

Dietmar Weigt

Auswirkungen von Flughäfen
insbesondere von Fluglärm auf den
Immobilienmarkt am Beispiel des
Marktsegments „individuelles Wohnen“

Dietmar Weigt

Auswirkungen von Flughäfen
insbesondere von Fluglärm auf den
Immobilienmarkt am Beispiel des
Marktsegments „individuelles Wohnen“

Diese Arbeit wurde am 8. Juli 2010 als Dissertation zur Erlangung des Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn vorgelegt.

Referent: Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Klaus Borchard

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Oktober 2010

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn <http://hss.ulb.uni-bonn.de/fakultaet/landw> elektronisch und mit allen farbigen Abbildungen publiziert.

Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie und Geoinformation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Förstner
Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter
Prof. Dr.-Ing. Heiner Kuhlmann
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kusche
Prof. Dr. Lutz Plümer
Prof. Dr.-techn. Wolf-Dieter Schuh

Die Aufnahme dieser Arbeit in die Schriftenreihe wurde von den Herausgebern der Reihe einstimmig beschlossen.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Abdruck auch auszugsweise nur mit Quellenangabe gestattet. Alle Rechte vorbehalten.

**Auswirkungen von Flughäfen insbesondere von
Fluglärm auf den Immobilienmarkt am Beispiel
des Marktsegments „individuelles Wohnen“**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 8. Juli 2010

von Verm.-Ass. Dipl.-Ing. Dietmar Weigt

aus Hagen

Referent: Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Klaus Borchard

Tag der mündlichen Prüfung: 12. Oktober 2010

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulserver der ULB Bonn
http://hss.ulb.unibonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Erscheinungsjahr: 2010

Auswirkungen von Flughäfen insbesondere von Fluglärm auf den Immobilienmarkt am Beispiel des Marktsegments „individuelles Wohnen“

- Zusammenfassung -

Mit der in den letzten Jahren deutlich angestiegenen Zahl von Flugbewegungen und der engen räumlichen Verzahnung zwischen Flughafenstandorten und Siedlungsflächen werden die Diskussionen über negative Auswirkungen von Flughäfen kontrovers geführt. In diesem Zusammenhang ist die Frage der Veränderung des ökonomischen Wertes der Immobilien für die Anwohner von immer größerer Relevanz, so dass sie in der gesellschaftlichen Diskussion an Bedeutung gewinnt.

Vor diesem Hintergrund hat die vorliegende Arbeit das Ziel zu untersuchen, inwiefern ein Flughafen die ökonomischen Werte von Immobilien in seiner Umgebung beeinflusst. Im Fokus steht dabei der Einfluss des Fluglärms auf den Immobilienwert von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) im Umfeld eines Flughafens. Diese Fragestellung kann aufgrund zweier Fallstudien (Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen) differenziert beantwortet werden.

In der vorliegenden Untersuchung wird zunächst ein Modell entwickelt, mit dessen Hilfe der Einfluss des Fluglärms auf den Wert von Immobilien isoliert erfasst und quantifiziert werden kann. Statistische Auswertungen zur Erfassung des Einflusses von Fluglärm auf die ökonomischen Werte von Immobilien werden jeweils mit Bodenrichtwerten sowie mit Kaufpreisen unbebauter und bebauter Grundstücke durchgeführt.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass neben Einflussgrößen wie z.B. der Verkehrslage und der Erreichbarkeit sozialer Einrichtungen (Schule, Kindergarten) auch der Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Immobilienwerte von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) haben kann. Mit Hilfe des entwickelten Modells kann die Einflussgröße Fluglärm bei den durchgeführten Kaufpreisanalysen isoliert betrachtet und somit die Größenordnung der durch diese Einflussgröße bewirkten Wertminderung quantifiziert werden.

Die Ergebnisse der Bodenrichtwertanalysen zeigen, dass mit Hilfe von Bodenrichtwerten in den jeweiligen Untersuchungsgebieten kein Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ festgestellt werden kann.

Mit Hilfe der Kaufpreisanalysen für unbebaute Grundstücke kann an beiden Flughafenstandorten kein bzw. kein quantifizierbarer Einfluss des Fluglärms festgestellt werden. Die Ergebnisse der Kaufpreisanalysen bebauter Grundstücke zeigen dagegen, dass bei dem Einfluss des Fluglärms auf den ökonomischen Wert der Immobilien von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ zum einen zwischen Ballungsräumen wie Düsseldorf und Solitärstädten wie Hannover sowie zwischen Immobilien des hohen und niedrigen Preissegmentes differenziert werden muss.

Impact of Airports - especially Aircraft Noise - on the Real Estate Market using the Example of the Market Segment "individual living"

- Summary -

Over the past years the number of air traffic movements increased significantly. Considering this development and the close geographical connection between airport locations and residential areas the negative impact of airports are discussed controversial. In this context, the matter of change of economical value of real estate is of increasing relevance for the residents and thus gaining importance in social discussion.

This study analyses, to what extent an airport has influence on the economic real estate value in its vicinity, having the discussed background in mind. The focus is put on the effects of aircraft noise on the real estate value of objects in an airport's proximity from the market segment "individual living" (single-family houses). By means of two case studies (Düsseldorf-International and Hannover-Langenhagen) a distinctive answer to this issue can be made.

First of all a model is presented which was developed to record, quantify and isolate the effects of the factor aircraft noise on real estate values. Statistical evaluations to manifest the effects of aircraft noise on the economical values of real estate are conducted by utilizing standardised land values as well as purchasing prices of raw building land and of building land.

Besides influencing factors as e.g. location and accessibility of social institutions (school, kindergarten), aircraft noise can have significant effects on the value of real estate objects from the market segment "individual living" (single-family houses). By the help of the developed model, the factor aircraft noise can be studied distinctively within the purchasing price analyses, and thus the amount of decrease in value caused by the factor aircraft noise can be quantified.

The results of the standardised land value analyses reveal, that by means of standardised land values an effect of aircraft noise on the value of real estate objects of the market segment "individual living" (single-family houses) cannot be manifested within the evaluated areas.

By means of analysing the purchasing prices of raw building land, no or a not quantifiable effect of aircraft noise can be ascertained at either airport location. Contrary to that, the results of the analyses of purchasing prices of building land reveal, that concerning the effect of aircraft noise on the economical value of real estate objects of the market segment "individual living" (single-family houses) it must be distinguished between conurbations as Düsseldorf and solitaire towns as Hannover on the one hand and real estate of the high and the low price segments on the other hand.

Inhaltsverzeichnis:

I.	EINLEITUNG.....	1
1.	Motivation	1
2.	Stand der Forschung	3
3.	Methodik und Zielsetzung der Arbeit	3
II.	AUSWERTUNG DER BISHERIGEN STUDIEN	6
1.	Auswertung der allgemeinen Literatur.....	6
2.	Auswertung der Studien	12
2.1	Studien aus Deutschland.....	12
2.2	Studien aus Europa (außerhalb Deutschlands)	19
2.3	Studien aus Nordamerika.....	21
3.	Zusammenfassung	23
III.	MODELLBILDUNG	26
1.	Entwicklung eines Modells	26
1.1	Zu erhebende Einflussgrößen	26
1.1.1	Lage.....	28
1.1.1.1	Verkehrslage.....	29
1.1.1.2	Immissionsbelastung	35
1.1.1.3	Bebauung	42
1.1.1.4	Durchgrünung.....	43
1.1.1.5	Bevölkerungsstruktur.....	44
1.1.2	Nutzbarkeit	44
1.1.3	Beschaffenheit	45
1.2	Festlegung der Untersuchungsgebiete	45
1.3	Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser).....	45
1.4	Kaufpreise	46
1.5	Modellbeschreibung.....	50
2.	Mathematisch-statistische Modelle.....	55

2.1	Clusteranalyse.....	55
2.1.1	Bestimmung der Ähnlichkeit.....	56
2.1.2	Auswahl des Fusionierungsalgorithmus.....	58
2.1.3	Bestimmung der Clusterzahl.....	60
2.2	Regressionsanalyse	62
2.2.1	Qualitätsbeurteilung der Regression	65
2.2.2	Test der Regressionsparameter.....	69
IV.	ANWENDUNG DES MODELLS AN AUSGEWÄHLTEN FLUGHAFENSTANDORTEN	71
1.	Fallstudie Flughafen Düsseldorf-International	71
1.1	Der Flughafen Düsseldorf-International.....	71
1.1.1	Allgemeines	71
1.1.2	Flugrouten	73
1.1.3	Starts/Landungen.....	75
1.1.4	Lärmschutzbereiche.....	77
1.2	Festlegung des Untersuchungsgebietes	77
1.3	Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser).....	79
1.4	Erfassung der Einflussgrößen	79
1.4.1	Verkehrslage.....	79
1.4.2	Immissionsbelastung	81
1.4.3	Bebauung	85
1.4.4	Durchgrünung.....	85
1.4.5	Bevölkerungsstruktur.....	86
1.5	Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser).....	88
1.5.1	Bodenrichtwertanalyse.....	89
1.5.1.1	statistische Voruntersuchungen.....	89
1.5.1.2	Bestimmung des Gesamtmodells	91
1.5.2	Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 € ...	94
1.5.2.1	statistische Voruntersuchungen.....	94
1.5.2.2	Bestimmung des Gesamtmodells	96
1.5.3	Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 € ...	97

1.5.3.1	statistische Voruntersuchungen.....	97
1.5.3.2	Bestimmung des Gesamtmodells.....	99
1.5.4	Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €.....	101
1.5.4.1	statistische Voruntersuchungen.....	101
1.5.4.2	Bestimmung des Gesamtmodells.....	103
1.5.5	Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €.....	105
1.5.5.1	statistische Voruntersuchungen.....	105
1.5.5.2	Bestimmung des Gesamtmodells.....	107
1.5.5.3	Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells.....	109
1.5.5.4	Modellvalidierung.....	110
1.6	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	112
2.	Fallstudie Flughafen Hannover-Langenhagen.....	114
2.1	Der Flughafen Hannover-Langenhagen.....	114
2.1.1	Allgemeines.....	114
2.1.2	Flugrouten.....	116
2.1.3	Starts/Landungen.....	118
2.1.4	Lärmschutzbereiche.....	118
2.2	Festlegung des Untersuchungsgebietes.....	119
2.3	Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)	120
2.4	Erfassung der Einflussgrößen.....	121
2.4.1	Verkehrslage.....	121
2.4.2	Immissionsbelastung.....	122
2.4.3	Bebauung.....	126
2.4.4	Durchgrünung.....	126
2.4.5	Bevölkerungsstruktur.....	127
2.5	Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser).....	128
2.5.1	Bodenrichtwertanalyse.....	128
2.5.1.1	statistische Voruntersuchungen.....	129
2.5.1.2	Bestimmung des Gesamtmodells.....	131
2.5.2	Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €...	132
2.5.2.1	statistische Voruntersuchungen.....	132

2.5.2.2	Bestimmung des Gesamtmodells	134
2.5.3	Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €... 135	
2.5.3.1	statistische Voruntersuchungen.....	135
2.5.3.2	Bestimmung des Gesamtmodells	137
2.5.3.3	Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells	139
2.5.3.4	Modellvalidierung	140
2.5.4	Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €.....	142
2.5.4.1	statistische Voruntersuchungen.....	142
2.5.4.2	Bestimmung des Gesamtmodells	144
2.5.4.3	Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells	146
2.5.4.4	Modellvalidierung	147
2.5.5	Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €.....	149
2.5.5.1	statistische Voruntersuchungen.....	149
2.5.5.2	Bestimmung des Gesamtmodells	152
2.5.5.3	Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells	154
2.5.5.4	Modellvalidierung	155
2.6	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	157
V.	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	159
	LITERATURVERZEICHNIS.....	163
	ANHANG	169

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Startendes Flugzeug.....	2
Abbildung 2:	Überlagerungen verschiedener Einflüsse auf den Wert einer Immobilie	4
Abbildung 3:	Indizierte Preisentwicklung auf dem Immobilienmarkt im Rhein-Main-Gebiet 1978 bis 1992.....	13
Abbildung 4:	Die angewandten Entwertungssätze je nach Lärmbelastung	21
Abbildung 5:	Überblick der Wertverlustergebnisse.....	21
Abbildung 6:	Qualitätskomponenten.....	27
Abbildung 7:	Wohnlageeinstufung am Beispiel der Stadt Stuttgart	29
Abbildung 8:	Lärmbelästigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen 2008.....	35
Abbildung 9:	Ausschnitt aus BORIS.NRW für Lank-Latum und Definition des Bodenrichtwertgrundstücks	46
Abbildung 10:	ausgewertete Einflussgrößen	50
Abbildung 11:	Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm	53
Abbildung 12:	Übersicht über die Wahl des Fusionierungsalgorithmus.....	58
Abbildung 13:	Ablaufschritte und Entscheidungsprobleme der Clusteranalyse.....	61
Abbildung 14:	Zerlegung der Gesamtstreuung	66
Abbildung 15:	Räumliche Lage des Flughafens Düsseldorf-International.....	71
Abbildung 16:	Flugerwartungsgebiet des Flughafens Düsseldorf-International	75
Abbildung 17:	Ab- und Anflugrouten am Flughafen Düsseldorf-International	76
Abbildung 18:	Tagschutzgebiete des Flughafens Düsseldorf-International	77
Abbildung 19:	Untersuchungsgebiet des Flughafen Düsseldorf-International	78
Abbildung 20:	Ausschnitt aus dem Lärmscreening für die Stadt Düsseldorf (Straßenverkehr tags).....	82
Abbildung 21:	Ausschnitt aus der Fluglärmkarte (Tag / Teilbereich der Stadt Düsseldorf).....	84
Abbildung 22:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)	89
Abbildung 23:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)	94
Abbildung 24:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)	97
Abbildung 25:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €).....	101

Abbildung 26:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €).....	105
Abbildung 27:	Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €).....	111
Abbildung 28:	räumliche Lage des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	114
Abbildung 29:	Flugerwartungsgebiet des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	117
Abbildung 30:	Flugverteilung des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	118
Abbildung 31:	Tagschutzgebiete des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	119
Abbildung 32:	Untersuchungsgebiet des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	119
Abbildung 33:	Grundlärnkarte (Tag) für den Flughafenstandort Hannover-Langenhagen.....	123
Abbildung 34:	Grundlärnkarte (Nacht) für den Flughafenstandort Hannover-Langenhagen.....	123
Abbildung 35:	Ausschnitt aus der Fluglärnkarte (Tag).....	125
Abbildung 36:	Ausschnitt aus der Fluglärnkarte (Nacht).....	125
Abbildung 37:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse).....	129
Abbildung 38:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €).....	132
Abbildung 39:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €).....	135
Abbildung 40:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €).....	142
Abbildung 41:	Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €).....	149
Abbildung 42:	Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €).....	150
Abbildung 43:	Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €).....	157

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Zuschläge nach Krumpholz	10
Tabelle 2:	Wertminderungen auf dem Gemeindegebiet von Zumikon	19
Tabelle 3:	Wertminderung nach Bell	22
Tabelle 4:	Klasseneinteilung des motorisierten Individualverkehrs der äußeren Verkehrslage.....	32
Tabelle 5:	Klasseneinteilung des ÖPNV der äußeren Verkehrslage.....	32
Tabelle 6:	Klasseneinteilung der Erreichbarkeit der Mittel- und Oberzentren	32
Tabelle 7:	Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von Kindergärten.....	34
Tabelle 8:	Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von Grundschulen	34
Tabelle 9:	Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von weiterführenden Schulen	34
Tabelle 10:	Klasseneinteilung der Erreichbarkeit der öffentlichen Verkehrsmittel.....	34
Tabelle 11:	Lärmstufen und Lautstärke	37
Tabelle 12:	Klasseneinteilung der Grundlärmbelastung.....	39
Tabelle 13:	Klasseneinteilung der Fluglärmzonen am Flughafenstandort Düsseldorf-International.....	42
Tabelle 14:	Klasseneinteilung der Fluglärmzonen am Flughafenstandort Hannover-Langenhagen.....	42
Tabelle 15:	Klasseneinteilung der jeweiligen vorherrschenden Gebietsbebauung	43
Tabelle 16:	Klasseneinteilung der Durchgrünung	44
Tabelle 17:	wünschenswerte Daten aus den Kaufpreissammlungen	48
Tabelle 18:	Arbeitsschritte der statistischen Auswertung (Kaufpreisanalyse).....	54
Tabelle 19:	Der Flughafen Düsseldorf-International	72
Tabelle 20:	Überblick über die Entwicklung des Flughafens Düsseldorf-International	73
Tabelle 21:	Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Stadt Düsseldorf	79
Tabelle 22:	Erfassung der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf	80
Tabelle 23:	Erfassung der inneren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf	81
Tabelle 24:	Erfassung des Grundlärms (Tag) für die Stadt Düsseldorf	83
Tabelle 25:	Erfassung des Fluglärms für die Stadt Düsseldorf	85
Tabelle 26:	Erfassung der Bebauung und der Durchgrünung am Beispiel der Stadt Düsseldorf	86
Tabelle 27:	Erfassung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Stadt Düsseldorf	87

Tabelle 28:	Anzahl der ausgewerteten Bodenrichtwerte und Kaufpreise (Flughafenstandort Düsseldorf-International).....	88
Tabelle 29:	Cluster der Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)	90
Tabelle 30:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Bodenrichtwertanalyse)..	91
Tabelle 31:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im ersten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse).....	92
Tabelle 32:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse).....	93
Tabelle 33:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)	95
Tabelle 34:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)	95
Tabelle 35:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)	96
Tabelle 36:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)	98
Tabelle 37:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)	99
Tabelle 38:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)	100
Tabelle 39:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)	102
Tabelle 40:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)	103
Tabelle 41:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)	104
Tabelle 42:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	106
Tabelle 43:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztest (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	107
Tabelle 44:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	108

Tabelle 45:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	109
Tabelle 46:	Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	110
Tabelle 47:	Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)	110
Tabelle 48:	Zusammenfassung der Ergebnisse des Flughafenstandortes Düsseldorf-International.....	113
Tabelle 49:	Der Flughafen Hannover-Langenhagen.....	115
Tabelle 50:	Überblick über die Entwicklung des Flughafens Hannover-Langenhagen.....	116
Tabelle 51:	Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Stadt Langenhagen	120
Tabelle 52:	Erfassung der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Langenhagen ...	121
Tabelle 53:	Erfassung der inneren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Langenhagen ...	122
Tabelle 54:	Erfassung des Grundlärms (Tag und Nacht) für die Stadt Langenhagen.....	124
Tabelle 55:	Erfassung des Fluglärms (Tag und Nacht) für die Stadt Langenhagen	126
Tabelle 56:	Erfassung der Bebauung und der Durchgrünung am Beispiel der Stadt Langenhagen.....	126
Tabelle 57:	Erfassung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Stadt Langenhagen ...	127
Tabelle 58:	Anzahl der ausgewerteten Bodenrichtwerte und Kaufpreise (Flughafenstandort Hannover-Langenhagen)	128
Tabelle 59:	Cluster der Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)	130
Tabelle 60:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Bodenrichtwertanalyse)	130
Tabelle 61:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse).....	131
Tabelle 62:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)	133
Tabelle 63:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)	133
Tabelle 64:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €).	134
Tabelle 65:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)	136

Tabelle 66:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)	137
Tabelle 67:	Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €).	138
Tabelle 68:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)	140
Tabelle 69:	Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)	141
Tabelle 70:	Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)	141
Tabelle 71:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	143
Tabelle 72:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	144
Tabelle 73:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	145
Tabelle 74:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	146
Tabelle 75:	Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	147
Tabelle 76:	Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)	148
Tabelle 77:	Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)	151
Tabelle 78:	statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztest (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)	152
Tabelle 79:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)	153
Tabelle 80:	Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)	154

Tabelle 81:	Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €)	155
Tabelle 82:	Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €)	156
Tabelle 83:	Zusammenfassung der Ergebnisse des Flughafenstandortes Hannover-Langenhagen.....	158

I. Einleitung

1. Motivation

Das Fliegen ist für breite Schichten der Bevölkerung erschwinglich geworden und trägt zur beruflichen und privaten Mobilität bei. So nutzen weltweit mehr als 3 Milliarden Menschen¹ das Transportmittel Flugzeug für Urlaubs- und Geschäftsreisen.

Mit der in den letzten Jahren deutlich angestiegenen Zahl von Flugbewegungen und der engen räumlichen Verzahnung zwischen Flughafenstandorten und Siedlungsflächen werden die Diskussionen über negative Auswirkungen von Flughäfen vermehrt geführt.² Im Vordergrund stehen dabei in der Regel umweltpolitische Aspekte.

So wurde beim Ausbau des Londoner Großflughafens Anfang der 1970iger Jahre neben den umweltpolitischen Aspekten ebenfalls über den befürchteten Verlust von Immobilienwerten diskutiert. Die Brisanz des Themas wurde bei den Demonstrationen um die Startbahn-West in Frankfurt am Main deutlich. Die Aktualität des Themas wird an den Diskussionen um den Ausbau des Berliner Großflughafens Berlin Schönefeld, den Bau einer neuen Landebahn in Frankfurt am Main sowie die geänderten Flugrouten am Flughafen Zürich-Kloten und den Ausbau des Londoner Flughafens Heathrow deutlich.

In diesen zum Teil kontrovers geführten Diskussionen geht es vor allem um die negativen Auswirkungen der Flughäfen, die zum größten Teil durch den entstehenden Fluglärm hervorgerufen werden. Neben den gesundheitlichen Folgen für Anwohner durch die erhöhte Lärmbelastigung wird auch die Veränderung des ökonomischen Wertes der Immobilien in Flughafennähe als Argument gegen einen weiteren Ausbau europäischer Flughäfen angeführt. Die Frage der Veränderung des ökonomischen Wertes der Immobilien ist für die Anwohner von immer größerer Relevanz, so dass sie in der gesellschaftlichen Diskussion an Bedeutung gewinnt.

¹ Vgl. Airports Council International: Media Release, Worldwide airport traffic flourishes in March, S. 5. Die Angabe repräsentiert allerdings nur ca. 60 % des gesamten Passagieraufkommens weltweit, da die Daten nur auf den Mitgliedsflughäfen der ACI beruhen (S. 4).

² Ein Überblick über die Vielzahl der Bürgerinitiativen befindet sich auf folgender Internetseite:
<http://www.fluglaerm.de/bvf/Links.htm>, 3.5.2010.

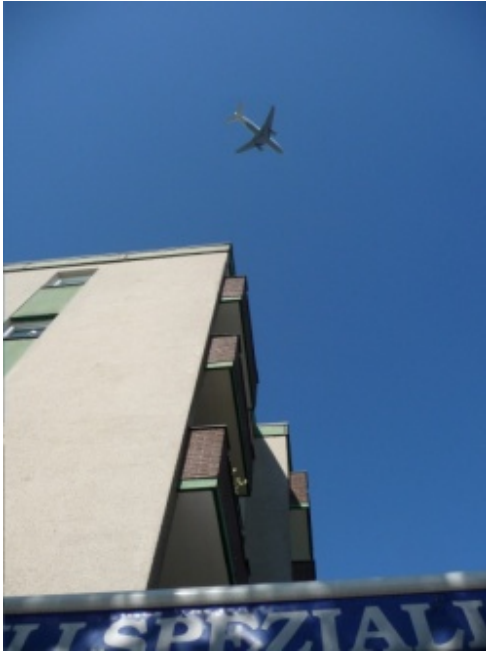


Abbildung 1: Startendes Flugzeug

Bei der Diskussion über die Entwicklungen der ökonomischen Werte von Immobilien wird oftmals unterschlagen, dass Flughafenstandorte sehr unterschiedliche Beziehungen zu den verschiedenen Immobilienmarktsegmenten in ihrem direkten Umfeld, zu den umgebenden Kommunen und zur Region, in der sie liegen, entwickeln. Flughäfen wirken sich sowohl durch negative (z.B. Lärm) als auch durch positive Einflüsse (z.B. Impulse für den Arbeitsmarkt) auf die verschiedenen Immobilienmarktsegmente aus, wobei sich beide Einflüsse im Hinblick auf ihren Werteeinfluss auch überlagern können. Denkbar ist, dass Wohnstandorte, die aufgrund des Fluglärms gegenüber Wohnstandorten, die diesen in den Lage- und den anderen Wertfaktoren vergleichbar sind, aber keiner Fluglärmbelastung ausgesetzt sind, Verwertungs- bzw. Vermarktungsnachteile haben. Diese Nachteile können jedoch durch den Lagevorteil „Flughafennähe“ kompensiert werden.

Die Einflüsse wirken sich in räumlicher Hinsicht unterschiedlich auf den Immobilienmarkt aus. Die Ausstrahlungen der positiven Einflüsse eines Flughafens reichen oftmals weiter als die der negativen Einflüsse. Die Umgebung kann auf unterschiedliche Weise und Intensität von einem Flughafen profitieren. So besteht beispielsweise durchaus eine hohe Attraktivität für international bzw. überregional agierende Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe vor allem aufgrund der in der Regel sehr guten Verkehrslage. Mit einer Vielzahl von privaten und öffentlichen Arbeitsstätten sind Flughäfen selbst beachtliche Wirtschaftsbetriebe, die über quantifizierbare Beschäftigungs- und Einkommenseffekte in die Flughafenregionen hineinwirken.³ Diese Einflüsse wurden bisher noch nicht genauer untersucht, insbesondere nicht quantifiziert.

³ Vgl. Hübl, Lothar, Wegener, Bernd: Qualitative und quantitative wirtschaftliche Effekte von Flughäfen auf ihr Umland – Beispiel Hannover-Langenhagen; in NEUES ARCHIV 2/95, S. 55ff.

Auch die negativen Auswirkungen eines Flughafens zeigen sich in unterschiedlichem Ausmaß; sie lassen sich zumeist auf Belastungen durch den Flughafenbetrieb zurückführen. Die Belastungen werden dabei zu einem großen Teil durch den nicht unerheblichen Lärm startender und landender Flugzeuge hervorgerufen. Diese Belastungen im Umfeld eines Flughafens können bei Wohnimmobilien beispielsweise durch Änderung der Qualität (z.B. Verschlechterung der Wohnlage) und Änderung der Konjunktur (z.B. sinkende Nachfrage) deren Wert nachhaltig beeinflussen.

2. Stand der Forschung

Verschiedene Autoren haben sich mit den Auswirkungen von Lärm und Fluglärm auf Immobilienwerte auseinandergesetzt. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Stand der Forschung erfolgt in Kapitel II. Im Bereich des Verkehrslärms sind vor allem die Arbeiten von Borjans und Scholland positiv hervorzuheben.

Die meisten der bisher in Deutschland durchgeführten Studien und Untersuchungen zum Thema Flughäfen und Immobilienwerte (z.B. Kampe; Kühling; Uherek; Thiessen & Schnorr; Dransfeld & Meyer) basieren nicht auf originären Marktdaten (Kaufpreise unbebauter und bebauter Grundstücke), sondern nur auf abgeleiteten Marktdaten wie Bodenrichtwerten und/oder Maklerbefragungen.

Die Auswertung der vorhandenen Studien zum Thema Flughafen und Immobilienwerte macht deutlich, dass noch keine aus originären Marktdaten abgeleiteten Ergebnisse vorliegen, die eine in der Praxis belastbare Aussage bezüglich der Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm auf den Wert von Immobilien zulässt.

Vor diesem Hintergrund ist insofern eine genauere Betrachtung und Analyse der Auswirkungen von Flughäfen auf den Wert von Immobilien von großem Interesse. Dabei ist aus methodischen Gründen und aus Gründen des Marktbezuges die Analyse originärer Marktdaten (Kaufpreise) zu fordern. Diesem Ansatz wird im Rahmen dieser Arbeit durch die Analyse von Kaufpreisen Rechnung getragen.

3. Methodik und Zielsetzung der Arbeit

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Einflüsse eines Flughafens auf die Immobilienwerte des Marktsegments individuelles Wohnen (Einfamilienhäuser) im Umfeld des Flughafens am Beispiel der Einflussgröße Fluglärm analysiert werden. Die Einschränkung auf das Marktsegment „individuelles Wohnen“ ergibt sich zum einen daher, dass dies das größte Marktsegment ist und insofern eine große Anzahl von Kaufpreisen (wichtige Voraussetzung für die statistischen Analysen) und zum anderen sehr differenzierte Daten vorliegen. Weiterhin wird vermutet, dass sich ein möglicher Einfluss der Einflussgröße Fluglärm im Bereich des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ am ehesten feststellen lässt.

Zunächst erfolgt in Kapitel II eine systematische Auswertung der bisher zu diesem Thema vorhandenen Studien.

In Kapitel III wird die Entwicklung eines Modells zur Ermittlung der Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm vorgestellt. In diesem Zusammenhang geht diese Studie auf die wesentlichen mathematisch-statistischen Grundlagen ein.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind mit Unsicherheiten belastet, die sich u.a. durch die Überlagerung verschiedener Einflüsse ergeben. Neben der möglichen Überlagerung positiver und negativer Einflüsse, die sich durch einen Flughafen ergeben, können sich auch weitere Einflüsse überlagern, z.B. der Lärm eines Gewerbebetriebes in der Nachbarschaft oder durch eine Eisenbahnlinie, und eine isolierte Auswertung der Auswirkungen Fluglärms auf die Immobilienwerte des Marktsegments individuelles Wohnen (Einfamilienhäuser) erschweren. Die folgende Abbildung veranschaulicht diese Problematik:

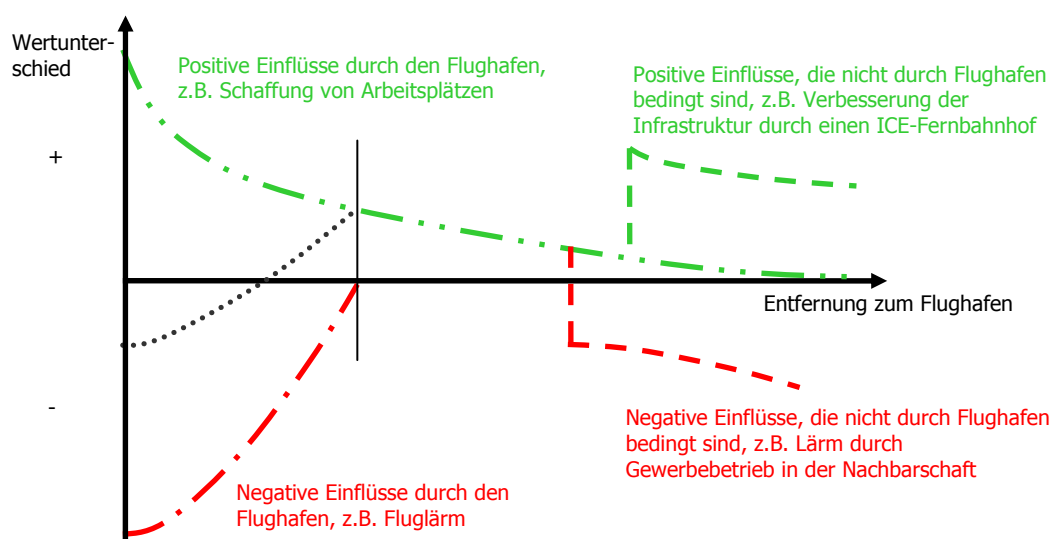


Abbildung 2: Überlagerungen verschiedener Einflüsse auf den Wert einer Immobilie⁴

Da sich die verschiedenen Einflüsse jedoch nicht isoliert betrachten lassen, ist eine ganzheitliche Analyse durchzuführen und die Signifikanz einzelner Einflussgrößen und die Größenordnung des Einflusses dieser Einflussgrößen zu diskutieren. Dazu wird ein Modell entwickelt, das die Wertentwicklungen hinsichtlich potenziell negativer und positiver Einflüsse von Flughäfen, insbesondere von Fluglärm, auf die Entwicklung der Immobilienwerte quantifiziert und im Hinblick auf ihre Bedeutung in Relation zueinander erfasst.

Anschließend wird in Kapitel IV das aufgestellte Modell an den Fallstudien Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen angewendet. Die Untersuchung beschränkt sich exemplarisch auf die beiden Flughafenstandorte Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen, da die zu untersuchenden Flughafenstandorte über eine Größenordnung und

⁴ Eigene Darstellung in Anlehnung an De Vany, A. S.: An Economic Model of Airport Noise Pollution in an Urban Environment, in: Lin, St.A.Y. (Hrsg.): Theory and Measurement of Economic Externalities, New York Academic Press, 1976, S. 210; aus: Borjans, R.: Immobilienpreise als Indikatoren der Umweltbelastung durch städtischen Kraftverkehr, Düsseldorf, 1983, S. 81.

Lage im Siedlungsgefüge verfügen, die eine Belastung bzw. eine Belebung für die umliegenden Wohnstandorte vermuten lässt. Zudem verfügen die zuständigen Gutachterausschüsse für die umliegenden Gemeinden über umfangreiche Kaufpreissammlungen, aus denen die originären Marktdaten (Kaufpreise) für die durchzuführenden statistischen Analysen entnommen werden können.

Abschließend erfolgt in Kapitel V eine Ergebnisdiskussion und Empfehlungen zum Umgang mit den Ergebnissen der empirischen Arbeit.

