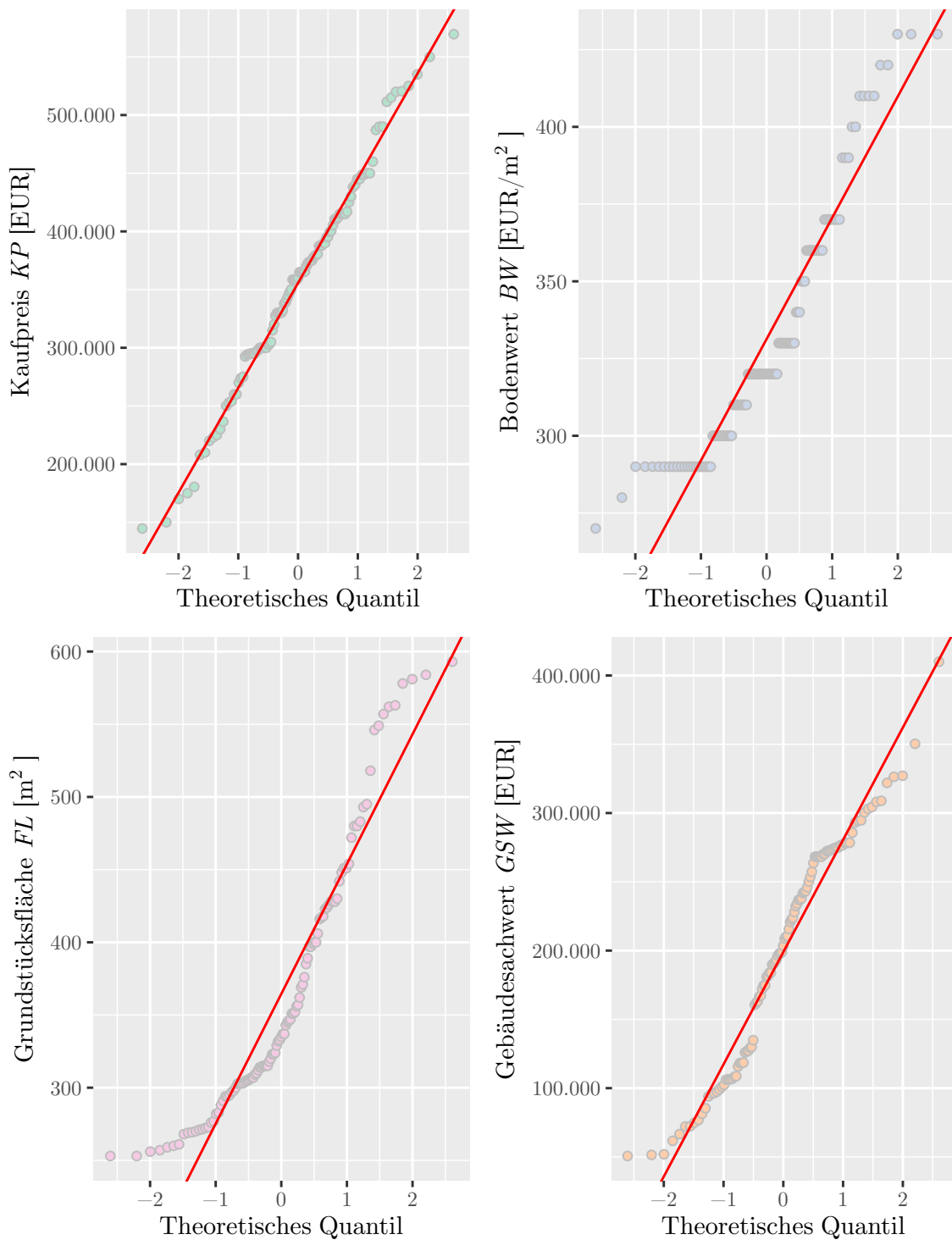
Residuals:
      9     10     11     12     13
10214.0756779182 -1269.8153893128 -6596.9361497853 -18436.0380428236  16088.7139040034

Coefficients:
              Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -8.0788912105551e+04  2.2921961119669e+04  -3.52452  0.038791 *
KL_Mittel    1.1882114408031e+00  2.1080529369598e-01   5.63654  0.011048 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 15792.335202484001 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.91372003355736, Adjusted R-squared:  0.88496004474314
F-statistic: 31.77052812711 on 1 and 3 DF,  p-value: 0.011048120700194
```



**Anhang P.37:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Freiburg i. Br. DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.38:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Freiburg i. Br. DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.39:** Freiburg i. Br. DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 38    38 301.45349690808371 288.89293453691357 314.01405927925384
2 30    30 326.57462165042404 314.01405927925390 339.13518402159417
3 15    15 351.69574639276436 339.13518402159423 364.25630876393450
4  7     7 376.81687113510463 364.25630876393450 389.37743350627477
5  9     9 401.93799587744502 389.37743350627488 414.49855824861515
6  4     4 427.05912061978529 414.49855824861515 439.61968299095543
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 16    16 251.83927554196165 226.65534798776548 277.02320309615783
2 34    34 302.20713065035397 277.02320309615783 327.39105820455012
3 18    18 352.57498575874627 327.39105820455006 377.75891331294247
4 16    16 402.94284086713861 377.75891331294247 428.12676842133476
5  7     7 453.31069597553096 428.12676842133476 478.49462352972716
6  6     6 503.67855108392325 478.49462352972705 528.86247863811946
7  6     6 554.04640619231554 528.86247863811946 579.23033374651163
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 11    11 63444.237907605195 31722.118953802594 95166.356861407796
2 22    22 126888.475815210404 95166.356861407810 158610.594769012998
3 26    26 190332.713722815592 158610.594769012998 222054.832676618185
4 34    34 253776.951630420779 222054.832676618185 285499.070584223373
5 10    10 317221.189538025996 285499.070584223373 348943.308491828619
[1] "*****"
```

**Anhang P.40:** Freiburg i. Br. DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 18     18 284.38537908420869 271.45877094401737 297.31198722440001
2 37     37 310.23859536459128 297.31198722439996 323.16520350478260
3 14     14 336.09181164497386 323.16520350478254 349.01841978516518
4 17     17 361.94502792535650 349.01841978516518 374.87163606554782
5 5       5 387.79824420573914 374.87163606554782 400.72485234593046
6 6       6 413.65146048612166 400.72485234593034 426.57806862631298
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 3       3 234.83338121347538 211.35004309212786 258.31671933482289
2 29     29 281.80005745617041 258.31671933482289 305.28339557751792
3 30     30 328.76673369886555 305.28339557751804 352.25007182021307
4 9       9 375.73340994156058 352.25007182021307 399.21674806290810
5 13     13 422.70008618425567 399.21674806290810 446.18342430560324
6 8       8 469.66676242695075 446.18342430560324 493.15010054829827
7 0       0 516.63343866964578 493.15010054829827 540.11677679099330
8 5       5 563.60011491234081 540.11677679099330 587.08345303368833
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 9       9 62118.707695954807 31059.353847977400 93178.061543932214
2 22     22 124237.415391909613 93178.061543932214 155296.769239887013
3 22     22 186356.123087864427 155296.769239887013 217415.476935841842
4 34     34 248474.830783819227 217415.476935841842 279534.184631796612
5 10     10 310593.538479774026 279534.184631796612 341652.892327751440
[1] "*****"
```



**Anhang P.41:** Freiburg i. Br. DHH,  
Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-84002.5100699094 -30507.1204525452 -1962.8384199909  27689.9820107650 128804.8355480100

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      171485.12916175305    38221.42325678017   4.48662 2.4601e-05 ***
daten_trim$BW_klass(297,323]      544.12869488514    16801.77958925916   0.03239 0.97424761
daten_trim$BW_klass(323,349]     18850.15151125050    20915.89244442726   0.90124 0.37023734
daten_trim$BW_klass(349,375]     49199.92065183950    20480.16714747389   2.40232 0.01866899 *
daten_trim$BW_klass(375,401]     89625.03503593190    28976.30870821291   3.09305 0.00274888 **
daten_trim$BW_klass(401,427]     65198.64509520666    26425.27969731372   2.46728 0.01580537 *
daten_trim$FL_klass(258,305]     -1995.40432373786    31652.57830399775  -0.06304 0.94989527
daten_trim$FL_klass(305,352]     33365.77945195271    32010.10315494391   1.04235 0.30046873
daten_trim$FL_klass(352,399]     65477.64208682698    36021.62865742760   1.81773 0.07294506 .
daten_trim$FL_klass(399,446]     67805.69821540741    33385.84173070920   2.03097 0.04566508 *
daten_trim$FL_klass(446,493]     70729.35867738890    36876.47721044013   1.91801 0.05877013 .
daten_trim$FL_klass(540,587]     40450.05766967051    38025.45689480695   1.06376 0.29071845
daten_trim$GSW_klass(9.32e+04,1.55e+05]  82088.94152367408    21576.29979919130   3.80459 0.00028082 ***
daten_trim$GSW_klass(1.55e+05,2.17e+05] 119221.83927016715    21726.14480650429   5.48748 4.8922e-07 ***
daten_trim$GSW_klass(2.17e+05,2.8e+05]  212973.11358197589    23015.01530521831   9.25366 3.4779e-14 ***
daten_trim$GSW_klass(2.8e+05,3.42e+05]  272598.37280195620    24817.77105412693  10.98400 < 2.22e-16 ***
daten_trim$Jahrgang2011          -46779.62228263269    14718.99302956599  -3.17818 0.00212508 **
daten_trim$Jahrgang2012          -38421.71212676803    16227.04569675573  -2.36776 0.02037390 *
daten_trim$Jahrgang2013          -1683.50196961929    15754.23610086017  -0.10686 0.91517420
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 49895.980282965997 on 78 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.70911636771638, Adjusted R-squared:  0.64198937565093
F-statistic: 10.563803708425 on 18 and 78 DF,  p-value: 2.6609641621472e-14
```

### Anhang P.42: Freiburg i. Br. DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    1         2         3         4         5         6
6028.0337855647 -9258.7138624250 -5225.3016861741  3964.9875710760 21363.7856906696 -16872.7914987112

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -213180.84251575533  49726.68569988358  -4.28705  0.0127760 *
KL_Mittel    714.32003010411    140.75924614934  5.07476  0.0071067 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 15051.48090598001 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8655608376471,    Adjusted R-squared:  0.83195104705888
F-statistic: 25.753235069259 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.0071066904666853

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    7         8         9        10        11        12
-357.71141384191 -13920.45407780320  5628.10932042006 17919.02929147741  3530.03068563828 -12799.00380589064

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -98338.986834293028  26603.849392002223  -3.69642  0.0209008 *
KL_Mittel    386.540593661153    73.143051739077  5.28472  0.0061504 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 13443.863279616 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.87471918313022,    Adjusted R-squared:  0.84339897891278
F-statistic: 27.928272020749 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.0061504348131185

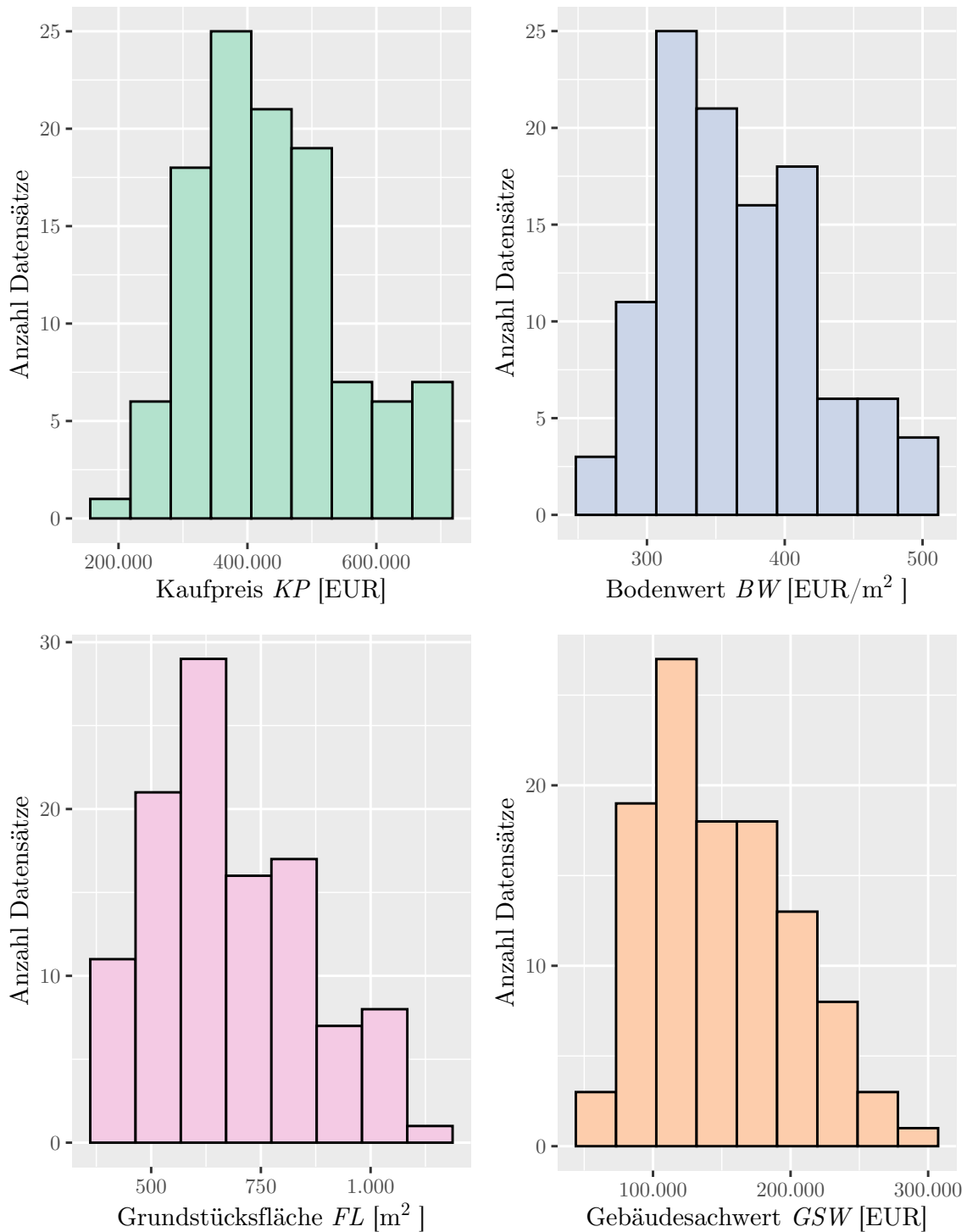
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

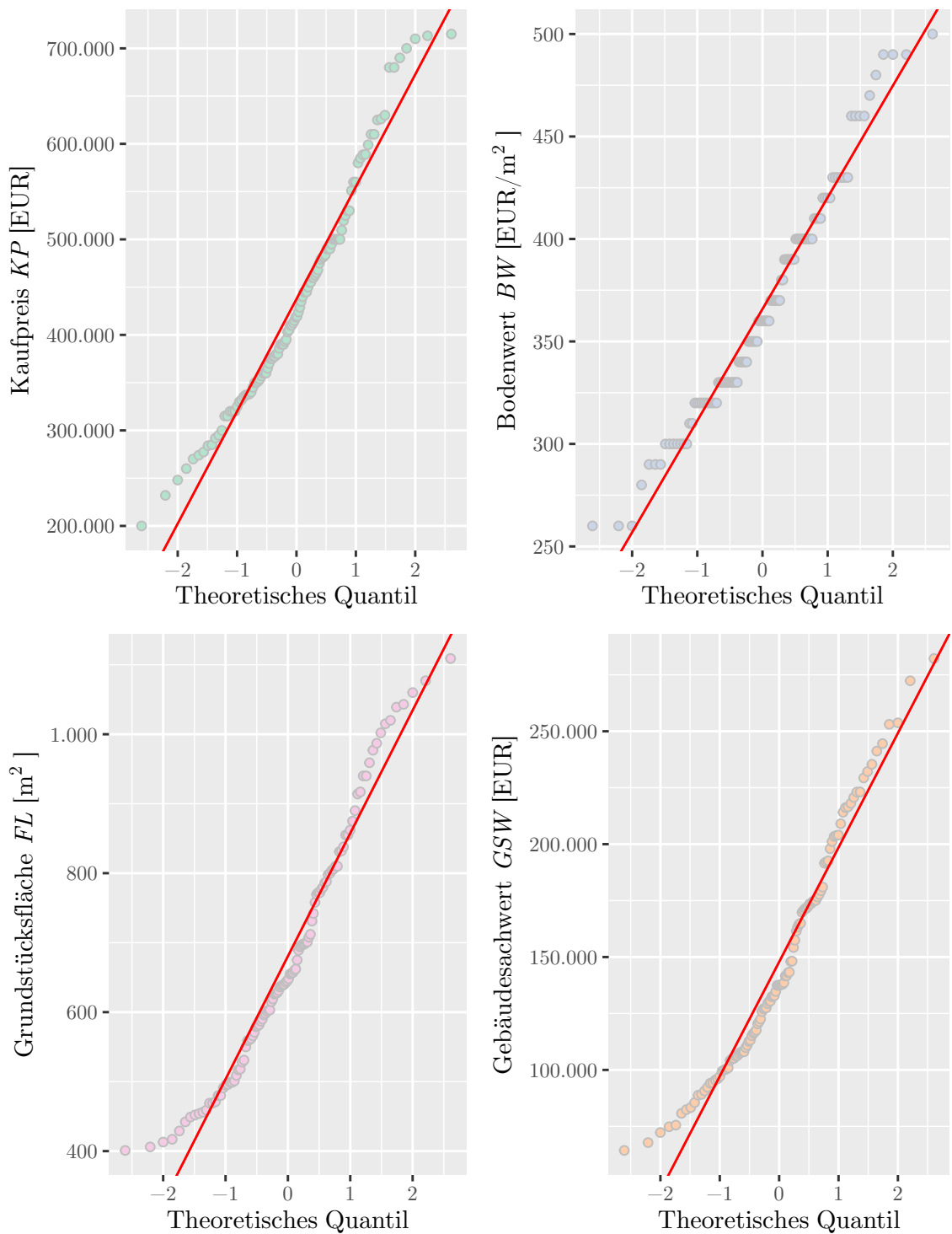
Residuals:
    14         15         16         17         18
-10192.5345282936  24885.1119102289 -19996.5685993353  -989.1243782891  6293.1155956891

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -6.4054211361923e+04  2.0653303295310e+04  -3.10140  0.0532372 .
KL_Mittel    1.0758319052871e+00  9.9775186646163e-02  10.78256  0.0017062 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 19694.339132345001 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.97484563466169,    Adjusted R-squared:  0.96646084621559
F-statistic: 116.26359340227 on 1 and 3 DF,  p-value: 0.0017061550083804
```



**Anhang P.43:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Freiburg i. Br. EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.44:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Freiburg i. Br. EH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.45:** Freiburg i. Br. EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 262.97006682532719 248.36061866836457 277.57951498228982
2 11     11 292.18896313925245 277.57951498228982 306.79841129621508
3 24     24 321.40785945317771 306.79841129621508 336.01730761014034
4 21     21 350.62675576710296 336.01730761014034 365.23620392406559
5 16     16 379.84565208102822 365.23620392406565 394.45510023799079
6 18     18 409.06454839495342 394.45510023799079 423.67399655191605
7  6      6 438.28344470887868 423.67399655191605 452.89289286584130
8  6      6 467.50234102280393 452.89289286584130 482.11178917976656
9  3      3 496.72123733672919 482.11178917976656 511.33068549369182
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 10     10 412.82126363531518 361.21860568090074 464.42392158972962
2 21     21 516.02657954414394 464.42392158972956 567.62923749855827
3 29     29 619.23189545297282 567.62923749855850 670.83455340738715
4 16     16 722.43721136180159 670.83455340738715 774.03986931621603
5 17     17 825.64252727063047 774.03986931621603 877.24518522504491
6  7      7 928.84784317945923 877.24518522504491 980.45050113387356
7  8      8 1032.05315908828788 980.45050113387344 1083.65581704270244
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 58525.658023194504 43894.243517395880 73157.072528993129
2 19     19 87788.487034791760 73157.072528993129 102419.901540590392
3 26     26 117051.316046389024 102419.901540590392 131682.730552187655
4 18     18 146314.145057986287 131682.730552187655 160945.559563784918
5 18     18 175576.974069583550 160945.559563784918 190208.388575382181
6 13     13 204839.803081180784 190208.388575382181 219471.217586979386
7  8      8 234102.632092778018 219471.217586979386 248734.046598576650
8  3      3 263365.461104375310 248734.046598576679 277996.875610173913
[1] "*****"
```

**Anhang P.46:** Freiburg i. Br. EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4 266.23710978755003 251.44615924379724 281.02806033130281
2 12     12 295.81901087505560 281.02806033130281 310.60996141880838
3 28     28 325.40091196256117 310.60996141880838 340.19186250631395
4 15     15 354.98281305006674 340.19186250631395 369.77376359381952
5 16     16 384.56471413757231 369.77376359381958 399.35566468132504
6 16     16 414.14661522507782 399.35566468132504 428.93756576883061
7  6      6 443.72851631258339 428.93756576883061 458.51946685633618
8  6      6 473.31041740008897 458.51946685633618 488.10136794384175
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 12     12 417.95000250775718 365.70625219428757 470.19375282122678
2 20     20 522.43750313469650 470.19375282122684 574.68125344816622
3 27     27 626.92500376163571 574.68125344816599 679.16875407510543
4 16     16 731.41250438857503 679.16875407510543 783.65625470204463
5 15     15 835.90000501551424 783.65625470204463 888.14375532898384
6  6      6 940.38750564245356 888.14375532898384 992.63125595592328
7  7      7 1044.87500626939300 992.63125595592339 1097.11875658286272
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  4      4 59928.916916710114 44946.687687532583 74911.146145887644
2 19     19 89893.375375065167 74911.146145887644 104875.604604242690
3 26     26 119857.833833420227 104875.604604242690 134840.063062597765
4 16     16 149822.292291775288 134840.063062597765 164804.521520952811
5 18     18 179786.750750130333 164804.521520952811 194768.979979307856
6 13     13 209751.209208485379 194768.979979307856 224733.438437662902
7  7      7 239715.667666840425 224733.438437662902 254697.896896017948
[1] "*****"
```

**Anhang P.47:** Freiburg i. Br. EH,  
Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-146483.3468640886  -54755.5467115595  -8890.2541178607   42482.7114356276  191099.6457220048

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      248166.5065853689    63429.5561610437   3.91247 0.00019070 ***
daten_trim$BW_klass(281,311]    15848.9268381614    50138.5292474147   0.31610 0.75274778
daten_trim$BW_klass(311,340]    96145.0570937723    47532.2806065600   2.02273 0.04644177 *
daten_trim$BW_klass(340,370]   135207.8860116541    47660.2191110161   2.83691 0.00576889 **
daten_trim$BW_klass(370,399]   122553.0700115133    48093.2125452703   2.54824 0.01274049 *
daten_trim$BW_klass(399,429]   215009.3429438415    48189.6349403584   4.46173 2.6296e-05 ***
daten_trim$BW_klass(429,459]   159931.7722791109    57581.9558636967   2.77746 0.00682242 **
daten_trim$BW_klass(459,488]   232600.3113028931    57293.2639010717   4.05982 0.00011369 ***
daten_trim$FL_klass(470,575]    -2526.4318032718    33170.4810717452  -0.07617 0.93947793
daten_trim$FL_klass(575,679]    37637.7341086219    30677.9427271842   1.22687 0.22347131
daten_trim$FL_klass(679,784]    37039.9102277076    33874.8285109393   1.09343 0.27748460
daten_trim$FL_klass(784,888]    47684.1516371146    34665.8938211688   1.37554 0.17280499
daten_trim$FL_klass(888,993]    67388.5596849754    44511.2739171619   1.51397 0.13397542
daten_trim$FL_klass(993,1.1e+03] 81059.6097218001    41543.6908101946   1.95119 0.05453513 .
daten_trim$GSW_klass(7.49e+04,1.05e+05] 2418.6678628951    50933.7156969966   0.04749 0.96224377
daten_trim$GSW_klass(1.05e+05,1.35e+05] 38723.8600394987    48383.4676480513   0.80035 0.42587661
daten_trim$GSW_klass(1.35e+05,1.65e+05] 9599.7459464119    51969.1824777177   0.18472 0.85391616
daten_trim$GSW_klass(1.65e+05,1.95e+05] 30603.2119095058    50787.2545407251   0.60258 0.54849468
daten_trim$GSW_klass(1.95e+05,2.25e+05] 90496.6260439984    51647.4323213369   1.75220 0.08357118 .
daten_trim$GSW_klass(2.25e+05,2.55e+05] 74947.3083849788    54224.5026253697   1.38217 0.17076750
daten_trim$Jahrgang2011      -49822.5721846574    24063.3728647555  -2.07047 0.04163345 *
daten_trim$Jahrgang2012       30901.2512646171    25471.4957017116   1.21317 0.22863484
daten_trim$Jahrgang2013       30993.6479451188    26698.0717086489   1.16089 0.24913712
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 82024.720361448999 on 80 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.55947867967242, Adjusted R-squared:  0.43833531658234
F-statistic: 4.6183188694901 on 22 and 80 DF,  p-value: 2.1778773394617e-07
```

**Anhang P.48:** Freiburg i. Br. EH,Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$ 

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = BW)

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-36836.2755736764	-18634.7232912650	-4313.7005481437	20138.1481877320	44602.3614325456

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-307021.22000681865	62325.97174643776	-4.92606	0.00264066 **
KL_Mittel	1171.60294851071	167.65989783277	6.98797	0.00042745 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 29990.411683636001 on 6 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.89057439929489, Adjusted R-squared: 0.87233679917737