II. Auswertung der bisherigen Studien

Im Folgenden wird ein Überblick über die Literatur zum Einfluss von Immissionen auf den Wert von Immobilien gegeben. Dabei wird insbesondere die Auswirkungen von Lärm und Fluglärm auf den Wert von Immobilien betrachtet. Weiterhin werden die bisherigen Studien zum Thema Fluglärm und Immobilienwerte vorgestellt.

1. Auswertung der allgemeinen Literatur

Bähr und Ollefs⁵ gehen davon aus, dass sich Straßenverkehrslärm wertmindernd auf Wohnimmobilien auswirkt. Sie beziehen sich auf die Ausführungen von Scholland und ermitteln bei einem Villengrundstück einen lärmbedingten Abschlag vom Bodenwert von 27 % und bringen zusätzlich noch einen Sicherheitsabschlag von der ermittelten Wertminderung von 5-10 % in Ansatz.

Borjans⁶ stellt in ihrer Untersuchung zur Ermittlung der Kosten der Umweltbelastungen durch städtischen Verkehr fest, dass sich Verkehrslärm wertmindernd auf Wohnimmobilien auswirkt. Sie hat in der Untersuchung neben einer Befragung sachverständiger Makler zu Erfahrungswerten bezüglich des Lärmeinflusses auf die Preise von Wohnimmobilien auch eine Mieterbefragung zur Erfassung des Lärmeinflusses auf die Miethöhe sowie eine Auswertung der Kaufpreissammlung des Gutachterausschusses für Grundstückswerte in der Stadt Köln mit Hilfe einer Cluster- und Regressionsanalyse durchgeführt.

Der wertmindernde Einfluss des Lärms auf die Immobilienpreise führt zu einer Verschlechterung der Standortqualität. Bei bebauten Grundstücken wirkt sich dies auf den gesamten Kaufpreis aus.

Borjans stellt in ihrer Untersuchung einen linearen Werteinfluss fest, der je nach Art der Wohnimmobilie differiert, wobei sie zwischen freistehenden Einfamilienhäusern, Reihenhäusern, Eigentumswohnungen und Mietwohnungsbau unterscheidet. Bei selbstgenutztem Wohneigentum sind höhere Wertverluste zu verzeichnen als bei Mietwohnungen. Hier zeigt die Lärmbelastung nur sehr geringe Auswirkungen auf die Miethöhe, die z.T. auch durch positive Effekte wie z.B. eine günstige Verkehrslage aufgehoben werden können. Borjans stellt die Vermutung auf, dass der Wert einer Immobilie die Höhe der prozentualen Wertminderung beeinflusst. Hochpreisige Immobilien reagieren empfindlicher auf Verkehrslärm und sind stärker von Wertminderungen betroffen.

Für Einfamilienhäuser gibt Borjans die lärmbedingte Wertminderung in einem Bereich von 0,2 - 1 % pro Dezibel an. Ohne Differenzierung nach Gebäudetypen liegt die Wertminderung

⁵ Vgl. Bähr, O.; Ollefs, F.: Minderung des Verkehrswertes für ein Villengrundstück durch Autobahnlärm, in: GuG 1/92, S. 9 ff.

⁶ Vgl. Borjans, R.: Immobilienpreise als Indikatoren der Umweltbelastung durch städtischen Kraftverkehr, Düsseldorf, 1983.

für den Gesamtwert der Immobilie im Bereich von 0,5 % pro Dezibel. Für den Bodenwert ergibt sich eine drei- bis vierfache Wertminderung.

Borowski⁷ hat den Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert und auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen in Dresden untersucht. Sie leitet die Bodenwertminderung aus Bodenrichtwerten, die lärmbelastet bzw. lärmunbelastet sind, ab. Borowski gibt folgende Wertminderungen für einfache – mittlere Wohnlagen in Abhängigkeit der Verkehrslärmbelastung an:

- > 45 - 50 dB(A) 0 %,
- 50 - 55 dB(A) 2 %,
- 55 - 60 dB(A) 2,75 %,
- 60 - 65 dB(A) 4 %,
- 65 - 70 dB(A) 5,5 %,
- 70 - 75 dB(A) 7,5 % und
- 75 - 80 dB(A) 10 %.

Für gute und sehr gute Wohnlagen sind diese Abschläge zu erhöhen.

Der Einfluss von Verkehrslärm auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen wurde mit Hilfe von Kaufpreisen bei Neubauten in mittleren Wohnlagen (11 Kaufpreise unbelastet, 64 Kaufpreise belastet) zu rund - 6,7 % ermittelt. Für sanierte Altbauten (45 Kaufpreise belastet, 300 Kaufpreise unbelastet) ergab sich eine Wertminderung in Höhe von rund 6,6 %.

In dem Beitrag „Fluglärm – Einfluss auf die Wertermittlung von Grundstücken“ fassen **Dransfeld und Meyer**⁸ die Ergebnisse ihrer Untersuchungen an den Flughafenstandorten Schönefeld und Dortmund zusammen. Auf der Grundlage von Bodenrichtwerten wird für den Flughafenstandort Schönefeld für einige Orte eine so genannte „Sonderentwicklung“⁹ festgestellt, die zwischen 10 und 20 % liegt. Für den Standort Dortmund wird ein funktionaler Zusammenhang zwischen Fluglärm und Bodenwerten in Höhe von 1,65 % Wertminderung des Bodens je Dezibel A-bewerteten Fluglärms über 50 dB(A) angegeben, der aus Bodenrichtwerten abgeleitet wurde. Nach Aussage der Autoren kann dieses Ergebnis auch an anderen Flughafenstandorten zur Orientierung dienen.

⁷ Vgl. Borowski, A.-K.: Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert und auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen, in: Der Sachverständige, März 2003, S. 55 ff..

⁸ Vgl. Dransfeld, E. und Meyer, B.: Fluglärm Einfluss auf die Wertermittlung von Grundstücken, in: Der Immobilienbewerter, 3/2008, S. 18-26.

⁹ Von einer Sonderentwicklung sprechen die Autoren dann, wenn die Preisentwicklung von Wohnimmobilien allein durch tatsächlichen oder befürchteten Fluglärm (abweichend) beeinflusst ist.

Gablentz¹⁰ setzt sich sehr umfassend mit Immissionen auseinander, allerdings finden sich keine Angaben zur Größenordnung der Wertminderung durch Fluglärm. Gablentz weist darauf hin, dass es keine einheitlichen Bewertungsverfahren für die Minderung des Verkehrswertes eines Grundstücks gibt, das sich in einem Lärmschutzbereich befindet. Es ist im Einzelfall eine Anpassung an den Markt vorzunehmen, bei der folgende Aspekte zu berücksichtigen sind:

- In welcher Lärmschutzzone befindet sich das zu bewertende Objekt?
- Sofern ein Ertrag erzielt wird: Wie hoch, in Bezug auf Vergleichsobjekte, ist die Ertragsminderung aufgrund des Geräuschimmissionseinflusses?
- Bestehen dinglich begründete Rechte oder Belastungen von Seiten des Flughafensbetreibers, die den zu ermittelnden Wert reduzieren können?

Gerardy¹¹ sieht Lärm grundsätzlich als einen wertmindernden Einfluss auf Wohngrundstücke an. Grundlage für die Höhe der Wertminderung durch die Belastungen ist die Beurteilung durch den Markt. Es spielen somit subjektive Empfindungen eine Rolle. Die lärmbedingte Wertminderung von Immobilien der gehobenen Preisklassen sind nach Gerardy höher einzuschätzen.

Gerardy weist darauf hin, dass zum Teil erhebliche Immissionen in Kauf genommen werden, um andere Vorteile wie beispielsweise die Nähe zum Arbeitsplatz zu nutzen. Dabei werden Immissionen unterschiedlich beurteilt. So können beispielsweise Immissionen, die einigen als unerträglich angesehen werden, von Alteingesessenen gar nicht mehr wahrgenommen werden. Gerardy schätzt, dass sich eine mögliche Wertminderung auf einen Rahmen zwischen 10 und 30 % beschränken dürfte. Die Wertminderung ist je nach Intensität der Lärmbelastung abzustufen. So kann z.B. ein Abschlag auch in einer Entfernung von 5 km im An- und Abflugsektor eines Flughafens angemessen sein.

In **Gerardy, Möckel und Troff**¹² wird auf die Untersuchungen von Krumbholz zur Ermittlung von Wertminderungen durch Verkehrslärm verwiesen. Weiterhin verweisen Gerardy, Möckel und Troff bezüglich der Auswertung eines Zusammenhangs zwischen Bodenpreis und Verkehrslärm auf die Untersuchungen von Scholland.

¹⁰ Vgl. Gablentz, K.: Rechte und Belastungen in der Grundstücksbewertung – Systematische Erfassung wesentlicher wertbeeinflussender Faktoren, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Rudolf Müller Verlag Köln, 2008, S. 271ff..

¹¹ Vgl. Gerardy, T.: Praxis der Grundstücksbewertung, 3. Auflage, München, 1980, S. 321 ff..

¹² Vgl. Gerardy, T.; Möckel, R. und Troff, H.: Praxis der Grundstücksbewertung, Loseblattsammlung, Stand: 14. Nachlieferung 6/1994, 7.4.2/14 ff.

Nach **Joeris und Simon, J.**¹³ hat Fluglärm einen wertmindernden Einfluss. Die Lage eines Grundstücks innerhalb eines festgelegten Lärmschutzbereiches kann wegen der hohen Lärmbelastung grundsätzlich als wertmindernd angesehen werden. Im allgemeinen können nach Joeris und Simon, J. folgende Abschläge als angemessen angesehen werden:

- bei Flugplätzen ohne An- und Abflug von Flugzeugen mit Strahltriebwerken
 - in der Schutzzone I bis 5 %
 - in der Schutzzone II bis 3 %
- bei Flugplätzen mit An- und Abflug von Flugzeugen mit Strahltriebwerken
 - in der Schutzzone I bis 10 %
 - in der Schutzzone II bis 5 %.

Allerdings findet sich bei Joeris und Simon, J. kein Hinweis, wie diese Größenordnungen der Abschläge ermittelt wurden.

Nach **Kleiber**¹⁴ wirkt sich Lärm i.d.R. verkehrswertmindernd aus. Neben dem Ausmaß der Lärmimmission ist auch die Lage und die Nutzung des Grundstücks unter Berücksichtigung dessen, was ortsüblich ist, für die Wertminderung entscheidend. Kleiber differenziert nach der Lärmart, da die Wertminderungen durch unterschiedliche Lärmarten hervorgerufen werden können. Neben Verkehrslärm (Schiene und Straße) wirken sich beispielsweise auch Lärm von Flughäfen, Sportplätzen, Manöver- und Schießlärm wertmindernd auf Grundstücke aus (Bei Truppenübungsplätzen können je nach Entfernung Wertabschläge von bis zu 10 % angesetzt werden).

Bezüglich der Wertminderung durch Straßenverkehrslärm verweist Kleiber auf Borjans, Borowski, Scholland und Täffner. Täffner hat im Grundstücksmarktbericht 2002 für Mainz festgestellt, dass der Verkehrswert von Eigentumswohnungen in Phasen des Angebotsüberhangs deutlich durch den Verkehrslärm gemindert werde (im Jahre 2001 um etwa 27 % gegenüber einer „leisen“ Wohnung).

Bei der Wertminderung, die durch Fluglärm verursacht wird, verweist Kleiber auf Guski und Schönpflug sowie auf die Studie von Thießen und Schnorr. Kleiber benennt weiterhin - unter Angabe der Quelle: RdVfG der OFD Freiburg vom 23.05.1986 - S. 3204A - die in der steuerlichen Bewertung (Einheitsbewertung) üblicherweise vorzunehmenden Abschläge vom Grundstückswert wegen Fluglärms von max. 3 - 10 %.

¹³ Vgl. Rössler, R.; Langner, J.; Simon, J.; Kleiber, W.; Joeris, D.; Simon, T.: Schätzung und Ermittlung von Grundstückswerten, 8. überarbeitete und erweiterte Auflage 2004, S. 582 f..

¹⁴ Vgl. Kleiber, W. in Kleiber, W. und Simon, J.: Verkehrswertermittlung von Grundstücken – Kommentar und Handbuch, 5. Auflage 2007, Bundesanzeiger Verlag Köln, § 5 WertV, S. 950 ff.

Kleiber und Simon¹⁵ weisen bezüglich der Wertminderung durch Lärm auf die Untersuchungen von Borjans und Scholland hin. Bei der Wertminderung durch Fluglärm seien die üblichen Abschläge in Höhe von max. 3 - 10 % in der steuerlichen Bewertung anzunehmen.

Krumpholz¹⁶ sieht folgende Möglichkeiten für die Ermittlung von Wertminderungen, die durch den Bau oder die Erweiterung von Verkehrsanlagen verursacht werden:

- kapitalisierte Ertragsminderung,
- Rechenmodelle in alleiniger Abhängigkeit von der Lärmentwicklung und
- pauschale Ermittlung von prozentualen Wertminderungen.

Krumpholz ermittelt die Wertminderung aus Vergleichsfällen mit Hilfe eines multiplen Regressionsmodelles. Als Einflussgrößen nennt Krumpholz die Entfernung zur Anlage (verbleibende Schutzzone), das Wohnumfeld/optische Beeinträchtigungen, Formnachteile, Lärmimmissionen, Gebietsart als beschreibendes Kriterium sowie aktiver und passiver Schallschutz (ja/nein). Er gibt folgende Regressionsfunktion an:

$$\text{Restwertminderung (\%)} = -2,1 - 0,1 * \text{Entfernung (m)} + \text{Zuschlag A} + \text{Zuschlag B}$$

	Lärm	Form	Wohnumfeld / optisch
Zuschlag A:			
kaum Beeinträchtigungen	0,3	1,8	1,8
geringe Beeinträchtigungen	0,6	3,7	3,5
fühlbare Beeinträchtigungen	1,0	5,5	5,2
erhebliche Beeinträchtigungen	1,3	7,3	7,0
starke Beeinträchtigungen	1,6	9,2	8,8
unzumutbare Beeinträchtigungen	1,9	11,0	10,5
Zuschlag B:			
bei aktivem Lärmschutz	+1,1		
bei passiven Lärmschutz	-1,3		
im WA-Gebiet (oder vergleichbar)	-1,1		
im MI-Gebiet (oder vergleichbar)	-2,3		
im Außenbereich	-2,8		

Tabelle 1: Zuschläge nach Krumpholz

¹⁵ Vgl. Kleiber, W.; Simon, J.: WertV '98 Marktwertermittlung unter Berücksichtigung der Wertermittlungsrichtlinien WertR 02, Bundesanzeiger Verlag, 6. vollständig neu bearbeitete Auflage, 2004, S. 438 ff und 465 ff..

¹⁶ Vgl. Krumpholz, R.: Wertminderung von Grundstücken durch den Bau oder die Erweiterung von Verkehrsanlagen, in: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, 3/1989, S.164-174.

Scholland¹⁷ stellt in seiner Untersuchung fest, dass sich Lärm wertmindernd auf Wohnbaulandpreise auswirkt. Scholland weist darauf hin, dass neben dem Verkehrslärm auch weitere Einflussgrößen des Straßenverkehrs wie z.B. Abgasimmissionen, Zerschneidungseffekte, Unfallgefährdung einen Werteinfluss darstellen. Aus diesem Grund können nicht alle wertmindernden Einflüsse des Straßenverkehrs auf die Einflussgröße Verkehrslärm zurückgeführt werden.

Der negative Einfluss von Verkehrslärm auf die Bodenwerte beginnt nach Scholland ab einer Lärmbelastung von ca. 50 dB(A). Für die Höhe des lärmbedingten Werteinflusses ist u.a. die Geräuschempfindlichkeit entscheidend, wobei Scholland davon ausgeht, dass die Höhe der Wertminderung durch den Verkehrslärm mit der Höhe der Geräuschempfindlichkeit steigt. Neben der Baugebietsart nach Baunutzungsverordnung (BauNVO) wird auch die großräumige Lage (Ballungsraum, ländlicher Raum) und die kleinräumige Lage (Nutzung der näheren Umgebung/Verdichtungsgrad) zur Bestimmung der Geräuschempfindlichkeit herangezogen.

Mit Hilfe einer Regressionsanalyse, bei der mehr als 1.000 Kauffälle von Wohnbaugrundstücken in Bochum, Unna und Lüdinghausen untersucht wurden, konnte Scholland einen funktionalen Zusammenhang zwischen dem Bodenpreis und dem Verkehrslärm feststellen. Die Wertminderung beträgt für unbebaute baureife Wohnbaugrundstücke 1-3,5 % pro Dezibel (in einem Schallpegelbereich von 40-70 dB(A)). In reinen Wohngebieten ist die Bodenwertminderung etwa doppelt so hoch wie in vergleichbaren allgemeinen Wohngebieten.

Sommer und Kröll¹⁸ weisen darauf hin, dass Immissionsbelastungen vielfältiger Natur sein können und die Belästigungen stark vom subjektiven Empfinden jedes Einzelnen abhängig ist. Eine Größenordnung der Wertminderung wird nicht angegeben. Sie heben allein hervor, dass der Sachverständige Lärmquellen bei der Verkehrswertermittlung berücksichtigen muss.

Sprengnetter¹⁹ verweist zur Berücksichtigung der Wertbeeinflussung durch Straßenverkehrslärm auf die Untersuchungen von Borowski, Scholland, Krumpholz sowie auf eigene Untersuchungen hin. Bei letzterer wurde eine Abhängigkeit zwischen dem Bodenwert für Wohnbaulandflächen und dem Abstand zur Autobahn mit und ohne Abschirmung festgestellt. Die Abhängigkeit wird durch folgende Gleichungen beschrieben:

- ohne Abschirmung (durch Gebäude, Anpflanzungen, Lärmschutzwälle bzw. -wände etc.)

$$f = -0,0351 * (E/100)^2 + 0,3027 * (E/100) + 0,4222$$

¹⁷ Vgl. Scholland, R.: Straßenverkehrsgeräusche in Wohngebieten - Empfehlungen für Immissionsgrenzwerte, Dortmund, 1988 und Scholland, R., Bodenpreisminderung durch Straßenverkehrsgeräusche, in: AVN, 10/1988, S. 397 ff.

¹⁸ Vgl. Sommer, G.; Kröll, R.: Lehrbuch zur Grundstückswertermittlung, 2. Auflage 2008, Luchterhand Verlag, S. 502 ff..

¹⁹ Vgl. Sprengnetter, H.-O. (Hrsg.): Immobilienbewertung, Lehrbuch und Kommentar, Band 11, Kapitel 8 Immissionen, S. 11/8/1/1 ff..

- mit Abschirmung (durch Gebäude, Anpflanzungen, Lärmschutzwälle bzw. -wände etc.)

$$f = -0,0058 * (E/100)^2 + 0,0933 * (E/100) + 0,7749$$

mit f = Umrechnungskoeffizient

E = Entfernung zur Immissionsquelle in m

2. Auswertung der Studien

2.1 Studien aus Deutschland

Zur Untersuchung des Einflusses der Lärmemission des Flughafens Berlin-Brandenburg-International auf die Kaufpreise von Grund und Boden und den Flächenumsatz im weiteren Umkreis des Flughafens von **Borgmann**²⁰ wurde eine zweistufige Vorgehensweise gewählt.

Zunächst wurde in einer Machbarkeitsstudie die mathematische Grundlage für den Einfluss der Veränderung der tatsächlichen und rechtlichen Eigenschaften der Grundstücke im Lärmbereich des Flughafens auf den Verkehr erarbeitet. Untersuchungsgegenstand waren hierbei sowohl Wohn- als auch Gewerbegrundstücke im Bereich Berlin-Bohnsdorf. Neben Kaufpreisen wurden auch Flächenumsätze bei der Auswertung berücksichtigt, um eine evtl. mögliche Stagnation auf dem Grundstücksmarkt feststellen zu können.

Auf der Machbarkeitsstudie aufbauend wurden die Bereiche Mahlow, Blankenfelde, Dahlewitz und Diedersdorf untersucht. Es konnte jedoch kein eindeutiges Ergebnis herausgearbeitet werden. Die Analysen der Bodenpreise und der Flächenumsätze deuten zum Teil auf einen Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Entwicklung des Grundstücksmarktes hin und zum Teil widersprechen sie einem Zusammenhang.

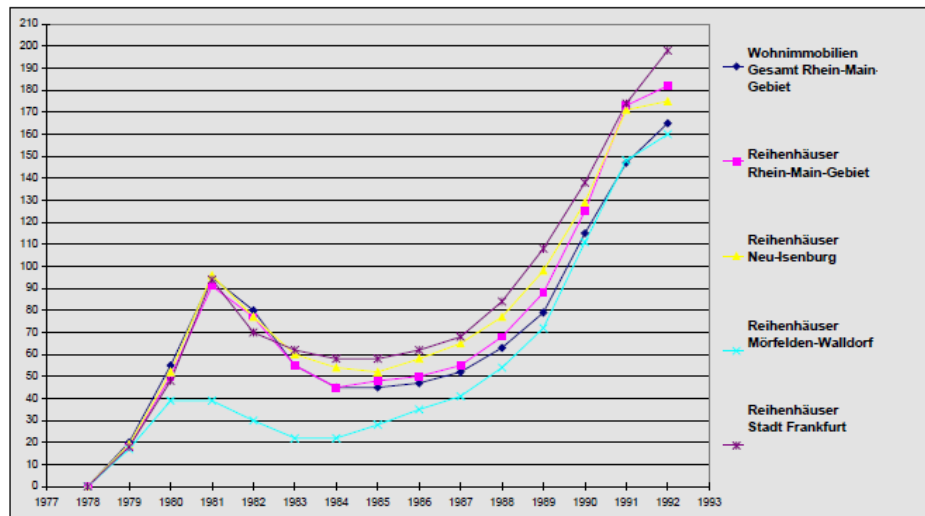
Bei der Untersuchung der Auswirkungen des Fluglärms auf Immobilienpreise im Zuge des Baus der Startbahn-West in Frankfurt a.M. hat **Eschner & Partner**²¹ Preise von Wohnimmobilien (vornehmlich Reihenhäuser) in den Jahren 1978 bis 1992 analysiert. Auf die verwendete Methodik wird in der Untersuchung nicht weiter eingegangen.

Eschner & Partner haben festgestellt, dass im Zuge der Diskussion um den Bau der Startbahn West (im Vorfeld des Baus, ohne Zunahme der Lärmbelastung) sinkende Immobilienpreise zu verzeichnen waren. Nach der Fertigstellung der Startbahn (in Verbindung mit zunehmender Lärmbelastung) waren ansteigende Preise zu verzeichnen, wobei sich die zuvor gesunkenen Immobilienpreise wieder auf dem Preisniveau des gesamten Rhein-Main-Gebietes eingependelt haben (siehe Abbildung 3).

²⁰ Aus: Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008, S. 47-48.

²¹ Ebenda, S. 51-53.

**Preisentwicklung im Rhein-Main-Gebiet
und Entwicklung durch äußere Einflüsse**
z.B. Startbahn-West-Diskussion
Veränderungen gegenüber Vorjahr in % Basis 1978



Anm.: dargestellt sind hier die Veränderungen gegenüber dem Basisjahr 1978, nicht die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr wie im Titel angegeben.

Abbildung 3: Indizierte Preisentwicklung auf dem Immobilienmarkt im Rhein-Main-Gebiet 1978 bis 1992²²

Im Zuge der erneuten Flughafenerweiterungsdiskussion im Jahr 1999 konnten vergleichbare Ergebnisse wie bei der Entwicklung durch die Startbahn West gezeigt werden. Im Jahr 2000 stagnierten die Preise auf dem Niveau von 1998. In einigen vom Lärm besonders betroffenen Gebieten (Ein- und Abflugschneisen) konnte auch ein Rückgang der Immobilienpreise um ca. 3-5 % verzeichnet werden.

Ein Einfluss der Flughafenerweiterungsdiskussion konnte bei der Auswertung der Entwicklung der Mieten nicht festgestellt werden. Unabhängig von der Belastung des Gebietes war eine durchschnittliche Steigerungsrate von 10 % des gesamten Rhein-Main-Gebietes feststellbar.

Faltermeyer²³ analysiert für die Ermittlung der Höhe des Abschlages der Grundstückswerte wegen der Beeinträchtigung durch Fluglärm im Bereich des Flughafens München II die Entwicklung der Bodenwerte anhand der Bodenrichtwerte von 1977 bis 1984. Als Bezugspunkt wurden die Bodenrichtwerte vom 31.12.1994 benutzt, so dass die Entwicklung vor und nach Aufgabe des Flughafens München-Riem den Einfluss des Lärms auf die Bodenwerte zeigt. Die Bodenrichtwertanalyse differenziert Gebiete, die fluglärmbelastet und -unbelastet sind, wobei verschiedene Nutzungsarten (allgemeine Wohngebiete,

²² Aus: Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008, S. 52.

²³ Aus: Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008, S. 41-43.

Geschossbebauung und Mischgebiete) untersucht wurden. Zusätzlich wurden auch Kauffälle bebauter und unbebauter Grundstücke ausgewertet.

Faltermeier stellt eine Beeinträchtigung der Höhe der Bodenwerte durch den Fluglärm fest. Es besteht jedoch kein linearer Zusammenhang zwischen der Bodenwertminderung und dem Fluglärm. Die Bodenwertminderung beginnt bei ca. 62 dB(A); darunter wurde keine Bodenwertminderungen festgestellt.

Neben der Lage in der Lärmschutzzone spielt auch die Lage und Entfernung zum Flughafen für die Höhe der Bodenwertminderung eine Rolle. Je nach Lage zur Flugachse bzw. Entfernung zum Flughafen kann keine Bodenwertminderung festgestellt werden. So ist z.B. bei seitlicher Lage zur Flugachse und einer nicht unmittelbar angrenzenden Lage an das Flughafengelände in einem Bereich von 62 - 65 dB(A) keine Bodenwertminderung feststellbar. Hier beginnt die Bodenwertminderung erst in einer Zone ab 65 - 67 dB(A). Demgegenüber konnte festgestellt werden, dass bei einer Lage in der Flugachse die Bodenwertminderung bereits im Bereich einer Zone von 62 - 65 dB(A) beginnt.

Einen Einfluss von Angebot und Nachfrage auf fluglärmbedingte Bodenwertveränderungen ist nach Faltermeier nicht auszuschließen. Die Lage der Grundstücke [ländlicher Raum (ausreichend bis gutes Wohnbaulandangebot - vergleichbare Immobilien können auch in lärmunbelasteter Lage erworben werden) oder Großstadt (große Nachfrage und geringes Angebot)] kann einen Einfluss auf die fluglärmbedingten Bodenwertänderungen haben. Je größer die Nachfrage und je geringer das Angebot, desto geringer wirkt sich der Einflussfaktor Fluglärm auf den Bodenwert aus.

Der **Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Düsseldorf** hat in seinem Grundstücksmarktbericht²⁴ Marktanpassungsfaktoren für das Sachwertverfahren bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte auf der Basis der Kaufpreissammlung. Neben anderen Immissionen wirkt sich demnach Fluglärm wertmindernd auf Immobilien aus (Grundstück einschließlich Gebäude, eine genauere Differenzierung erfolgte nicht). Die Größenordnung der Wertminderung durch den Fluglärm wird mit 5 % angegeben.

Guski und Schönflug²⁵ beziehen sich bei ihren Aussagen über den Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte auf die Untersuchungen von Navrud.

Hagedorn²⁶ untersucht in seiner Studie die Immobilienpreisänderungen im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main. Die Ergebnisse der Studie basieren auf der „wertermittelnd

²⁴ Vgl. beispielsweise Grundstücksmarktbericht 2005 für die Landeshauptstadt Düsseldorf, S. 12.

²⁵ Vgl. Guski, R.; Schönflug, W.: Soziale und ökonomische Auswirkungen, in: Fluglärm 2004, Stellungnahme des interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmauswirkungsfragen beim Umweltbundesamt, S. 112-115.

²⁶ Vgl. Hagedorn, W.: Analyse von Immobilienpreisänderungen im Umfeld des Flughafens Frankfurt/Main, Detmold, 2007.

differenzierenden Analyse (Differenzanalyse) von 807 faktischen Grundstückspreisen (Mikrodatenanalyse)“. Die Wertminderung durch die Fluglärmbelastung wird in Bezug auf einen Referenzpreis (290.000 €) angegeben. Bei dem Referenzpreis handelt es sich um ein aus den „faktischen Vergleichspreisen“ ermitteltes Preisniveau, das keine qualitativen Besonderheiten für Gebäude, Boden und Standort enthält und einer Fluglärmbelastung unter 50 dB(A) ausgesetzt ist. Hagedorn gibt folgende „Preisdifferenzen“ an, die Käufer als Abschläge von Wohngrundstücken für höhere Fluglärmimmission im Mittel ansetzen:

- 50-55 dB(A): -5 %,
- 55-60 dB(A): -10 %,
- 60-65 dB(A): -15 %,
- >65 dB(A): -20 %.

Weiterhin hat Hagedorn auch positive Effekte, die u.a. auf durch die Flughafenanbindung resultieren, untersucht. Die „Preisdifferenzen“ zeigen, welche Zuschläge Käufer von Wohngrundstücken für eine nähere Flughafenanbindung bezogen auf einen Referenzpreis von 290.000 € ansetzen:

- nah: +10 %,
- mittel: +5 %,
- fern: 0 %.

Im Rahmen des Ausbauvorhabens des Flughafens Berlin-Schönefeld wurde von **IBoMa und Spiekermann & Wegener**²⁷ ein Gutachten über die Wertentwicklung von Wohnimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Schönefeld erstellt. Das Gutachten bestand aus 2 Stufen.

In der 1. Stufe sollte geprüft werden, ob mögliche „Sonderentwicklungen“ durch den geplanten Ausbau zu erkennen waren. In diesem Zusammenhang wurden „belastete und unbelastete“ Bodenrichtwerte im Umfeld des Flughafens untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass mit einer „relativ hohen Wahrscheinlichkeit“ für einige in großer räumlicher Nähe zum Flughafen Schönefeld liegenden Orten/Gemeinden Wertminderungen in einer Größenordnung von durchschnittlich 15 % allein auf den befürchteten Fluglärm zurückzuführen ist.

In der 2. Stufe wurde versucht, an Hand der ermittelten Ergebnisse eine Prognose für den Zeitpunkt des erfolgten Ausbaus des Flughafens Schönefeld zu ermitteln. Auf Grund eines qualitativ und quantitativ unzureichenden Datenmaterials konnte allerdings keine Prognose erfolgen.

²⁷ Aus: Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008, S. 49-50.

Im Rahmen des Ausbauvorhabens des Flughafens Dortmund wurde von **IBoMa**²⁸ ein Gutachten über die Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund erstellt. Das Gutachten besteht ebenfalls aus 2 Stufen (Stufe 1: Ist-Analyse; Stufe 2: Prognose). Grundlage der Ergebnisse sind Bodenrichtwertanalysen. Auf die Auswertung von Kaufpreisen wurde aus Sicht der Autoren vor allem deswegen verzichtet, weil die Gutachterausschüsse in den Kaufpreissammlungen die Kaufpreise zwar aufgenommen, jedoch selten über einen langen Zeitraum differenziert ausgewertet haben. Insofern lagen aus Sicht der Autoren zu wenige oder keine Kaufpreise vor, die gutachterlich vertretbar ausgewertet werden konnten. Weiterhin führen sie an, dass auftragsgemäß auf Grund der zur Verfügung stehenden Zeit eine Bodenrichtwertanalyse durchgeführt wurde. Weiterhin wird eine un schlüssige Beweisführung durchgeführt, mit der nachgewiesen wurde, dass sich Lärm bzw. Fluglärm nur auf den Bodenwert (und nicht auf den Gebäudewert) negativ auswirkt. Diese These wird auch herangezogen, um den gewählten methodischen Ansatz zu begründen.

Die so genannten „Sonderentwicklungen“ konnten für einige Ortsteile in Dortmund und Unna festgestellt werden, in Abhängigkeit von den angegebenen Lärmzonen werden folgende Abschlüsse angegeben:

- 50 bis 55 dB(A): rund -5%
- 55 bis 60 dB(A): rund -15%.

Die Autoren „treffen die gutachterliche Einschätzung, dass die ermittelten Wertminderungsbeträge mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit allein auf den Faktor Fluglärm zurückzuführen sind.“

Es wird häufig auf einen Anlagenband verwiesen, der jedoch nicht zugänglich ist, so dass die Untersuchung (beispielsweise wie die Vergleichbarkeit der untersuchten Bodenrichtwertgebiete hergestellt wurde) nicht nachvollziehbar ist. Insgesamt sind die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen.

In seiner Diplomarbeit untersuchte **Kampe**²⁹ die Auswirkungen durch die Erweiterung eines Großflughafens auf den regionalen Grundstücksmarkt am Beispiel des Flughafens Berlin-Schönefeld anhand von Bodenpreisentwicklungen. Dazu wurden auch Untersuchungen an ausgewählten deutschen Flughafenstandorten in Düsseldorf, Stuttgart, Köln/Bonn und Hannover durchgeführt. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe von Bodenrichtwerten, bei einer Zeitreihenbetrachtung von 1975 bis 2000. Die Vergleichbarkeit wurde durch die Betrachtung von Indexreihen erzielt.

²⁸ Vgl. Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008.