F-statistic: 48.831775757569 on 1 and 6 DF, p-value: 0.000427451960067

```
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = FL)

Residuals:

	9	10	11	12	13	14
15	2033.96535285367	-11499.08248084688	14215.04085624344	-1353.08187208932	-3902.36182604520	905.52304104570
	-400.00307116141					

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-63756.471666862242	12010.304777835672	-5.30848	0.0031699 **
KL_Mittel	140.092694489911	15.889748468702	8.81655	0.0003117 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 8443.6074317954008 on 5 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.93956351255848, Adjusted R-squared: 0.92747621507018

F-statistic: 77.731479138959 on 1 and 5 DF, p-value: 0.00031170120906751

```
[1] "*****"
```

Call:

lm(formula = beta ~ KL\_Mittel, data = GSW)

Residuals:

	16	17	18	19	20	21
22	4744.4582991250	-3819.1406473643	19176.2084544523	-23580.6203155916	-17311.5435769269	25475.6081526493
	-4684.9703663437					

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-3.9078919184374e+04	2.0714883040427e+04	-1.88651	0.117886
KL_Mittel	4.9188538804899e-01	1.2795660594297e-01	3.84416	0.012073 *

---

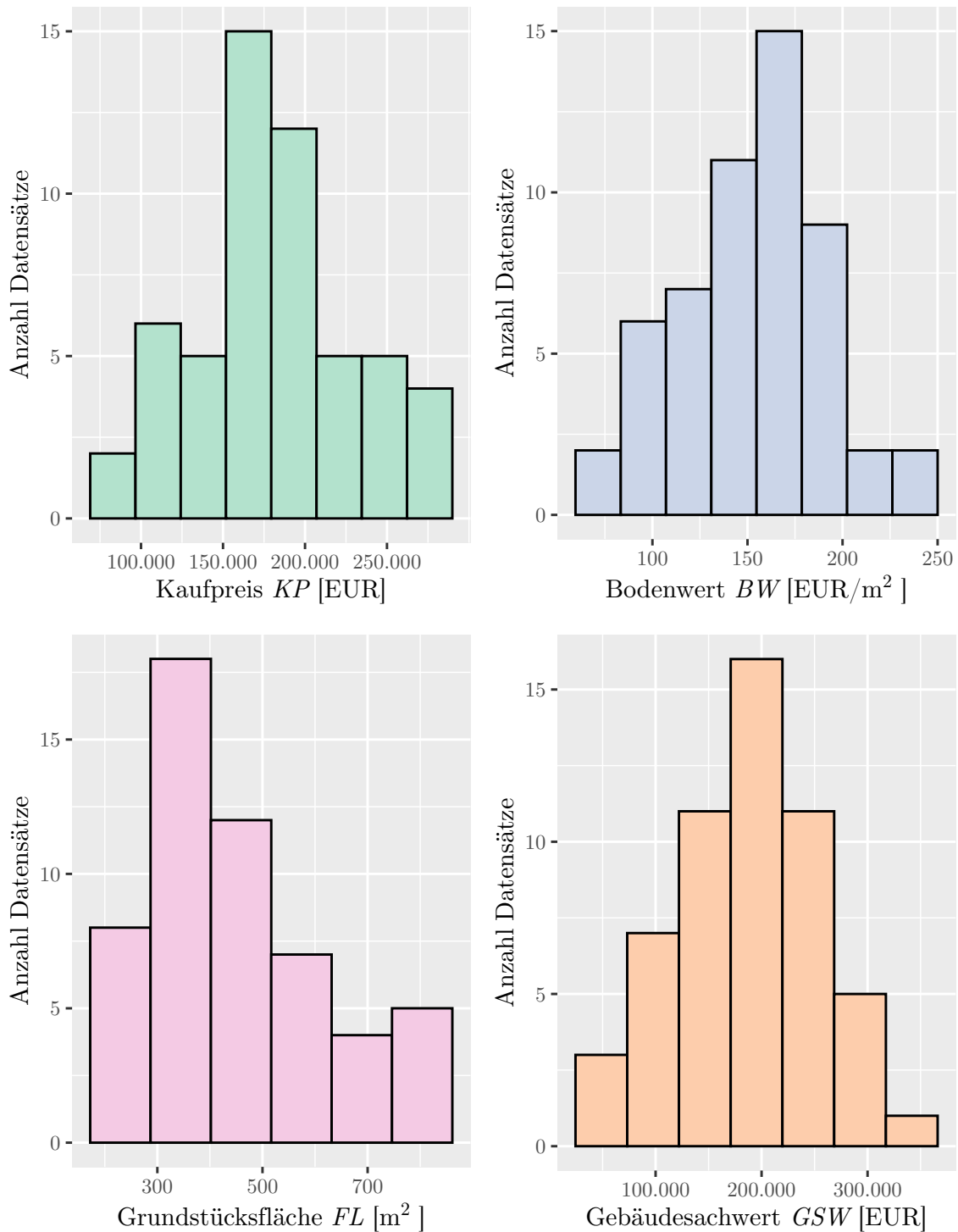
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 19654.584422418 on 5 degrees of freedom

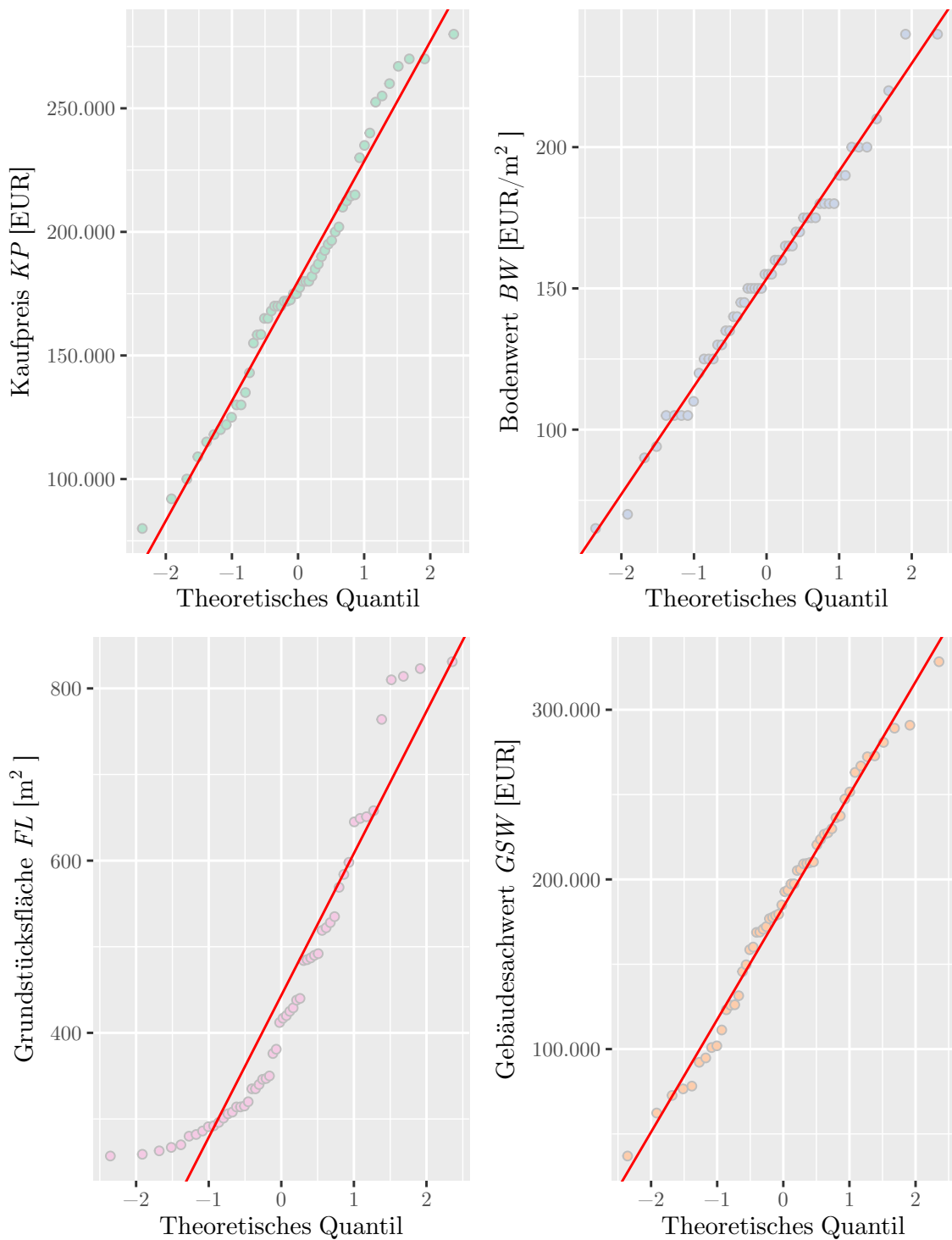
Multiple R-squared: 0.74718809179837, Adjusted R-squared: 0.69662571015804

F-statistic: 14.777549386686 on 1 and 5 DF, p-value: 0.01207255783567





**Anhang P.49:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Hannover DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.50:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Hannover DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.51:** Hannover DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  6      6 95.244063118091972 83.338555228330478 107.14957100785347
2  7      7 119.055078897614962 107.149571007853467 130.96058678737646
3 11     11 142.866094677137937 130.960586787376428 154.77160256689945
4 15     15 166.677110456660955 154.771602566899446 178.58261834642246
5  9      9 190.488126236183945 178.582618346422464 202.39363412594543
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1  7      7 229.64401885139949 172.23301413854961 287.05502356424938
2 17     17 344.46602827709927 287.05502356424938 401.87703298994916
3 11     11 459.28803770279904 401.87703298994916 516.69904241564893
4  5      5 574.11004712849876 516.69904241564882 631.52105184134871
5  4      4 688.93205655419854 631.52105184134871 746.34306126704837
6  4      4 803.75406597989831 746.34306126704837 861.16507069274826
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 48816.000922014297 24408.000461007148 73224.001383021445
2  6      6 97632.001844028593 73224.001383021445 122040.002305035741
3 10     10 146448.002766042890 122040.002305035741 170856.003227050038
4 14     14 195264.003688057186 170856.003227050038 219672.004149064334
5 10     10 244080.004610071483 219672.004149064305 268488.005071078660
6  5      5 292896.005532085779 268488.005071078660 317304.005993092898
[1] "*****"
```

**Anhang P.52:** Hannover DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1  6      6 99.755430715066353  87.28600187568307 112.22485955444964
2  8      8 124.694288393832935 112.22485955444964 137.16371723321623
3 14     14 149.633146072599516 137.16371723321623 162.10257491198280
4 13     13 174.572003751366083 162.10257491198280 187.04143259074937
5  5      5 199.510861430132707 187.04143259074942 211.98029026951599
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1  9      9 239.41303371615922 179.55977528711941 299.26629214519903
2 16     16 359.11955057423881 299.26629214519903 418.97280900327860
3 11     11 478.82606743231838 418.97280900327860 538.67932586135817
4  7      7 598.53258429039806 538.67932586135817 658.38584271943796
5  0      0 718.23910114847763 658.38584271943773 778.09235957751753
6  3      3 837.94561800655731 778.09235957751753 897.79887643559709
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1  3      3 49034.900289015619 24517.450144507806 73552.350433523432
2  5      5 98069.800578031238 73552.350433523432 122587.250722539044
3 10     10 147104.700867046864 122587.250722539058 171622.151011554670
4 14     14 196139.601156062476 171622.151011554670 220657.051300570281
5  9      9 245174.501445078116 220657.051300570311 269691.951589585922
6  5      5 294209.401734093728 269691.951589585922 318726.851878601534
[1] "*****"
```

**Anhang P.53:** Hannover DHH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-72389.4747070473 -15115.0967817025 -1220.2814388255  15519.6398824440  52587.6146715778

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      99616.1278504714    27959.2908975116   3.56290 0.00121014 **
daten_trim$BW_klass(112,137]  2461.0689333937    19032.5047800350   0.12931 0.89794873
daten_trim$BW_klass(137,162] -5156.1030856385    16676.4032371756  -0.30919 0.75924897
daten_trim$BW_klass(162,187]  29189.0159317718    18217.5498707706   1.60225 0.11924325
daten_trim$BW_klass(187,212]  33868.2299940808    22464.1864406901   1.50765 0.14176740
daten_trim$FL_klass(299,419] -19638.8200921776    15349.8293830754  -1.27942 0.21024406
daten_trim$FL_klass(419,539] -11019.4455438246    16460.8605663912  -0.66943 0.50817486
daten_trim$FL_klass(539,658] -25078.5637637479    18131.9150420217  -1.38312 0.17651043
daten_trim$FL_klass(778,898]  18847.3619919118    22448.7921549812   0.83957 0.40757713
daten_trim$GSW_klass(7.36e+04,1.23e+05]  26706.0212366432    24311.1699361568   1.09851 0.28044149
daten_trim$GSW_klass(1.23e+05,1.72e+05]  60177.8345695282    22819.3547700672   2.63714 0.01295118 *
daten_trim$GSW_klass(1.72e+05,2.21e+05]  91576.5270745798    22268.4361498240   4.11239 0.00026703 ***
daten_trim$GSW_klass(2.21e+05,2.7e+05]  108948.8954860390    22557.0216488283   4.82993 3.4951e-05 ***
daten_trim$GSW_klass(2.7e+05,3.19e+05]  101758.1050000524    25366.7661533867   4.01147 0.00035383 ***
daten_trim$Jahrgang2012      17993.6515040609    11827.8489356019   1.52130 0.13832157
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 32015.920276196 on 31 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.64751166980774, Adjusted R-squared:  0.4883233916564
F-statistic: 4.0675838530784 on 14 and 31 DF, p-value: 0.00055420450905404
```