²⁹ Vgl. Kampe, T.: Auswirkungen durch die Erweiterung eines Großflughafens auf den regionalen Grundstücksmarkt und deren Einfluss auf etwaig zu leistende Entschädigungen am speziellen Beispiel des Flughafens Berlin-Schönefeld (eine empirische Untersuchung), Bernburg, 2002.

Zur Einteilung der Bodenrichtwerte in Lärm-/Belastungszonen wurde ein Schwellenwert von 62 dB(A) definiert, d.h. Bodenrichtwertgebiete ab 62 dB(A) gelten als lärmbeeinflusst und Bodenrichtwertgebiete unter 62 dB(A) gelten als lärmunbeeinflusst. Anschließend wurden die Bodenrichtwerte in Cluster vergleichbarer Regional- und Ortsstrukturen differenziert. Als Basis für die Clusterbildung dienten die Strukturdaten der statistischen Landesämter zur Bevölkerungszahl, Wohnungsbestand, Beschäftigungszahl, Verteilung der Flächennutzung und Zahl der Neuerrichtung von Nicht-Wohngebäuden. Die gebildeten Cluster wurden durch eine arithmetische Mittelwertbildung zusammengefasst.

Die Auswertung zur Erfassung der fluglärmbedingten Bodenwerteeinflüsse erfolgte in drei Schritten:

1. Deskriptiv-statistische Mittelwertbildung der Indexreihen und Vergleich der zeitlichen Entwicklung, wenn eine signifikante Abweichung festgestellt werden konnte, folgt Schritt 2.
2. Hier erfolgt eine Analyse der Höhe der Abweichungen mit Hilfe einer relativen Differenzbetrachtung. Damit soll ein Erklärungsansatz für den Ursache-Wirkungszusammenhang zwischen Fluglärm und Bodenpreisentwicklung abgeleitet werden. Wenn die Datenbasis ausreichend erscheint, folgt Schritt 3.
3. Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wird die Ableitung einer beschreibenden Funktion ermittelt, die den Zusammenhang zwischen Fluglärm und Bodenwerteeinfluss erklärt.

Kampe weist als Ergebnis aus, dass in allen untersuchten Standorten eine lärmbeeinflusste Bodenwertminderung im Bereich der Grundstücke mit Einfamilienhausbebauung festzustellen ist. Im Durchschnitt liegt der bodenwertmindernde Einfluss von Fluglärm bei 6 %. Die Ergebnisse wurden für Grundstücke mit max. zweigeschossiger Eigenheimbebauung in reinen und allgemeinen Wohngebieten ermittelt.

Kühling³⁰ hat eine Untersuchung über den bereits eingetretenen und zu erwartenden Boden- und Gebäudewertverlust bei Wohneigentum durch den geplanten Großflughafen Berlin-Schönefeld erstellt. Für den Bezirk Treptow-Köpenick konnte aufgrund vergleichender Betrachtungen in 29 Ortslagen festgestellt werden, dass im Bereich der zukünftig zu erwartenden Flugschneise negative Bodenwertänderungen in Höhe von 40 bis 60 % eingetreten sind.

Für die Abschätzung des absoluten Maßes einer Wertminderung in einem bestimmten Raum wurden zunächst 8 Wohnlagen (Referenzgebiete) kleinräumig differenziert betrachtet. Diese Abschätzung erfolgte mit Hilfe einer Wertverlustanalyse. Die Wertverlustanalyse baut auf der These auf, dass fünf Verlustklassen „aus einer idealisierten Betrachtung heraus“ unterschieden werden: Verlustklasse I (0-20 %) bis Verlustklasse V (80-100 %). Über eine pauschalierte Einschätzung der Wertverluste beim Grundeigentum konnte bei einer kleinräumigen Erfassung festgestellt werden, dass etwa 772 Millionen € an Verlusten

³⁰ Vgl. Kühling, W.: Ermittlung von Boden- und Gebäudewertverlusten bei Wohneigentum durch den geplanten Grossflughafen Berlin-Schönefeld, Dortmund, 2005.

eintreten können. In einem nächsten Schritt wurde dieses Ergebnis auf eine Gesamtfläche von ca. 1.358 ha übertragen. Insgesamt ergibt sich nach Kühling ein Wertverlust in Höhe von etwa 2 Milliarden €.

Die Studie von **Thießen und Schnorr**³¹ basiert zum Teil auf Aussagen einer unveröffentlichten Diplomarbeit, die am Lehrstuhl für Finanzwirtschaft und Bankbetriebslehre der Technischen Universität Chemnitz entstand. Sie untersucht die Auswirkungen von Fluglärm auf Immobilien im Rhein-Main-Gebiet. Der empirische Ansatz der Studie basiert auf einer Befragung von 58 Grundstücksmaklern im Untersuchungsgebiet, die eine quantitative und mehrere ergänzende qualitative Fragen umfasst und sich auf eine Standardimmobilie (Eigentumswohnung) bezieht. Datengrundlage der statistischen Auswertung sind die von den Maklern (es haben sich 33 Makler an der Befragung beteiligt) im Rahmen der Befragung angegebenen "Preisabschläge". Kaufpreise, d.h. "tatsächliche Transaktionspreise" und weitere aus Kaufpreisen abgeleitete Daten wurden für die Studie nicht verwendet.

Die Autoren haben einen NSDI³² für eine "sehr große Lärmbandbreite" von 0,3 % je dB(A) und für "Orte, deren Lärmpegel über 40 dB(A) liegt" von 0,83 % je dB(A) ermittelt und schlagen vor, diesen Wert auf andere Marktsegmente bzw. auf den gesamten Immobilienmarkt und andere Flughafenstandorte zu übertragen.

Uherek³³ hat eine Untersuchung der Auswirkungen der Entwicklung des Flughafens Leipzig/Halle auf die Baulandpreise in der berührten Region durchgeführt. Ziel der Untersuchung war es festzustellen, ob zum einen die Passagierzahl als Maßstab für die Beeinträchtigung durch Fluglärm einen Einfluss auf die Bodenwerte hat, und zum anderen, ob der Grundstücksmarkt auf den geplanten Flughafenausbau reagiert. Dazu wurden Bodenrichtwerte der Jahre 1991-1999 differenziert nach vom Fluglärm stark beeinflussten, beeinflussten (durch Lärmwirkung der vorhandenen Startbahn-Süd und der geplanten Startbahn-Nord) und nicht beeinflussten Gebieten ins Verhältnis zum Passagieraufkommen gesetzt. Uherek hat festgestellt, dass die Bodenpreisentwicklung in den untersuchten Gebieten gleich verlaufen ist. Es konnten keine geringeren Anstiege der Bodenrichtwerte in den fluglärmbeeinflussten als in den fluglärmunbeeinflussten Gebieten festgestellt werden. Die zu erwartende Entwicklung einer Bodenwertminderung in Folge der geplanten Flughafenerweiterung konnte nicht festgestellt werden; z.T. haben die fluglärmbelasteten Gebiete sogar höhere Bodenwertsteigerungen als fluglärmunbelastete Gebiete verzeichnen können.

³¹ Vgl. Thießen, F.; Schnorr, S.: Immobilien und Fluglärm, Technische Universität Chemnitz, 2005.

³² Noise Sensitivity Depreciation Index; Er gibt die prozentuale Wertänderung einer Immobilie pro Dezibel Lärmbelastung an.

³³ Vgl. Uherek, H.-W.: Gutachterliche Stellungnahme zu Auswirkungen der Entwicklung des Flughafens Leipzig/Halle auf die Baulandpreise in der berührten Region – untersucht an Bodenrichtwerten -, Leipzig, 2000.

2.2 Studien aus Europa (außerhalb Deutschlands)

Die Studie von **Navrud**³⁴ basiert auf der Analyse von 29 Hedonic Pricing³⁵ Untersuchungen zum Fluglärm zwischen 1960 und 1996, von denen sich allerdings nur zwei auf Europa beziehen. Als Wertminderung durch Fluglärm gibt Navrud einen Mittelwert von 0,87 % pro dB(L_{DN}) an, wobei die beiden europäischen Untersuchungsergebnisse 1,51 % und 2,30 % betragen. Weiterhin gibt Navrud auch einen Mittelwert für den Einfluss von Straßenlärm an, der mit 0,71 % pro dB L_{eq} oder L_{DN} etwas niedriger liegt.

Rinderknecht und Flöss³⁶ haben die Wertminderung der Liegenschaften im Gemeindegebiet von Zumikon und Uetikon am See im Zusammenhang mit dem neuen Anflugverfahren zum Flughafen Zürich-Kloten von Süden her auf die Piste 34 untersucht. Die Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Steuerwerte für selbstgenutzte Einfamilienhäuser oder Eigentumswohnungen. Im Rahmen der Untersuchung wird sowohl zwischen 5 Steuer-Lageklassen (LK 1 = oberste Steuer-Lageklasse; LK 5 = unterste Steuer-Lageklasse) sowie drei Gruppen (Gruppe 1: unmittelbar und sehr stark von Fluglärm betroffen; Gruppe 2: unmittelbar und stark vom Fluglärm betroffen und Gruppe 3: mittelbar vom Fluglärm betroffen) unterschieden.

Als Ergebnis halten Rinderknecht und Flöss fest, dass die Wertminderung für das Gemeindegebiet von Zumikon zwischen 10 und 29 % liegt (siehe Tabelle 2). Für die Immobilienwerte in Uetikon am See sind die Wertminderung dagegen derart gering, dass dort aus Sicht von Rinderknecht und Flöss eine Korrektur der Steuerwerte nicht angebracht ist.

Steuer-Grundstücks-Lageklasse:	LK 1	LK 2	LK 3	LK 4	LK 5
Gruppe 1	-29%	-28%	-27%	-18%	-
Gruppe 2	-26%	-25%	-24%	-15%	-
Gruppe 3	-24%	-23%	-19%	-12%	-10%

Tabelle 2: Wertminderungen auf dem Gemeindegebiet von Zumikon

³⁴ Vgl. Navrud, S.: The State-of-The-Art on Economic Valuation of Noise. Final Report to the European Commission DG Environment, 2002.

³⁵ Bei der Methode des Hedonic Pricing wird der Zusammenhang zwischen der akustischen Belastung und realen Immobilienpreisen beobachtet.

³⁶ Vgl. Rinderknecht, T. W. A. und Flöss, A.: Gutachten über die Wertbeeinflussung steuerlich maßgebender Vermögenssteuer- und Eigenmietwerte in der Gemeinde Zumikon Aufgrund des „Südanflugs“, 2004 sowie Rinderknecht, T. W. A. und Flöss, A.: Gutachten über die Wertbeeinflussung steuerlich maßgebender Vermögenssteuer- und Eigenmietwerte in der Gemeinde Uetikon am See Aufgrund des „Südanflugs“, 2004.

Die Studie von **Roskill**³⁷ (dem sogenannten Roskill-Report) hat im Zusammenhang mit dem Bau des 3. Londoner Großflughafens 1970 versucht, den Fluglärm zu monetarisieren. Aus diesem Grund wurde

- a) eine Haushaltsbefragung und
- b) eine Maklerbefragung

durchgeführt.

Es wurden drei Hausstandards (einfacher, mittlerer und hoher Hausstandard) unterschieden, auf die sich die fluglärmbedingten Wertminderungen unterschiedlich auswirkt. Die jeweiligen Standards wurden jeweils noch in zwei Lärmbereiche (bis 67,5 dB(A) und über 67,5 dB(A)) unterteilt. Die Untersuchung, die nicht durch Marktuntersuchungen belegt ist, sondern sich nur auf subjektive Einschätzungen der Eigentümer und Makler stützt, zeigt zwei Abhängigkeiten der lärmbedingten Wertminderung:

1. von der Höhe des Fluglärms (je höher der Fluglärm, desto höher die lärmbedingte Wertminderung)
2. vom Wert des Hauses (je höher der Wert des Gebäudes, desto höher die lärmbedingte Wertminderung)

Die Wertminderungen liegen in einem Bereich von 4,5 bis 29 %.

Die von der **Strittmatter Partner AG**³⁸ erstellten Studien über den volkswirtschaftlichen Immobilienmarkt-Schaden, die durch das neue Flugregime³⁹ auf den Flughafen Zürich-Kloten verursacht wird, baut auf einem Lärm-Wertverlust Modell (LWV-Modell) auf. Dieses LWV-Modell wurde im Rahmen einer früheren Studie von Strittmatter Partner AG⁴⁰ zum Thema „Volkswirtschaftliche Auswirkungen von Fluglärm – Studie über Wertminderungen im Grundstücks- und Immobilienmarkt in ausgewählten Schlüsselregionen des Kantons Zürich“ entwickelt. Das LWV-Modell stützt sich auf das subjektive Lärmempfinden des Menschen, der sich ab einem gewissen Lärmpegel in seiner subjektiven Wahrnehmung „gestört fühlt“.

Strittmatter Partner AG stellt die These auf, dass der Wertverlust von Immobilien dann am höchsten ist, wenn der Grundlärm ohne Fluglärm sehr tief ist, es sich somit um eine ruhige Lage mit einem geringen bspw. 45 dB(A) Grundlärm handelt, und der Lärmzuwachs erheblich ist.

³⁷ Aus: Borjans, R.: Immobilienpreise als Indikatoren der Umweltbelastung durch städtischen Kraftverkehr, Düsseldorf, 1983, S. 71 ff.

³⁸ Vgl. Strittmatter Partner AG: Der volkswirtschaftliche Immobilienmarkt-Schaden der neuen Flugregime auf den Flughafen Zürich-Kloten – Studie über Wertverminderungen im Grundstücks- und Immobilienmarkt. 2004.

³⁹ Unter dem Begriff des Flugregime sind in Abhängigkeit von den Festlegungen im Betriebsreglement und den Wetterverhältnissen die verwendeten Start- und Landebahnen und somit die An- und Abflugkorridore gemeint.

⁴⁰ Vgl. Strittmatter Partner AG: Volkswirtschaftliche Auswirkungen von Fluglärm - Studie über Wertverminderungen im Grundstücks- und Immobilienmarkt in ausgewählten Schlüsselregionen des Kantons Zürich. 2003.

Ziel der Studie ist es, die Größenordnung des Immobilienwertverlustes für ein größeres Gebiet zu beziffern. Dazu wurden für 38 Gemeinden ungefähre Werte der Liegenschaften pro Rauminhalt berechnet. Diesen Werten liegen Durchschnittswerte je Gemeinde in Abhängigkeit der Bodenpreise, der Ausnutzung und der Baukosten zugrunde. Weiterhin werden zwei Kategorien (Kategorie 1: Lärmbelastung liegt über 50 dB und Kategorie 2: Lärmbelastung liegt unter 50 dB) sowie ein unterer und ein oberer Entwertungsprozentsatz eingeführt (siehe Abbildung 4).

	Kategorie 1:	Kategorie: 2
Lärmbelastung	liegt über dem sogen. Planungswert von 50 dB	liegt unter dem sogen. Planungswert von 50 dB
unterer Entwertungsprozentsatz	10,0 %	5,0 %
oberer Entwertungsprozentsatz	30,0 %	17,5 %
berücksichtigte Zonen	Wohn- und Mischzonen	Wohn- und Mischzonen

Abbildung 4: Die angewandten Entwertungssätze je nach Lärmbelastung

Dies führt bei einem gesamten Immobilienwert der 38 Gemeinden von rund 140 Milliarden CHF zu einem Gesamtverlust von ca. 15 Milliarden CHF in den 38 Gemeinden (Mittelwert) (siehe Abbildung 5).

	gesamter gemittelter Immobilienwert der 38 Gemeinden	unteres Ergebnis des Wertverlustbandes (68 % Wahrscheinlichkeit)	oberes Ergebnis des Wertverlustbandes (68 % Wahrscheinlichkeit)	Gesamtverlust in den 38 Gemeinden (Mittelwert der Normalverteilung)
Summe in CHF Mrd.	140,0	11,8	18,4	15,1
in % der Summe		8,4 %	13,2 %	10,8 %

Abbildung 5: Überblick der Wertverlustergebnisse

2.3 Studien aus Nordamerika

Bales⁴¹ zieht zur Schätzung von Vermögensteuerverlusten durch sinkende Immobilienpreise durch flughafenbedingte Lärmbelastungen im Orange County in Kalifornien die Ergebnisse der Studien von Bell, Booz-Allen & Hamilton und Obata, Kassabaum u.a., die einen Werteinfluss von Fluglärm auf Immobilien festgestellt haben, heran. Auf Grundlage der Ergebnisse der Untersuchung von Booz-Allen & Hamilton, wird die Wertminderung der

⁴¹ Vgl. Bales, L.: County of Orange loss of property value and property tax revenue attributable to El Toro airport noise, 2002 (<http://www.eltoroairport.org/issues/taxloss.html>, 10.01.2006).

Immobilien ermittelt, wobei zugrundegelegt wird, dass ohne Flughafen eine Lärmbelastung von 50-55 dB(A) vorhanden wäre. Ausgehend vom gesamten Immobilienwert im Gebiet Orange County ermittelt Bales die Vermögensteuerverluste.

Bell (1997)⁴² setzt sich in der Studie „Airport Diminution in Value“ mit dem Einfluss von Fluglärm auf Wohnimmobilien (Grundstück und Gebäude) und auf den Büromarkt auseinander. Die Auswertung beschränkte sich auf Marktdaten (rund 190 Verkaufsfälle) von Einfamilienhäusern mit rund 140 – 185 m² Wohnfläche und vergleichbaren Grundstücksgrößen, die in den letzten 6 Monaten vor der Untersuchung verkauft wurden. Bell ermittelt Wertminderungen in Höhe von rund 15,1 bis 42,6 %. Aus Sicht von Bell lassen sich aus den Marktdaten keine Anzeichen feststellen, dass positive Einflüsse eines Flughafens existieren, die wertsteigernd wirken. Beim Büromarkt wurden Mieten ausgewertet, die in den fluglärmbelasteten Gebieten rund 19,3 bis 38,1 % niedriger sind als in Vergleichsgebieten, die in der Nähe des Flughafens liegen und fluglärmunbelastet sind.

In „The Impact of the Airport Noise on Residential Real Estate“ differenziert **Bell (2001)**⁴³ die Wertminderung durch den Fluglärm in Abhängigkeit der Lage (einfach, mittel, gehoben) und der Lärmzone (35-45, 45-55, 55+ NNI⁴⁴). Für die Größenordnung der Wertminderung gibt Bell folgende Werte an:

Wohnlage:	Lärmzone		
	35-45 NNI	45-55 NNI	55+ NNI
einfach	0,0 %	2,9 %	5,0 %
mittel	2,6 %	6,3 %	10,5 %
gehoben	3,3 %	13,3 %	22,5 %

Tabelle 3: Wertminderung nach Bell

Booz, Allen & Hamilton⁴⁵ setzen sich in ihrer Studie „The Effect of Airport Noise on Housing Values: A Summary Report“ mit den Auswirkungen von Fluglärm auf Immobilienwerte auseinander, die anhand des Vergleiches von Marktpreisen ähnlicher, aber nicht fluglärmbelasteter Gebiete erfolgt. Die Auswirkungen von Lärm auf Immobilienwerte sind demnach in mittleren und guten Lagen am höchsten. Die Wertminderung wird mit 1,33 % je

⁴² Vgl. Bell, R.: Airport Diminution in Value, 1997 (<http://eltoroairport.org/issues/rbell.html>, 7.4.2010).

⁴³ Vgl. Bell, R.: The Impact of Airport Noise on Residential Real Estate, in: The Appraisal Journal, July 2001, S. 312-321.

⁴⁴ Noise and Number Index (wird üblicherweise in Großbritannien verwendet)

⁴⁵ Vgl. Booz-Allen & Hamilton Inc.: The Effect of Airport Noise on Housing Values: A Summary Report, 1994 (<http://www.wylelabs.com/content/global/documents/EffectsAirNoiseHV.pdf>, 7.4.2010).

dB(A) Lärmbelastung angegeben, wobei von einer linearen Abhängigkeit zwischen Lärmbelastung und Wertminderung ausgegangen wird.

Nelson⁴⁶ hat in seiner Metastudie „Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects“ 20 Studien aus Kanada und den USA ausgewertet, die den Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte untersucht haben. Nelson stellt dabei die These auf, dass sich der Wertunterschied des Lärmeinflusses zweier annähernd gleicher Immobilien, die sich nur bezüglich der Lärmbelastung unterscheiden, im Marktwert widerspiegelt. Nelson kommt bei der Auswertung der Studien trotz der Schwierigkeiten der Isolation der nicht lärmbedingt Eigenschaften, die jedoch den Wert der Immobilien beeinflussen können, z.B. Grundstücksgröße, Wohnfläche, Gebäudequalität, Lagequalität, zu dem Ergebnis, dass Fluglärm einen wertmindernden Einfluss auf Wohnimmobilien hat. Nelson leitet einen Lärm-Wertminderungs-Index aus den gewichteten Mittelwerten der Ergebnisse ab, der den Prozentsatz der Wertminderung pro dB(A) wiedergibt. Ausgehend von einer maximalen Lärmbelastung wird hierbei ein Wert von 75 dB(A) angesetzt. Der Werteeinfluss des Fluglärms ist nach Nelson linear und beträgt 0,5 - 0,6 % pro dB(A) (gewichtetes Mittel liegt bei 0,58 % pro dB(A)). Eine Immobilie in einer 75 dB(A)-Zone verliert demnach rund 11 % an Wert gegenüber einer Immobilie in einer 55 dB(A)-Zone.

Die Untersuchung von **Obata, Kassabaum u.a.**⁴⁷ basiert auf 20 Untersuchungsgebieten, von denen 10 fluglärmbelastet (Northwest King County) und 10 fluglärmunbelastet (Southwest King County) sind. Zur Auswertung wurden nur Immobilien zugelassen, die hinsichtlich der Grundstücksgröße und Ausstattung annähernd vergleichbar sind. Fluglärm wirkt sich nach Obata, Kassabaum u.a. wertmindernd auf Wohnimmobilien aus. Die Wertminderung bei Grundstücken beträgt rund 14,1 %, bei Gebäuden rund 7,7 % und liegt insgesamt bei ca. 10,1 %. Obata, Kassabaum u.a. haben weiterhin eine Abhängigkeit zwischen der Entfernung zu den An- und Abflugschneisen und der Wertminderung festgestellt. So steigt der Wert einer Immobilie pro ca. 0,6 km Entfernung zu den An- und Abflugschneisen um rund 3,4 %.

3. Zusammenfassung

Die Auswertung der Literatur zeigt, dass sich verschiedene Autoren mit den Auswirkungen von Lärm und Fluglärm auf Immobilienwerte auseinandergesetzt haben.

Im Bereich des Verkehrslärms sind vor allem die Arbeiten von Borjans und Scholland zu beachten. Die von Borowski vorgestellten Ergebnisse sind dagegen kritisch zu hinterfragen,

⁴⁶ Vgl. Nelson, Jon P.: Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects, 2003 (http://econ.la.psu.edu/papers/nelson_metanoise31.pdf, 7.4.2010).

⁴⁷ Vgl. Obata, H. + Kassabaum, Inc.: Sea-Tac International Airport impact mitigation study, 1997 (<http://airportnoiselaw.org/study901.html>, 7.4.2010).

da eine so differenzierte Angabe des Einflusses von Verkehrslärm auf Immobilienwerte aus Bodenrichtwerten nicht ableitbar ist.

Die meisten der bisher in Deutschland durchgeführten Studien und Untersuchungen zum Thema Flughäfen und Immobilienwerte (z.B. Kampe; Kühling; Uherek; Thiessen & Schnorr; Dransfeld & Meyer) basieren nicht auf originären Marktdaten (Kaufpreise unbebauter und bebauter Grundstücke), sondern nur auf abgeleiteten Marktdaten wie Bodenrichtwerten und/oder Maklerbefragungen.

Aufgrund der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Bodenrichtwert- und Kaufpreisanalysen wird jedoch deutlich, dass die Auswertung von Bodenrichtwerten nur bedingt anwendbar ist, da sich aus ihnen keine belastbaren, in der Praxis verwendbaren Aussagen bezüglich des Einflusses von Fluglärm auf Immobilienwerte ableiten lassen. Eine einzelne Einflussgröße wirkt sich nur in der Gesamtheit mit allen anderen, die Qualität einer Immobilie bestimmenden Einflussgrößen aus; einzelne Einflussgrößen lassen sich im Rahmen von Bodenrichtwertanalysen aufgrund der methodisch bedingten Einschränkungen hinsichtlich des vorhandenen Datenbestandes in der Regel nicht/kaum isolieren.

Zu den Ausführungen von Dransfeld & Meyer bleibt anzumerken, dass das Ergebnis eine Genauigkeit vortäuscht, die mit Hilfe von Bodenrichtwerten nicht erzielt werden kann. Weiterhin ist die Übertragbarkeit auf andere Flughafenstandort kritisch zu hinterfragen, da in dem Beitrag von Dransfeld & Meyer selbst schon darauf hingewiesen wird, dass an einigen Flughafenstandorten (Halle/Leipzig, Frankfurt a.M., München und Zürich) mit der angewendeten Methode keine Einflüsse festgestellt werden konnten.

Die Untersuchung von Kühling ist ebenfalls kritisch zu hinterfragen, da sie auf nicht belegten Annahmen basiert und nicht auf empirischen Untersuchungen aufbaut. Weiterhin ist sie für Zwecke der Verkehrswertermittlung nicht geeignet, da sie sich lediglich auf den gesamten Wertverlust aller Immobilien insgesamt im Bereich eines Flughafens bezieht.

Aus den bisher vorliegenden Maklerbefragungen können aufgrund methodischer Unzulänglichkeiten und des fehlenden bzw. nur scheinbar hergestellten Marktbezuges ebenfalls keine brauchbaren quantitativen Aussagen bezüglich der Auswirkung von Fluglärm auf den Immobilienmarkt abgeleitet werden.

Dies trifft beispielsweise auf die Ergebnisse der Studie von Thießen und Schnorr zu. Die Aussagekraft der Ergebnisse für die Standardimmobilie und den Untersuchungsraum sowie deren Übertrag- und Verallgemeinbarkeit auf andere Marktsegmente bzw. auf den gesamten Immobilienmarkt und andere Flughafenstandorte - wie es Thießen und Schnorr vorschlagen - ist kritisch zu hinterfragen und durch den empirischen Ansatz und die statistische Auswertung nicht gedeckt.

Bei den Studien aus Europa zum Thema Flughäfen und Immobilienwerte ist zu beachten, dass die Ergebnisse dieser Studien nicht ohne kritische Prüfung auf den deutschen Immobilienmarkt übertragen werden können, da das Marktverhalten auf den verschiedenen Immobilienmärkten in Europa Unterschiede gegenüber dem deutschen Immobilienmarkt

aufweisen. Zudem ist bei Rinderknecht und Flöss sowie den Studien von Strittmatter und Partner AG nicht nachvollziehbar, wie sie auf die angegebenen Wertminderungen kommen.

Bei den Studien aus Nordamerika zum Thema Flughäfen und Immobilienwerte sind drei Punkte zu beachten:

1. Die Ergebnisse dieser Studien können ebenfalls nicht ohne kritische Prüfung auf den deutschen Immobilienmarkt übertragen werden, da das Marktverhalten auf dem nordamerikanischen Immobilienmarkt Unterschiede gegenüber dem deutschen Immobilienmarkt aufweist.
2. Bei den nordamerikanischen Studien wird nicht immer klar, welche Immobilienpreise untersucht wurden. Es kann sich dabei sowohl um Angebotspreise als auch um tatsächlich gezahlte Kaufpreise handeln. Für den Fall, dass Angebotspreise untersucht wurden, muss beachtet werden, dass die tatsächlich gezahlten Kaufpreise in der Regel von den Angebotspreisen abweichen und sie somit den Immobilienmarkt nicht korrekt abbilden.
3. Weiterhin wird bei den Studien nicht deutlich herausgearbeitet, wie beispielsweise die Vergleichbarkeit der Immobilien sicher gestellt wird bzw. welche weiteren Einflussgrößen berücksichtigt werden.

Insofern sind die Studien nicht immer in vollem Umfang nachvollziehbar und vor einer Übertragung der Ergebnisse auf den deutschen Immobilienmarkt kritisch zu hinterfragen.

Die Auswertung der vorhandenen Studien zum Thema Flughafen und Immobilienwerte macht deutlich, dass weder zu den negativen noch zu den positiven Auswirkungen von Flughäfen bisher Ergebnisse vorliegen, die sich auf aussagekräftige und belastbare Kaufpreisanalysen stützen. Vor diesem Hintergrund und aufgrund der Datenlagen setzt sich folgende Studie mit der Einflussgröße Fluglärm und deren Einfluss auf den ökonomischen Wert von Immobilien des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ intensiv auseinander.

III. Modellbildung

1. Entwicklung eines Modells

Bevor die statistische Auswertung durchgeführt werden kann, sind folgende Vorarbeiten notwendig:

- zu erhebende Einflussgrößen
- Festlegung des Untersuchungsgebietes sowie
- Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) (inkl. Erfassung der Kaufpreise)

1.1 Zu erhebende Einflussgrößen

Um die einzelnen wertbildenden Einflussgrößen einer Immobilie bestimmen zu können, wird die pragmatische Definition des Verkehrswertes nach Reuter⁴⁸ herangezogen. Demnach lässt sich der Verkehrswert als der Wert verstehen,

- der am Wertermittlungstichtag, also der Zeitpunkt, auf den sich die Wertermittlung bezieht,
- im gewöhnlichen Geschäftsverkehr,
- nach der Qualität des zu bewertenden Grundstückes

am wahrscheinlichsten zu erzielen wäre. Auf Grund dieser Definition müssen der Zeitpunkt der Feststellung des Immobilienwertes und die Qualität des Grundstückes in der statistischen Auswertung berücksichtigt werden.⁴⁹

Die den Preis von Immobilien beeinflussenden Einflussgrößen lassen sich den drei Qualitätskomponenten

- Lage,
- Nutzbarkeit und
- Beschaffenheit

zuordnen (vgl. Abbildung 6). Diese drei Komponenten berücksichtigen nach Seele die Gesamtheit aller preisbeeinflussenden physischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Merkmale und Eigenschaften eines Grundstückes.⁵⁰

⁴⁸ Vgl.: Reuter, F.: „Zur Umsetzung des Verkehrswertbegriffes in Wertermittlungsmethoden“ (Reihe: Beiträge zu Städtebau und Bodenordnung, Schriftenreihe des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 9), Bonn 1989, S. 29.

⁴⁹ Die Bedingung, dass keine Rücksicht auf ungewöhnliche oder persönliche Verhältnisse genommen werden darf, wird bei der statistischen Analyse dadurch berücksichtigt, dass ausschließlich Daten des gewöhnlichen Geschäftsverkehrs verwendet werden.

⁵⁰ Vgl. Seele, W.: Zur Methodik bei der Wertermittlung bebauter Gewerbe- und Industriegrundstücke, Der öffentliche bestellte und vereidigte Sachverständige, 6/1988 S. 140ff.

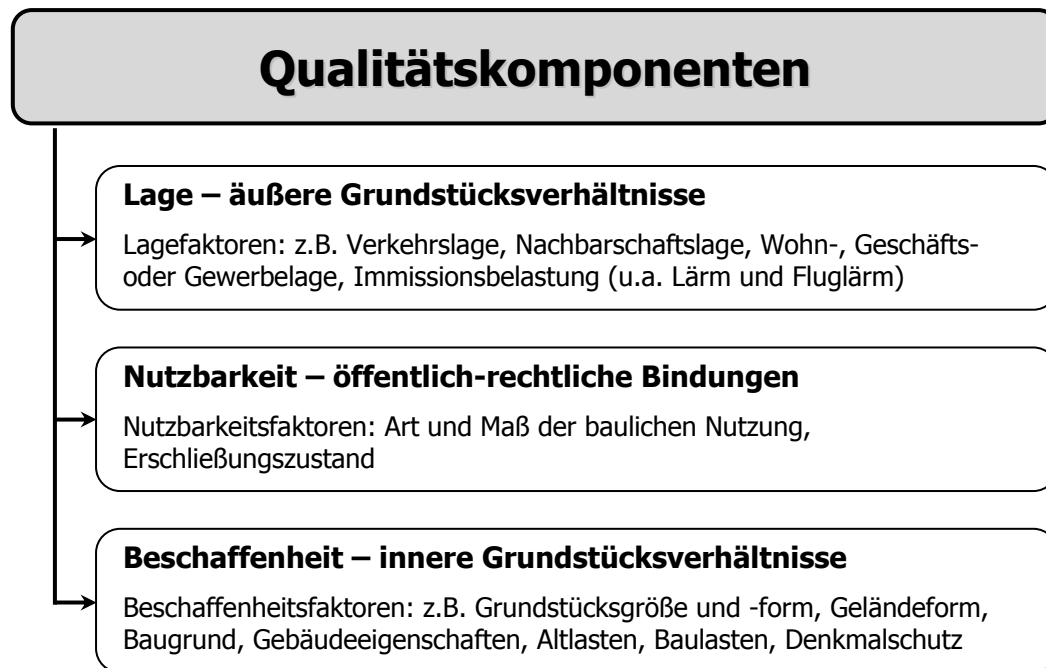


Abbildung 6: Qualitätskomponenten

Bei der quantitativen Erfassung der einzelnen wertbildenden Einflussgrößen ist zu beachten, dass die Werte der einzelnen Einflussgrößen die Situation im Untersuchungsgebiet zum Auswertungszeitpunkt repräsentieren. Bei der Bestimmung der fluglärm-belasteten Gebiete wird beispielsweise auf die aktuellen An- und Abflugrouten zurückgegriffen. Eine Berücksichtigung älterer An- und Abflugrouten ist auf Grund fehlenden Datenmaterials nicht möglich.

Bei der Erfassung der Verkehrslage treten ähnliche Probleme auf. Auch hier wird nur die aktuelle Verkehrslage erfasst. Änderungen bei der Straßenführung⁵¹ können ebenfalls auf Grund des fehlenden Informationsmaterials kaum nachvollzogen und insofern bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Bei der Erfassung der Einflussgrößen ist zu beachten, dass das Ziel der statistischen Analysen darin besteht, die Einflussgrößen zu erfassen, die auf einem statistisch hohen Niveau den höchsten Beitrag zur Erklärung des Anteils des Fluglärms liefert.⁵² Für eine sachgerechte statistische Auswertung ist es erforderlich, dass alle drei Qualitätskomponenten über geeignete Einflussgrößen integriert werden, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Dabei können einige Einflussgrößen aus der Kaufpreissammlung entnommen und somit für jeden Kaufpreis bestimmt werden (z.B. gebäudespezifische Einflussgrößen wie Kaufzeitpunkt,

⁵¹ Im Jahr 2002 wurde z.B. die A44 zwischen Lank-Latum und Düsseldorf-Messe durch eine Rheinbrücke erweitert.

⁵² Siehe hierzu auch Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. Forschungen, Heft 139. Bonn 2009, S. 32.

Wohnfläche (siehe hierzu auch Kapitel III. 1.4)). Andere Einflussgrößen müssen dagegen im Rahmen eigener Recherchen erhoben werden. Hierzu zählen beispielsweise nicht gebäudespezifische Einflussgrößen wie Angaben zur Erreichbarkeit von Infrastrukturanlagen sowie zur Bevölkerungsstruktur. Aufgrund der Vielzahl der zu analysierenden Kaufpreise wurde aus verfahrensökonomischen Gründen diese Einflussgrößen nicht zu jedem einzelnen Kaufpreis erfasst. So erfolgte beispielsweise die Erfassung der Einflussgrößen zur Bestimmung der Bevölkerungsstruktur jeweils für ein Gemeindegebiet. Andere Einflussgrößen wurden auf die Lage des zugehörigen Bodenrichtwertes bezogen bestimmt; dies ist möglich, da jeder Kaufpreis eindeutig einem Bodenrichtwertgebiet zugeordnet werden kann, und mit dieser Vorgehensweise eine für die Kaufpreisanalyse ausreichende Genauigkeit bei der Bestimmung der Einflussgrößen gewährleistet ist.

1.1.1 Lage

Die wertbildende Einflussgröße Lage lässt sich nicht so einfach wie der geographische Begriff der Lage über Koordinaten beschreiben, sondern setzt sich aus vielen einzelnen, sehr komplex miteinander verschachtelten Einzelkomponenten zusammen. So ergibt sich die Lage eines Grundstückes aus seinen örtlichen Nutzungsbeziehungen zu anderen Grundstücken sowie zu Einrichtungen des öffentlichen Lebens (z.B. Schulen, Stadtzentren, Bahnhöfe) der näheren und weiteren Umgebung.⁵³ Sie beschreibt somit die äußeren Verhältnisse eines Grundstückes und wird durch die Erreichbarkeit von Geschäfts-, Verwaltungs- und Kulturzentren sowie von Arbeitsstätten und Erholungsgebieten und von Anlagen für den Güterverkehr (Verkehrslage), die Nachbarschaftslage, die Wohn- und Geschäftslage sowie die Umwelteinflüsse (Immissionslage) geprägt.⁵⁴

Die Verkehrslage und die Lärmbelastung können ohne größere Probleme erfasst werden und lassen sich über die jeweiligen Erreichbarkeiten der oben genannten Einrichtungen in Minuten bzw. die Dezibel-Angabe größenmäßig darstellen. Somit sind die Verkehrslage und die Lärmbelastung verschiedener Grundstücke vergleichbar.

Im Gegensatz dazu sind einige Aspekte der Qualitätskomponente Lage nur sehr schwer anhand konkreter Zahlenwerte oder fest definierter Skalen zu quantifizieren und in Kaufpreisanalysen zu berücksichtigen. So sind die Nachbarschafts- und Wohnlage zu einem großen Teil durch ein Zusammenwirken zahlreicher, oft von subjektiven Empfindungen des Einzelnen abhängigen Faktoren geprägt. Der Einfluss der Lage kann daher bei ansonsten identischen Grundstücken zu erheblichen Unterschieden in ihren Werten führen.

Darüber hinaus spielen Faktoren wie Image, Sozialstruktur, geschichtliche Entwicklung oder landschaftliche Reize eines Gebietes bei der Bewertung der Lage eine wichtige Rolle. Die Wertigkeit dieser Faktoren hängt in hohem Maße von den Vorlieben des einzelnen Marktteilnehmers ab.

⁵³ Nach § 5 Abs. 6 der Wertermittlungsverordnung (WertV) „sind insbesondere die Verkehrsanbindung, die Nachbarschaft, die Wohn- und Geschäftslage sowie die Umwelteinflüsse“ Lagemerkmale von Grundstücken.

⁵⁴ Vgl. Seele, W.: Zur Methodik bei der Wertermittlung bebauter Gewerbe- und Industriegrundstücke, Der öffentliche bestellte und vereidigte Sachverständige, 6/1988 S. 140ff.

Vor diesem Hintergrund wird die Lage im Folgenden nicht direkt als eine wertbildende Einflussgröße in die statistische Auswertung aufgenommen. Vielmehr soll die Berücksichtigung der Lage über mehrere Einflussgrößen erfolgen. Allerdings können nicht alle Einflussgrößen, die einen Einfluss auf den Wert von Immobilien haben erfasst werden. Insofern dienen die hier vorgestellten und erfassten Einflussgrößen im Modellansatz der Beschreibung der Lage.

Als Grundlage für die Entscheidung, welche Einflussgrößen Eingang in die statistische Auswertung finden, dient die Wohnlageeinstufung in Mietspiegeln (siehe Abbildung 7).⁵⁵

Wohnlage	Definition
bevorzugt (10)	Absolut ruhige Wohnlage in aufgelockerter, ein- bis dreigeschossiger Bauweise, meist Villen, bei völliger Durchgrünung des Wohngebiets, hinreichender Infrastrukturausstattung und günstiger Lage zur Innenstadt und zu Freizeiteinrichtungen, meist begleitet durch Höhen- und Aussichtslage.
gut (20)	Ruhige Wohnviertel mit aufgelockerter, zumeist offener Bauweise und Vorgärten in Höhen- und Halbhöhenlagen ohne Immissionsbelastung. Dazu gehören auch Gebiete mit größeren Wohnobjekten mit starker Durchgrünung und Aussichtslage, geringen Immissionen, guter Infrastruktur und günstiger Verkehrsanbindung zur Innenstadt.
mittel (30)	Wohnlagen ohne besondere Vor- und Nachteile; sie sind gekennzeichnet durch Freiflächen und mit durchschnittlicher Immissionsbelastung. Typisch dafür sind die Wohngebiete der Innenstadt und der alten Ortsteile in Vororten, soweit sie nicht an Hauptverkehrsstraßen liegen oder die Grundstücke genügend Freiflächen, jedoch keine besondere Freilage haben.
einfach (40)	Gekennzeichnet durch eine kompakte Bauweise mit wenig Freiflächen und/oder starken Immissionen in nicht bevorzugten Wohngebieten; hierzu gehört die Lage inmitten/ oder im Windschatten von Industrie, bei dichter Bebauung, die Lage an Hauptverkehrsstraßen und Hinterhausbebauung bei unzureichender Besonnung und Durchgrünung.

Abbildung 7: Wohnlageeinstufung am Beispiel der Stadt Stuttgart⁵⁶

1.1.1.1 Verkehrslage

Die Verkehrslage setzt sich aus verschiedenen Einflussgrößen zusammen. Es wird dabei zwischen der äußeren und der inneren Verkehrslage unterschieden. Insgesamt werden zwölf Einflussgrößen zur Beschreibung der äußeren und inneren Verkehrslage für die statistische Auswertung erfasst.

- Die äußere Verkehrslage beschreibt die allgemeine Lage zum Straßen- und Schienennetz sowie die Lage zu größeren Städten. Zur Bestimmung der äußeren Verkehrslage wird die Erreichbarkeit
 - des nächsten Flughafens mit dem motorisierten Individualverkehr (IDV) und dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV),

⁵⁵ Vgl. hierzu auch: Kierig, Jochem: „Methoden zur Quantifizierung von Lage(wert)unterschieden in der Bodenwertermittlung“, WertermittlungsForum Akademie, Jahreskongress 2004, S. 5ff.

⁵⁶ Quelle: Grundstücksmarktbericht 2008 für die Stadt Stuttgart, S. 58.

- des nächsten Fernbahnhofs mit dem IDV und dem ÖPNV,
- der nächsten Autobahnauffahrt mit dem IDV⁵⁷ sowie
- des nächsten Mittel- und des nächsten Oberzentrums mit dem IDV

erfasst.

- Die innere Verkehrslage beschreibt den Anschluss an das übergeordnete innerörtliche Verkehrsnetz und an das ÖPNV-Netz, die Erreichbarkeit von Bildungseinrichtungen und das Vorhandensein von Dienstleistungsbetrieben und Einkaufsmöglichkeiten. Für die Kaufpreisanalyse wird die innere Verkehrslage repräsentativ über die Erreichbarkeiten von
 - Kindergärten,
 - Grundschulen,
 - weiterführenden Schulen sowie
 - S-Bahnhof mit dem IDV und
 - ÖPNV-Haltestellen

erfasst.

Für die Erfassung und Bestimmung der Erreichbarkeiten bezüglich der äußeren Verkehrslage bei der Nutzung des motorisierten Individualverkehrs wird der Internet-Routenplaner Map 24 (www.de.map24.com) verwendet. Als Startpunkt wird die Mitte des jeweiligen Bodenrichtwertgebietes gewählt. Als Ziel wird für die Erreichbarkeit

- des Flughafens jeweils ein Punkt direkt am entsprechenden Flughafen gewählt (z.B. das Parkhaus P1 am Flughafen Düsseldorf-International),
- des Fernbahnhofs wird der jeweils am schnellsten zu erreichende Fernbahnhof angegeben,⁵⁸
- der Autobahnauffahrt, wird die am schnellsten zu erreichende Autobahnauffahrt ausgewählt sowie
- die Mittel- und Oberzentren⁵⁹ angegeben.

Darüber hinaus werden für die Berechnung der benötigten Fahrzeit folgende Einstellungen in Map24 vorgenommen:

Routenart: schnellste

⁵⁷ Die Erreichbarkeit der nächsten Autobahnauffahrt wird nur für den motorisierten Individualverkehr untersucht, da eine Untersuchung für den ÖPNV keinen Sinn ergibt.

⁵⁸ Welche Fernbahnhöfe in die Untersuchung einbezogen werden, wird der ICE-Netzkarte 2006 der Deutschen Bahn entnommen; Vgl.: http://www.bahn.de/p/view_nav4/mdb/pv/pdf/regional/streckenfahrplan_ne/MDB19479-ice_2006_so.pdf, 26.10.2007

⁵⁹ Bei der Erreichbarkeit der Mittel- und Oberzentren wird auf eine Minutenangabe verzichtet und auf die Entfernungangabe in Kilometern zurückgegriffen. Falls ein untersuchtes Bodenrichtwertgebiet näher zu einem Oberzentrum als zu einem Mittelzentrum liegt, wird als Entfernung zum nächsten Mittelzentrum die Entfernung zu dem Oberzentrum gewählt.

Ortsstraße:	30 [km/h]
Bundesstraße:	60 [km/h]
Autobahn:	100 [km/h]
Autobahnbenutzung:	normal

Die mit Hilfe des Routenplaners bestimmten Strecken werden sowohl als Kilometer- als auch in Minuten-Angaben erfasst.

Im Hinblick auf die Erreichbarkeit bei der Nutzung des ÖPNV wird auf die Fahrplanauskünfte im Internet (Fahrplanauskunft des Verkehrsbetriebes Rhein-Ruhr (VRR) bzw. Fahrplanauskunft für Niedersachsen und Bremen (EFA)) zurückgegriffen. Diese Fahrplanauskünfte ermöglichen eine genaue Berechnung der Fahrzeit. Als Startpunkt wird ebenfalls der Mittelpunkt des jeweiligen Bodenrichtwertgebietes verwendet. Als Ziel werden hier die oben beschriebenen Ziele gewählt.

Um einheitliche Ergebnisse zu erhalten und Besonderheiten im Fahrplan (z.B. Wochenend- oder Pendlerverkehr) zu vermeiden, wird ein Werktag nach dem Berufsverkehr als Startzeit gewählt. Die Gehgeschwindigkeit, die für das Erreichen der nächstgelegenen Haltestelle vom Gebietsmittelpunkt verwendet wird, wird auf „normal“ eingestellt. Als verwendbare Verkehrsmittel werden alle öffentlichen Verkehrsmittel zugelassen. Die Gesamtfahrzeit in Minuten wird für jedes Bodenrichtwertgebiet erfasst.

Zur Erfassung und Bewertung der Fahrzeiten werden vier Klassen (sehr gut, gut, mittel und schlecht) gebildet. Diesen qualitativen Einstufungen sind entsprechende Zeitintervalle zugeordnet. Reil⁶⁰ weist darauf hin, Entfernungsangaben stets mit Minutenangaben anzugeben, da eine Strecke gleicher Länge unterschiedliche Fahrzeiten haben kann. Durch die Angabe von Minuten lassen sich die Strecken untereinander einfacher vergleichen.

Aus der Literatur lassen sich allerdings keine konkreten Zahlenwerte (oder Erreichbarkeitsklassen) für eine Klasseneinteilung der Verkehrslage ableiten, anhand derer die jeweiligen Minuten- bzw. Kilometerangaben klassifiziert werden können. Aus diesem Grund wurde eine eigene (möglichst objektive) Klassifizierung für die Bewertung der Verkehrslage erarbeitet, die in den folgenden Tabellen dargestellt ist.⁶¹

⁶⁰ Vgl.: Reil, A.: „Zur Berücksichtigung des Einflusses der Lage“, Oldenburg 1997 (unveröffentlicht), S. 3.

⁶¹ Die Erreichbarkeitsstufe schlecht ist dabei eine nach oben offene Zeitspanne, um gegebenenfalls auch sehr lange Fahrzeiten berücksichtigen zu können.

Klasse	Flughafen-IDV [min]	Fernbahnhof-IDV [min]	Autobahn-IDV [min]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	1-15	1-10	1-5	1	sehr gut
2	16-30	11-20	6-10	2	gut
3	31-45	21-30	11-15	3	befriedigend
4	>45	>30	>15	4	schlecht

Tabelle 4: Klasseneinteilung des motorisierten Individualverkehrs der äußeren Verkehrslage

Klasse	Flughafen-ÖPNV [min]	Fernbahnhof-ÖPNV [min]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	1-25	1-15	1	sehr gut
2	26-50	16-30	2	gut
3	51-75	31-45	3	befriedigend
4	>75	>45	4	schlecht

Tabelle 5: Klasseneinteilung des ÖPNV der äußeren Verkehrslage

Klasse	Entfernung Oberzentrum [km]	Entfernung Mittelzentrum [km]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	< 6,1	< 3,1	1	sehr gut
2	6,1-12,0	3,1-6,0	2	gut
3	12,1-18,0	6,1-9,0	3	befriedigend
4	>18,0	>9,0	4	schlecht

Tabelle 6: Klasseneinteilung der Erreichbarkeit der Mittel- und Oberzentren

Die innere Verkehrslage wird über die Erreichbarkeit der nächstgelegenen ÖPNV-Haltestelle, des nächsten S-Bahnhofes und der nächsten Bildungseinrichtungen⁶² berücksichtigt. Im Gegensatz zu der äußeren Verkehrslage werden hier die Einstellungen bei Map24 leicht verändert, da die Bildungseinrichtungen meist zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreicht werden:⁶³

⁶² Als Bildungseinrichtungen werden hier nur Kindergärten, Grundschulen und weiterführende Schulen berücksichtigt.

⁶³ Für die Erreichbarkeitsbestimmung zum nächsten S-Bahnhof wird ebenfalls auf die geänderten Map24-Einstellungen zurückgegriffen, da davon ausgegangen werden kann, dass der S-Bahnhof – falls möglich – ebenfalls zu Fuß oder per Fahrrad erreicht wird.

Routenart:	kürzeste
Ortsstraße:	30 [km/h]
Bundesstraße:	60 [km/h]
Autobahn:	100 [km/h]
Autobahnbenutzung:	normal ⁶⁴

Die einzelnen Standorte der Bildungseinrichtungen wurden von den jeweiligen Gemeindeverwaltungen zur Verfügung gestellt. Anschließend werden für jedes Bodenrichtwertgebiet die nächstgelegenen Bildungseinrichtungen identifiziert und deren Entfernung bestimmt.

Bei der Bestimmung der Entfernung zu den weiterführenden Schulen wird keine Unterscheidung zwischen Gymnasium, Haupt-, Real-, oder Gesamtschule vorgenommen.

Als Startpunkt zur Entfernungsbestimmung wird, wie bei der äußeren Verkehrslage, jeweils die Mitte der Bodenrichtwertgebiete verwendet. Als Ziel wird

- die jeweilige Bildungseinrichtung (hier werden nur die jeweiligen Entfernungen in Kilometer erfasst) bzw.
- der am schnellsten zu erreichende S-Bahnhof bzw. die nächstgelegene ÖPNV-Haltestelle (hier werden die Entfernungen mit Kilometer- und Minuten-Angaben erfasst)

herangezogen.

Im Vergleich zu den anderen Faktoren der Verkehrslage existieren für die Erreichbarkeiten von Bildungseinrichtungen Orientierungswerte für die Einteilung der Klassen. So beträgt nach Borchard/Schönig z.B. die optimale Entfernung zum Kindergarten max. 500 Meter⁶⁵ und nach Korda max. 600 Meter⁶⁶. Borchard⁶⁷ gibt weiterhin noch maximale Entfernungen zu Grundschulen (max. 700 m), weiterführenden Schulen (1,0-1,3 km) sowie Bushaltestellen (max. 500 m) an.

Anhand dieser Werte können die einzelnen Klassen der Erreichbarkeit zu Bildungseinrichtungen abgeleitet werden. Hierbei ist die optimale (sehr gute) Entfernung das Kriterium für die zu wählende Intervallgröße der Klassen. Somit ergeben sich die nachstehenden Einteilungen der Entfernungsklassen.

⁶⁴ Die Einstellungen zur Autobahnbenutzung werden hier nur der Vollständigkeit halber angegeben. Die einzelnen Ziele der inneren Verkehrslage konnten alle ohne Autobahnbenutzung erreicht werden.

⁶⁵ Vgl.: Borchard/Schönig: „Städtebau im Übergang zum 21. Jahrhundert“, Karl Krämer Verlag Stuttgart 1992, S. 48.

⁶⁶ Vgl.: Korda, Martin: „Städtebau – Technische Grundlagen“, 5. Auflage 2005, B.G. Teuber Verlag, S. 122.

⁶⁷ Vgl. Borchard, Klaus: Orientierungswerte für die Städtebauliche Planung; Flächenbedarf – Einzugsgebiete – Folgekosten, 2. Auflage 1974, S. 104.; S. 110ff., S. 208f.

Klasse	Erreichbarkeit Kindergarten [km]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	< 0,6	1	sehr gut
2	0,6 - 1,0	2	gut
3	1,1 - 1,5	3	befriedigend
4	> 1,5	4	schlecht

Tabelle 7: Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von Kindergärten

Klasse	Erreichbarkeit Grundschule [km]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	< 1,1	1	sehr gut
2	1,1 - 2,0	2	gut
3	2,1 - 3,0	3	befriedigend
4	> 3,0	4	schlecht

Tabelle 8: Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von Grundschulen

Klasse	Erreichbarkeit weiterführende Schule [km]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	< 1,6	1	sehr gut
2	1,6 - 3,0	2	gut
3	3,1 - 4,5	3	befriedigend
4	> 4,5	4	schlecht

Tabelle 9: Klasseneinteilung der Erreichbarkeit von weiterführenden Schulen

Die Klasseneinteilung bei der Entfernung der S-Bahnhöfe und der ÖPNV-Haltestellen⁶⁸ wird wie folgt vorgenommen.

Klasse	S-Bahnhof-IDV [min]	ÖPNV-Haltestelle Fußweg [min]	Klassenwert	Erreichbarkeit
1	1 – 3	1 – 3	1	sehr gut
2	4 – 6	4 – 6	2	gut
3	7 – 9	7 – 9	3	befriedigend
4	> 9	> 9	4	schlecht

Tabelle 10: Klasseneinteilung der Erreichbarkeit der öffentlichen Verkehrsmittel

⁶⁸ In der Regel handelt es sich hierbei um eine Bushaltestelle.

1.1.1.2 Immissionsbelastung

Zur Erfassung und Bewertung der Immissionslage werden sowohl der Grundlärm als auch der Fluglärm als wertbeeinflussende Einflussgröße berücksichtigt. Auf die Untersuchung weiterer Immissionsbelastungen wie beispielsweise Geruchsbelästigungen wird verzichtet, da hierzu keine Daten vorliegen. Auf Grund der Komplexität der Thematik folgt ein kurzer Exkurs.

• Lärm

Lärm hat sich zu einem ernsthaften Umweltproblem entwickelt. Nach Angabe des Umweltbundesamt fühlen sich

- knapp 60 % der Bürger durch Straßenverkehrslärm,
- ca. 42 % der Bürger durch Nachbarschaftslärm,
- ca. 32 % der Bürger durch Industrie- und Gewerbelärm,
- ca. 30 % der Bürger durch Flugverkehrslärm und
- ca. 24 % der Bürger durch Schienenverkehrslärm

gestört (siehe auch Abbildung 8).⁶⁹ Diese störenden Lärmquellen können auch den Wert einer Immobilie beeinflussen.

Geräuschquelle	Gestört und belästigt (Angaben ¹⁾ in %)				
	äußerst	stark	mittelmäßig	etwas	überhaupt nicht
Straßenverkehr	3,5	8,1	18,1	29,1	41,2
Nachbarn	1,4	3,9	10,8	26,2	57,6
Flugverkehr	1,9	4,2	7,5	16,8	69,6
Industrie und Gewerbe	0,7	2,9	8	20,1	68,2
Schienenverkehr	0,5	2,7	8	12,4	76,4

¹⁾ gerundete Zahlen, daher Summenwerte über 100 % möglich

Quelle: Umweltbundesamt, Umweltbewusstsein in Deutschland 2008, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin 2008

Abbildung 8: Lärmbelästigung der Bevölkerung nach Geräuschquellen 2008⁷⁰

Lärm ist keine physikalisch definierte Größe. Beim Lärm handelt es sich vielmehr um Umgebungsgeräusche, die subjektiv wahrgenommen werden.⁷¹ Ob diese

⁶⁹ Vgl. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2451,6.2.2010>

⁷⁰ Quelle: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?jsessionid=E2AF314086A609243F144D0E2224C09D?ident=17075,6.2.2010>

Umgebungsgeräusche vom jeweiligen Individuum als negativ empfunden werden, hängt in großem Maße von der Stimmung, der Verfassung und nicht zuletzt den Vorlieben der jeweiligen Person sowie der Frequenzzusammensetzung ab. So kann beispielsweise das Motorengeräusch eines Motorrads von seinem Fahrer als angenehm, für eine andere, Ruhesuchende Person jedoch als unzumutbare Beeinträchtigung der Lebensqualität empfunden werden.

Lärm ist also ein psychologischer Begriff und bedeutet in der Regel ein unerwünschtes, zu lautes Geräusch, das unter anderem zu Stress, Schlafstörungen, Hörermüdung oder gar Hörverlust führen kann.

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) bezeichnet diesen in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Sprachgebrauch als störenden Schall. Der Begriff des Lärms ist somit negativ belastet, während Schall und Geräusch neutral betrachtet werden. Physikalisch handelt es sich beim Schall um Schwingungen (z.B. die Membran eines Lautsprechers, menschliche Stimmbänder) einer Schallquelle (Emission). Er pflanzt sich über ein Transportmedium (Luft, Wasser, Festkörper usw.) fort (Transmission) und trifft als Geräusch oder Lärm auf das jeweilige Individuum oder Objekt (Immission).⁷²

Die Stärke des Schalls, also die Lautstärke, kann gemessen werden. Die Messgröße heißt Schalldruck, der angezeigte Messwert ist der Schalldruckpegel und wird in Dezibel angegeben. Ein Schallereignis stellt sich als kleinste Druckschwankung um den atmosphärischen Luftdruck dar; diese Schwingung wird vom Gehör wahrgenommen. Das Lautstärkeempfinden eines Schallereignisses wird dabei grundsätzlich durch ebendiesen Schalldruck und zudem durch die Frequenz bestimmt. Die Frequenz (Anzahl der Schwingungen pro Sekunde) bedingt die "Tonhöhe". Je höher die Frequenz, desto höher wird der Ton (oder das Geräusch) wahrgenommen.⁷³

Je stärker ein Geräusch ist, desto mehr Menschen empfinden es als unangenehmen Lärm. Als Lärm können auch alle Schallereignisse bezeichnet werden, die das menschliche Wohlbefinden beeinträchtigen. Damit ist der Begriff Lärm subjektiv geprägt, messtechnisch zugänglich ist nur das (physikalisch beschreibbare) Geräusch. Starke Lärmeinwirkungen oder dauerhafter Lärm können sogar krank machen oder die Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen.⁷⁴

Lärm ist also nicht gleich Geräusch. Kontinuierlicher Lärm, zum Beispiel von Maschinen wie Pumpen oder Gebläsen, unterscheidet sich dabei von so genanntem intermittierendem Lärm wie beim Flugzeugstart oder dem Klingeln eines Weckers.⁷⁵

⁷¹ Zur subjektiven Wahrnehmung der Lautstärke siehe auch Neef, F., Müller, M.: Bauphysik, Einflussgröße der Wertermittlung, Bedeutung des Schallschutzes für den Verkehrswert von Grundstücken - Teil 2, in: WFA - WertermittlungsForum Aktuell, Heft 1/2001, S. 21 ff.

⁷² Vgl. <http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/index-2.htm>, 6.2.2010.

⁷³ Vgl. http://www.bmu.de/laermschutz/ueberblick/was_ist_laerm/doc/41232.php, 6.2.2010.

⁷⁴ Ebenda.

⁷⁵ Ebenda.

Die Hörschwelle beim Menschen liegt bei einer Frequenz von 1.000 Hz bei $20 \mu Pa$, dies entspricht 0 dB.⁷⁶ Da das menschliche Gehör tiefe und hohe Töne leiser als den Bereich der mittleren Frequenzen um etwa 1.000 Hertz wahrnimmt, werden die ermittelten Schalldruckpegel nochmals umgerechnet, um den Lautstärkeindruck realistischer abbilden zu können. International wird in der Regel eine "A-Bewertung" durchgeführt (Korrektur der Schallpegel nach einer bestimmten Bewertungskurve A, die Schallpegel mit tiefen sowie hohen Frequenzen nach unten korrigiert, da sie ja leiser wahrgenommen werden). Bei sehr tiefen Frequenzen ist dieser Effekt besonders stark ausgeprägt. Die resultierenden Schallpegel werden in dB(A) angegeben. Die Verwendung des Maßes Dezibel hat den Vorteil, dass der Bereich des hörbaren Schalls durch kleine Zahlenwerte dargestellt werden kann (Hörschwelle liegt bei 0 dB(A), Schmerzgrenze bei ca. 120 dB(A)). Außerdem entspricht es dem menschlichen Gehörempfinden.⁷⁷

Änderungen der Lautstärke um 1 dB kann der Mensch unter bestimmten Voraussetzungen wahrnehmen; eine Pegeländerung um 10 dB entspricht etwa einer Verdopplung bzw. Halbierung der subjektiv empfundenen Lautstärke.⁷⁸ In Tabelle 11 sind die Lautstärke und die zugehörige Geräuschempfindung einiger typischer Geräuscharten aufgeführt.

Lärmstufe	Geräuschart	Lautstärke	Geräuschempfinden
I 30 - 65 dB(A) Psychische Reaktion	Ticken einer leisen Uhr, feiner Landregen, Flüstern	30 dB(A)	sehr leise
	nahes Flüstern, ruhige Wohnstraße	40 dB(A)	ziemlich leise
	Unterhaltungssprache	50 dB(A)	normal
	Unterhaltungssprache in 1 m Abstand, Bürolärm	60 dB(A)	normal bis laut
II 65 - 90 dB(A) Physiologische Reaktion	laute Unterhaltung, Rufen, Pkw in 10 m Abstand	70 dB(A)	laut bis sehr laut
	Straßenlärm bei starkem Verkehr	80 dB(A)	sehr laut
III 90 - 120 dB(A) Gehörschaden, Ohr-Schmerz	laute Fabrikhalle	90 dB(A)	sehr laut
	Autohupen in 7 m Abstand	100 dB(A)	sehr laut bis unerträglich
	Kesselschmiede	110 dB(A)	sehr laut bis unerträglich
	Flugzeugtriebwerk	120 dB(A)	unerträglich bis schmerzhaft
		130 dB(A)	Schmerzschwelle

Tabelle 11: Lärmstufen und Lautstärke⁷⁹

⁷⁶ Vgl. Ziekow, J. (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts, Werner Verlag Düsseldorf, S. 640.

⁷⁷ Ebenda, S. 640f.

⁷⁸ Vgl. http://www.bmu.de/laermschutz/ueberblick/was_ist_laerm/doc/41232.php, 6.2.2010.

⁷⁹ Quelle: http://www.bmu.de/laermschutz/ueberblick/was_ist_laerm/doc/41232.php, 6.2.2010.

Nicht nur laute Geräusche können als unangenehm empfunden werden und krank machen. Auch leisere Geräusche, die ständig auf den Menschen einwirken, haben dieselbe Auswirkung.

Bereits geringe Lärmpegel ab 25 dB(A) können zu Konzentrations- oder Schlafstörungen führen. Ausschlaggebend ist die Art des Geräusches. Ein laufender Motor stört häufig mehr als ein gleich lauter idyllischer Wildbach. Die subjektive Bewertung spielt dabei eine große Rolle, da die gleichen Geräusche unterschiedlich wahrgenommen werden, was von Situation und Stimmung abhängt. Dauerbelastungen von über 65 dB(A) am Tag können zu einem erhöhten Gesundheitsrisiko führen. Ab einem Pegel von 85 dB(A) wird über die gesundheitlichen Wirkungen hinaus das Gehör geschädigt.⁸⁰

• **Grundlärm**

Der Grundlärm setzt sich aus verschiedenen Lärmquellen (Straßen- und Schienenverkehrslärm, Industrie- bzw. Gewerbelärm sowie Freizeitlärm) zusammen.

Straßen- und Schienenlärm kann meist durch die Bebauung abgeschirmt werden. Während die Vorderseite der Häuser stark belastet wird, ist der Lärm an der Häuserrückseite erheblich geringer. Entsprechend können sich die Menschen durch ihr Wohnverhalten meist eine gewisse Linderung verschaffen. Durch planerische und architektonische Maßnahmen (Anordnung der Gebäude, Aufteilung der Wohnungen) kann der Lärm zumindest reduziert bzw. an seiner Ausbreitung gehindert werden.

Nach § 47 Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sind alle Gemeinden in Deutschland dazu verpflichtet, „den Umgebungslärm, dem Menschen insbesondere in bebauten Gebieten, in öffentlichen Parks oder anderen ruhigen Gebieten eines Ballungsraums, in ruhigen Gebieten auf dem Land, in der Umgebung von Schulgebäuden, Krankenhäusern und anderen lärmempfindlichen Gebäuden und Gebieten ausgesetzt sind⁸¹“, zu erfassen und in Lärmkarten darzustellen.

Als wertbildende Einflussgrößen der Immissionsbelastung im Bezug auf den Grundlärm gehen nur der Grundlärm Tag und der Grundlärm Nacht in die statistische Auswertung ein. Aus diesem Grunde müssen die einzelnen Lärmwerte zu einem Gesamtlärmwert für den Tag und einen Gesamtlärmwert für die Nacht zusammengefasst werden. Die Berechnung des Grundlärms erfolgte mit Unterstützung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW sowie mit Hilfe des niedersächsischen Umweltministeriums.

Für die statistische Analyse wird eine Unterteilung des Grundlärms in acht Klassen von unbelastet bis sehr schädlich vorgenommen (siehe Tabelle 12), diese Klasseneinteilung ergibt sich aus den zur Verfügung gestellten Grundlärmwerten.

⁸⁰ Vgl. <http://www.bmu.de/laermschutz/ueberblick/laermwirkung/doc/41237.php>, 6.2.2010.

⁸¹ Vgl.: § 47 a Bundesimmissionsschutzgesetz in der Fassung vom 26. September 2002, zuletzt geändert nach die Neufassung des Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.