**Anhang P.54:** Hannover DHH,  
Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    1         2         3         4         5
7007.60795519345  -454.12443779213 -17215.55082493565  7626.54944227643  3035.51786525791

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -49783.62196321194  24890.36921032363  -2.00012  0.139310
KL_Mittel    411.30782700018    161.78671899075   2.54228  0.084511 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 11734.090130475999 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.68298280851708, Adjusted R-squared:  0.5773104113561
F-statistic: 6.4632091905389 on 1 and 3 DF,  p-value: 0.084510563714406

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    6         7         8         9        10
15229.1320254245  -6613.7903247143  -2510.5200858469  -21687.3821438390  15582.5605289756

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -24768.228836065296  22676.892110447508  -1.09222  0.35460
KL_Mittel    34.368243112792    41.825354266815   0.82171  0.47146

Residual standard error: 18212.908725230001 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1837189197118, Adjusted R-squared:  -0.088374773717595
F-statistic: 0.6752046230703 on 1 and 3 DF,  p-value: 0.47146265049069

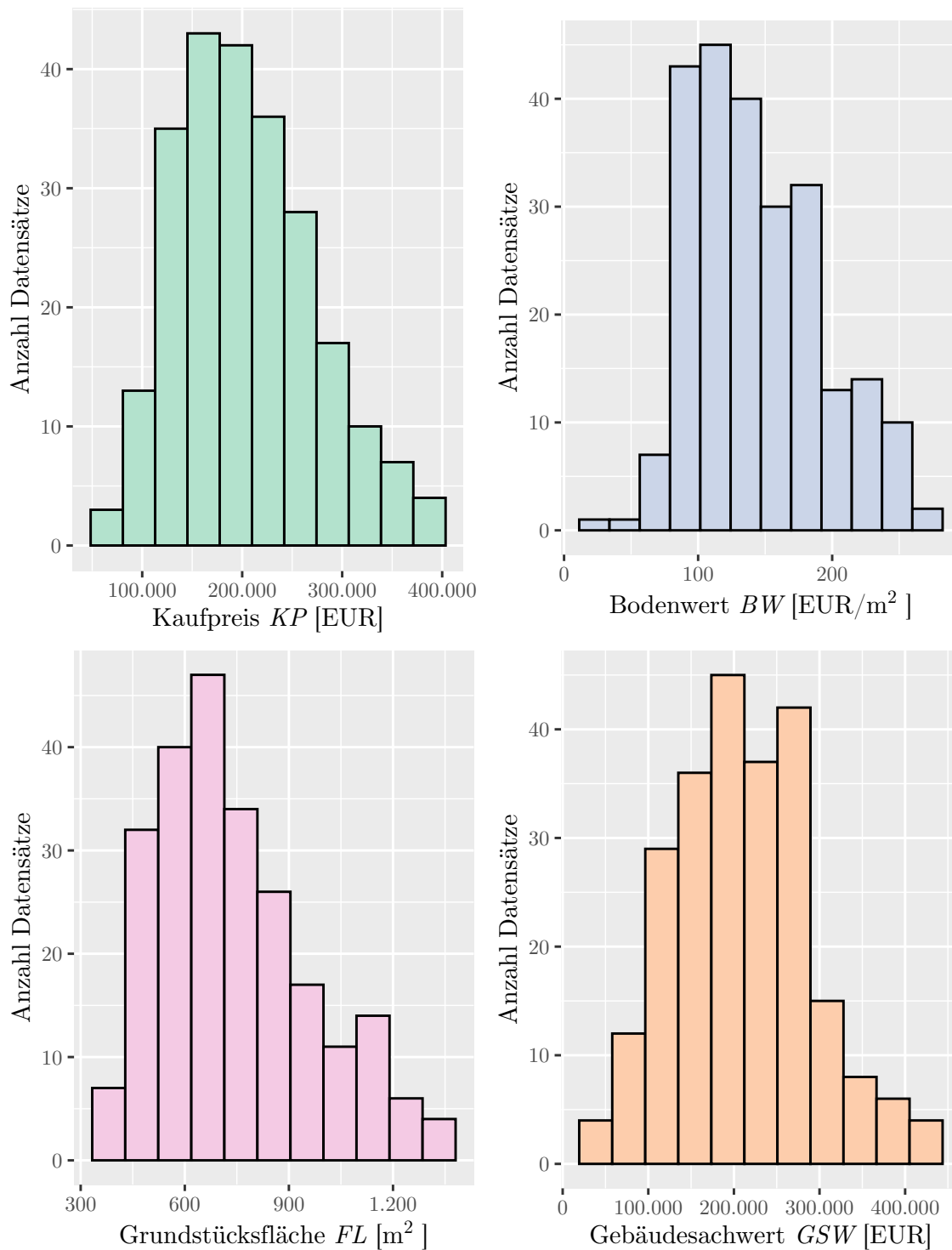
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

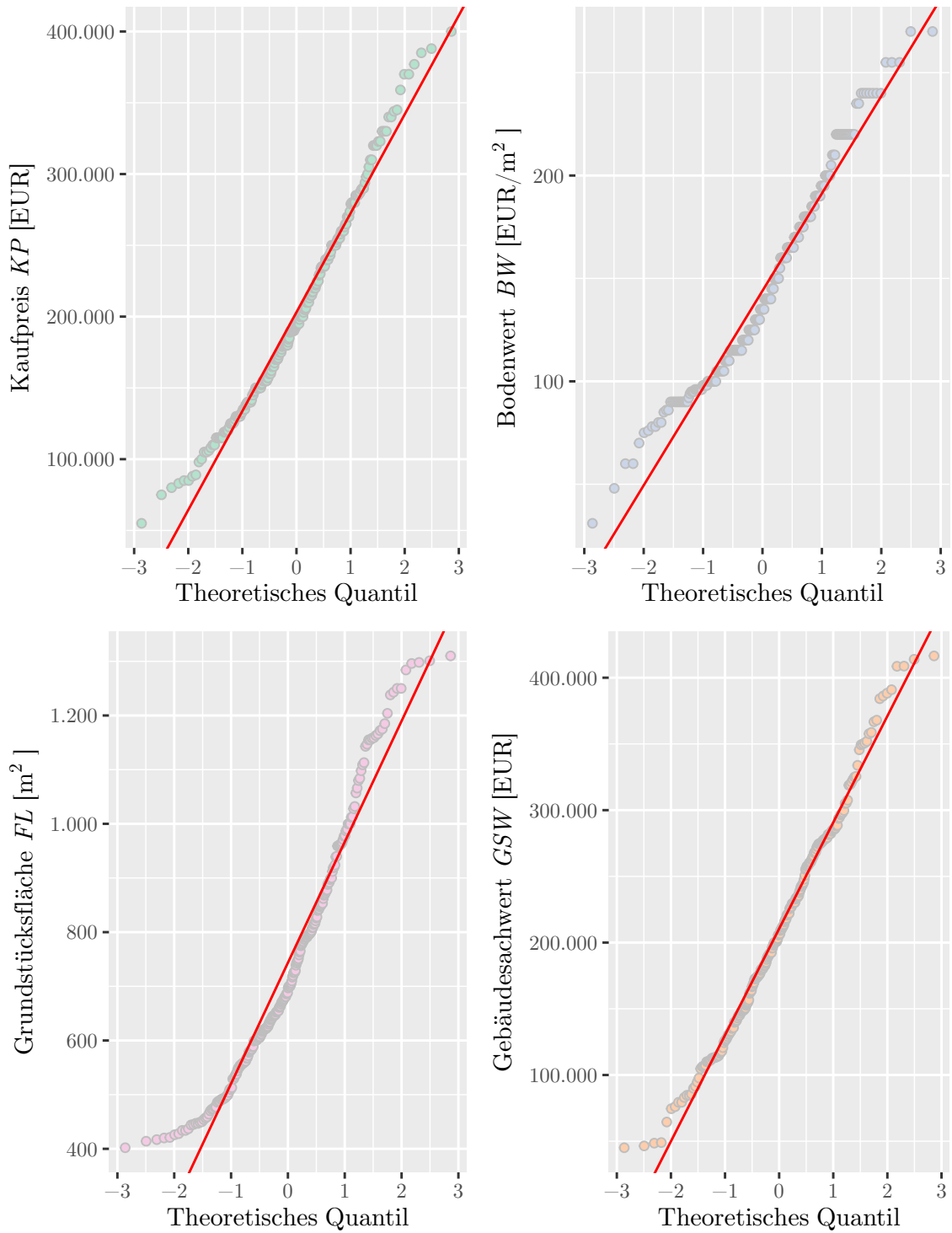
Residuals:
    11         12         13         14         15
-3518.60630912972  2076.50158740408  901.30796670472  5518.69481667934  -4977.89806165842

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.0862403913456e+04  5.3397235796919e+03  -5.77978  0.01029933 *
KL_Mittel    5.9973930364677e-01  3.3023401225374e-02  18.16104  0.00036419 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 4924.0994724549 on 3 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.99098620979095, Adjusted R-squared:  0.9879816130546
F-statistic: 329.82336624474 on 1 and 3 DF,  p-value: 0.00036419042911792
```



**Anhang P.55:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Hannover EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.56:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Hannover EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.57:** Hannover EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1  7      7 67.773040743585199 56.477533952987663 79.068547534182727
2 43     43 90.364054324780255 79.068547534182727 101.659561115377784
3 45     45 112.955067905975312 101.659561115377784 124.250574696572841
4 40     40 135.546081487170397 124.250574696572869 146.841588277767926
5 30     30 158.137095068365454 146.841588277767926 169.432601858962983
6 32     32 180.728108649560511 169.432601858962983 192.023615440158039
7 13     13 203.319122230755568 192.023615440158039 214.614629021353096
8 14     14 225.910135811950624 214.614629021353096 237.205642602548153
9 10     10 248.501149393145681 237.205642602548153 259.796656183743210
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1  7      7 380.81994322585967 333.21745032262720 428.42243612909215
2 32     32 476.02492903232462 428.42243612909215 523.62742193555709
3 40     40 571.22991483878945 523.62742193555709 618.83240774202181
4 47     47 666.43490064525440 618.83240774202193 714.03739354848688
5 34     34 761.63988645171935 714.03739354848688 809.24237935495182
6 25     25 856.84487225818430 809.24237935495194 904.44736516141666
7 17     17 952.04985806464913 904.44736516141666 999.65235096788160
8 11     11 1047.25484387111419 999.65235096788172 1094.85733677434655
9 12     12 1142.45982967757891 1094.85733677434655 1190.06232258081127
10 6      6 1237.66481548404408 1190.06232258081172 1285.26730838727644
11 3      3 1332.86980129050880 1285.26730838727644 1380.47229419374116
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1  4      4 38589.838871748216 19294.919435874108 57884.758307622324
2 12     12 77179.677743496432 57884.758307622324 96474.597179370539
3 27     27 115769.516615244647 96474.597179370525 135064.436051118770
4 36     36 154359.355486992863 135064.436051118770 173654.274922866956
5 44     44 192949.194358741079 173654.274922866956 212244.113794615201
6 36     36 231539.033230489295 212244.113794615201 250833.952666363388
7 42     42 270128.872102237539 250833.952666363417 289423.791538111633
8 15     15 308718.710973985726 289423.791538111633 328013.630409859819
9  8      8 347308.549845733913 328013.630409859819 366603.469281608006
10 6      6 385898.388717482099 366603.469281608006 405193.308153356193
11 4      4 424488.227589230402 405193.308153356309 443783.147025104496
[1] "*****"
```