Grundlärm [dB(A)]	Klassenwert	Belastung
< 35	1	unbelastet
36-40	2	gering belastet
41-45	3	sehr ruhig
46-50	4	ruhig
51-55	5	laut
56-60	6	sehr laut
61-65	7	schädlich
66-70	8	sehr schädlich

Tabelle 12: Klasseneinteilung der Grundlärmbelastung

• Fluglärm

Fluglärm stellt heute eine der größten Umweltbeeinträchtigungen in der Nähe von Flughäfen dar und wird - trotz der Fortschritte in der Flugzeug- und Triebwerktechnologie und der damit einhergehenden Minderung der Lärmbelastungen - negativ wahrgenommen. Dies wird vor allem durch die Vielzahl von Bürgerinitiativen gegen Fluglärm deutlich.

Als Fluglärm werden die von Luftfahrzeugen erzeugten unharmonischen Schallschwingungen im Frequenzbereich von etwa 300 bis 5.000 Herz bezeichnet. Sie werden als störend empfunden und können zu Gesundheitsschäden führen.⁸² Fluglärm wird dadurch charakterisiert, dass er in unregelmäßigen Abständen auftritt. Zwischen den (kurzen) hohen Pegelspitzen (die Schallintensität steigt schnell an) existieren auch Zeiten der Ruhe. Der Lärm fliegender Flugzeuge wird von oben abgestrahlt. Dadurch kann der Fluglärm von allen Seiten in die Häuser eindringen. Abschirmeffekte gibt es insofern nicht. Vielmehr können Reflexionen durch die Bebauung den Pegel noch vergrößern. Zur objektiven Beurteilung von Fluglärm dienen die messbaren Schalldrücke, die als relative Schallpegel in Dezibel angegeben werden.⁸³

Die Novellierung des seit 1971 bestehenden Fluglärmgesetzes im Jahr 2007 zielte auf einen verbesserten Schutz der Anwohner von Flugplätzen. Das Gesetz enthält Regelungen über die Einrichtung und Festsetzung von Lärmschutzbereichen, der Ermittlung der Lärmbelastung sowie für Bauverbote und zur Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen und Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs. Gegenüber dem Fluglärmgesetz von 1971 wurden die Grenzwerte für den passiven Lärmschutz in der Schutzzone 1 für bestehende zivile Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm von 75 dB(A) auf 65 dB(A) am Tag und auf 55 dB(A) bei Nacht⁸⁴ abgesenkt. Für den Fall von wesentlichen baulichen

⁸² Vgl. Brockhaus - Die Enzyklopädie: in 30 Bänden. 21., neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Mannheim: F. A. Brockhaus 2005-06.

⁸³ Ebenda.

⁸⁴ Es war erstmals auch eine Nacht-Schutzzone auszuweisen.

Erweiterungen oder beim Neubau ziviler Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm wurde eine zusätzliche Herabstufung der Werte in der Schutzzone 1 auf 60 bzw. 50 dB(A) vorgenommen.

Des Weiteren sorgt die Novelle für eine vorausschauende Siedlungsplanung im Flughafenumland. Am 31.10.2007 wurde die geltende Fassung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm neu bekannt gemacht.

In zwei Rechtsverordnungen werden die Vorschriften des novellierten Fluglärmgesetzes weiter konkretisiert:

- Die 1. Fluglärmschutzverordnung vom 27. Dezember 2008 regelt die Einzelheiten der Datenerfassung über den Flugbetrieb und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung der Lärmschutzbereiche.
- Die 2. Fluglärmschutzverordnung vom 8. September 2009 legt Anforderungen an die Qualität des baulichen Schallschutzes von Wohnungen und schutzbedürftigen Einrichtungen im Lärmschutzbereich fest.

Die Verordnungen schaffen die Voraussetzungen für einen effizienten und rechtssicheren Vollzug des novellierten Fluglärmgesetzes.⁸⁵

Andere Regelungsbereiche und Handlungsinstrumente, die für den Fluglärmschutz von Bedeutung sind, etwa zu betrieblichen Regelungen, zur Festlegung von Flugrouten sowie zu Nachtflugbeschränkungen und -verboten, sind im Luftverkehrsgesetz angesiedelt.⁸⁶

Die Festlegung von Flugverfahren (Flugstrecken, Flughöhen etc.) ist nach den einschlägigen Regelungen des Luftverkehrsrechts Aufgabe des neugegründeten Bundesaufsichtsamts für Flugsicherung. Festlegungen, die von besonderer Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm sind, werden im Benehmen mit dem Umweltbundesamt erlassen.⁸⁷

Die äquivalenten Dauerschallpegel (L_{EQ}) sind weltweit die gebräuchlichsten Fluglärmbeurteilungsmaße. In der Praxis existieren eine Vielzahl von speziellen L_{EQ} -Varianten. Zu den gebräuchlichsten äquivalenten Dauerschallpegeln auf der Basis von A-bewerteten Schallpegeln zählen u.a.:⁸⁸

- Der in Deutschland durch das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vorgeschriebene äquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(4)}$.
Der Äquivalenzparameter als wesentliches Charakteristikum des äquivalenten Dauerschallpegels hat einen Wert von 13,3. Bei einer Verdoppelung der Geräuschhäufigkeit erhöht sich der $L_{eq(4)}$ -Wert um 4 dB(A).

⁸⁵ Vgl. <http://www.bmu.de/laermschutz/themenbereiche/verkehrslaerm/doc/41275.php>, 6.2.2010.

⁸⁶ Ebenda.

⁸⁷ Ebenda.

⁸⁸ Vgl. Ziekow, J. (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts, Werner Verlag Düsseldorf, S. 645.

Es werden zwei Fälle unterschieden, Fall A basiert auf dem reinen Tagesverkehr zwischen 6 und 22 Uhr, der durch einen Faktor 1,5 auf 24 Stunden umgerechnet wird. Bei Fall B werden die Nachtbewegungen mit einem Faktor 5 berücksichtigt.⁸⁹

- Der energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$.
Der energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{eq(3)}$ nach ISO 3891 sieht keine tageszeitbezogene Gewichtungen vor. Er stellt ein direktes Maß für die am Immissionsort eingestrahlte Schallenergie dar (energieäquivalenter Dauerschallpegel). Aussagen zum Beurteilungszeitraum trifft die ISO 3891 nicht, der $L_{eq(3)}$ wird oft über den gesamten Tag von 24h ($L_{eq(3,24h)}$), die 16 Tagesstunden von 6-22 Uhr ($L_{eq(3,Tag)}$) oder über die 8 Nachtstunden von 22-6 Uhr ($L_{eq(3,Nacht)}$) ermittelt.⁹⁰
- Der modifizierte Day-Evening-Night Sound Level L_{DEN} .
Als Standard wird für die Tagesperiode der Zeitraum von 7 – 19 Uhr vorgesehen. Weiterhin ist eine Berücksichtigung der Tagesrandzeiten von 19 – 23 Uhr und die Nachtperiode von 23 – 7 Uhr vorgesehen. Als Bezugszeitraum wird ein repräsentatives Kalenderjahr angegeben.⁹¹

Für die Beurteilung des Fluglärms wird am Flughafenstandort Düsseldorf-International auf die Lärmkarten NRW⁹² nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie zurückgegriffen. Der Fluglärm wurde dort in Fünf-Dezibel-Schritten beginnend bei 55 dB(A) berechnet. Am Flughafenstandort Hannover-Langenhagen wird auf die Lärmscreenings des niedersächsischen Umweltministeriums⁹³ zurückgegriffen. Auch hier wurde der Fluglärm in Fünf-Dezibel-Schritten beginnend bei 50 dB(A) berechnet.

Die einzelnen Klassen und deren zugehörige Fluglärmzonen, die sich an diesen Werten orientieren, sind in Tabelle 13 (Flughafenstandort Düsseldorf-International) und Tabelle 14 (Flughafenstandort Hannover-Langenhagen) dargestellt.⁹⁴ Bei der statistischen Auswertung wird nur zwischen fluglärmunbelastet (0) und fluglärmbelastet (1) unterschieden, da für eine genauere Differenzierung nicht genügend Kaufpreise in allen Klassen (Fluglärmbereichen) vorliegen.

⁸⁹ Vgl. Ziekow, J. (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts, Werner Verlag Düsseldorf, S. 646.

⁹⁰ Ebenda, S. 646.

⁹¹ Ebenda, S. 647.

⁹² Vgl. <http://www.umgebungslaerm-kartierung.nrw.de/laerm/viewer.htm>, 28.10.2007.

⁹³ Vgl. http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C8612741_N600_L20_D0_I598.html, 23.02.2010.

⁹⁴ Die unterschiedliche Klasseneinteilung ist darauf zurückzuführen, dass an den Flughafenstandorten unterschiedliche äquivalente Dauerschallpegel (Flughafen Düsseldorf-International: L_{DEN} ; Flughafen Hannover-Langenhagen: L_{eq3}) verwendet werden.

Klasse	Fluglärm [dB(A)]	Klassenwert	Belastung
1	< 55	0	unbelastet
2	55-60	1	leicht belastet
3	60-65	1	belastet
4	65-70	1	stark belastet

Tabelle 13: Klasseneinteilung der Fluglärmzonen am Flughafenstandort Düsseldorf-International

Klasse	Fluglärm [dB(A)]	Klassenwert	Belastung
1	< 50	0	unbelastet
2	51-55	1	leicht belastet
3	56-60	1	leicht belastet
4	61-65	1	belastet
5	66-70	1	belastet
6	71-75	1	stark belastet
7	> 75	1	stark belastet

Tabelle 14: Klasseneinteilung der Fluglärmzonen am Flughafenstandort Hannover-Langenhagen

1.1.1.3 Bebauung

Die Bebauung der einzelnen Bodenrichtwertgebiete unterscheidet sich in dieser Untersuchung ausschließlich durch die Gebäudetypen. Hierbei wird zwischen freistehenden Einfamilienhäusern, Doppel-, Reihen- und Mehrfamilienhäusern differenziert. Die Bestimmung und Erfassung der einzelnen Gebäudetypen erfolgt durch Ortsbesichtigungen und durch die Auswertung von Luftbildern (z.B. Google Earth), wobei der überwiegend vorherrschende Gebäudetyp erfasst wird. Da sich zeigte, dass in den Bodenrichtwertgebieten häufig Mischbebauungen vorhanden sind, bei denen kein vorherrschender Gebäudetyp identifiziert werden kann, werden bei der Klasseneinteilung zwei Klassen mit Mischbebauungen aufgenommen.

Da für die spätere statistische Auswertung metrische Maße notwendig sind, ist auch hier eine Klasseneinteilung notwendig. So werden die einzelnen Bodenrichtwertgebiete in drei Bebauungsklassen⁹⁵ eingeteilt (vgl. Tabelle 15).

⁹⁵ Da in dieser Arbeit ausschließlich Einfamilienhäuser statistisch ausgewertet werden, kann die Anzahl der Vollgeschosse unberücksichtigt bleiben. Bei Einfamilienhäusern liegt die Anzahl der Vollgeschosse meist zwischen einem und zwei Vollgeschossen. Dies führt dazu, dass dieser Einfluss recht homogen ist und deshalb vernachlässigt werden kann. Ähnlich verhält es sich mit der vorhandenen Bauweise. In den einzelnen

Klasse	Bebauung
1	freistehende Einfamilienhäuser (E)
2	Mischbebauung Einfamilienhäuser (freistehende Einzelhäuser sowie Reihen- und Doppelhäuser) (E, R, D)
3	Mischbebauung (freistehende Einzelhäuser, Reihen- und Doppelhäuser sowie Mehrfamilienhäuser ⁹⁶) (E, R, D, M)

Tabelle 15: Klasseneinteilung der jeweiligen vorherrschenden Gebietsbebauung

1.1.1.4 Durchgrünung

Bei der Bestimmung der Durchgrünung ist es wichtig, neben öffentlichen Grünflächen auch private Gärten und Freiflächen zu berücksichtigen. Die Einteilung der einzelnen Bodenrichtwertgebiete zu den dazugehörigen Durchgrünungsklassen erfolgte mit Hilfe von Luftbildern (z.B. Google Earth) und durch Ortsbesichtigungen und stellt somit einen subjektiven Eindruck dar. Dennoch kann auf die Aufnahme dieser wertbildenden Einflussgröße in die statistische Auswertung nicht verzichtet werden, da die Durchgrünung einen Anhaltspunkt für den Erholungs- und Freizeitwert eines bestimmten Gebietes darstellt.

In der Fachliteratur wird die Durchgrünung ebenfalls als notwendige Einflussgröße für die Wohnlage aufgeführt, allerdings liegen bisher noch keine Klassendefinitionen vor.⁹⁷ Vor diesem Hintergrund wird bei der Bestimmung der Durchgrünung der Untersuchungsgebiete eine Einteilung in sehr gute und gute Durchgrünung vorgenommen.

Die Durchgrünung kleinerer Gemeinden und der Gebiete am Stadtrand unterscheidet sich nur durch den Umfang privater Freiflächen bzw. überbauter Grundstücksflächen und des Straßenbegleitgrüns bzw. öffentlicher Freizeitanlagen (z.B. Spielplatz, Wochenendplätze), da ansonsten ein vergleichbarer Zugang zu Freiflächen (Feld, Wiesen, Wald) vorliegt.

In den Stadtgebieten selbst sind bei der Einstufung in die Klassen die zahlreichen öffentlichen Parkanlagen, z.B. in Hannover-Bothfeld, zu berücksichtigen.

Bodenrichtwertgebieten der Untersuchungsgebiete ist ausschließlich offene Bauweise zu finden, so dass auch dieser Einfluss auf Grund seiner Homogenität vernachlässigt werden kann.

⁹⁶ Die Kaufpreise der Mehrfamilienhäuser werden in der späteren statistischen Auswertung nicht berücksichtigt, sondern sie werden nur im Rahmen der Klassifikation der Bebauung betrachtet.

⁹⁷ Vgl.: u.a. Kierig, Jochem: „Methoden zur Quantifizierung von Lage(wert)unterschieden in der Bodenwertermittlung“, S. 5 – 6; sowie Reil, Andrea: „Zur Berücksichtigung des Einflusses der Lage“ (unveröffentlicht), S. 23.

Klasse	Durchgrünung
1	sehr gut
2	gut

Tabelle 16: Klasseneinteilung der Durchgrünung

1.1.1.5 Bevölkerungsstruktur

Die Bevölkerungsstruktur wird in dieser Arbeit durch drei Einflussgrößen (Einwohnerzahl, Ausländeranteil und Kaufkraft) repräsentiert.

Das Wohnumfeld der einzelnen Bodenrichtwertgebiete kann mit Hilfe dieser drei Einflussgrößen im Zusammenhang mit den Einflussgrößen Bebauung (siehe Kapitel 1.1.1.3) und Durchgrünung (siehe Kapitel 1.1.1.4) beschrieben und klassifiziert werden.

• Einwohnerzahl und Ausländeranteil

Der Einfluss der Einwohnerzahl auf Bodenpreise wird beispielsweise von Kanngieser/Kertscher/Deichsel⁹⁸ beschrieben. Dagegen wurde der Ausländeranteil in der Fachliteratur bisher noch nicht näher untersucht. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Ausländeranteil in den jeweiligen Bodenrichtwertgebieten durchaus einen monetären Einfluss auf den Bodenpreis haben kann. Um eine Vergleichbarkeit der Ausländeranteile zu gewährleisten, wird ausschließlich der prozentuale Ausländeranteil bestimmt.⁹⁹

• Kaufkraft

Bei der Kaufkraft handelt es sich um den ausgabefähigen Geldbetrag, den Konsumenten für Konsumzwecke zur Verfügung haben. Er ergibt sich aus dem Einkommen einschließlich des Vermögensverzehrs plus der Kreditaufnahme für Konsumzwecke abzüglich der Kreditrückzahlungen.¹⁰⁰ Diese Definition zeigt, dass die Kaufkraft den Wohlstand der Haushalte widerspiegelt und dadurch die jeweilige Sozialstruktur in der statistischen Auswertung repräsentiert werden kann.

1.1.2 Nutzbarkeit

Die Nutzbarkeit eines Grundstückes leitet sich aus den öffentlich-rechtlichen Bindungen und Beschränkungen zur baulichen und sonstigen Nutzung her.¹⁰¹ Hierzu zählen Art und Maß der

⁹⁸ Vgl. z.B.: Kanngieser/Kertscher/Deichsel: „Modellierung der Lageabhängigkeit von Bodenrichtwerten“, ZfV 10/1994, S. 527.

⁹⁹ Bei Angabe der absoluten Ausländerzahlen werden die Werte durch die Gesamteinwohnerzahl der jeweiligen Teilgebiete geteilt und so der prozentuale Anteil berechnet.

¹⁰⁰ Vgl.: www.unternehmerinfo.de/Lexikon/K/Kaufkraft.htm, 02.02.2008

¹⁰¹ Vgl. Seele, W.: Zur Methodik bei der Wertermittlung bebauter Gewerbe- und Industriegrundstücke, Der öffentliche bestellte und vereidigte Sachverständige, 6/1988 S. 140ff.

baulichen Nutzung gemäß BauNVO sowie der erschließungsrechtliche Zustand des Grundstückes, der in den Bauordnungen der Bundesländer geregelt ist. Aufgrund dieser klaren gesetzlichen Vorschriften ist ein Vergleich bzw. eine Unterscheidung hinsichtlich der Nutzbarkeit von Grundstücken oder Baugebieten problemlos möglich und lässt sich im Rahmen von Kaufpreisanalysen berücksichtigen.

1.1.3 Beschaffenheit

Unter der Beschaffenheit eines Grundstückes werden die wertbildenden Einflussgrößen tatsächlicher und rechtlicher Art, die sich aus dem Grundstück selbst ergeben, verstanden. Zu den Beschaffenheitsfaktoren tatsächlicher Art gehören u.a. die Grundstücksfläche, der Zuschnitt, das Vorhandensein von Altlasten sowie die Tragfähigkeit des Bodens. Zu den Beschaffenheitsfaktoren rechtlicher Art zählen beispielsweise der Denkmalschutz sowie weitere grundstücksbezogene Rechte und Belastungen.

1.2 Festlegung der Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsgebiete umfassen den Bereich der Schutzzonen gemäß § 2 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) der Flughäfen Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen sowie der jeweiligen An- und Abflugrouten der Start- und Landebahnen. Sie erstrecken sich über eine Fläche von rund 400 km² (Flughafen Düsseldorf-International) und rund 650 km² (Flughafen Hannover-Langenhagen) und liegen schlauchartig parallel zu den Start- und Landebahnen.

Bei der Festlegung der Untersuchungsgebiete ist darauf zu achten, dass jeweils eine ausreichende Anzahl von Gebieten enthalten sind, die durch Fluglärm belastet oder nicht belastet sind.

1.3 Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)

Zur strukturierten Erfassung des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) wird das jeweilige Untersuchungsgebiet zunächst mit Hilfe der Bodenrichtwertkarten (in NRW über BORIS.NRW¹⁰² und in Niedersachsen durch die zur Verfügung gestellten Bodenrichtwertkarten) in seiner baulichen Struktur grob erfasst und in Teilgebiete überwiegend gleicher Nutzung unterteilt.

Dazu werden für das jeweilige Untersuchungsgebiet die Angaben zur Art und zum Maß der baulichen Nutzung der einzelnen Bodenrichtwerte erfasst. Da ausschließlich Einfamilienhäuser betrachtet werden, beschränkt sich die Datenerfassung auf die Teilgebiete mit den Angaben Wohnbauflächen (W), reine Wohngebiete (WR) sowie allgemeine Wohngebiete (WA).

¹⁰² BodenRichtwert InformationSystem der Gutachterausschüsse für Grundstückswerte in NRW
(<http://www.boris.nrw.de>)

In diesem Zusammenhang werden auch die Höhe der Bodenrichtwerte in €/m², die Bodenrichtwertnummern sowie die sonstigen beschreibenden Merkmale der Bodenrichtwerte erfasst (siehe Abbildung 9). Für die weitere Auswertung werden zusätzlich für alle Teilgebiete (Bodenrichtwertgebiete) Lagebezugspunkte ermittelt.

Mit Hilfe von Ortsbesichtigungen und der Auswertung von Luftbildern (z.B. Google Earth) erfolgt eine detaillierte Erfassung und Klassifikation der baulichen Struktur der Teilgebiete.



Lage und Wert	
Gemeinde	Meerbusch
Gemarkungsname	Lank-Latum
Ortsteil	Lank-Latum
Bodenrichtwertnummer	4
Bodenrichtwert	350 €/m²
Stichtag des Bodenrichtwertes	01.01.2007
Bodenrichtwertkennung	lagetypisch
Beschreibende Merkmale	
Basiskarte - Bezeichnung	TK50
Beitragszustand	ebfr nach BauGB und KAG
Nutzungsart	W
Bauweise	o
Fläche	450 m ²

Abbildung 9: Ausschnitt aus BORIS.NRW für Lank-Latum und Definition des Bodenrichtwertgrundstücks¹⁰³

1.4 Kaufpreise

Die Gutachterausschüsse für Grundstückswerte haben gemäß § 193 Abs. 5 Baugesetzbuch (BauGB) die gesetzliche Aufgabe, eine Kaufpreissammlung zu führen und auszuwerten. Dabei sind neben den Kaufverträgen im Rechtssinne auch die sonstigen in § 195 Abs. 1 BauGB bezeichneten, den Eigentumsübergang an einem Grundstück oder die Begründung eines Erbbaurechts betreffenden Rechtsgeschäfte oder Verfügungen zu berücksichtigen.

Nach § 195 Abs. 1 Satz 1 BauGB sind die beurkundenden Stellen (Notare) verpflichtet, jeden Vertrag über die entgeltliche Übertragung des Eigentums an einem Grundstück einschließlich des Tausches sowie die Begründung von Erbbaurechten dem Gutachterausschuss durch Übersendung einer Abschrift des Vertrags mitzuteilen. Fälle der unentgeltlichen Übertragung von Eigentum (Schenkung) fallen nicht unter die Übersendungspflicht.

Die Auswertung der Kaufpreise¹⁰⁴ dient dazu, preisbedeutsame Eigenschaften von Grundstücken und Grundstücksmärkten zu bestimmen sowie insbesondere die für die

¹⁰³ Quelle: www.boris.nrw.de/bodenrichtwerte/index.php, 6.2.2010.

¹⁰⁴ Aufgabe der Geschäftsstellen der Gutachterausschüsse ist es, die Verträge nach den Weisungen des Gutachterausschusses auszuwerten.

Wertermittlung erforderlichen Daten wie Indexreihen, Umrechnungskoeffizienten, Liegenschaftszinssätze, Vergleichs- und Anpassungsfaktoren abzuleiten. Kaufpreise bilden als originäre Daten in ihrer Gesamtheit das Marktgeschehen am besten ab. Nicht zuletzt liefern Kaufpreisanalysen damit dem Grundstücksverkehr wichtige Marktinformationen und dienen so der Markttransparenz.¹⁰⁵ Kaufpreissammlungen bilden insbesondere die Grundlage für:

- die Ermittlung von Verkehrswerten unbebauter und bebauter Grundstücke sowie von Rechten an Grundstücken (§ 193 Abs. 1 BauGB), insbesondere für die Heranziehung einer ausreichenden Anzahl geeigneter Vergleichspreise im Sinne des § 13 Abs. 1 WertV,
- die Ableitung wesentlicher Daten für die Wertermittlung nach § 193 Abs. 5 BauGB, und
- die Ermittlung von Bodenrichtwerten nach § 193 Abs. 5 BauGB in Verbindung mit § 196 BauGB.

Die Qualität der Kaufpreise ist von den zu den Kaufpreisen erfassten und in der Kaufpreissammlung dokumentierten Informationen abhängig. Je mehr Informationen zusammengetragen werden, desto besser ist die Qualität des Kaufpreises zu bewerten. Insofern hängt auch die Güte der Ergebnisse der statistischen Auswertung von den Informationen der Kaufpreissammlung ab, da einige Informationen zur Nutzbarkeit und Beschaffenheit der einzelnen Grundstücke in den Daten der Kaufpreissammlungen enthalten sind.

Für die statistische Auswertung sind daher folgende Daten zu den bebauten und unbebauten Grundstücken wünschenswert:

¹⁰⁵ Vgl. Reuter, F.: Zur Problematik statistischer Vergleichsmodelle bei der Ermittlung von Verkehrswerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, DVW Schriftenreihe 16/1995; S. 113ff.

	vorhanden	tlw. vorhanden	nicht vorhanden
Grundstücksfläche	x		
Grundstücksbreite		x	
Grundstückstiefe		x	
Kaufzeitpunkt (nur die letzten 10 Jahre)	x		
Objektkoordinaten oder Ort, Straße, Hausnummer	x		
Gemeinde, Gemarkung, Flur	x		
Nutzungsart (W, WA, etc.)		x	
Kaufpreis	x		
Erschließungszustand	x		
Grundstückszuschnitt		x	
Bodenrichtwertzonen-Nr., Bodenrichtwert und Definition des Bodenrichtwertes	x		
Verkaufsumstand (nur gewöhnlicher Geschäftsverkehr)	x		
Käufer, Verkäufer	x		
sonstige wertbeeinflussende Größen		x	
Gebäudeart (nur Einfamilienhäuser)	x		
Stellung des Gebäudes		x	
Baujahr	x		
Wohnfläche	x		
Geschossanzahl		x	
Ausstattung		x	
Raumaufteilung		x	
Stellplätze / Garagen			x
Modernisierungsstand			x

Tabelle 17: wünschenswerte Daten aus den Kaufpreissammlungen

Für die durchgeführten statistischen Analysen wurden Marktdaten (Kaufpreise) aus der Kaufpreissammlung der Gutachterausschüsse für Grundstückswerte für den Bereich der Städte Düsseldorf, Ratingen, Neuss, Essen, Hannover und Mettmann sowie des Rhein-

Kreises-Neuss in ausreichender Anzahl zur Verfügung gestellt, so dass bei diesen Kaufpreisanalysen die Kaufpreise als Massenerscheinung im Sinne der Statistik aufgefasst werden können.

Da die Kaufpreise von verschiedenen Gutachterausschüssen zur Verfügung gestellt werden und einige (der gewünschten) Daten nicht von allen Gutachterausschüssen bereitgestellt werden, kann bei der statistischen Auswertung nur auf die Daten zurückgegriffen werden, die von allen Gutachterausschüssen erfasst wurden und in der Kaufpreissammlung enthalten sind. Diese Einschränkungen können möglicherweise die Erklärungs- und Interpretationsfähigkeit der Ergebnisse belasten.

Darüber hinaus waren beim Gutachterausschuss der Stadt Ratingen nur Kaufpreise ab dem Jahr 2000 und beim Gutachterausschuss der Stadt Essen nur ab dem Jahr 2003 vorhanden.

Durch die vorgenommene Selektierung der Kaufpreise aus der Kaufpreissammlung ist gewährleistet, dass die durch die Gutachterausschüsse zur Verfügung gestellten Kaufpreise ausschließlich im gewöhnlichen Geschäftsverkehr zustande gekommen sind und somit nicht durch ungewöhnliche Verhältnisse (z.B. Zwangsversteigerungen oder Grundstückskauf durch die Flughafengesellschaft) beeinflusst sind.¹⁰⁶

Im Rahmen der statistischen Analysen (Bodenrichtwert- und Kaufpreisanalyse) wurden folgende wertbildenden Einflussgrößen erhoben¹⁰⁷ und ausgewertet (siehe Abbildung 10).

¹⁰⁶ Kaufpreise einzelner Immobilien mit Besonderheiten wie beispielsweise besondere Aussichten oder Freizeitwerte, die den Kaufpreis beeinflussen könnten, werden bei der Selektion der Kaufpreise aus der Kaufpreissammlung nicht berücksichtigt.

¹⁰⁷ Es wurden noch weitere Einflussgrößen erhoben, wie beispielsweise die Raumaufteilung, die Grundstückstiefe und -breite, die GFZ und GRZ, die allerdings nicht in die statistische Auswertung aufgenommen werden konnten, da sie nicht flächendeckend zur Verfügung standen.

ausgewertete Einflussgrößen	
<ul style="list-style-type: none"> • Erreichbarkeiten: <ul style="list-style-type: none"> - Autobahnauffahrt (D, H) - Fernbahnhof-ÖPNV (D, H) - Fernbahnhof-IDV (D, H) - Flughafen-IDV (D, H) - Flughafen-ÖPNV (D, H) - Oberzentrum (D, H) - Mittelzentrum (D, H) - ÖPNV-Haltestelle (D) - S-Bahnhof (D) - Kindergarten (D, H) - Grundschule (D, H) - weiterführende Schule (D, H) • Bevölkerungsstruktur <ul style="list-style-type: none"> - Einwohnerzahl (D, H) - Ausländeranteil (D, H) - Kaufkraft (D, H) 	<ul style="list-style-type: none"> • Immissionsbelastungen: <ul style="list-style-type: none"> - Grundlärm Tag (D, H) - Grundlärm Nacht (D, H) - Fluglärm Tag (H) - Fluglärm Nacht (H) - Fluglärm (D) • Bebauung (D, H) • Durchgrünung (D, H) • Wohnfläche (D, H) • Baujahr (D, H) • Gebäudeart (D, H) • Gebäudestellung (H) • Ausstattung (H) • Grundstücksfläche (D, H) • Grundstücksnutzung (H) • Kaufzeitpunkt (D, H) <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">(D) = Fallstudie Düsseldorf-International (H) = Fallstudie Hannover-Langenhagen</p>

Abbildung 10: ausgewertete Einflussgrößen

1.5 Modellbeschreibung

Bei der statistischen Auswertung des Datenmaterials wird zwischen drei zu erklärenden Variablen Y unterschieden.¹⁰⁸ So wird jeweils eine Auswertung

- für Bodenrichtwertgebiete,
- für unbebaute Grundstücke und
- für bebaute Grundstücke

durchgeführt.¹⁰⁹ Die Durchführung der einzelnen statistischen Auswertungen erfolgt jeweils auf dieselbe Art und Weise (siehe Tabelle 18):

1. statistische Voruntersuchungen

In einem ersten Schritt werden mit Hilfe der Clusteranalyse die Einflussgrößen der jeweiligen zu erklärenden Variablen Y auf ihre Kollinearität hin untersucht. Die Durchführung der Clusteranalyse ist aufgrund möglicher Ähnlichkeiten einzelner Einflussgrößen, die den funktionalen Zusammenhang zwischen den Kaufpreisen und den Einflussgrößen verzerren

¹⁰⁸ Ein Überblick über die mathematisch-statistischen Grundlagen erfolgt in Kapitel III. 2.

¹⁰⁹ In der folgenden Beschreibung des Modells wird nur der Begriff Kaufpreis verwendet. Die Bodenrichtwertanalysen wurden analog durchgeführt.

könnten, notwendig. Für die Analyse der Ähnlichkeit zwischen den Einflussgrößen wird das hierarchische Ward-Verfahren verwendet. Da die vorhandene Datengrundlage eine große Streuung in den Einflussgrößen¹¹⁰ aufweist, ist eine Standardisierung¹¹¹ erforderlich, die mit Hilfe von SPSS durchgeführt wird. Die Einflussgrößen, bei denen eine Kollinearität festgestellt wird, werden in einer Gruppe zusammengefasst und durch eine repräsentative Einflussgröße berücksichtigt.

Im Anschluss an die Clusteranalyse wird eine Kurvenanpassung der repräsentativen Einflussgrößen im Bezug auf die zu erklärende Variable durchgeführt. Dieser Zwischenschritt ist notwendig, um festzustellen, ob ein linearer oder ein nicht-linearer funktionaler Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen besteht. Bei den in dieser Arbeit durchgeführten Kurvenanpassungen wird auf linearen, quadratischen, kubischen, exponentiellen, logarithmischen und aus den vorherigen zusammengesetzten funktionalen Zusammenhang zwischen den jeweiligen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen geprüft.

In einem weiteren Arbeitsschritt wird die Wirkung der einzelnen Einflussgrößen auf die zu erklärende Variable mit Hilfe eines Einzelsignifikanztestes getestet. Das Ergebnis zeigt unter anderem, bei welchen Einflussgrößen der Einfluss auf die zu erklärende Variable besonders hoch ist.

2. Bestimmung des Gesamtmodells

Die übrig gebliebenen Einflussgrößen werden mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse einer statistischen Analyse unterzogen. Dabei werden zwei Modelle iterativ¹¹² berechnet; das

- Gesamtmodell (mit allen Kaufpreisen) und das
- fluglärmunbelastete Modell (mit den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen).

Das Gesamtmodell dient der Überprüfung, ob sich Fluglärm signifikant (wertmindernd) auf Kaufpreise auswirkt. Die Berechnung des fluglärmunbelasteten Modells ist notwendig, um die Größenordnung der Wertminderung durch die Einflussgröße Fluglärm zu bestimmen. Beide Modelle dienen gleichzeitig auch der Überprüfung der jeweiligen Modellgüte.

Im Rahmen der multiplen Regressionsanalyse werden in einem ersten Iterationsschritt die Einflussgrößen nacheinander, beginnend mit dem größten (absoluten) T-Wert, in das Gesamtmodell aufgenommen und auf ihre Signifikanz getestet. Für den Fall, dass die analysierte Einflussgröße keinen signifikanten Beitrag zur Beschreibung der zu erklärenden Variablen hat, wird diese Einflussgröße in der weiteren Betrachtung des Gesamtmodells im ersten Iterationsschritt nicht mehr berücksichtigt. Mit Hilfe der ermittelten

¹¹⁰ So gehen die Entfernung zum Mittelzentrum mit Werten von 0,25 bis 11,03 und die Einwohnerzahl mit Werten von 664 bis 27.347 in die Analyse ein.

¹¹¹ Hierbei erfolgt eine Transformation der unterschiedlich skalierten Zahlenwerte in einen einheitlichen Wertebereich von 0 bis 1.

¹¹² Die iterative Vorgehensweise ermöglicht es Ausreißer zu ermitteln und zu löschen. Insofern soll durch die Iterationen eine höhere Genauigkeit des funktionalen Zusammenhangs erreicht werden.

Regressionsfunktion werden dann Ausreißer identifiziert. Als Ausreißer werden Kaufpreise angesehen, deren Abweichung vom berechneten Kaufpreis (Modellkaufpreis) $> 25\%$ ist.

Im zweiten Iterationsschritt wird ein Gesamtmodell (oA¹¹³) berechnet. Wenn sich bei der Auswertung des Gesamtmodells (oA) ergeben hat, dass sich die Einflussgröße Fluglärm signifikant (wertmindernd) auf Kaufpreise auswirkt, werden mit Hilfe der Regressionsfunktion des Gesamtmodells (oA) zu jedem Kaufpreis (oA) Modellkaufpreise berechnet. Mit Hilfe dieser Modellkaufpreise wird die Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells (oA) überprüft. Hier zu werden die Mittelwerte der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise (I) sowie der fluglärmbelasteten Kaufpreise (II) zu den Modellkaufpreisen berechnet.

Falls sich gezeigt hat, dass der Fluglärm keinen Einfluss auf die Kaufpreise hat, wird die Analyse beendet. In diesem Fall wird auf die Überprüfung der Modellgüte und die Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells verzichtet.

3. Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells

Anschließend wird die Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (mit den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen) berechnet. Dabei wird wie bei der Berechnung des Gesamtmodells vorgegangen, so dass nach dem zweiten Iterationsschritt ein fluglärmunbelastetes Modell (oA) bestimmt werden kann. Mit Hilfe der Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells werden zu jedem Kaufpreis (oA) Modellkaufpreise berechnet, mit deren Hilfe die Güte der Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (oA) überprüft wird.

Hierzu werden sowohl für die fluglärmunbelasteten als auch für die fluglärmbelasteten Kaufpreise Modellkaufpreise im fluglärmunbelasteten Modell (oA) berechnet. Diese (berechneten) Modellkaufpreise der fluglärmbelasteten Kaufpreise sind hier fiktiv fluglärmunbeeinflusst, da die Modellkaufpreise mit den Einflussgrößen der fluglärmbelasteten Kaufpreise im fluglärmunbelasteten Modell (oA) berechnet werden, und damit der Fluglärm einfluss herausfällt. Insofern beinhalten die so berechneten Modellkaufpreise keinen Fluglärm einfluss mehr.

Die berechneten Mittelwerte der Abweichungen zwischen den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen (III) zu den Modellkaufpreisen im fluglärmunbelasteten Modell (oA) lassen Aussagen zur Güte der Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (oA) zu.

Der Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise (IV) von den Modellkaufpreisen, die im fluglärmunbelasteten Modell (oA) berechnet wurden, repräsentiert insofern den Einfluss des Fluglärms. Allerdings muss dieser Wert noch um Modellungenauigkeiten bereinigt werden.

Diese Modellungenauigkeiten werden weitestgehend durch die Bildung der Differenz zwischen dem Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den

¹¹³ ohne Ausreißer

Modellkaufpreisen (IV) und dem Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen (III) eliminiert.

Somit ergibt sich die Größenordnung der Wertminderung der Einflussgröße Fluglärm durch die Differenz $IV - III$ (siehe Abbildung 11).

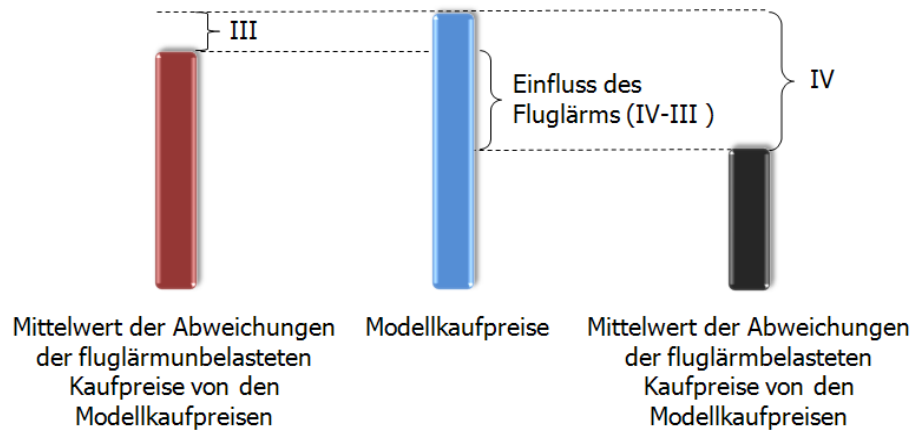


Abbildung 11: Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm

Arbeitsschritte:	
1. statistische Voruntersuchungen	
1.1 Clusteranalyse	⇒ Zusammenfassung von Einflussgrößen
1.2 Kurvenanpassung	⇒ Überprüfung des funktionalen Zusammenhangs
1.3 Einzelsignifikanztests	⇒ Rückschluss auf die Signifikanz einzelner Einflussgrößen bezüglich der zu erklärenden Variable
2. Bestimmung des Gesamtmodells	
2.1 Gesamtmodell (alle Kaufpreise) nach dem 1. Iterationsschritt	⇒ Modellkaufpreise (Gesamtmodell)
Abweichung zwischen Kaufpreis und Modellkaufpreis > 25 %	⇒ Kaufpreis als Ausreißer eliminieren
2.2 Gesamtmodell (Kaufpreise ohne Ausreißer) nach dem 2. Iterationsschritt	⇒ wenn Fluglärm sich nicht signifikant auf Kaufpreise auswirkt, wird die statistische Auswertung beendet. ⇒ wenn Fluglärm sich signifikant auf Kaufpreise auswirkt, werden die folgenden Arbeitsschritte erforderlich:
2.3 Bestimmung der Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells (Kaufpreise ohne Ausreißer)	Mittelwert der Abweichungen: ⇒ der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen (I) ⇒ der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen (II)
3. Bestimmung des Fluglärmunbelasteten Modells	
3.1 Fluglärmunbelastetes Modell (alle Kaufpreise) nach dem 1. Iterationsschritt	⇒ Modellkaufpreise (Fluglärmunbelastetes Modell)
Abweichung zwischen Kaufpreis und Modellkaufpreis > 25 %	⇒ Kaufpreis als Ausreißer eliminieren
3.2 Fluglärmunbelastetes Modell (Kaufpreise ohne Ausreißer) nach dem 2. Iterationsschritt	⇒ Modellkaufpreise (Fluglärmunbelastetes Modell)
3.3 Bestimmung der Güte der Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (Kaufpreise ohne Ausreißer)	Mittelwert der Abweichungen: ⇒ der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen (III)
3.4 Bestimmung der Größenordnung des Einflusses der Einflussgröße Fluglärm	⇒ Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen (IV) ⇒ Bildung der Differenz IV – III zur Beseitigung von Modellungenauigkeiten und Bestimmung der Größenordnung des Einflusses

Tabelle 18: Arbeitsschritte der statistischen Auswertung (Kaufpreisanalyse)

2. Mathematisch-statistische Modelle

Mathematisch-statistische Modelle sind in den letzten Jahrzehnten in der Immobilienwertermittlung vermehrt zum Einsatz gekommen. Sie werden verwendet, um dem Immobilienmarkt zu analysieren oder um Genauigkeiten von Wertermittlungsergebnissen abschätzen zu können.

Für die statistische Analyse von Kaufpreisen liegen oftmals keine ausreichenden Datenmengen vor, so dass Probleme entstehen können, wenn eine große Anzahl von Einflussgrößen zu untersuchen ist.¹¹⁴

In den folgenden Abschnitten werden die zur statistischen Auswertung herangezogenen mathematisch-statistischen Modelle dargestellt und erläutert. Zunächst geht die Untersuchung auf die Clusteranalyse ein. Anschließend werden die einfache und multiple Regressionsanalyse in ihren Grundzügen vorgestellt. Die Erläuterungen dienen zur Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse der durchgeführten statistischen Auswertungen (Bodenrichtwert- und Kaufpreisanalysen).

2.1 Clusteranalyse

Das primäre Ziel einer Clusteranalyse ist, „eine Menge von Klassifikationsobjekten in homogene Gruppen (= Klassen, Cluster, Typen) zusammenzufassen.“¹¹⁵ Klassifikationsobjekte können dabei z.B. Einflussgrößen sein. Bei der Anwendung von variablen Einflussgrößen wird von einer variablenorientierten Datenanalyse gesprochen.¹¹⁶

Die in dieser Arbeit verwendete Clusteranalyse dient dazu, die Einflussgrößen durch Bildung von Klassen (Cluster) optimal zu strukturieren. Mit Hilfe dieses statistischen Analyseverfahrens werden die Einflussgrößen auf ihre Kollinearität überprüft und Einflussgrößen, die eine Kollinearität aufweisen, aufgrund ihrer Ähnlichkeit in einer Gruppe zusammengefasst. Dadurch wird verhindert, dass die Auswertungsergebnisse durch zu starke Kollinearitäten verfälscht werden. Anschließend werden die Gruppen als eigenständige Einflussgrößen ausgewertet.¹¹⁷

Bei der Clusteranalyse kann zwischen drei Verfahrensarten gewählt werden, die sich wiederum in Unterverfahren unterteilen lassen:

1. unvollständige Clusteranalyseverfahren:

Bei den unvollständigen Verfahren muss die Clusterbildung und die Zuordnung der Klassifikationsobjekte zu den Clustern vom Anwender „per Hand“ durchgeführt werden.

¹¹⁴ Vgl. Koch, K.R.: Statistische Grundlagen zur Untersuchung von Immobilienwerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, DVW Schriftenreihe 16/1995, S. 7.

¹¹⁵ Vgl. Bacher, J.: Clusteranalyse, München 1996, S. 1.

¹¹⁶ Im Gegensatz dazu gibt es noch die objektorientierte Datenanalyse.

¹¹⁷ Vgl. Voß, W.: Taschenbuch der Statistik, Leipzig 2000, S. 522 ff.

Die unvollständigen Clusteranalyseverfahren nehmen keine Zuordnung der Einflussgrößen zu Clustern vor, sondern stellen die Einflussgrößen nur in einem niedrigdimensionalen Raum dar.¹¹⁸ Aus diesem Grund wird auf diese Verfahrensarten nicht weiter eingegangen.

2. deterministische Clusteranalyseverfahren:

Bei den deterministischen Verfahren werden die Klassifikationsobjekte mit einer Wahrscheinlichkeit von 0 oder 1 einem oder mehreren Clustern zugeordnet. Zu den deterministischen Clusteranalyseverfahren gehört auch die hierarchische Clusteranalyse, die bei praktischen Anwendungen auf Grund ihrer einfachen Anwendbarkeit die größte Verbreitung gefunden hat. Dies ist auch der Grund, warum dieses Verfahren zum Einsatz kommt und im Folgenden näher erläutert wird.

3. probabilistische Clusteranalyseverfahren:

Diese Verfahren sind eine Verfeinerung der deterministischen Verfahren. Hierbei werden die Klassifikationsobjekte nicht mit einer Wahrscheinlichkeit von 0 oder 1 den Clustern zugeordnet, sondern mit einem zwischen 0 und 1 liegenden Wert (z.B. 0,6).

Für die einzelnen Verfahren lassen sich folgende allgemeingültigen Arbeitsschritte angeben:¹¹⁹

- Bestimmung der Ähnlichkeit,
- Auswahl des Fusionierungsalgorithmus und
- Bestimmung der Clusteranzahl.

2.1.1 Bestimmung der Ähnlichkeit

Im ersten Schritt der Clusteranalyse wird die Ähnlichkeit zwischen den einzelnen unabhängigen Variablen X_i durch eine statistische Maßzahl quantifiziert. Allgemein werden die Maßzahlen, die eine Quantifizierung der Ähnlichkeit ermöglichen, Proximitätsmaße genannt.

„Im Hinblick auf das Proximitätsmaß kann zwischen dem Ähnlichkeitsmaß und dem Distanzmaß unterschieden werden.“¹²⁰ Durch das Ähnlichkeitsmaß wird die Ähnlichkeit zwischen zwei Objekten dargestellt. Je größer das Ähnlichkeitsmaß ist, desto ähnlicher sind sich die beiden Objekte. Im Gegensatz dazu spiegelt das Distanzmaß die Unähnlichkeit

¹¹⁸ Vgl. Bacher, J.: Clusteranalyse, München 1996, S. 27.

¹¹⁹ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 492.

¹²⁰ Vgl. Herzhoff, M.: Szenario-Technik in der chemischen Industrie (Dissertation), Berlin 2004, S. 50.

zweier Objekte wider. Hierbei gilt, dass je kleiner das Distanzmaß ist, desto ähnlicher sind sich die beiden untersuchten Objekte.

Die Wahl des geeigneten Proximitätsmaßes hängt vom Skalenniveau der betrachteten Objekte ab. Dabei wird zwischen Nominal-Skalen und metrischen Skalen unterschieden.

Nominal-Skalen sind das niedrigste Skalenniveau. Hierbei wird lediglich eine Unterscheidung zwischen Gleichheit (vorhandenes Merkmal) und Ungleichheit (nicht vorhandenes Merkmal) der jeweiligen Merkmalsausprägungen getroffen. Bei diesem Skalenniveau handelt es sich somit ausschließlich um qualitative Merkmale. Im Rahmen der Kaufpreisanalysen sind jedoch quantitative Merkmale auszuwerten, daher werden Proximitätsmaße, die auf Nominal-Skalen basieren, nicht weiter erläutert.

Die Ähnlichkeitsermittlung bei metrischer Variablenstruktur erfolgt mit Hilfe von Distanzmaßen. Objekte, die eine geringe Distanz aufweisen, werden als sehr ähnlich bezeichnet (Distanz = Null -> identische Objekte).

In der Praxis werden überwiegend folgende Distanzmaße verwendet: City-Block-Metrik, euklidische Distanz, quadrierte euklidische Distanz und Chebychev-Distanz.¹²¹

Durch Anwendung der verallgemeinerten Minkowski-Metrik¹²²

$$d_{a,b} = \left[\sum_{i=1}^n |X_{ai} - X_{bi}|^r \right]^{\frac{1}{q}}$$

mit: $d_{a,b}$: Distanz der Variablen a und b

X_{ai} : Wert der Variablen i bei der Variablen a

X_{bi} : Wert der Variablen i bei der Variablen b

lassen sich diese Distanzmaße berechnen. Hierzu werden für den Metrikparameter q und r die folgenden Werte eingesetzt:¹²³

r = 1 und q = 1 für die City-Block-Metrik

r = 2 und q = 2 für die euklidische Distanz

r = 2 und q = 1 für die quadrierte euklidische Distanz

r = ∞ und q = ∞ für die Chebychev-Distanz.

Im Rahmen der Kaufpreisanalysen wird die quadrierte euklidische Distanz angewendet. Die quadrierte euklidische Distanz hat den Vorteil, dass durch die Quadrierung große

¹²¹ Vgl. Bacher, J.: Clusteranalyse, München 1996, S. 221.

¹²² Ebenda, S. 222.

¹²³ Ebenda, S. 222.

Differenzwerte stärker berücksichtigt werden, während geringere Differenzwerte auch geringer gewichtet werden.

Bei der Anwendung der Minkowski-Metriken ist zu beachten, dass die Variablen in vergleichbaren Einheiten vorliegen. Für den Fall, dass diese Voraussetzung nicht erfüllt ist, muss eine Standardisierung der Ausgangsdaten vorgenommen werden, um die Daten vergleichen zu können.¹²⁴

2.1.2 Auswahl des Fusionierungsalgorithmus

Nachdem die Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Variablen bestimmt wurden, werden im zweiten Schritt der Clusteranalyse jeweils die zwei Variablen, die die größte Ähnlichkeit bzw. die geringste Distanz aufweisen, in einem Cluster zusammengefasst. Diese Clusterbildung kann mit verschiedenen Fusionierungsalgorithmen durchgeführt werden (vgl. Abbildung 12).

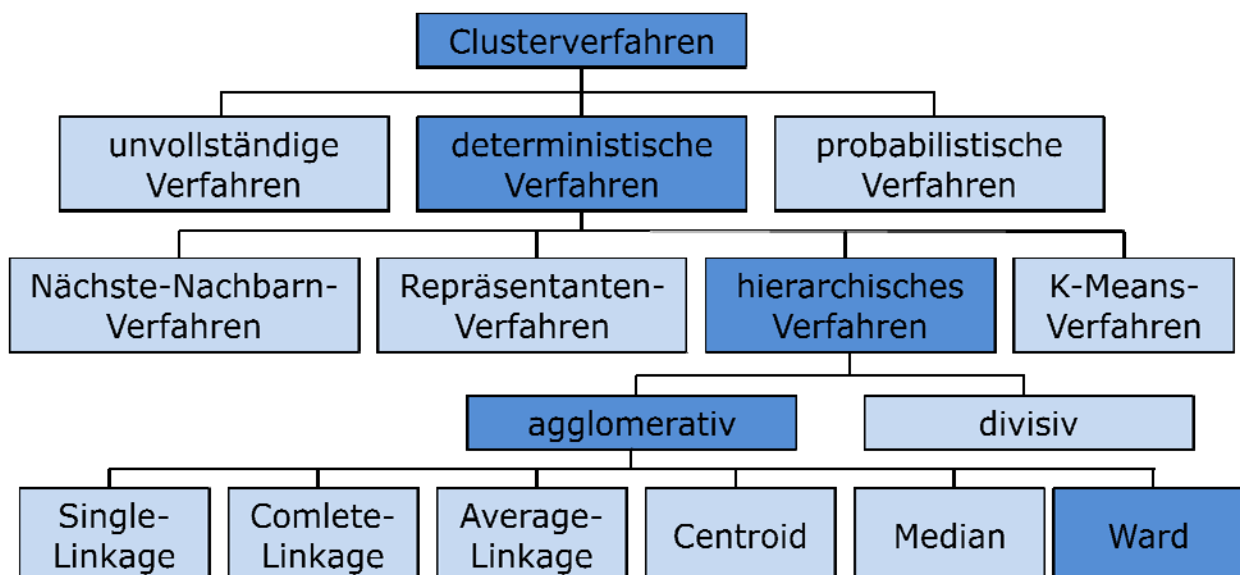


Abbildung 12: Übersicht über die Wahl des Fusionierungsalgorithmus¹²⁵

Im Rahmen dieser Arbeit wird das hierarchische Verfahren angewendet, welches zu den deterministischen Clusteranalyseverfahren zählt. Bei den hierarchischen Verfahren kann nochmals zwischen hierarchisch agglomerativen und hierarchisch divisiven Verfahren unterschieden werden.¹²⁶ Diese unterscheiden sich in der Art der Anfangspartitionierung.

¹²⁴ Bei den Kaufpreisanalysen wird die Standardisierung durch die Skalierung auf den Wertebereich zwischen 0 und 1 erreicht.

¹²⁵ Vgl. Strauß, H.: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Auswertung am Beispiel des Flughafens „Düsseldorf International“, Bonn, März 2008 (unveröffentlicht), S. 71. Im Rahmen dieser Arbeit wird der dunkel hinterlegte Pfad verfolgt. Eigene Bearbeitung

¹²⁶ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 511.

Während beim hierarchisch agglomerativen Algorithmus von der feinsten Partition (jedes Klassifikationsobjekt bildet ein eigenes Cluster) ausgegangen wird, bildet die größte Partition (alle Klassifikationsobjekte in einem Cluster) die Ausgangslage des hierarchisch divisiven Verfahrens.¹²⁷

Bei den Bodenrichtwert- und Kaufpreisanalysen wird das Ward-Verfahren – ein hierarchisch agglomerativer Algorithmus - angewendet, bei dem die Clusterbildung nach folgendem Prinzip verläuft:¹²⁸

- Schritt 1: Jedes Klassifikationsobjekt bildet zu Beginn ein selbständiges Cluster. Die Clusteranzahl K wird daher gleich der Klassifikationsobjektzahl n gesetzt.
- Schritt 2: Für jedes Cluster wird die Differenz zu den anderen Clustern berechnet.
- Schritt 3: Es wird das Clusterpaar (a, b) gesucht, das bei einer Verschmelzung zu einer minimalen Zunahme der Streuungsquadratsumme in den Clustern führt. Dieses Clusterpaar wird dann zu einem neuen Cluster $(a+b)$ verschmolzen. Die Clusterzahl K wird um eins reduziert.
- Schritt 4: Falls die Clusterzahl K gleich eins ist, so wird der Algorithmus an dieser Stelle beendet, anderenfalls wird mit Schritt fünf fortgefahren.
- Schritt 5: Die Unähnlichkeit des neu gebildeten Clusters $(a+b)$ zu den verbleibenden Clustern i wird berechnet.
- Schritt 6: Gehe zurück zu Schritt 3.

Die verschiedenen hierarchisch agglomerativen Verfahren unterscheiden sich im Ablauf nur in Schritt drei (hier wurde direkt die Bedingung für die Clusterbildung des Ward-Verfahrens aufgezeigt) und bei der Berechnung der Unähnlichkeiten in Schritt fünf.

Der Vorteil des Ward-Verfahrens liegt darin, dass durch die Anwendung dieses Verfahrens möglichst homogene Cluster gebildet werden.¹²⁹ Dies liegt daran, dass bei der Clusterbildung nicht diejenigen Klassifizierungsobjekte zusammengefasst werden, die die geringste Distanz aufweisen, sondern es werden die Objekte vereinigt, die ein vorgegebenes Heterogenitätsmaß am wenigsten vergrößern. Durch dieses Vorgehen wird erreicht, dass die Streuung innerhalb einer Gruppe möglichst wenig erhöht wird.

Beim Ward-Verfahren wird die Distanz zwischen dem neu gebildeten Cluster $(a+b)$ und den verbleibenden Clustern i mit folgender Formel berechnet:¹³⁰

¹²⁷ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 511.

¹²⁸ Vgl. Bacher, J.: Clusteranalyse, München 1996, S. 144.

¹²⁹ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 522.

¹³⁰ Vgl. Bacher, J.: Clusteranalyse, München 1996, S. 298.

$$d_{(a+b),i}^{neu} = \frac{1}{n_a + n_b + n_i} [(n_a + n_i) \cdot d_{a,i} + (n_b + n_i) \cdot d_{b,i} - n_i \cdot d_{a,b}]$$

mit: d_{ai} : Distanz zwischen dem Cluster a und dem Cluster i

n_a, n_b, n_i : Anzahl der Klassifikationsobjekte im Cluster a, b und i

Die in Schritt 3 verwendete Streuungsquadratsumme, die auch als Varianzkriterium bezeichnet wird, berechnet sich für eine Gruppe i auf folgende Weise:¹³¹

$$V_i = \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^n (X_{jki} - \bar{X}_{ki})^2$$

mit: X_{jki} : Beobachtungswert der Variablen k bei Objekt j
(für alle Objekte $j=1, \dots, m_i$ in Gruppe i)

\bar{X}_{ki} : Mittelwert über die Beobachtungswerte der Variablen k in Gruppe i

2.1.3 Bestimmung der Clusterzahl

Im Ward-Verfahren wird von der feinsten Partition ausgehend die Clusterbildung so lange wiederholt, bis alle Klassifikationsobjekte in einem einzigen Cluster zusammengefasst sind. Im Anschluss ist die „beste“ Clusteranzahl durch den Nutzer zu bestimmen. Da der Nutzer in der Regel jedoch keine sachlogisch begründbaren Vorstellungen für die Gruppierung der einzelnen Klassifikationsobjekte hat, sollte sich die Bestimmung der Clusterzahl an statistischen Kriterien orientieren. Für die Festlegung der „besten“ Clusterzahl sollte daher auf das Heterogenitätsmaß zurückgegriffen werden.¹³² Wie bereits beschrieben, dient dem Ward-Verfahren das Varianzkriterium als Heterogenitätsmaß. Zur Unterstützung der Entscheidung kann der Nutzer das zu der jeweiligen Clusteranalyse gehörende Dendrogramm (siehe Abbildung 22) hinzuziehen. Mit Hilfe eines Dendrogrammes lassen sich bereits optisch sinnvolle Clusterlösungen erkennen.

Darüber hinaus gilt das sogenannte „Elbow-Kriterium“ als gute Entscheidungshilfe. Hierfür muss das jeweilige Heterogenitätsmaß gegen die zugehörige Clusterzahl in einem Koordinatensystem aufgetragen werden. Das so entstehende Struktogramm kann anschließend auf mögliche Knickpunkte untersucht werden. Diese Knickpunkte (Elbow) können dann als Entscheidungskriterium für die „beste“ Clusterzahl verwendet werden.

Die Entscheidung der „besten“ Clusterzahl steht immer in einem Konflikt zwischen der Homogenitätsanforderung an die Clusterlösung und der Handhabbarkeit der Clusterlösung. Für die Lösung dieses Konflikts können sachlogische Betrachtungen herangezogen werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich diese ausschließlich auf die Clusterzahl

¹³¹ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 523.

¹³² Ebenda, S. 534.

beziehen sollten und sich keinesfalls an den in einem Cluster zusammengefassten Klassifikationsobjekten orientieren darf. Die Abbildung 13 fasst die einzelnen Arbeitsschritte und Entscheidungsprobleme, die bei einer Clusteranalyse auftreten, zusammen.

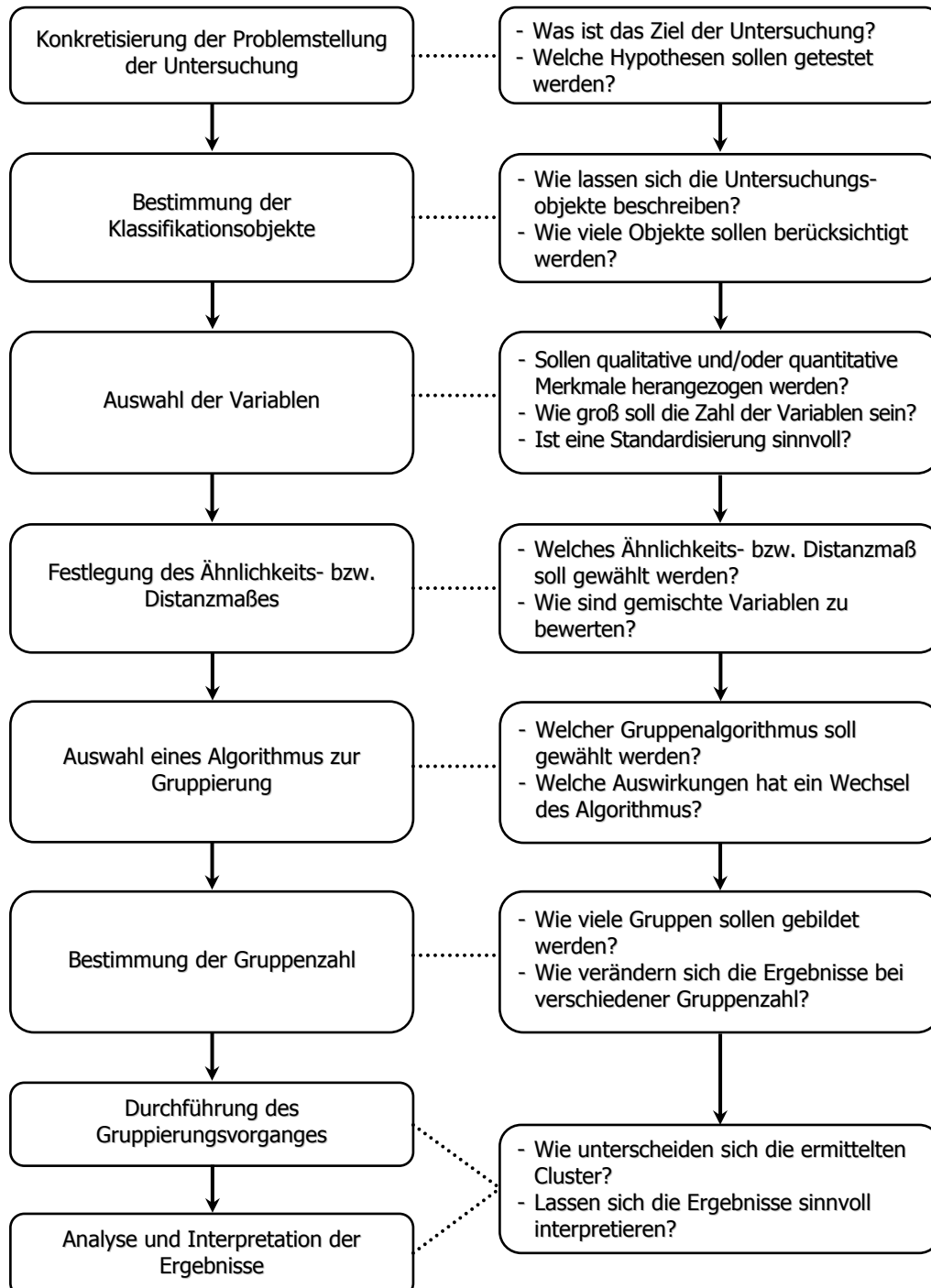


Abbildung 13: Ablaufschritte und Entscheidungsprobleme der Clusteranalyse¹³³

¹³³ Eigene Bearbeitung nach Strauß: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Auswertung am Beispiel des Flughafens „Düsseldorf International“, Bonn, März 2008 (unveröffentlicht), S. 75 und Henze, Arno: „Marktforschung“, Stuttgart 1994, S.116.

2.2 Regressionsanalyse

Primär wird die Regressionsanalyse zur Untersuchung von Kausalbeziehungen (Ursache-Wirkungs-Beziehung) eingesetzt. Bei der statistischen Analyse von Kaufpreisen geht es darum, die Beobachtungen (Kaufpreise) durch Einflussgrößen zu erklären. Das einfachste und am weitesten verbreitete Modell zur Erklärung von Kaufpreisen liefert die Regressionsanalyse. Im Schrifttum ist das Modell der Regressionsanalyse auch als Gauß-Markoff-Modell bekannt¹³⁴.

Es wird grundsätzlich zwischen der einfachen und der multiplen Regressionsanalyse unterschieden.

Bei der einfachen Regressionsanalyse wird die Kausalbeziehung (Ursache-Wirkungs-Beziehung) zwischen einer zu erklärenden Variablen Y und einer unabhängigen Variablen X untersucht. Hierbei wird die zu erklärende Variable Y mit Hilfe der Funktion $Y = f(X)$ erklärt.

Bei der Variablen Y handelt es sich im Folgenden um die Kaufpreise, die den Kaufpreissammlungen entnommen werden. Bei der Untersuchung der Kauffälle wird davon ausgegangen, dass die jeweils bezahlten Kaufpreise von mehreren Faktoren abhängen. Deshalb ist die Anwendung der multiplen Regressionsanalyse notwendig.

Um den funktionalen Zusammenhang einer zu erklärenden Variablen Y und mehrerer unabhängiger Variablen X_i beschreiben zu können, muss stets auf die multiple Regressionsanalyse zurückgegriffen werden. Bei dieser Form der Regressionsanalyse wird die abhängige Variable Y durch eine Funktion der n unabhängigen Variablen X_i beschrieben:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Die Darstellung der zu erklärenden Variablen Y als Funktion der n unabhängigen Variablen X_i erfolgt bei der multiplen Regressionsanalyse in der einfachsten Form als Linearkombination¹³⁵ der n Variablen X_i und einem Residuum ε .

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \dots + \beta_i \cdot X_i + \dots + \beta_n \cdot X_n + \varepsilon$$

Hierbei sind die β_i die unbekanntesten Einflussfaktoren, die zu schätzen sind. Sie geben den jeweiligen Anteil der Einflussgröße X_i an der zu erklärenden Variablen Y an.

„Der Regressionskoeffizient β_i kann als der Zuwachs in Y bei einem Anstieg von X_i um eine Einheit interpretiert werden, wobei angenommen wird, dass alle anderen Variablen konstant gehalten werden.“¹³⁶

¹³⁴ Vgl. Koch, K. R.: Parameterschätzung und Hypothesentests, Bonn 1997, S. 166 ff.

¹³⁵ Bei der Regressionsanalyse kann die Zielfunktion Y auch durch andere Funktionen wie z.B. Polynome oder Exponentialfunktionen beschrieben werden. Für das allgemeine Verständnis der Regressionsanalyse reicht jedoch eine Betrachtung der linearen Regression aus.

Anteile an der Zielgröße Y , die nicht mit Hilfe der Einflussgrößen X_i erklärt werden können, zeigen sich durch Abweichungen der empirisch erfassten Y -Werte von der bestimmten Regressionsfunktion. Sie werden mit Hilfe der Residuen ε berücksichtigt.