**Anhang P.58:** Hannover EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1  6      6 68.352325594910212 56.960271329091846 79.744379860728571
2 43     43 91.136434126546945 79.744379860728571 102.528488392365318
3 54     54 113.920542658183678 102.528488392365318 125.312596924002037
4 30     30 136.704651189820424 125.312596924002065 148.096705455638784
5 37     37 159.488759721457143 148.096705455638755 170.880813987275531
6 24     24 182.272868253093890 170.880813987275531 193.664922518912249
7 13     13 205.056976784730608 193.664922518912249 216.449031050548967
8 13     13 227.841085316367355 216.449031050548967 239.233139582185743
9 10     10 250.625193848004102 239.233139582185743 262.017248113822461
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1  6      6 379.19266341938282 331.79358049195997 426.59174634680568
2 33     33 473.99082927422853 426.59174634680562 521.38991220165144
3 37     37 568.78899512907424 521.38991220165144 616.18807805649703
4 47     47 663.58716098391994 616.18807805649703 710.98624391134285
5 32     32 758.38532683876565 710.98624391134285 805.78440976618845
6 26     26 853.18349269361136 805.78440976618845 900.58257562103427
7 17     17 947.98165854845706 900.58257562103427 995.38074147587986
8 11     11 1042.77982440330288 995.38074147587997 1090.17890733072591
9 11     11 1137.57799025814847 1090.17890733072568 1184.97707318557127
10 6      6 1232.37615611299407 1184.97707318557104 1279.77523904041709
11 4      4 1327.17432196784011 1279.77523904041709 1374.57340489526314
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1  4      4 39008.185833258372 19504.092916629190 58512.278749887555
2 11     11 78016.371666516745 58512.278749887555 97520.464583145935
3 30     30 117024.557499775110 97520.464583145920 136528.650416404300
4 36     36 156032.743333033490 136528.650416404300 175536.836249662680
5 43     43 195040.929166291869 175536.836249662680 214545.022082921059
6 34     34 234049.114999550220 214545.022082921059 253553.207916179381
7 41     41 273057.300832808600 253553.207916179439 292561.393749437761
8 15     15 312065.486666066921 292561.393749437761 331569.579582696082
9 10     10 351073.672499325359 331569.579582696198 370577.765415954520
10 6      6 390081.858332583681 370577.765415954520 409585.951249212842
[1] "*****"
```

**Anhang P.59:** Hannover EH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-99513.966561936 -29619.260449218 -1475.195517434  27179.468261985 125617.054966779

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      28956.7558161936    40861.4042219328  0.70866  0.4793579
daten_trim$BW_klass(79.7,103]      30522.6383892138    22218.2666313148  1.37376  0.1710453
daten_trim$BW_klass(103,125]      46581.2650011092    21637.9078535378  2.15276  0.0325289 *
daten_trim$BW_klass(125,148]      55618.7852510346    22657.5579854710  2.45476  0.0149483 *
daten_trim$BW_klass(148,171]      54429.1960653820    22700.4578235164  2.39771  0.0174126 *
daten_trim$BW_klass(171,194]      76781.8454429244    23356.1004599693  3.28744  0.0011933 **
daten_trim$BW_klass(194,216]      112041.0909932587    25160.9217730567  4.45298  1.4036e-05 ***
daten_trim$BW_klass(216,239]      122500.2082971485    24800.6094920278  4.93940  1.6453e-06 ***
daten_trim$BW_klass(239,262]      129729.3306456926    26598.5172536446  4.87731  2.1825e-06 ***
daten_trim$FL_klass(427,521]      28389.4810521928    20814.7582180744  1.36391  0.1741209
daten_trim$FL_klass(521,616]      46378.0407074427    20970.9063638261  2.21154  0.0281252 *
daten_trim$FL_klass(616,711]      22924.6878034928    20503.2396682402  1.11810  0.2648585
daten_trim$FL_klass(711,806]      31703.3357075944    20866.2026923336  1.51936  0.1302426
daten_trim$FL_klass(806,901]      44688.6136676116    21836.6491880022  2.04650  0.0420093 *
daten_trim$FL_klass(901,995]      27270.4629885924    22597.7872981955  1.20678  0.2289368
daten_trim$FL_klass(995,1.09e+03]  61645.9801817583    23967.8432183873  2.57203  0.0108320 *
daten_trim$FL_klass(1.09e+03,1.18e+03]  47783.9165604515    24106.0373327344  1.98224  0.0488150 *
daten_trim$FL_klass(1.18e+03,1.28e+03]  37548.3639599099    29383.8918351534  1.27786  0.2027743
daten_trim$FL_klass(1.28e+03,1.37e+03]  60570.8597861070    30856.5742643794  1.96298  0.0510279 .
daten_trim$GSW_klass(5.85e+04,9.75e+04]  8315.7916835383    29485.1844916087  0.28203  0.7782085
daten_trim$GSW_klass(9.75e+04,1.37e+05]  15937.9021325126    27015.0711813232  0.58996  0.5558778
daten_trim$GSW_klass(1.37e+05,1.76e+05]  34683.0457432599    26790.5999340482  1.29460  0.1969443
daten_trim$GSW_klass(1.76e+05,2.15e+05]  66697.5093829995    25932.1787660630  2.57200  0.0108329 *
daten_trim$GSW_klass(2.15e+05,2.54e+05]  90326.2562519500    26508.4074021106  3.40746  0.0007920 ***
daten_trim$GSW_klass(2.54e+05,2.93e+05]  111705.4827560407    26326.5358543546  4.24308  3.3644e-05 ***
daten_trim$GSW_klass(2.93e+05,3.32e+05]  149441.5153935109    28279.5870785495  5.28443  3.2690e-07 ***
daten_trim$GSW_klass(3.32e+05,3.71e+05]  138255.9170170341    29735.9038471086  4.64946  6.0208e-06 ***
daten_trim$GSW_klass(3.71e+05,4.1e+05]  149961.8289674466    32386.2780117194  4.63041  6.5433e-06 ***
daten_trim$Jahrgang2012          11602.8967279930     6796.4181495121  1.70721  0.0893276 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 44949.721228003 on 201 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.61564073167143, Adjusted R-squared:  0.56209814702864
F-statistic: 11.498151159096 on 28 and 201 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

**Anhang P.60:** Hannover EH,Ermittlung der Funktionen  $f(BW)$ ,  $g(FL)$  und  $u(GSW)$ 

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17062.9477424561  -5408.9818729759  1543.1226522629   7593.5388396711 11245.0424011322

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -45315.742565080465  10133.535418175254  -4.47186  0.0028945 **
KL_Mittel    726.368369041727     60.291729045319  12.04756 6.1917e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 10123.704567208 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.95399088343403, Adjusted R-squared:  0.94741815249603
F-statistic: 145.14376024722 on 1 and 7 DF, p-value: 6.1917055599347e-06

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-19466.4725065723 -10099.7970254461 -1103.5576170563   7102.5602053957  20468.5236575795

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 2628.930969262836  12838.885438149096  0.20476 0.842313
KL_Mittel   40.41009689540     14.224031215709  2.84097 0.019372 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 13670.528385355999 on 9 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.47279418853812, Adjusted R-squared:  0.41421576504236
F-statistic: 8.071132025932 on 1 and 9 DF, p-value: 0.019372357860463

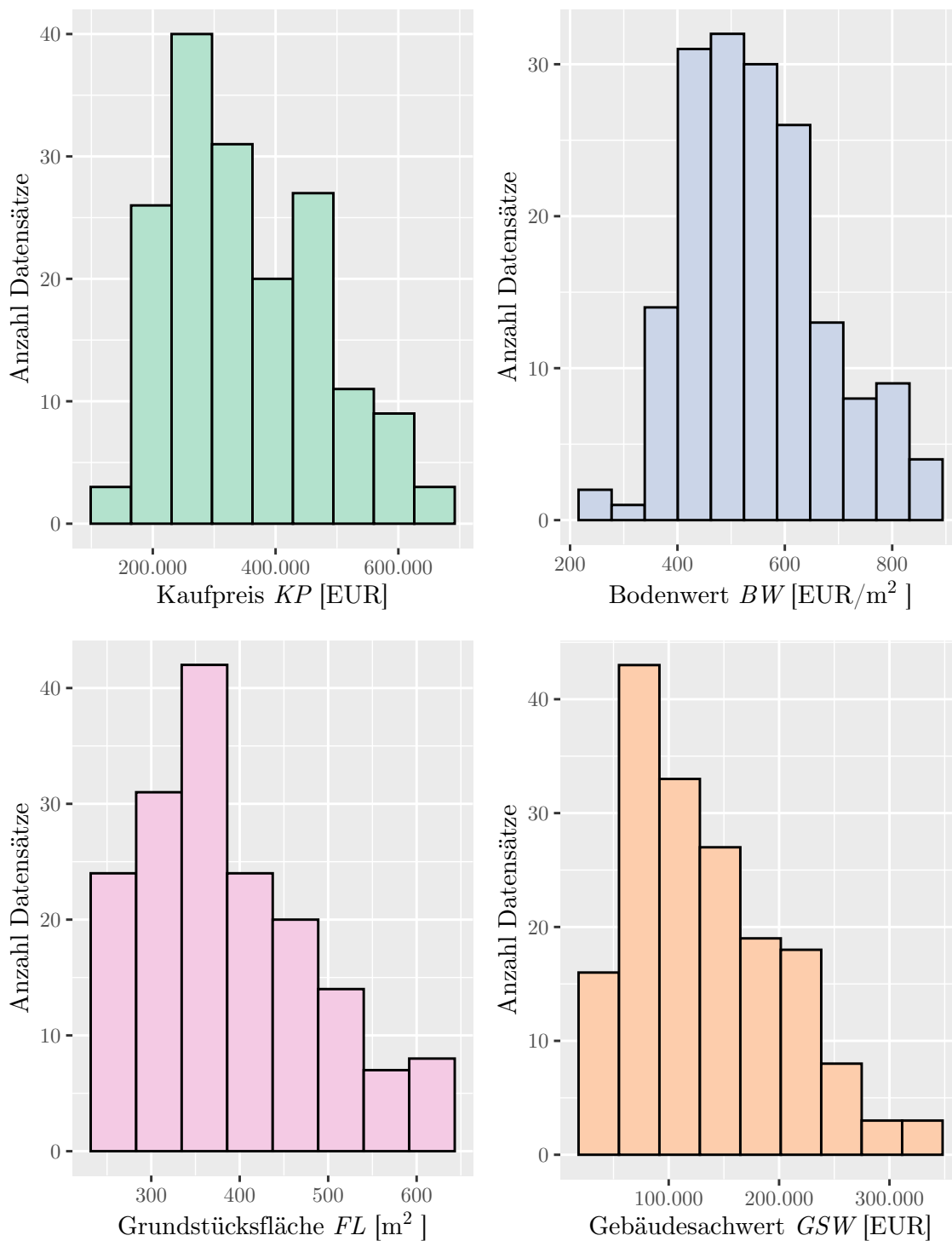
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

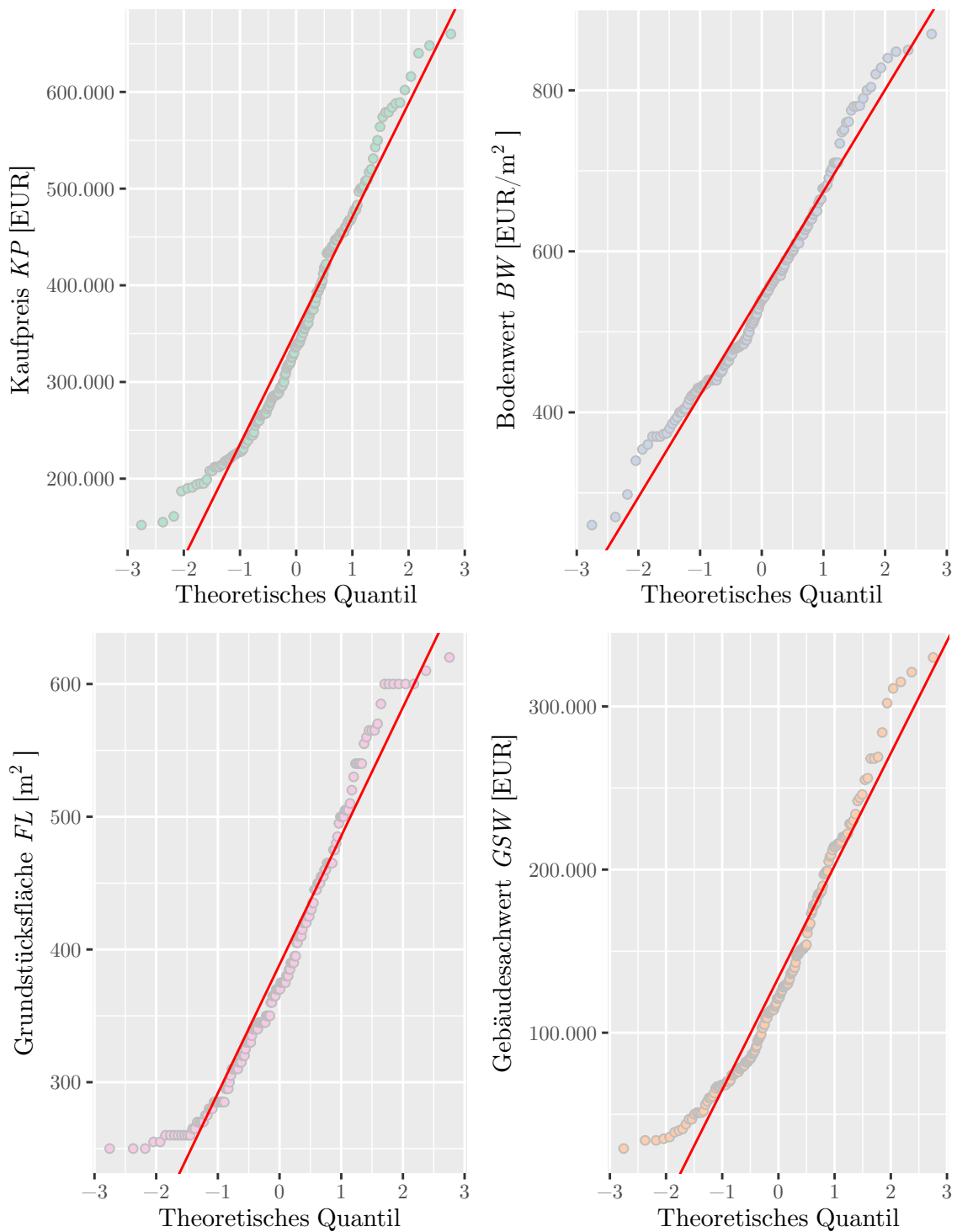
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-15655.18101725677 -10520.16142170622  -302.55075624536   6691.48023403331  26596.49228843114

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.1177970577675e+04  9.2730564974797e+03  -3.36221 0.0098993 **
KL_Mittel    4.9887145711094e-01  3.8212715329186e-02  13.05512 1.1252e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 13386.473663706 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9551660158357, Adjusted R-squared:  0.94956176781516
F-statistic: 170.43607141143 on 1 and 8 DF, p-value: 1.1251963364773e-06
```



**Anhang P.61:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Stuttgart DHH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.62:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Stuttgart DHH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.63:** Stuttgart DHH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 14    14 369.87841217491530 339.05521116033901 400.70161318949158
2 31    31 431.52481420406787 400.70161318949158 462.34801521864415
3 32    32 493.17121623322032 462.34801521864404 523.99441724779660
4 30    30 554.81761826237289 523.99441724779660 585.64081927694917
5 26    26 616.46402029152546 585.64081927694917 647.28722130610174
6 13    13 678.11042232067803 647.28722130610186 708.93362333525420
7  8     8 739.75682434983048 708.93362333525420 770.58002536440677
8  9     9 801.40322637898305 770.58002536440677 832.22642739355933
9  4     4 863.04962840813562 832.22642739355933 893.87282942271190
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 24    24 257.23608460188098 231.51247614169287 282.95969306206905
2 30    30 308.68330152225724 282.95969306206916 334.40690998244531
3 42    42 360.13051844263339 334.40690998244531 385.85412690282146
4 23    23 411.57773536300959 385.85412690282146 437.30134382319773
5 20    20 463.02495228338580 437.30134382319773 488.74856074357388
6 13    13 514.47216920376195 488.74856074357382 540.19577766395014
7  7     7 565.91938612413821 540.19577766395014 591.64299458432629
8  8     8 617.36660304451436 591.64299458432629 643.09021150470244
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 16    16 36644.859771355681 18322.429885677841 54967.289657033522
2 40    40 73289.719542711362 54967.289657033514 91612.149428389210
3 33    33 109934.579314067043 91612.149428389210 128257.009199744876
4 27    27 146579.439085422724 128257.009199744876 164901.868971100572
5 19    19 183224.298856778420 164901.868971100572 201546.728742456267
6 18    18 219869.158628134115 201546.728742456296 238191.588513811934
7  8     8 256514.018399489752 238191.588513811934 274836.448285167571
8  3     3 293158.878170845448 274836.448285167571 311481.308056523325
9  3     3 329803.737942201085 311481.308056523209 348126.167827878962
[1] "*****"
```

**Anhang P.64: Stuttgart DHH,**  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count          x          xmin          xmax
1 14     14 369.95060754262920 339.12139024741009 400.77982483784831
2 31     31 431.60904213306742 400.77982483784831 462.43825942828653
3 32     32 493.26747672350552 462.43825942828641 524.09669401872463
4 30     30 554.92591131394374 524.09669401872463 585.75512860916285
5 24     24 616.58434590438196 585.75512860916285 647.41356319960107
6 12     12 678.24278049482018 647.41356319960119 709.07199779003918
7 8       8 739.90121508525829 709.07199779003918 770.73043238047740
8 7       7 801.55964967569651 770.73043238047740 832.38886697091561
9 4       4 863.21808426613472 832.38886697091561 894.04730156135383
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count          x          xmin          xmax
1 24     24 255.76832126403991 230.19148913763593 281.34515339044390
2 29     29 306.92198551684788 281.34515339044390 332.49881764325187
3 38     38 358.07564976965591 332.49881764325187 383.65248189605995
4 23     23 409.22931402246388 383.65248189605990 434.80614614886787
5 22     22 460.38297827527185 434.80614614886787 485.95981040167584
6 8       8 511.53664252807982 485.95981040167578 537.11347465448387
7 11     11 562.69030678088779 537.11347465448375 588.26713890729184
8 7       7 613.84397103369588 588.26713890729184 639.42080316009992
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count          x          xmin          xmax
1 16     16 37269.098241331529 18634.549120665761 55903.647361997297
2 41     41 74538.196482663057 55903.647361997297 93172.745603328818
3 36     36 111807.294723994593 93172.745603328833 130441.843844660354
4 24     24 149076.392965326115 130441.843844660354 167710.942085991876
5 16     16 186345.491206657636 167710.942085991876 204980.040327323397
6 18     18 223614.589447989187 204980.040327323426 242249.138568654947
7 7       7 260883.687689320708 242249.138568654947 279518.236809986469
8 4       4 298152.785930652230 279518.236809986469 316787.335051317990
[1] "*****"
```



**Anhang P.65: Stuttgart DHH,**

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-109081.4145112278  -28589.1749713219  -1212.3621272532   24385.9648203164  127941.3142910869

Coefficients:
                Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      120678.7943620296    19228.3646189639   6.27608 4.3338e-09 ***
daten_trim$BW_klass(401,462]      13624.1208622043    16080.4993094193   0.84724 0.39834714
daten_trim$BW_klass(462,524]      53073.4639419588    15647.0799247183   3.39191 0.00090917 ***
daten_trim$BW_klass(524,586]      64515.7698951960    16089.5149192228   4.00980 9.9737e-05 ***
daten_trim$BW_klass(586,647]     115211.3240866077    16665.9239963588   6.91299 1.6795e-10 ***
daten_trim$BW_klass(647,709]      88630.9752362735    19690.7682125008   4.50114 1.4383e-05 ***
daten_trim$BW_klass(709,771]     139073.3429225313    22610.0377302252   6.15096 8.0588e-09 ***
daten_trim$BW_klass(771,832]     143479.5524521028    24608.5733771126   5.83047 3.8299e-08 ***
daten_trim$BW_klass(832,894]     206252.3994859543    27603.2850123332   7.47202 8.6533e-12 ***
daten_trim$FL_klass(281,332]      37887.1578060600    13749.3846982910   2.75555 0.00666282 **
daten_trim$FL_klass(332,384]      66189.9491036757    13268.6923998447   4.98843 1.8263e-06 ***
daten_trim$FL_klass(384,435]      86019.7056631117    14506.2548266125   5.92984 2.3735e-08 ***
daten_trim$FL_klass(435,486]     120924.4412261016    15219.6985701059   7.94526 6.5625e-13 ***
daten_trim$FL_klass(486,537]     129575.5109010903    20134.2035798442   6.43559 1.9476e-09 ***
daten_trim$FL_klass(537,588]     128868.0934286161    17408.0506859243   7.40279 1.2557e-11 ***
daten_trim$FL_klass(588,639]     122612.0362856776    21421.4438849853   5.72380 6.3694e-08 ***
daten_trim$GSW_klass(5.59e+04,9.32e+04] 35229.2259845903    14733.8679773271   2.39104 0.01817005 *
daten_trim$GSW_klass(9.32e+04,1.3e+05] 71991.3754080516    15257.1618655957   4.71853 5.8256e-06 ***
daten_trim$GSW_klass(1.3e+05,1.68e+05] 120323.2362661127    16620.6941392079   7.23936 3.0077e-11 ***
daten_trim$GSW_klass(1.68e+05,2.05e+05] 153756.7364209189    17947.5397893616   8.56701 2.0488e-14 ***
daten_trim$GSW_klass(2.05e+05,2.42e+05] 180323.2026339741    17789.9974042179  10.13621 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.42e+05,2.8e+05] 215808.4448571573    22199.5773211906   9.72129 < 2.22e-16 ***
daten_trim$GSW_klass(2.8e+05,3.17e+05] 208724.3791049121    28235.2926763597   7.39232 1.3283e-11 ***
daten_trim$Jahrgang2011          -1790.7709888544     10405.1901929170   -0.17210 0.86361190
daten_trim$Jahrgang2012          -7448.1941044088     10929.1142767793   -0.68150 0.49671387
daten_trim$Jahrgang2013          -5753.9484929197     11965.8361396900   -0.48086 0.63138533
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 46449.457169547997 on 136 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8479667271851, Adjusted R-squared:  0.82001943438825
F-statistic: 30.341641079471 on 25 and 136 DF,  p-value: < 2.22044604925e-16
```

### Anhang P.66: Stuttgart DHH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-26810.96297025413  -7727.14337288126  -50.06170485199   10544.43849154708  23369.07928153876

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -149568.063094419747  24533.174498232413  -6.09656 0.00049275 ***
KL_Mittel    392.510493163566     38.732575065679  10.13386 1.9597e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 17950.320514319999 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.93618676842268,    Adjusted R-squared:  0.92707059248306
F-statistic: 102.69511850404 on 1 and 7 DF,  p-value: 1.9597321696114e-05

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
    10     11     12     13     14     15
-9756.8810571822  5889.6688799600  6227.3300757558 -1061.8237752484  7678.5741518631 -8976.8682751483

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -131151.394710726716  16834.901349613123  -7.79045 0.00146434 **
KL_Mittel    533.406722149745     42.883479874621  12.43851 0.00024021 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 8793.9851904113002 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.97479784815192,    Adjusted R-squared:  0.9684973101899
F-statistic: 154.71660579274 on 1 and 4 DF,  p-value: 0.00024021041067064

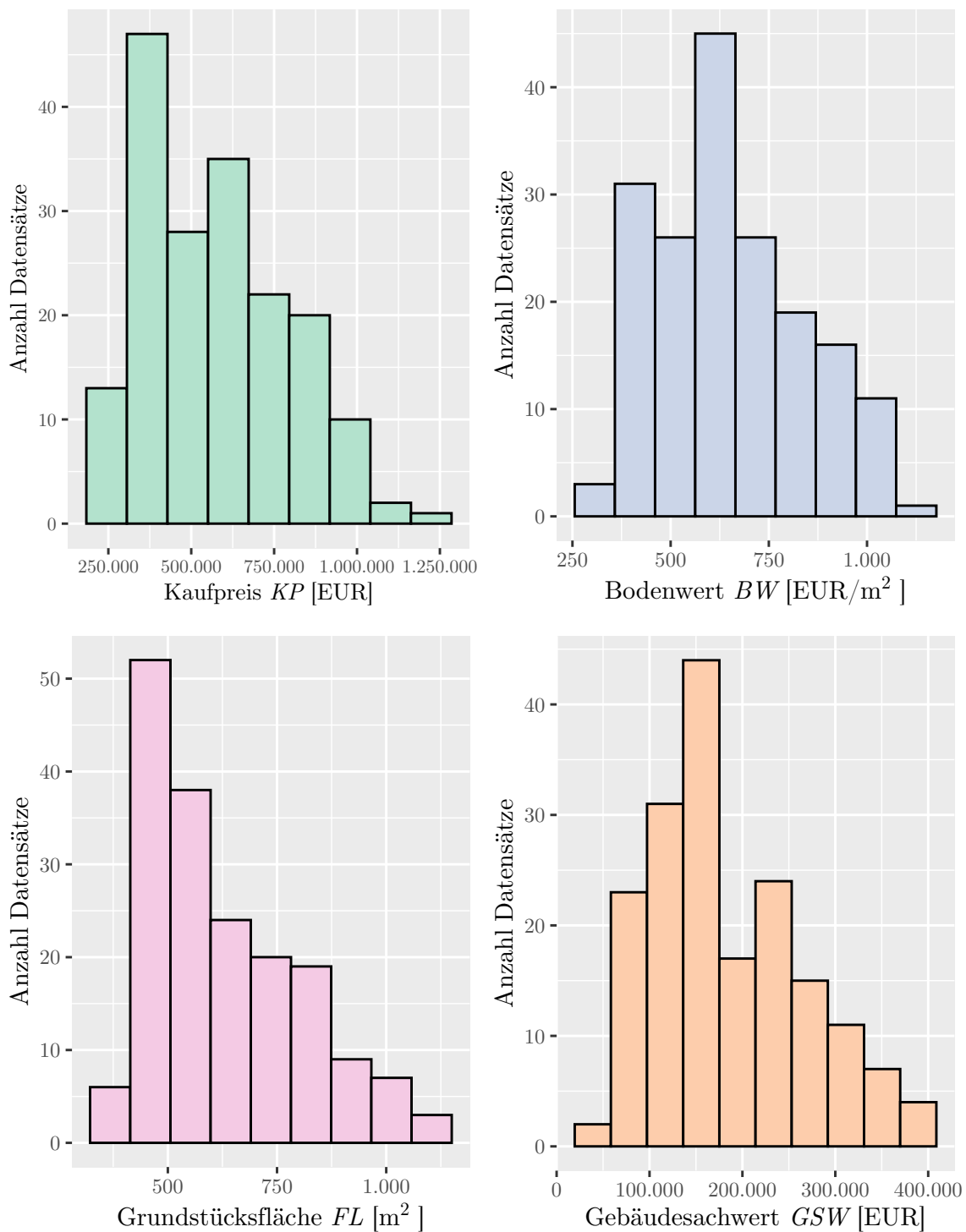
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

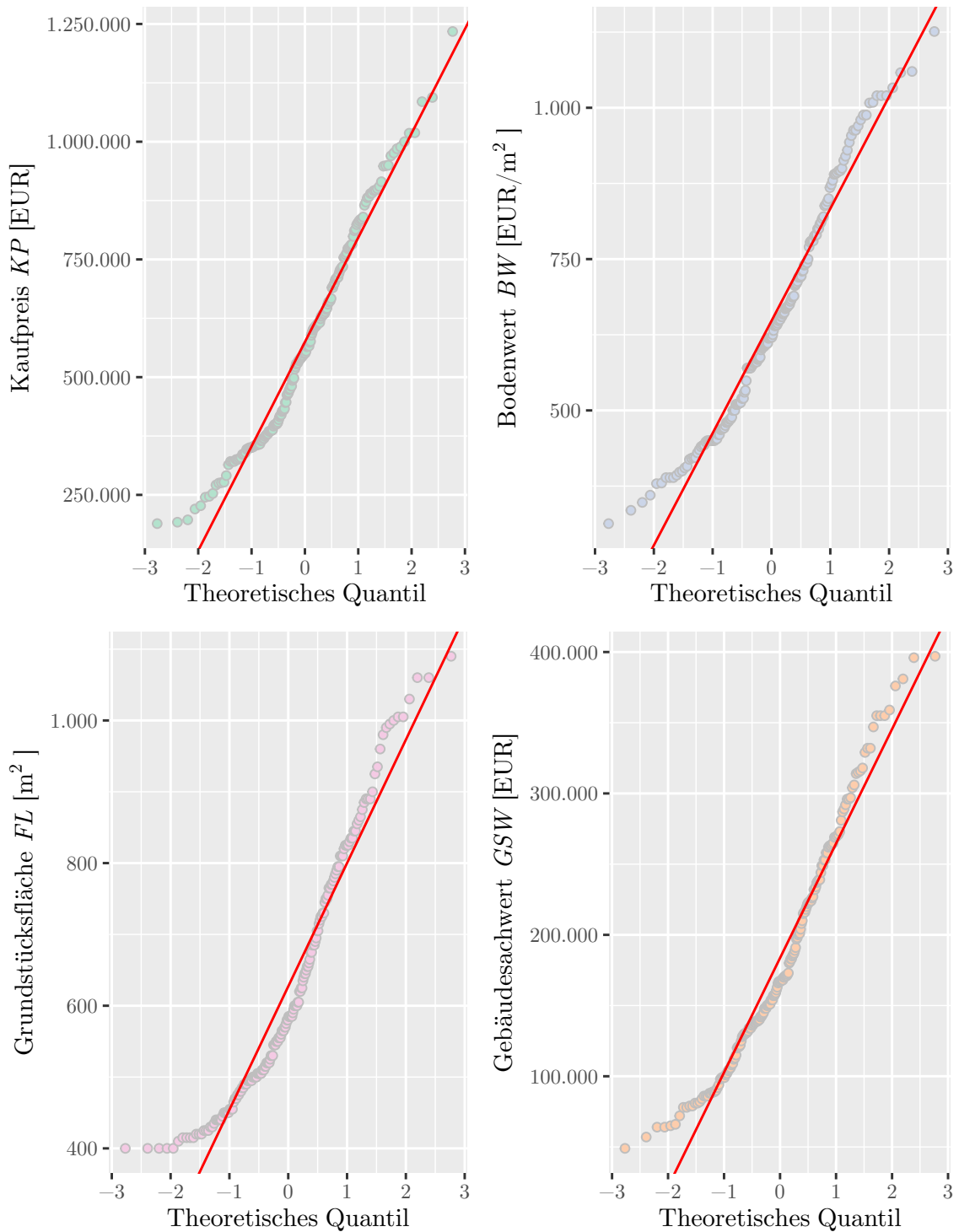
Residuals:
    18     19     20     21     22     23
-3215.81481081884  -675.93427100451  -4469.89901467901  10246.86185051723  5478.18683553277  -1697.08398903715
5666.31660051049

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.9904098930552e+04  5.5146395986702e+03  -7.23603 0.00078669 ***
KL_Mittel    1.0130963580939e+00  3.3334906219281e-02  30.39146 7.2364e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 6336.7861871658997 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.99461578592269,    Adjusted R-squared:  0.99353894310723
F-statistic: 923.64063876533 on 1 and 5 DF,  p-value: 7.2363838206761e-07
```