Bei der Modellformulierung ist darauf zu achten, dass die Kausalbeziehung der zu erklärenden Variable und den unabhängigen Variablen möglichst vollständig ausgedrückt wird. Für die Schätzung der Regressionsfunktion ist ein mathematischer Ansatz zu wählen, der den Zusammenhang der zu erklärenden und den unabhängigen Variable am besten approximiert.

Allerdings kann die Zielgröße aus folgenden Gründen nicht vollständig durch die erfassten Einflussgrößen beschrieben werden:¹³⁷

1. bei der statistischen Auswertung können nie alle Einflussgrößen erfasst und berücksichtigt werden. Der Einfluss der nicht berücksichtigten Einflussgrößen wird im Residuum ε erfasst.
2. Bei der Durchführung der Regressionsanalyse werden Annahmen über die Art der Abhängigkeit der Einflussgrößen auf die Zielgröße (z.B. linear) getroffen. In der Realität können die Abhängigkeiten jedoch anderer, meist komplexerer Art sein. Auch dieser Annahmefehler ist in ε enthalten.
3. Zwei in Qualität und Konjunktur exakt gleiche Grundstücke werden in der Regel nicht genau die gleichen Kaufpreise erzielen. Dies liegt daran, dass die einzelnen Einflussgrößen von den jeweiligen Käufern unterschiedlich gewertet werden und so verschieden in die Preiskalkulation einfließen. Diese Unsicherheiten im Kaufverhalten werden ebenfalls durch das Residuum abgedeckt.

Das Residuum ε kann auf Grund der vielen möglichen Fehler und Unsicherheiten einen erheblichen Prozentsatz des eigentlichen Kaufpreises ausmachen. Je kleiner das Residuum ε ist, desto besser kann der Kaufpreis durch die Einflussgrößen erklärt werden.¹³⁸

Daraus kann die Zielsetzung der multiplen Regression abgeleitet werden: „Es ist eine lineare Funktion zu finden, für die die nicht erklärten Abweichungen ε möglichst klein sind.“¹³⁹

Um diese „beste“ Funktion zu finden, werden m Kaufpreise Y_j und deren dazugehörigen n wertbildenden Faktoren X_{ji} benötigt. Es ergeben sich folgende m Regressionsgleichungen:¹⁴⁰

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{j1} + \dots + \beta_i \cdot X_{ji} + \dots + \beta_n \cdot X_{jn} + \varepsilon$$

¹³⁶ Vgl. Chatterjee, S.; Price, B.: Praxis der Regressionsanalyse, München 1995, S. 60.

¹³⁷ Vgl. Ziegenbein, W.: Zur Anwendung multivariater Verfahren der mathematischen Statistik in der Grundstückswertermittlung, Dissertation, Hannover 1977, S. 27.

¹³⁸ Ebenda, S. 28.

¹³⁹ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 58.

¹⁴⁰ Vgl. Koch, K.R.: Statistische Grundlagen zur Untersuchung von Immobilienwerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, DVW Schriftenreihe 16/1995, S. 8.

Basierend auf der Zielsetzung der multiplen Regression, können die m Regressionsgleichungen folgendermaßen umgestellt werden:¹⁴¹

$$\sum_{j=2}^m \varepsilon_j^2 = \sum_{j=1}^m [Y_j - (\beta_0 + \beta_1 \cdot X_{j1} + \dots + \beta_i \cdot X_{ji} + \dots + \beta_n \cdot X_{jn})]^2 \rightarrow \min!$$

Diese Vorgehensweise der Minimierung der Summe der quadrierten Residuen wird in der statistischen Fachliteratur auch „Methode der kleinsten Quadrate“ genannt¹⁴².

Die Lösung des linearen Gleichungssystems ist gerade bei großen Datensätzen mit vielen unabhängigen Variablen X_i mit erheblichem Rechenaufwand verbunden. Um dennoch eine geeignete Lösung mit einem sich in Grenzen haltenden Rechenaufwand zu erhalten, können die oben stehenden m Regressionsgleichungen in Matrizenform geschrieben werden. Hierzu müssen die Koeffizientenmatrix \underline{X} , der unbekannte Parametervektor $\underline{\beta}$ der Einflussfaktoren, der Merkmalsvektor \underline{Y} , sowie der Fehlervektor $\underline{\varepsilon}$ eingeführt werden.¹⁴³ So ergibt sich das folgende lineare funktionale Modell in Matrixschreibweise:¹⁴⁴

$$\underline{Y} = \underline{X} \cdot \underline{\beta} \cdot \underline{\varepsilon}$$

bzw.

$$\begin{array}{c} \begin{pmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_j \\ \vdots \\ Y_m \end{pmatrix} \\ \text{Beobachtungen} \end{array} = \begin{array}{c} \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & \dots & X_{1i} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{j1} & \dots & X_{ji} & \dots & X_{jn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 1 & X_{m1} & \dots & X_{mi} & \dots & X_{mn} \end{pmatrix} \\ \text{Designmatrix} \end{array} \times \begin{array}{c} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_i \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} \\ \text{Parameter} \end{array} + \begin{array}{c} \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_j \\ \vdots \\ \varepsilon_m \end{pmatrix} \\ \text{Fehlervektor} \end{array}$$

Diese Schreibweise ermöglicht eine unmittelbare Berechnung der gesuchten Größen β_i und ε_i .

Dieses Modell setzt voraus, dass die Beobachtungen (hier: Kaufpreise) als gleichgenau und unkorreliert angenommen werden können.¹⁴⁵

Die beste lineare erwartungstreue Schätzung der unbekannt Parameter $\underline{\beta}$ berechnet sich demnach zu:¹⁴⁶

¹⁴¹ Vgl. Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 60.

¹⁴² Vgl. Chatterjee, S.; Price, B.: Praxis der Regressionsanalyse, München 1995, S. 60 und Niemeier, W.: Ausgleichsrechnung, Berlin 2002, S. 341.

¹⁴³ Vgl. Koch, K.R.: Statistische Grundlagen zur Untersuchung von Immobilienwerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, DVW Schriftenreihe 16/1995, S. 8 f.

¹⁴⁴ Ebenda, S. 8 f.

¹⁴⁵ Die Unkorreliertheit der Kaufpreise ist auf Grund der bei jedem Kauffall meistens unterschiedlichen Käufer gegeben. Es wird vorausgesetzt, dass die Kaufpreise gleichgenau sind.

$$\underline{\tilde{\beta}} = (\underline{X}^T \cdot \underline{X})^{-1} \cdot \underline{X}^T \cdot \underline{Y}$$

Anschließend lassen sich auch die abhängigen Werte \underline{Y} und die Residuen $\underline{\varepsilon}$ mit folgenden Formeln schätzen:¹⁴⁷

$$\begin{aligned}\underline{\tilde{Y}} &= \underline{X} \cdot \underline{\tilde{\beta}} \\ \underline{\varepsilon} &= \underline{Y} - \underline{\tilde{Y}} = (\underline{I} - \underline{X} \cdot (\underline{X}^T \cdot \underline{X})^{-1} \cdot \underline{X}^T) \cdot \underline{Y}\end{aligned}$$

Durch diese Vorgehensweise lässt sich mit geringem Rechenaufwand die gesuchte Regressionsfunktion ermitteln.

2.2.1 Qualitätsbeurteilung der Regression

Die bestimmte Regressionsfunktion muss danach auf ihre Güte hin überprüft werden. Hierbei gilt es herauszufinden, ob die ermittelte Funktion des gewählten Modellansatzes die Beziehungen zwischen den unabhängigen Variablen $\underline{\beta}$ und den abhängigen Werten \underline{Y} hinreichend genau beschreibt. Erweist sich bei dieser Prüfung das gewählte Modell als unbrauchbar, so ist ein anderes Modell zu wählen und die Qualitätsbeurteilung zu wiederholen.

Für diese globale Modellprüfung (Qualitätsbeurteilung der Ergebnisse der Regressionsanalyse) stehen drei häufig verwendete Kenngrößen zur Verfügung:

- **Bestimmtheitsmaß (R^2)**

Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist die am häufigsten verwendete Kennziffer zur Qualitätsabschätzung in der linearen Regression.¹⁴⁸ „Es drückt aus, wie gut sich die Regressionsfunktion an die beobachteten Daten anpasst.“¹⁴⁹ Es misst also die Güte der Anpassung der Regressionsfunktion an die empirischen Daten.

Die Basis für die Berechnung von R^2 bildet die Streuungszersetzung. Durch die Streuungszersetzung lässt sich die Gesamtstreuung in einen erklärten und in einen nicht erklärten Teil der Gesamtstreuung aufteilen:¹⁵⁰

¹⁴⁶ Vgl. Koch, K.R.: Statistische Grundlagen zur Untersuchung von Immobilienwerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, DVW Schriftenreihe 16/1995, S. 9.

Das \sim - Zeichen verdeutlicht, dass es sich bei dem zugehörigen Vektor um einen geschätzten Vektor handelt. Ein Überstrich bedeutet hingegen, dass es sich um den Mittelwert handelt, der aus der Summe aller Einzelwerte gebildet wird.

¹⁴⁷ Vgl. Koch, K. R.: Parameterschätzung und Hypothesentests, Bonn 1997, S. 172.

¹⁴⁸ Das Bestimmtheitsmaß R^2 wird auch Quadrat des multiplen Korrelationskoeffizienten genannt.

¹⁴⁹ Vgl. Backhaus, K. u. a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 68.

¹⁵⁰ Ebenda, S. 66.

$$\underbrace{\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2}_{\text{Gesamtstreuung}} = \underbrace{\sum_{j=1}^m (\tilde{Y}_j - \bar{Y})^2}_{\text{erklärte Streuung}} + \underbrace{\sum_{j=1}^m (Y_j - \tilde{Y}_j)^2}_{\text{nicht erklärte Streuung}}$$

mit: Y_j : tatsächlicher Kaufpreis des j-ten Objektes
 \tilde{Y}_j : geschätzter Kaufpreis des j-ten Objektes
 \bar{Y} : Mittelwert der geschätzten Kaufpreise

Diese Streuungszerlegung lässt sich anschaulich an der folgenden Abbildung 14 erklären.

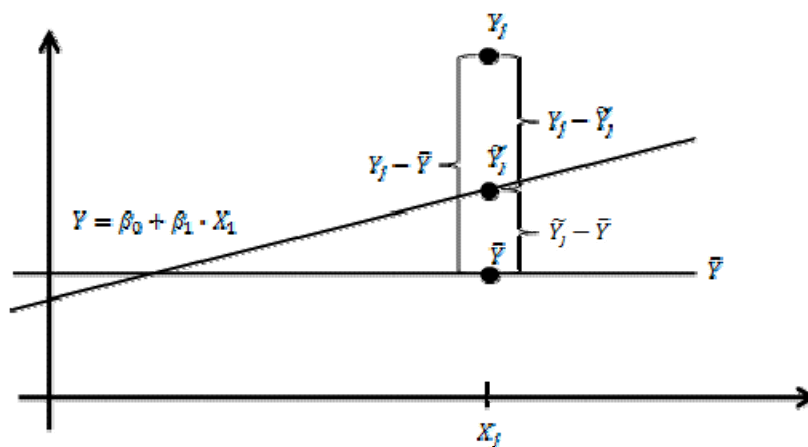


Abbildung 14: Zerlegung der Gesamtstreuung¹⁵¹

R^2 kann damit auf folgende Weise definiert werden:¹⁵²

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m (Y_j - \tilde{Y}_j)^2}{\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \varepsilon_j^2}{\sum_{j=1}^m (Y_j - \bar{Y})^2} = \frac{\text{nicht erklärte Streuung}}{\text{Gesamtstreuung}}$$

Der Wertebereich für das Bestimmtheitsmaß liegt zwischen 0 und 1, je näher das Bestimmtheitsmaß an 1 liegt, desto größer ist der Anteil der erklärten Streuung an der Gesamtheit. In diesem Fall beschreibt das Modell die Daten sehr gut.

Die Höhe des Bestimmtheitsmaßes wird direkt durch die Anzahl der unabhängigen Variablen X_i (Regressoren) beeinflusst. So wird durch Hinzukommen einer unabhängigen

¹⁵¹ Vgl. Strauß, H.: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Auswertung am Beispiel des Flughafens „Düsseldorf International“, Bonn, März 2008 (unveröffentlicht), S. 81.

¹⁵² Vgl. Backhaus, K. u. a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 67.

Variablen X_i der Erklärungsanteil vergrößert. Dieser kann jedoch auch nur zufällig bedingt sein. Dies bedeutet, dass der Wert des Bestimmtheitsmaßes ausschließlich zunehmen kann. Bei einem kleinen Freiheitsgrad kann sich die Schätzeigenschaft des Modells mit jedem hinzukommenden Regressor jedoch verschlechtern.¹⁵³

Um diesen Sachverhalt zu berücksichtigen, kann auf das korrigierte Bestimmtheitsmaß zurückgegriffen werden. Hierbei wird das Bestimmtheitsmaß um eine Korrekturgröße verringert, die von der Anzahl der Regressoren und dem Freiheitsgrad des Modells abhängig ist. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß wird mit folgender Formel berechnet:¹⁵⁴

$$R_{korr}^2 = R^2 - \frac{n \cdot (1 - R^2)}{m - n - 1}$$

mit: n : Anzahl der unabhängigen Variablen X_i
 m : Anzahl der zu erklärenden Variablen Y_i
 $m - n - 1$: Anzahl der Freiheitsgrade

Das korrigierte Bestimmtheitsmaß lässt sich jedoch nicht wie das Bestimmtheitsmaß R^2 als der durch die Regressionsgleichung erklärte Anteil an der Streuung von Y interpretieren.¹⁵⁵ Stattdessen wird das korrigierte Bestimmtheitsmaß R_{korr}^2 immer dann verwendet, wenn Modelle mit einer unterschiedlichen Zahl von zu erklärenden Variablen Y_i verglichen werden sollen.

- **Globaltest**

Mit dem Bestimmtheitsmaß kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob die geschätzte Regressionsfunktion auch über die Stichproben hinaus Gültigkeit besitzt, da das Bestimmtheitsmaß nur ausdrückt, wie gut sich die beobachteten Daten mit Hilfe der Regressionsfunktion darstellen lassen.

Ein für diese Fragestellung geeignetes Prüfkriterium ist der Globaltest, der mit der Nullhypothese prüft, ob alle Regressionskoeffizienten Null sind:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$$

Wird die Nullhypothese angenommen, so besteht kein kausaler Zusammenhang zwischen der abhängigen Variablen Y und den unabhängigen Variablen X und die Allgemeingültigkeit der berechneten Regressionsfunktion kann empirisch nicht bestätigt werden.

¹⁵³ Vgl. Backhaus, K. u. a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 68.

¹⁵⁴ Ebenda, S. 68.

¹⁵⁵ Vgl. z.B.: Chatterjee, S.; Price, B.: Praxis der Regressionsanalyse, München 1995, S. 65.

Zur Prüfung der Nullhypothese kann ein Fisher-Test durchgeführt werden. Hierfür wird der empirische F-Wert nach folgender Formel berechnet:¹⁵⁶

$$F_{emp} = \frac{\sum_{j=1}^m (\hat{Y}_j - \bar{Y})^2 / n}{\sum_{j=1}^m (Y_j - \hat{Y}_j)^2 / (m - n - 2)}$$

Der so berechnete empirische F-Wert muss mit einem theoretischen F-Wert verglichen werden. Der theoretische F-Wert ergibt sich für das gewählte Signifikanzniveau¹⁵⁷ aus der Fisher-Verteilung und kann aus einer Fisher-Tabelle unter Berücksichtigung des Freiheitsgrades und der Zahl der unabhängigen Variablen abgelesen werden.

Ist der empirische Wert F_{emp} größer, als der in der Tabelle abgelesene theoretische Wert, so ist die Nullhypothese H_0 zu verwerfen. Somit wäre der Zusammenhang zwischen der abhängigen Variablen Y und den unabhängigen Variablen X durch die Regressionsfunktion erklärbar und signifikant.

Ist der empirische Wert F_{emp} hingegen kleiner als der theoretische Tabellenwert, so ist die Nullhypothese anzunehmen. Somit wäre die Signifikanz der Regressionsbeziehung nicht nachweisbar.

- **Standardabweichung der Schätzung**

Die Standardabweichung der Schätzung ist ein weiteres Genauigkeitsmaß, mit dem die Güte der Regressionsfunktion bewertet werden kann. Sie berechnet sich wie folgt:

$$s_0 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \varepsilon_j^2}{m - n - 1}}$$

„Die Standardabweichung ist positiv definiert bzw. vorzeichenfrei und unterscheidet sich somit von dem früher als Genauigkeitsmaß üblichen „mittleren Fehler“, der zwar vom numerischen Wert her identisch ist, aber als [...] Intervall definiert ist.“¹⁵⁸

Die Bewertung der Standardabweichung lässt sich nur sachverständig durchführen. Es gibt keine Möglichkeit diesen Wert anhand statistischer Kenngrößen vergleichbar zu machen. Daher muss mit Hilfe eigener Genauigkeitsvorstellungen ein Urteil über die Standardabweichung gefällt werden.

¹⁵⁶ Vgl. Backhaus, K. u. a.: Multivariate Analysemethoden, Berlin 2006, S. 70.

¹⁵⁷ Meist wird ein Signifikanzniveau von 5% gewählt.

¹⁵⁸ Vgl. Niemeier, W.: „Ausgleichsrechnung“, Berlin 2002, S. 5.

2.2.2 Test der Regressionsparameter

Für den Fall, dass die Qualitätsbeurteilung der Regression positiv ausgefallen ist, müssen anschließend die Regressionskoeffizienten einzeln auf ihre Signifikanz gegenüber der abhängigen Variablen Y überprüft werden. Hierbei wird üblicherweise auf einen Hypothesentest zurückgegriffen. Die Nullhypothese lautet in diesem Fall:

$$H_0: \beta_i = \beta_i^0$$

Das geeignete Prüfkriterium für diesen Hypothesentest ist die t-Statistik:¹⁵⁹

$$t = \frac{\beta_i - \beta_i^0}{s_{\beta_i}}$$

mit:

β_i : Regressionskoeffizient des Regressors X_i

β_i^0 : Konstante, die vor Testbeginn vom Untersuchenden zu wählen ist

s_{β} : Standardabweichung des Regressionskoeffizienten β_i

In den meisten Fällen wird die Nullhypothese zu $H_0: \beta_i = 0$ gewählt. Dadurch vereinfacht sich die t-Statistik zu:

$$t = \frac{\beta_i}{s_{\beta_i}}$$

Der Aufwand für die Berechnung des t-Wertes einer unabhängigen Variablen X_i wird somit verringert.

Für die Bewertung des berechneten t-Wertes muss, analog zum Globaltest, ein Signifikanzniveau ausgewählt werden. Hierbei wird wiederum häufig eine Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95 Prozent verwendet.

Da die Teststatistik t eine student-Verteilung besitzt, wird der gerechnete t-Wert mit dem entsprechenden kritischen student-Wert verglichen.¹⁶⁰ Den kritischen Wert kann mit Hilfe der gewählten Vertrauenswahrscheinlichkeit und der Anzahl der Freiheitsgrade aus einer student-Tabelle abgelesen werden.

¹⁵⁹ Vgl. Chatterjee, S.; Price, B.: Praxis der Regressionsanalyse, München 1995, S. 62.

¹⁶⁰ Der gerechnete t-Wert kann negative Werte annehmen. Dies führt dazu, dass beim Vergleich mit dem theoretischen t-Wert stets der Absolutbetrag des empirischen t-Wertes verwendet werden muss.

Ist der Absolutbetrag des empirischen t-Wertes größer als der theoretische t-Wert, so ist die Nullhypothese zu verwerfen. Damit hat der Regressionskoeffizient β_i einen von Null zu unterscheidenden Wert. Folglich ist der Einfluss der unabhängigen Variablen X_i auf die abhängige Variable Y als signifikant anzusehen.

IV. Anwendung des Modells an ausgewählten Flughafenstandorten

1. Fallstudie Flughafen Düsseldorf-International

1.1 Der Flughafen Düsseldorf-International

1.1.1 Allgemeines

Der Flughafen Düsseldorf-International liegt in Nordrhein-Westfalen zwischen den Städten Düsseldorf, Ratingen, Mettmann, Essen, Mülheim an der Ruhr, Duisburg, Krefeld und Neuss. Das Stadtzentrum von Düsseldorf liegt rund 8 km südlich des Flughafens (vgl. Abbildung 15). Das Betriebsgelände des Flughafens erstreckt sich über eine Fläche von ca. 613 Hektar.¹⁶¹

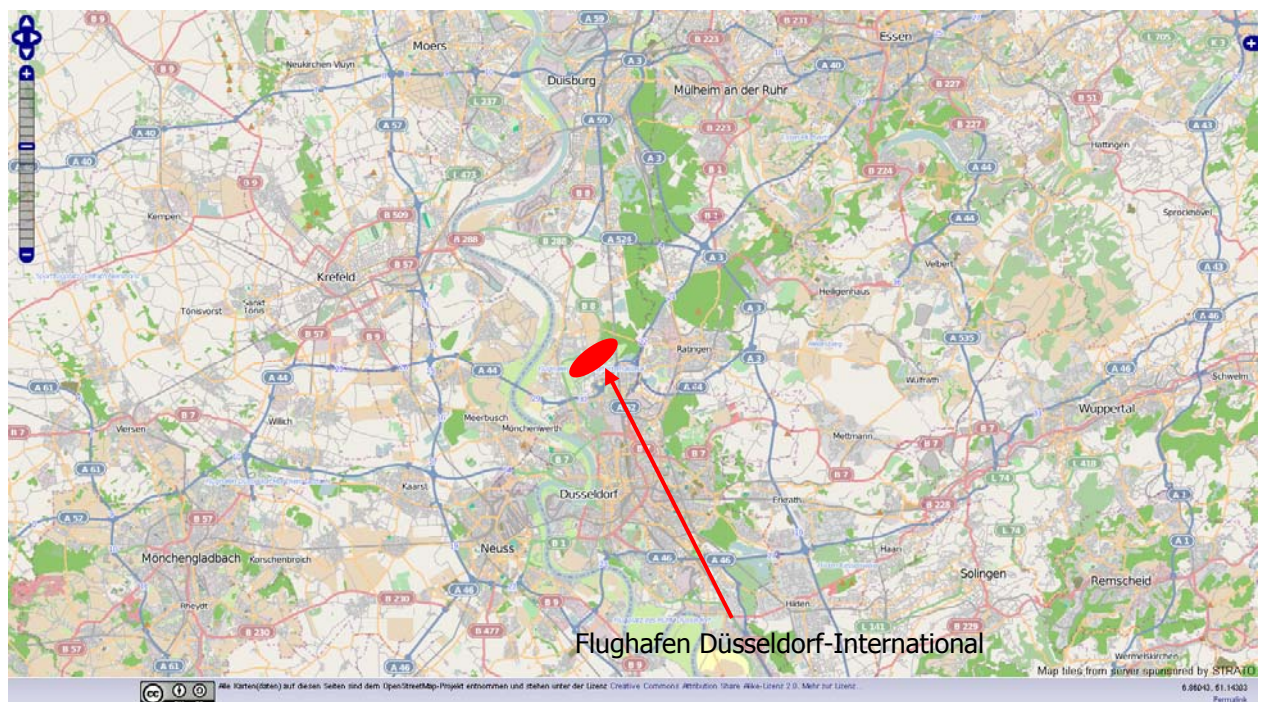


Abbildung 15: Räumliche Lage des Flughafens Düsseldorf-International¹⁶²

Die Erreichbarkeit des Flughafens mit dem Individualverkehr ist über die direkte Anbindung an die A44 (Abfahrt Düsseldorf-Flughafen) und damit an die A3 (Emmerich - Frankfurt) und A52 gegeben. Die Erreichbarkeit des Flughafens mit dem öffentlichen Personennahverkehr wird durch

- den im Jahr 2000 eröffneten Fernbahnhof Düsseldorf Flughafen¹⁶³, der sowohl von den Fern- und Regionalzügen der Strecke Düsseldorf – Duisburg als auch durch die S-Bahnlinie 1 angebunden ist sowie

¹⁶¹ Vgl. <http://www.duesseldorf-international.de/dus/infrastruktur/>, 23.02.2010.

¹⁶² Quelle: <http://www.openstreetmap.de/karte.html> und eigene Bearbeitung.

- durch die S-Bahnlinie 11, die direkt an den Terminals am S-Bahnhof „Düsseldorf-Flughafen Terminal“ hält und den Flughafen mit Bergisch Gladbach verbindet, sichergestellt.¹⁶⁴ Darüber hinaus sind die umliegenden Gemeinden durch Busverbindungen, die direkt am Busbahnhof vor der zentralen Ankunftshalle enden, an den Flughafen angebunden.

Im Jahr 2006 betrug das Passagieraufkommen des Flughafens Düsseldorf-International rund 16,5 Millionen; gemessen an der Anzahl der Fluggäste pro Jahr rangierte der Flughafen Düsseldorf-International damit an 3. Stelle in Deutschland. Bezüglich des Transportaufkommens im Jahr 2006 nahm der Flughafen Düsseldorf-International

- mit einem Aufkommen von ca. 59.300 t Luftfracht die 4. Position und
- mit einem Aufkommen von ca. 106 t Luftpost eine unbedeutende 9. Position

in Deutschland ein.¹⁶⁵

Die wichtigsten Daten des Flughafens Düsseldorf-International sind in Tabelle 19 zusammengefasst:

Gründungsdatum:	19. April 1927
Geographische Lage:	51°16'86"N geographische Breite 06°45'44"O geographische Länge 42 Meter über NN
IATA-Code / ICAO-Code:	DUS / EDDL
Betriebsgelände:	613 Hektar
Betriebszeit:	6 ⁰⁰ – 23 ⁰⁰ (regulärer Flugbetrieb) 23 ⁰⁰ – 6 ⁰⁰ (Nachtflugbeschränkung)
Terminals:	Flugsteig A, B, C
Arbeitsplätze:	Insgesamt: 15.900 Personen in 230 Unternehmen 2.320 Personen (Flughafen Düsseldorf Konzern) 12.580 Personen (sonstige Unternehmen)

Tabelle 19: Der Flughafen Düsseldorf-International ¹⁶⁶

¹⁶³ Die Terminals und der Fernbahnhof Düsseldorf Flughafen (Entfernung ca. 2,5 km) sind seit 2002 durch die Schwebbahn Skytrain verbunden.

¹⁶⁴ Vgl. <http://www.duesseldorf-international.de/dus/infrastruktur/>, 23.02.2010.

¹⁶⁵ Vgl. http://www.adv.aero/fileadmin/pdf/statistiken/2006/Statistik_Dezember_2006.pdf, 23.02.2010.

¹⁶⁶ Quelle: <http://www.duesseldorf-international.de/dus/infrastruktur/>, 23.02.2010; <http://www.dus-int.de/dus/flugbetriebszeiten/>, 23.02.2010; <http://www.nur-duesseldorf.de/flughafen/Geschichte.html>, 23.02.2010.

In Tabelle 20 ist die geschichtliche Entwicklung des Flughafens Düsseldorf-International kurz zusammengefasst.

Jahr	Entwicklung
1927	Eröffnung des Flughafens Düsseldorf
1936	Ausbau des Flughafens zu einem Fliegerhorst durch die deutsche Luftwaffe
1949	Wiederaufnahme der zivilen Luftfahrt
1952	Verlängerung der Hauptstart- und -Landebahn auf 2.475 m
1965	Im sogenannten „Angerland-Vergleich“ wird der Generalausbauplan des Flughafens als Endausbaustufe festlegt
1969	Verlängerung der Hauptstart- und -Landebahn auf 3.000 m
1970	Einstellung des Nachtluftpostverkehrs aus Lärmschutzgründen
1975	Eröffnung der neuen S-Bahn-Strecke vom Düsseldorfer Hauptbahnhof zum S-Bahnhof „Düsseldorf-Flughafen“
1977	Einleitung des Planfeststellungsverfahrens zum Bau der zweiten Start- und Landebahn
1996	Brandkatastrophe mit 17 Toten, die Terminals A und B werden dabei vollständig zerstört, Beginn des Wiederaufbaus durch das Projekt „airport 2000 plus“
1998	Inbetriebnahme des neuen Terminals A und Umbenennung des Flughafens von „Rhein-Ruhr Flughafen“ in „Düsseldorf International“
2003	Abschluss des Projekts „airport 2000 plus“
2004	Baubeginn der Düsseldorfer Airport City, Abschluss der Bauarbeiten für 2013 geplant

Tabelle 20: Überblick über die Entwicklung des Flughafens Düsseldorf-International ¹⁶⁷

1.1.2 Flugrouten

Der Fluglärm wird unter anderem durch die Lage der An- und Abflugrouten und insofern durch die Start- und Landebahnen des Flughafens beeinflusst. Der Flughafen Düsseldorf-International verfügt über zwei parallele Start- und Landebahnen:¹⁶⁸

¹⁶⁷ Quelle: <http://www.nur-duesseldorf.de/flughafen/Geschichte.html>, 23.02.2010 und eigene Bearbeitung.

¹⁶⁸ Vgl. <http://www.duesseldorf-international.de/dus/infrastruktur/>, 23.02.2010.

- Südbahn: 05R/23L¹⁶⁹, 3.000 m (Hauptstart- und -landebahn),
- Nordbahn: 05L/23R, 2.700 m.

Da die beiden Start- und Landebahnen nur 500 m voneinander entfernt sind, dürfen die Bahnen nicht unabhängig voneinander verwendet werden. Die Nordbahn darf nur bei Betriebsunterbrechungen auf der Südbahn für Start und Landungen dienen. Eine Ausnahme gilt in „Spitzenzeiten“, wenn für Luftfahrzeuge Wartezeiten zu befürchten sind. In diesem Fall wird meist die längere Südbahn als Startbahn und die etwas kürzere Nordbahn als Landebahn genutzt. Zusätzlich wird die Mitbenutzung der Nordbahn in der Zeit von 21⁰⁰ Uhr bis 22⁰⁰ Uhr durch die Betriebsgenehmigung vom 09. November 2005 vorgeschrieben.¹⁷⁰

Da im Flugverkehr keine genaue Streckenführung möglich ist, werden sogenannte Flugerwartungsgebiete eingerichtet. Die Breite der einzelnen Flugkorridore in einem Flugerwartungsgebiet wird durch die Richtlinien der ICAO (International Civil Aviation Organization) festgelegt und durch die Deutsche Flugsicherung (DFS) zentral in der DFS-Unternehmenszentrale konstruiert. Das Flugerwartungsgebiet kennzeichnet die Gebiete, in denen im Nahbereich eines Flughafens und entlang der Abflugstrecken mit Flügen und somit mit erhöhter Lärmimmission gerechnet werden muss. Das Flugerwartungsgebiet des Flughafens Düsseldorf-International ist in Abbildung 16 dargestellt.

¹⁶⁹ Die Werte geben Auskunft über die Richtungslage der jeweiligen Startbahn. Bei den Start-/Landebahnen des Düsseldorfer Flughafens sind Starts und Landungen in Richtung Nordosten (50°) und in Richtung Südwesten (230°) möglich.

¹⁷⁰ Vgl. <http://www.duesseldorf-international.de/dus/flugrouten/>, 23.02.2010.