**Anhang P.67:** Histogramme der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Stuttgart EH nach Bereinigung der Daten



**Anhang P.68:** QQ-Plots der Merkmale  $KP$ ,  $BW$ ,  $FL$  und  $GSW$  für den Teilmarkt Stuttgart EH nach Bereinigung der Daten

**Anhang P.69:** Stuttgart EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* vor Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken vor Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1  3      3 306.92098401468576 255.76748667890479 358.07448135046673
2 30     30 409.22797868624764 358.07448135046673 460.38147602202855
3 25     25 511.53497335780958 460.38147602202866 562.68847069359049
4 45     45 613.84196802937140 562.68847069359049 664.99546536515231
5 26     26 716.14896270093345 664.99546536515254 767.30246003671436
6 19     19 818.45595737249528 767.30246003671436 869.60945470827619
7 16     16 920.76295204405710 869.60945470827619 971.91644937983801
8 11     11 1023.06994671561915 971.91644937983824 1074.22344405140007
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1  6      6 367.98519369267274 321.98704448108867 413.98334290425680
2 51     51 459.98149211584098 413.98334290425692 505.97964132742504
3 36     36 551.97779053900911 505.97964132742504 597.97593975059317
4 24     24 643.97408896217735 597.97593975059317 689.97223817376153
5 20     20 735.97038738534548 689.97223817376130 781.96853659692965
6 19     19 827.96668580851372 781.96853659692965 873.96483502009778
7  9      9 919.96298423168196 873.96483502009778 965.96113344326614
8  7      7 1011.95928265485009 965.96113344326614 1057.95743186643404
9  3      3 1103.95558107801821 1057.95743186643404 1149.95373028960239
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1 23     23 77863.53373786989 58397.650303402421 97329.417172337358
2 31     31 116795.30060680484 97329.417172337358 136261.184041272325
3 44     44 155727.06747573981 136261.184041272325 175192.950910207292
4 16     16 194658.83434467472 175192.950910207233 214124.717779142200
5 24     24 233590.60121360968 214124.717779142200 253056.484648077167
6 15     15 272522.36808254465 253056.484648077167 291988.251517012133
7 11     11 311454.13495147956 291988.251517012133 330920.018385946983
8  7      7 350385.90182041447 330920.018385946983 369851.785254881950
9  4      4 389317.66868934943 369851.785254881950 408783.552123816917
[1] "*****"
```

**Anhang P.70:** Stuttgart EH,  
Klassenstatistik für *BW*, *FL* und *GSW* nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Klassenstatistiken nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
[1] "BW"
  y count      x      xmin      xmax
1  4      4 308.62089484915617 257.18407904096347 360.05771065734888
2 29     29 411.49452646554153 360.05771065734882 462.93134227373423
3 25     25 514.36815808192694 462.93134227373423 565.80497389011964
4 45     45 617.24178969831235 565.80497389011964 668.67860550650505
5 23     23 720.11542131469764 668.67860550650494 771.55223712289035
6 19     19 822.98905293108305 771.55223712289035 874.42586873927576
7 15     15 925.86268454746846 874.42586873927576 977.29950035566117
8 11     11 1028.73631616385387 977.29950035566117 1080.17313197204658
[1] "*****"
[1] "FL"
  y count      x      xmin      xmax
1  6      6 367.53451575731384 321.59270128764962 413.47633022697806
2 51     51 459.41814469664234 413.47633022697812 505.35995916630657
3 36     36 551.30177363597079 505.35995916630657 597.24358810563501
4 23     23 643.18540257529924 597.24358810563501 689.12721704496346
5 20     20 735.06903151462768 689.12721704496346 781.01084598429190
6 19     19 826.95266045395624 781.01084598429202 872.89447492362046
7  7      7 918.83628939328469 872.89447492362046 964.77810386294891
8  6      6 1010.71991833261313 964.77810386294891 1056.66173280227736
9  3      3 1102.60354727194158 1056.66173280227736 1148.54536174160580
[1] "*****"
[1] "GSW"
  y count      x      xmin      xmax
1 24     24 78551.494544210218 58913.620908157667 98189.368180262769
2 31     31 117827.241816315320 98189.368180262769 137465.115452367871
3 43     43 157102.989088420436 137465.115452367871 176740.862724473001
4 18     18 196378.736360525538 176740.862724473001 216016.609996578074
5 20     20 235654.483632630669 216016.609996578132 255292.357268683205
6 16     16 274930.230904735741 255292.357268683176 294568.104540788336
7 10     10 314205.978176840872 294568.104540788336 333843.851812893408
8  5      5 353481.725448946003 333843.851812893408 373119.599084998597
9  4      4 392757.472721051075 373119.599084998481 412395.346357103670
[1] "*****"
```

## Anhang P.71: Stuttgart EH,

Regressionsanalyse gemäß Gleichung 4.15 nach Ausreißerelimination

```
[1] "*****"
[1] "Regressionsanalyse nach Ausreißerelimination"
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = daten_trim$KP ~ daten_trim$BW_klass + daten_trim$FL_klass +
    daten_trim$GSW_klass + daten_trim$Jahrgang)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-210338.9657914182	-51095.6583898838	-2193.8870863809	61589.1800315270	219978.6214686311

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	160140.6813059084	58370.2252736136	2.74353	0.00685135 **
daten_trim\$BW_klass(360,463]	35099.5408115177	47142.2034056234	0.74455	0.45775953
daten_trim\$BW_klass(463,566]	100204.8591603747	47766.9495466578	2.09779	0.03767099 *
daten_trim\$BW_klass(566,669]	164044.5764444466	47318.8601396376	3.46679	0.00069461 ***
daten_trim\$BW_klass(669,772]	231433.0428153794	50458.6889788111	4.58658	9.7091e-06 ***
daten_trim\$BW_klass(772,874]	361196.1122596299	50115.3363232517	7.20730	2.9568e-11 ***
daten_trim\$BW_klass(874,977]	367622.8127433993	50753.6845989062	7.24327	2.4348e-11 ***
daten_trim\$BW_klass(977,1.08e+03]	481190.1254454321	54495.0269084693	8.82998	3.2581e-15 ***
daten_trim\$FL_klass(413,505]	45546.9673830933	37485.1032016759	1.21507	0.22632850
daten_trim\$FL_klass(505,597]	93346.6329797724	38896.3908790092	2.39988	0.01767867 *
daten_trim\$FL_klass(597,689]	110004.2229061470	40414.4140007768	2.72191	0.00729223 **
daten_trim\$FL_klass(689,781]	131507.5676399723	41219.7550489764	3.19040	0.00174405 **
daten_trim\$FL_klass(781,873]	93263.0875022846	41392.3665985582	2.25315	0.02576101 *
daten_trim\$FL_klass(873,965]	229232.0580740265	49521.9700931164	4.62890	8.1324e-06 ***
daten_trim\$FL_klass(965,1.06e+03]	171819.6390019395	50997.8581456540	3.36915	0.00096770 ***
daten_trim\$FL_klass(1.06e+03,1.15e+03]	320622.4424421718	63091.7022771334	5.08185	1.1420e-06 ***
daten_trim\$GSW_klass(9.82e+04,1.37e+05]	32461.6619529326	24360.1201108437	1.33257	0.18477646
daten_trim\$GSW_klass(1.37e+05,1.77e+05]	85279.9114200046	23814.6309648036	3.58099	0.00046726 ***
daten_trim\$GSW_klass(1.77e+05,2.16e+05]	151673.0822477894	30395.9000227185	4.98992	1.7173e-06 ***
daten_trim\$GSW_klass(2.16e+05,2.55e+05]	216411.0217827416	28896.7773067168	7.48911	6.3861e-12 ***
daten_trim\$GSW_klass(2.55e+05,2.95e+05]	145950.0134915250	30554.5717917242	4.77670	4.3423e-06 ***
daten_trim\$GSW_klass(2.95e+05,3.34e+05]	188438.5539736841	35718.5370472216	5.27565	4.7595e-07 ***
daten_trim\$GSW_klass(3.34e+05,3.73e+05]	382108.6799706744	46932.6367874990	8.14164	1.6833e-13 ***
daten_trim\$GSW_klass(3.73e+05,4.12e+05]	329779.2247036237	51696.0709898098	6.37919	2.2803e-09 ***
daten_trim\$Jahrgang2011	4832.3539475919	18731.1077448953	0.25799	0.79678644
daten_trim\$Jahrgang2012	-6196.3751599951	19479.0479817871	-0.31810	0.75086644
daten_trim\$Jahrgang2013	23738.4633521747	19561.0455234879	1.21356	0.22690330

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 83684.950189512994 on 144 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.87402085206074, Adjusted R-squared: 0.85127461701615

F-statistic: 38.424858019247 on 26 and 144 DF, p-value: &lt; 2.22044604925e-16

### Anhang P.72: Stuttgart EH, Ermittlung der Funktionen $f(BW)$ , $g(FL)$ und $u(GSW)$

```
[1] "*****"
[1] "Ermittlung der Trendfunktionen"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = BW)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-30255.6599809766 -15256.8823292519 -4265.2861359122  14944.9967271226  39362.2616400843

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -258144.607557877520   26826.487683116906  -9.62275 7.2090e-05 ***
KL_Mittel    712.965237207600     38.089070978545  18.71837 1.5008e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 24280.739919013999 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.98316391038911,    Adjusted R-squared:  0.98035789545396
F-statistic: 350.37729061029 on 1 and 6 DF,  p-value: 1.500841639532e-06

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = FL)

Residuals:
      9      10      11      12      13      15
-7413.0321177795  9991.1566675914  19734.9444115553  -3888.7364036990  -27107.9376928506  -4292.1247995059
12975.7299346883

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -173026.661082641222   20879.397121952170  -8.28696 0.00041769 ***
KL_Mittel    449.227451913975     29.134256150888  15.41922 2.0827e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 17210.454654494999 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.97940287187861,    Adjusted R-squared:  0.97528344625433
F-statistic: 237.75228908284 on 1 and 5 DF,  p-value: 2.0826543657327e-05

[1] "*****"

Call:
lm(formula = beta ~ KL_Mittel, data = GSW)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-69828.3766656051 -10014.1445316163  -515.8264237433  25524.5825768912  79251.7788533928

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -9.0022888514361e+04  4.3589609731473e+04  -2.06524 0.07776157 .
KL_Mittel    1.1092032457961e+00  1.7092465565899e-01  6.48943 0.00033747 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.10000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 51234.904213955 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.85747060414922,    Adjusted R-squared:  0.83710926188482
F-statistic: 42.112675727109 on 1 and 7 DF,  p-value: 0.00033747402541548
```



**Anhang P.73:** Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der teilmarkt-spezifischen Steigung der Funktion  $g_k(FL)$  und dem jeweiligen regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$

```
[1] "*****"
[1] "Abhängigkeit Steigung g_k(FL) ~ BRW-Niveau"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = Steigung ~ BRW_Niveau, data = daten_trim)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.9548941307487e-04 -1.3201854424626e-04  4.3873195401061e-05  2.0766662598476e-04  2.7254404784492e-04

Coefficients:
              Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.8291110043317e-04  1.6967596782152e-04  1.07800  0.30634921
BRW_Niveau  -2.6033365229947e-06  4.4506533857029e-07 -5.84934  0.00016175 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.100000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 0.00025011404905623001 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.77383101232845, Adjusted R-squared:  0.75121411356129
F-statistic: 34.214726797655 on 1 and 10 DF,  p-value: 0.00016175472041933
```

**Anhang P.74:** Test der Varianzen und Mittelwerte der Normwerte  $N$  der Teilmärkte DHH und EH auf Ungleichheit

```
[1] "*****"  
[1] "Test auf Ungleichheit der Normpreise"  
[1] "*****"
```

F test to compare two variances

```
data: daten_DHH$Normpreis and daten_EH$Normpreis  
F = 11.663, num df = 3, denom df = 3, p-value = 0.07354  
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1  
95 percent confidence interval:  
 0.755393 180.061782  
sample estimates:  
ratio of variances  
 11.66265
```

Two Sample t-test

```
data: daten_DHH$Normpreis and daten_EH$Normpreis  
t = -0.20677, df = 6, p-value = 0.843  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
 -81147.85 68501.87  
sample estimates:  
mean of x mean of y  
 277038.1 283361.1
```

**Anhang P.75:** Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der korrigierten Konstanten  $\beta_0$  <sub>korrr</sub> und dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$ 

```
[1] "*****"
[1] "Abhängigkeit korr. Intercept ~ BRW-Niveau"
[1] "*****"

Call:
lm(formula = korr_Intercept ~ BRW_Niveau, data = daten)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-69787.0789037113 -28572.6083539320 -2433.9205155616  34286.0502152503  79358.8375456231

Coefficients:
            Estimate      Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 50121.240296564109  32117.212123872676  1.56057  0.14969
BRW_Niveau  -610.046000448495    84.244445877455 -7.24138 2.7867e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 47342.980103989001 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.83984003622958, Adjusted R-squared:  0.82382403985254
F-statistic: 52.437576561485 on 1 and 10 DF,  p-value: 2.786697682622e-05
```

**Anhang P.76:** Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen der korrigierten Konstanten  $\beta_0$  <sub>korrr</sub>, dem regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$  und dem regionalen Gebäudesachwertniveau  $GSW_{reg}$

```
[1] "*****"
[1] "Abhängigkeit korrr. Intercept ~ BRW-Niveau + GSW-Niveau"
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = korrr_Intercept ~ BRW_Niveau + GSW_Niveau, data = daten)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-66630.3426310181	-29046.2163201605	-3045.1057406807	34166.1530751308	81827.5666290321

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.1895054531280e+04	5.7863742429377e+04	0.72403	0.48744
BRW_Niveau	-6.1132940844519e+02	8.8952823316903e+01	-6.87251	7.2873e-05 ***
GSW_Niveau	5.3309892562753e-02	3.0437561876139e-01	0.17515	0.86484

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.100000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 49819.052823258004 on 9 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.84038407468904, Adjusted R-squared: 0.80491386906438

F-statistic: 23.692675581921 on 2 and 9 DF, p-value: 0.00025932416583638

**Anhang P.77:** Modellierung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem Faktor  $b_{FL}$  im Modell  $\hat{\beta}_{FL \text{ korr}} = b_{FL} \cdot FL$  und dem jeweiligen regionalen Bodenwertniveau  $BW_{reg}$

```
[1] "*****"  
[1] "Abhängigkeit Steigung g_korr(FL) ~ BRW-Niveau"  
[1] "*****"
```

Call:

```
lm(formula = Steigung ~ BRW_Niveau, data = daten_trim)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-44.259748714193	-30.423410324164	-16.718854949632	24.923350945906	93.311993528877

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-52.635179701148481	33.158667580475893	-1.58737	0.15109
BRW_Niveau	0.657891526686428	0.090242719034551	7.29024	8.4683e-05 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05000000000000003 '.' 0.1000000000000001 ' ' 1

Residual standard error: 47.261000247195 on 8 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.86916917989836, Adjusted R-squared: 0.85281532738566

F-statistic: 53.147671426238 on 1 and 8 DF, p-value: 8.4683029845017e-05

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

---

Name: Reinhard Walter Mundt  
Geburtstag: 7. Dezember 1971  
Geburtsort: Heessen (jetzt Hamm)

## Berufliche Praxis

---

seit 2019 **Oberer Gutachterausschuss für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen**  
Stellvertretender Vorsitzender

seit 2018 **Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen**  
Leitung des Referates Geodatenservice

seit 2015 **Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen**  
Leitung der Geschäftsstelle des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte im Freistaat Sachsen

2013 – 2015 **Bezirksregierung Düsseldorf – Dezernat 31**  
Mitarbeit in der Geschäftsstelle des Oberen Gutachterausschusses für Grundstückswerte im Land Nordrhein-Westfalen

2012 – 2012 **Stadt Ratingen – Amt für Personalwesen, Informationstechnologie und Organisation**  
Mitarbeit im Sachgebiet Geodatenservice

2009 – 2012 **Stadt Ratingen – Amt für Stadtplanung, Vermessung und Bauordnung**  
Leitung der Geschäftsstelle des Gutachterausschusses für Grundstückswerte in der Stadt Ratingen

2003 – 2009 **Stadt Hamm – Vermessungs- und Katasteramt**  
Mitarbeit in der Abteilung Bewertung (2004 – 2009),  
Mitarbeit in der Abteilung Kataster (2003 – 2004)

## **Bildungsweg**

---

<b>Sprengnetter Akademie</b>	Ausbildung Markt- und Beleihungswertermittlung, Abschluss: Sachverständiger für Immobilienbewertung (Sprengnetter Akademie)
<b>Bezirksregierung Arnsberg</b>	Referendariat für den höheren vermessungstechnischen Verwaltungsdienst, Abschluss: Vermessungsassessor
<b>Universität Hannover</b>	Studium der Geodäsie, Abschluss: Diplom-Ingenieur

# Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Leibniz Universität Hannover

(Eine vollständige Liste der Wiss. Arb. ist beim Geodätischen Institut, Nienburger Str. 1, 30167 Hannover erhältlich.)

- Nr. 345 ZHANG, Yin: Expected Utilities for Decision Making and Steering of Measurement Processes (Diss. 2018)
- Nr. 346 SCHLICHTING, Alexander: Fahrzeuglokalisierung durch Automotive Laserscanner unter Verwendung statischer Merkmale (Diss. 2018)
- Nr. 347 RÖTH, Oliver: Extraktion von hochgenauer Fahrspurgeometrie und -topologie auf der Basis von Fahrzeugtrajektorien und Umgebungsinformationen (Diss. 2018)
- Nr. 348 NEELMEIJER, Julia: Observing Inter- and Intra-Annual Glacier Changes and Lake Loading Effects from Synthetic Aperture Radar Remote Sensing (Diss. 2018)
- Nr. 349 HOBERG, Thorsten: Conditional Random Fields zur Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unterschiedlicher Auflösung (Diss. 2018)
- Nr. 350 SCHILLING, Manuel: Kombination von klassischen Gravimetern mit Quantensensoren (Diss. 2019)
- Nr. 351 MILLER, Dominik: Seismic noise analysis and isolation concepts for the ALPS II experiment at DESY (Diss. 2019)
- Nr. 352 ALI, Bashar: Optimierte Verteilung von Standorten der Schulen unter dem Einfluss des demografischen Wandels am Beispiel Grundschulen (Diss. 2019)
- Nr. 353 ZHAO, Xin: Terrestrial Laser Scanning Data Analysis for Deformation Monitoring (Diss. 2019)
- Nr. 354 HAGHIGHI, Mahmud Haghshenas: Local and Large Scale InSAR Measurement of Ground Surface Deformation (Diss. 2019)
- Nr. 355 BUREICK, Johannes: Robuste Approximation von Laserscan-Profilen mit B-Spline-Kurven (Diss. 2020)
- Nr. 356 BLOTT, Gregor: Multi-View Person Re-Identification (Diss. 2020)
- Nr. 357 MAAS, Alina Elisabeth: Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unter Verwendung fehlerbehafteter topographischer Daten (Diss. 2020)
- Nr. 358 NGUYEN, Uyen: 3D Pedestrian Tracking Using Neighbourhood Constraints (Diss. 2020)
- Nr. 359 KIELER, Birgit: Schema-Matching in räumlichen Datensätzen durch Zuordnung von Objektinstanzen (Diss. 2020)
- Nr. 360 PAUL, Andreas: Domänenadaption zur Klassifikation von Luftbildern (Diss. 2020)
- Nr. 361 UNGER, Jakob: Integrated Estimation of UAV Image Orientation with a Generalised Building Model (Diss. 2020)
- Nr. 362 COENEN, Max: Probabilistic Pose Estimation and 3D Reconstruction of Vehicles from Stereo Images (Diss. 2020)
- Nr. 363 GARCIA FERNANDEZ, Nicolas: Simulation Framework for Collaborative Navigation: Development - Analysis - Optimization (Diss. 2020)
- Nr. 364 VOGEL, Sören: Kalman Filtering with State Constraints Applied to Multi-sensor Systems and Georeferencing (Diss. 2020)
- Nr. 365 BOSTELMANN, Jonas: Systematische Bündelausgleichung großer photogrammetrischer Blöcke einer Zeilenkamera am Beispiel der HRSC-Daten (Diss. 2020)
- Nr. 366 OMIDALIZARANDI, Mohammad: Robust Deformation Monitoring of Bridge Structures Using MEMS Accelerometers and Image-Assisted Total Stations (Diss. 2020)
- Nr. 367 ALKHATIB, Hamza: Fortgeschrittene Methoden und Algorithmen für die computergestützte geodätische Datenanalyse (Habil. 2020)
- Nr. 368 DARUGNA, Francesco: Improving Smartphone-Based GNSS Positioning Using State Space Augmentation Techniques (Diss. 2021)
- Nr. 369 CHEN, Lin: Deep learning for feature based image matching (Diss. 2021)
- Nr. 370 DBOUK, Hani: Alternative Integrity Measures Based on Interval Analysis and Set Theory (Diss. 2021)
- Nr. 371 CHENG, Hao: Deep Learning of User Behavior in Shared Spaces (Diss. 2021)
- Nr. 372 MUNDT Reinhard Walter: Schätzung von Boden- und Gebäudewertanteilen aus Kaufpreisen bebauter Grundstücke (Diss. 2021)

Die Arbeiten werden im Rahmen des wissenschaftlichen Schriftenaustausches verteilt und sind nicht im Buchhandel erhältlich. Der Erwerb ist zu einem Stückpreis von € 25,00 bei den herausgebenden Instituten möglich.