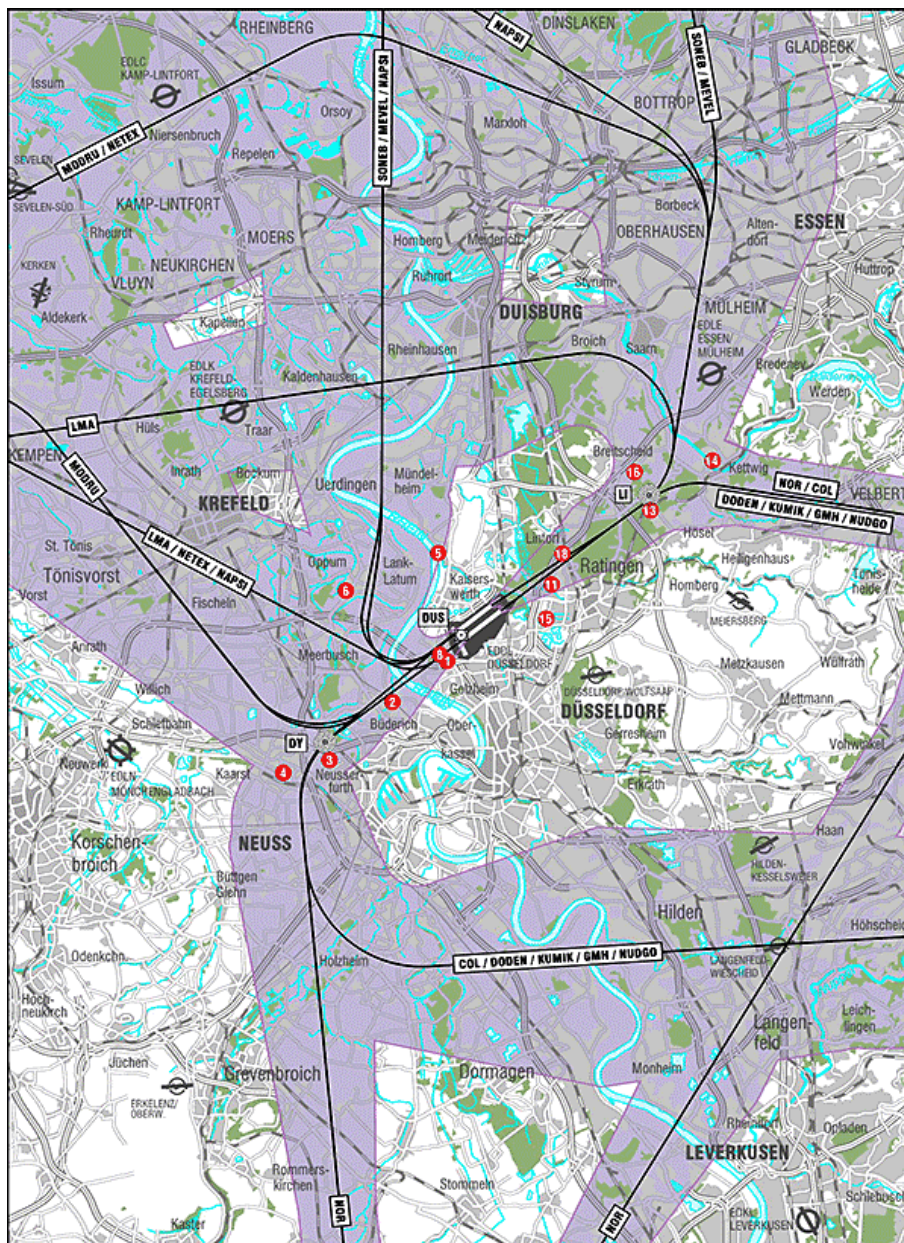


Abbildung 16: Flugerwartungsgebiet des Flughafens Düsseldorf-International¹⁷¹

1.1.3 Starts/Landungen

Auf der südlich gelegenen Hauptstart- und -landebahn werden etwa 69 % aller Flugbewegungen durchgeführt. Die restlichen 31 % der Flugbewegungen entfallen auf die nördliche Parallelbahn.

Aufgrund der vorherrschenden meteorologischen Verhältnisse werden fast alle Start- und Landevorgänge (80 % aller Flugbewegungen) in westlicher Richtung durchgeführt. Dies führt dazu, dass bei Landeanflügen vor allem die Stadt Ratingen von Fluglärm betroffen ist.

¹⁷¹ Vgl. http://www.dfs.de/dfs/internet/deutsch/inhalt/company_future/primaernavigation/fluglaerm_umwelt/sekundaernavigation/flughafen_duesseldorf/abflugverfahren_duess.gif, 18.08.2007.

Entsprechend finden die Startvorgänge häufig über Düsseldorf-Lohausen statt (vgl. Abbildung 17).¹⁷² Diese Startroute (Flugrichtung 23) lässt sich in drei Abflugrouten unterteilen:

1. nach Norden in Richtung Lank-Latum (etwa 27% der Startvorgänge in westlicher Richtung),
2. nach Nordwesten in Richtung Meerbusch-Strümp (ca. 2% der Startvorgänge in westlicher Richtung),
3. nach Süden in Richtung Kaarst (etwa 71% der Startvorgänge in westlicher Richtung).

Die restlichen 20 % der Flugbewegungen finden bei Ostwind statt. In diesem Fall wird in Richtung Ratingen gestartet (Flugrichtung 05). Sie lässt sich hinter Ratingen-Hösel ebenfalls in drei Abflugrouten unterteilen:

1. nach Westen in Richtung Mülheim-Saarn (etwa 0,1% der Startvorgänge in östlicher Richtung),
2. nach Norden in Richtung Essen-Kettwig (ca. 51% der Startvorgänge in östlicher Richtung),
3. nach Osten in Richtung Heiligenhaus (etwa 49% der Startvorgänge in östlicher Richtung).¹⁷³

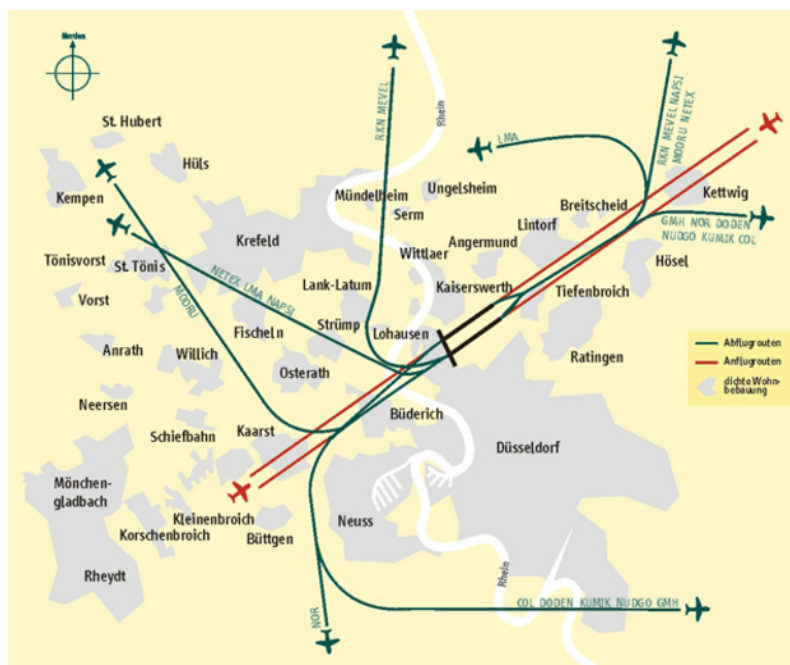


Abbildung 17: Ab- und Anflugrouten am Flughafen Düsseldorf-International¹⁷⁴

¹⁷² Vgl.: <http://www.duesseldorf-international.de/dus/flugrouten/>, 23.02.2010.

¹⁷³ Ebenda.

¹⁷⁴ Quelle: <http://www.duesseldorf-international.de/dus/flugrouten/>, 23.02.2010.

1.1.4 Lärmschutzbereiche

Gemäß § 2 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) sind in der Umgebung von Flughäfen Lärmschutzbereiche einzurichten. Der § 2 FluLärmG sieht zwei Schutzzonen vor, eine für den Tag und eine für die Nacht. In Abbildung 18 ist die Tagschutzgebiete des Flughafens Düsseldorf-International dargestellt.

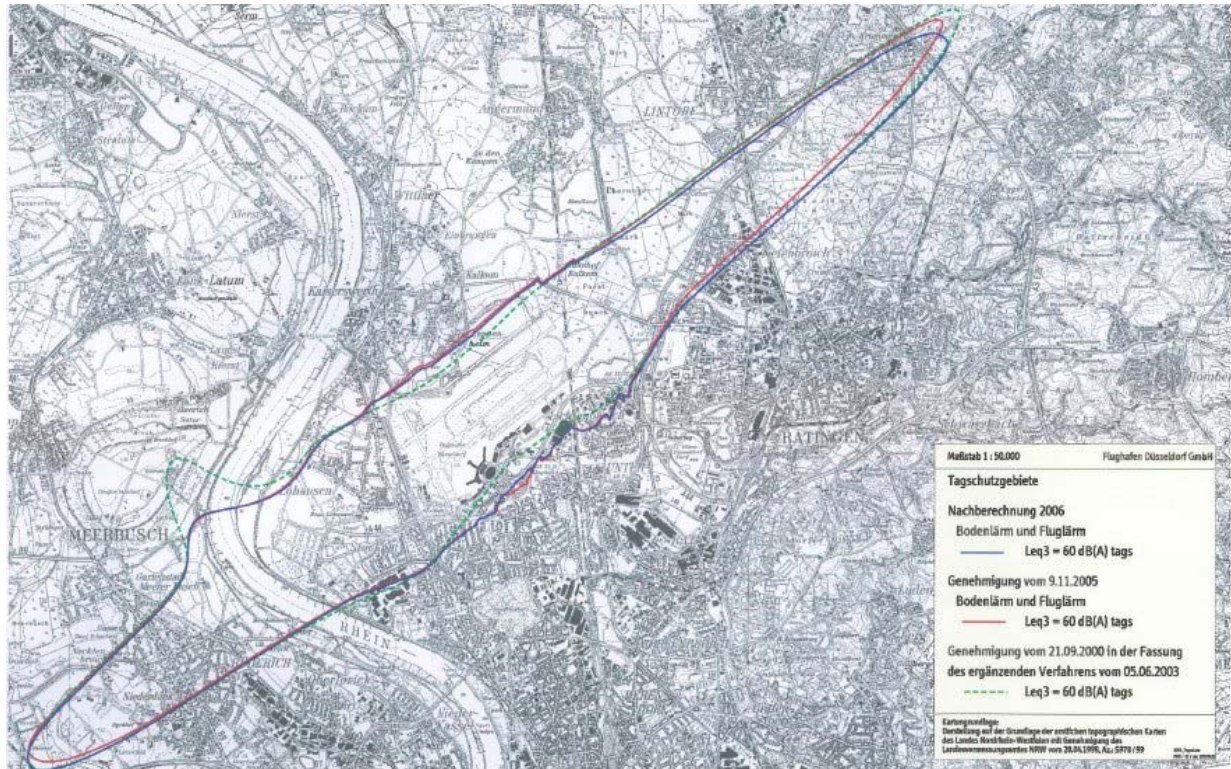


Abbildung 18: Tagschutzgebiete des Flughafens Düsseldorf-International¹⁷⁵

1.2 Festlegung des Untersuchungsgebietes

Die Festlegung des Untersuchungsgebietes basiert auf der Ausweisung der Schutzzonen gemäß § 2 FluLärmG des Flughafens Düsseldorf-International sowie den An- und Abflugrouten der beiden Start- und Landebahnen. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von rund 400 km² und liegt schlauchartig parallel zu den Start- und Landebahnen, mit einer Südwest-Nordost-Ausdehnung von rund 40 km und einer Nordwest-Südost-Ausdehnung von rund 10 km. Das Untersuchungsgebiet wird im Südwesten durch Büttgen und im Nordosten durch Heisingen begrenzt (siehe Abbildung 19).

Eine breitere Ausdehnung des Untersuchungsgebietes in Nordwest- und Südost-Richtung ist nicht sinnvoll, da im Süden des Untersuchungsgebietes der Innenstadtbereich Düsseldorfs beginnt, der starke Auswirkungen auf die Immobilienpreise in diesem Bereich hat. Diese Auswirkungen konnten in der Auswertung nur sehr schlecht berücksichtigt werden. Ebenso

¹⁷⁵ Quelle: http://www.dus-int.de/_uploads/uploads/nachbar_flughafen/pdf/laermschutzzonen.pdf, 08.12.2007.

grenzen im nördlichen Bereich die Ballungszentren Duisburg und Mülheim a. d. Ruhr an das Untersuchungsgebiet. Da es sich bei dem Untersuchungsgebiet jedoch teilweise um ein sehr dicht besiedeltes Gebiet handelt, sind die im Untersuchungsgebiet liegenden Vergleichsgebiete für eine statistische Auswertung durchaus ausreichend (siehe Kapitel IV. 1.5).



Abbildung 19: Untersuchungsgebiet des Flughafen Düsseldorf-International¹⁷⁶

Im Untersuchungsgebiet liegen:

- Stadt Düsseldorf (Angermund, Einbrungen, Golzheim, Kaiserswerth, Kalkum, Lohausen, Lörick, Mörsenbroich, Niederkassel, Rath, Stockum, Unterrath und Wittlaer)
- Stadt Ratingen (Breitscheid, Eggerscheid, Hösel, Lintorf, Ratingen-Mitte, Ratingen-Ost, Ratingen-West und Tiefenbroich)
- Kreis Mettmann (Heiligenhaus mit Ortsteil Isenbügel)
- Stadt Essen (Bredeney, Fischlaken, Heidhausen, Heisingen, Kettwig, Schuir, Stadtwald und Werden)
- Stadt Neuss (Furth-Nord, Vogelsang und Weissenberg)

¹⁷⁶ Quelle: Kartographie LVN-Neuss 2008, Amtliches Stadtplanwerk Rheinland-Ruhrgebiet-Bergisches Land und eigene Bearbeitung.

- Rhein-Kreis-Neuss (Gemeinde Meerbusch (Büderich, Ilverich, Langst-Kierst, Lank-Latum, Meerer Busch, Meerer Busch-Neubauegebiet, Nierst, Ossum-Bösinghoven, Ost, Osterath, Schürkesfeld, Strümp und Strümper Busch); Gemeinde Kaarst (Büttgen, Driesch, Holzbüttgen, Kaarst, Linning und Vorst))

1.3 Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)

Die Erfassung der baulichen Struktur der 52 Ortsteile des Untersuchungsgebietes mit Hilfe von Bodenrichtwertkarten, Ortsbesichtigungen und Luftbildern führt dazu, dass das Untersuchungsgebiet Flughafen Düsseldorf-International in 199 Teilgebiete gegliedert wird, in denen das Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) die überwiegende Nutzung darstellt. In Tabelle 21 sind die untersuchten Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Stadt Düsseldorf exemplarisch dargestellt.

Stadt-/Ortsteil	Gebietsmitte	Bodenrichtwert [EUR/m ²]	BRW-Nummer	Nutzungsart	BRW-Fläche	Stichtag	Beitragszustand	Bauweise
Stadt Düsseldorf								
Angermund	Ecke In Den Blamüsen/Kirchweg	410,00	55	WR-I/II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Einbrungen	Talweg	370,00	660	WR-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Golzheim	Wirmerstraße	780,00	1600	WR-I	35 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Kaiserswerth	Kesselsbergweg	470,00	2207	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Kalkum	An der Alten Mühle	370,00	56	WR-I/II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Lörick (Ost)	Hinsbecker Straße	660,00	2840	WR-I	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Lörick (Nordwest)	Bonifatiusstraße	470,00	6	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Lörick (Südwest)	Löricker Straße	370,00	2472	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Lohausen (Nord)	Curt-Beckmann-Straße	530,00	2264	WR-II	50 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Lohausen (Mitte)	Im Grund	340,00	2000	W-II	50 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Lohausen (Süd)	Bredelaerstraße	330,00	1363	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Mörsenbroich	Säckinger Straße	270,00	2743	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Nieder-kassel (Nord)	Euskirchener Straße	600,00	1610	WR-I	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Nieder-kassel (Süd)	Alt Nieder-kassel	800,00	2477	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Rath (Nord)	Am Götzenkothlen	340,00	2544	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	GFZ 0,7
Rath (Süd)	Hirschweg	460,00	1564	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Stockum (Nord)	Clemens-Brentano-Straße	500,00	1441	WR-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Stockum (Süd)	Schüsslerstraße	520,00	2492	WR-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Unterrath (Ost)	Am Gengelsträsschen	350,00	62	W-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	
Unterrath (West)	Sperlingsweg	330,00	1172	WR-II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH
Wittlaer	Ecke Grenzweg/Fritz-Köhler-Weg	530,00	54	WR-I/II	40 (Tiefe)	01.01.2007	frei	EFH

Tabelle 21: Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Stadt Düsseldorf

1.4 Erfassung der Einflussgrößen

1.4.1 Verkehrslage

Die Verkehrslage setzt sich aus verschiedenen Einflussgrößen zusammen. Es wird dabei zwischen der äußeren und der inneren Verkehrslage unterschieden.

In Tabelle 22 wird die Erfassung und Bestimmung der Einflussgrößen der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf exemplarisch dargestellt.

Stadt-/Ortsteil	BRW-Nummer	Flughafen			Fernbahnhof			Autobahnauffahrt		Entfernung [km]	
		Individualverkehr [min] Parkplatz P1	ÖPNV [min]	Entfernung [km]	Individualverkehr [min]	ÖPNV [min]	Entfernung [km]	Individualverkehr [min]	Entfernung [km]	Oberzentrum	Mittelzentrum
Stadt Düsseldorf											
Angermund	55	12	37	10,66	12	11	9,55	5	3,16	15,34	8,44
Einbrungen	660	13	53	8,24	13	46	9,27	9	6,68	14,18	9,13
Golzheim	1600	10	41	6,29	10	22	5,47	7	3,77	6,97	6,97
Kaiserswerth	2207	11	46	7,21	11	39	8,11	7	5,61	13,15	7,97
Kalkum	56	10	52	8,83	10	42	7,61	6	5,11	15,87	7,47
Lörick (Ost)	2840	14	47	8,65	10	26	5,58	7	3,64	4,66	4,66
Lörick (Nordwest)	6	16	47	9,86	13	26	7,07	8	4,11	6,29	2,71
Lörick(Südwest)	2472	16	45	9,83	12	24	6,67	7	3,5	5,68	2,95
Lohausen (Nord)	2264	8	40	5,86	14	33	8,76	6	3,72	11,79	10,81
Lohausen (Mitte)	2000	7	36	4,59	13	29	7,47	4	1,88	10,43	10,43
Lohausen (Süd)	1363	6	35	3,98	12	28	6,87	2	1,27	9,82	9,82
Mörsenbroich	2743	10	24	5,08	11	25	5,52	6	3,28	6,72	6,38
Niederkassel (Nord)	1610	14	47	8,61	10	26	5,46	7	3,6	4,61	4,61
Niederkassel (Süd)	2477	14	40	8,63	9	19	4,87	7	3,62	4,02	4,02
Rath (Nord)	2544	11	39	5,57	9	36	5,29	3	1,42	9,28	2,94
Rath (Süd)	1564	11	31	5,67	9	29	5,4	2	0,93	8,68	3,56
Stockum (Nord)	1441	7	42	4,55	13	37	7,43	4	2,03	9,35	9,35
Stockum (Süd)	2492	7	33	4,36	12	29	7,24	3	1,84	7,93	7,93
Unterrath (Ost)	62	6	24	2,93	7	12	3,84	4	1,91	10,02	7,3
Unterrath (West)	1172	8	26	4,77	13	29	6,7	5	2,54	8,54	8,54
Wittlaer	54	16	54	9,71	16	52	10,73	7	5,83	15,51	10,6

Tabelle 22: Erfassung der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf

Die in Frage kommenden Mittel- bzw. Oberzentren wurden dem statistischen Datenblatt „Datenspektrum“ des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen¹⁷⁷ entnommen. Als Mittelzentren sind Heiligenhaus, Kaarst, Meerbusch, Ratingen und Velbert und als Oberzentren sind Düsseldorf, Duisburg, Essen, Krefeld und Mönchengladbach für die Erreichbarkeitsanalyse von Bedeutung.

In Tabelle 23 wird die Erfassung und Bestimmung der Einflussgrößen der inneren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf exemplarisch dargestellt.

¹⁷⁷ Vgl.: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (LDS NRW): Datenspektrum – Statistische Daten zur Gemeindestruktur und -entwicklung, 2006, S. 2ff.

Stadt-/Ortsteil	BRW-Nummer	S-Bahnhof		ÖPNV-Haltestelle			
		Individualverkehr [min]	Entfernung [km]	Fußweg [min]	weiterführende Schule	Grundschule	Kinder-garten
Stadt Düsseldorf							
Angermund	55	1	0,36	8	3,3	0,4	0,1
Einbrungen	660	10	5,87	14	7,9	1,8	1,9
Golzheim	1600	9	4,47	8	0,5	2,2	0,5
Kaiserswerth	2207	8	4,71	7	7,5	0,8	0
Kalkum	56	7	4,21	4	6,6	2,1	1,6
Lörick (Ost)	2840	11	5,9	7	1,3	1,1	1
Lörick (Nordwest)	6	9	4,73	4	2,7	1,4	1,8
Lörick(Südwest)	2472	8	4,13	7	2,6	0,8	1,3
Lohausen (Nord)	2264	9	6,17	3	5,7	2,2	2,1
Lohausen (Mitte)	2000	8	4,89	3	3,5	0,5	0,5
Lohausen (Süd)	1363	7	4,28	5	3,1	1,5	1,2
Mörsenbroich	2743	3	1,71	8	0,9	0,9	0,1
Niederkassel (Nord)	1610	10	5,45	7	1,1	0,9	0,8
Niederkassel (Süd)	2477	9	4,87	3	1,4	1,1	0,9
Rath (Nord)	2544	4	2,22	9	2,6	1,6	0,3
Rath (Süd)	1564	4	2,05	2	1,9	0,6	0,6
Stockum (Nord)	1441	8	4,84	18	2,3	0,5	2,1
Stockum (Süd)	2492	7	4,66	5	0,5	1,1	1
Unterrath (Ost)	62	2	1,25	3	1,9	0,8	0,3
Unterrath (West)	1172	5	2,75	4	1,8	1,1	1,4
Wittlaer	54	10	6,25	3	9,2	0	0,1

Tabelle 23: Erfassung der inneren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Düsseldorf

1.4.2 Immissionsbelastung

Zur Erfassung der Immissionslage wird sowohl der Grundlärm als auch der Fluglärm als Einflussgröße aufgenommen.

• Grundlärm

Zur Unterstützung der Gemeinden bei der Aufstellung der Lärmbelastungskarten hat das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen eine landesweite Übersicht (Screening) der Geräuschbelastung im Maßstab 1:100.000 erarbeitet.

Die Lärmscreenings werden getrennt für den Tag und die Nacht berechnet. Darüber hinaus wird zwischen den einzelnen Lärmquellen unterschieden. So wird zwischen dem Straßen-, dem Schienen- und dem Wasserverkehr, sowie dem Industrie- bzw. Gewerbelärm als Lärmquelle unterschieden.¹⁷⁸

Aus diesem Grund müssen die einzelnen dB(A)-Lärmwerte LW für jede Lärmquelle aus den Karten abgegriffen werden und zunächst über die Formel $I = I_0 \cdot 10^{\frac{LW}{10}} \cdot (I_0 = 10^{-12} \left[\frac{W}{m^2} \right])$ ¹⁷⁹ in Schallintensitätswerte I umgerechnet werden. Die so berechneten Schallintensitätswerte lassen sich anschließend miteinander zu einem Gesamtschallintensitätswert Tag bzw. Nacht

¹⁷⁸ Der Luftverkehr (Fluglärm) wird getrennt betrachtet.

¹⁷⁹ Vgl.: Meschede, D.: Gerthsen Physik, Berlin 2002, S. 194.

addieren. Zuletzt müssen die so berechneten Schallintensitätswerte wieder in dB(A)-Werte zurück transformiert werden. Dies erfolgt über die Formel $LW = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$.

Die tatsächliche Geräuschbelastung der einzelnen Lärmquellen wird in den Quellen durch verschiedene Farbgebung je nach Lärmwert in dB(A) aufgezeigt. Die einzelnen Lärmwerte werden in Fünf-Dezibel-Schritten berechnet, beginnend bei 35 dB(A) und endend bei 80 dB(A). Die Abbildung 20 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus der Lärmkarte für den Straßenverkehr (Tag) in Düsseldorf.

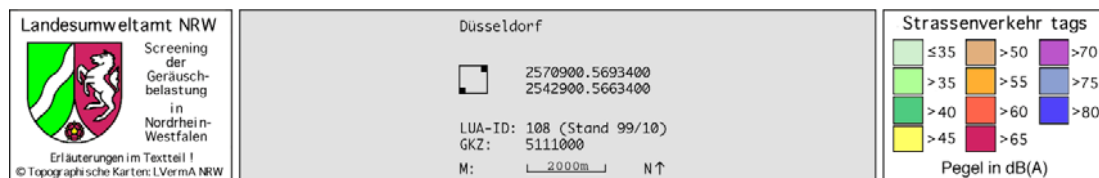
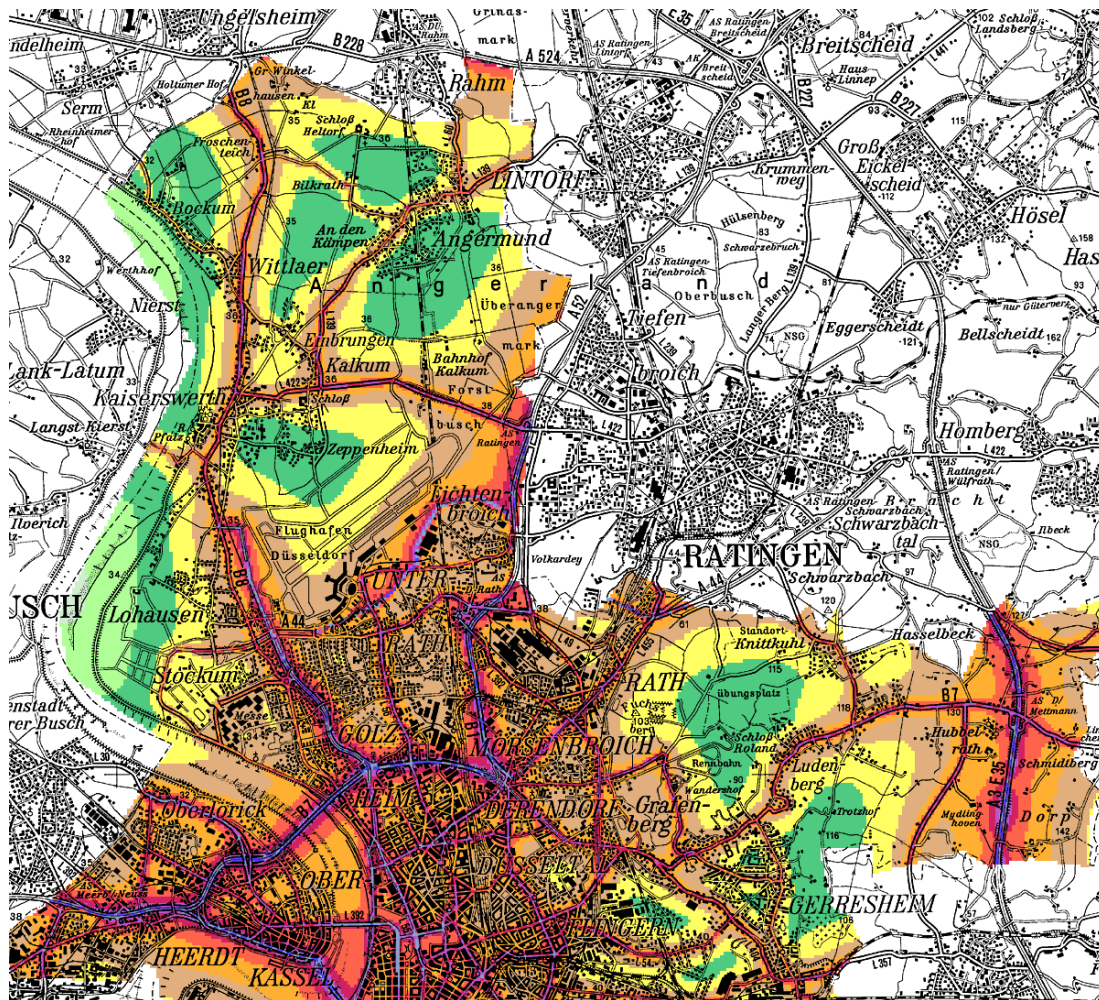


Abbildung 20: Ausschnitt aus dem Lärmscreening für die Stadt Düsseldorf (Straßenverkehr tags)¹⁸⁰

¹⁸⁰ Diese Vorgehensweise wurde telefonisch am 17.10.2007 mit Herrn Hillen vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW abgestimmt.

In Tabelle 24 ist die Berechnung des Gesamtgrundlärms am Tag für die Stadt Düsseldorf abgebildet.

Stadt-/Ortsteil	BRW-Nummer	Grundlärm Tag									
		Straße (dB(A))	Straße (W/m ²)	Schiene (dB(A))	Schiene (W/m ²)	Gewerbe (dB(A))	Gewerbe (W/m ²)	Wasser (dB(A))	Wasser (W/m ²)	Gesamt (W/m ²)	Gesamt (dB(A))
Stadt Düsseldorf											
Angermund	55	45	3,1623E-08	50	0,0000001	30	1E-09	30	1E-09	1,3362E-07	51
Einbrungen	660	45	3,1623E-08	30	1E-09	30	1E-09	45	3,1623E-08	6,5246E-08	48
Golzheim	1600	50	0,0000001	30	1E-09	35	3,1623E-09	50	0,0000001	2,0416E-07	53
Kaiserswerth	2207	45	3,1623E-08	30	1E-09	30	1E-09	45	3,1623E-08	6,5246E-08	48
Kalkum	56	40	0,0000001	35	3,1623E-09	30	1E-09	35	3,1623E-09	1,7325E-08	42
Lörick (Ost)	2840	55	3,1623E-07	30	1E-09	35	3,1623E-09	45	3,1623E-08	3,5201E-07	55
Lörick (Nordwest)	6	55	3,1623E-07	30	1E-09	40	0,0000001	45	3,1623E-08	3,5885E-07	56
Lörick (Südwest)	2472	55	3,1623E-07	30	1E-09	45	3,1623E-08	40	0,0000001	3,5885E-07	56
Lohausen (Nord)	2264	45	3,1623E-08	30	1E-09	35	3,1623E-09	45	3,1623E-08	6,7408E-08	48
Lohausen (Mitte)	2000	50	0,0000001	30	1E-09	45	3,1623E-08	40	0,0000001	1,4262E-07	52
Lohausen (Süd)	1363	60	0,000001	30	1E-09	45	3,1623E-08	40	0,0000001	1,0426E-06	60
Morsbroich	2743	50	0,0000001	50	0,0000001	50	0,0000001	30	1E-09	3,01E-07	55
Niederkassel (Nord)	1610	60	0,000001	30	1E-09	35	3,1623E-09	45	3,1623E-08	1,0358E-06	60
Niederkassel (Süd)	2477	60	0,000001	30	1E-09	35	3,1623E-09	45	3,1623E-08	1,0358E-06	60
Rath (Nord)	2544	55	3,1623E-07	55	3,1623E-07	40	0,0000001	30	1E-09	6,4346E-07	58
Rath (Süd)	1564	50	0,0000001	55	3,1623E-07	45	3,1623E-08	30	1E-09	4,4885E-07	57
Stockum (Nord)	1441	45	3,1623E-08	30	1E-09	35	3,1623E-09	40	0,0000001	4,5785E-08	47
Stockum (Süd)	2492	55	3,1623E-07	30	1E-09	35	3,1623E-09	40	0,0000001	3,3039E-07	55
Unterrath (Ost)	62	50	0,0000001	45	3,1623E-08	40	0,0000001	30	1E-09	1,4262E-07	52
Unterrath (West)	1172	50	0,0000001	35	3,1623E-09	35	3,1623E-09	35	3,1623E-09	1,0949E-07	50
Wittlaer	54	45	3,1623E-08	30	1E-09	30	1E-09	45	3,1623E-08	6,5246E-08	48

Tabelle 24: Erfassung des Grundlärms (Tag) für die Stadt Düsseldorf

• Fluglärm

Zur Berücksichtigung des Fluglärms wird am Flughafenstandort Düsseldorf-International auf die Lärmkarten NRW¹⁸² nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie zurückgegriffen.¹⁸³ In diesen Lärmkarten ist der Fluglärm in Fünf-Dezibel-Schritten beginnend bei 55 dB(A) dargestellt (siehe Abbildung 21).¹⁸⁴

Die Berechnungen der Lärmkartierung basieren auf den Betriebsdaten des Düsseldorfer Flughafens. Geräuscheinwirkungen, die durch Hubschrauber entstehen, bleiben unberücksichtigt. Sie können allein auf Grund der sehr geringen Zahl der Hubschrauberstarts und -landungen (weniger als 4.000 Starts und Landungen pro Jahr) im Vergleich zu den gesamten Flugbewegungen vernachlässigt werden.¹⁸⁵

Die Lärmkartierung verwendet L_{DEN} als Kenngröße für die Geräuschimmissionen, der einen gemittelten Schalldruckpegel über das gesamte Jahr darstellt.¹⁸⁶ Der Umgebungslärm in den

¹⁸¹ Quelle: http://www.lanuv.nrw.de/geraeusche/karten/id_108/str_108t.gif, 26.2.2010.

¹⁸² Vgl. <http://www.umgebungslaerm-kartierung.nrw.de/laerm/viewer.htm>, 28.10.2007.

¹⁸³ Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht auf die Daten der Messstationen des Flughafens Düsseldorf-International zurückgegriffen, da diese nicht flächendeckend für das Untersuchungsgebiet vorliegen, und jeweils nur einen punktuellen Lärmzustand wiedergeben.

¹⁸⁴ Bei der Betrachtung der Fluglärmwerte ist zu beachten, dass die Genauigkeit der Ergebnisse mit sinkenden Dezibelwerten immer weiter abnimmt, so dass eine Berechnung von Isophonen unterhalb von 55 dB(A) zu Genauigkeitseinbußen führen. Vgl.: regionales Dialogforum - Flughafen Frankfurt: „Fluglärmfassung - Erläuterungen zur Fluglärmfassung“, Frankfurt 2005, S. 17.

¹⁸⁵ Vgl.: Hillen, R.: „Erläuterungen zur Kartierung von Geräuschen im Rahmen der EU-RL Umgebungslärm in NRW – Stand 15.11.2007“, Düsseldorf 2007, S. 12.

¹⁸⁶ Ebenda, S. 3.

Abend- und Nachtstunden wird bei der Berechnung des L_{DEN} durch eine Erhöhung um 5 dB(A) in den Abendzeiten und um 10 dB(A) in den Nachtzeiten in besonderem Maße berücksichtigt.¹⁸⁷

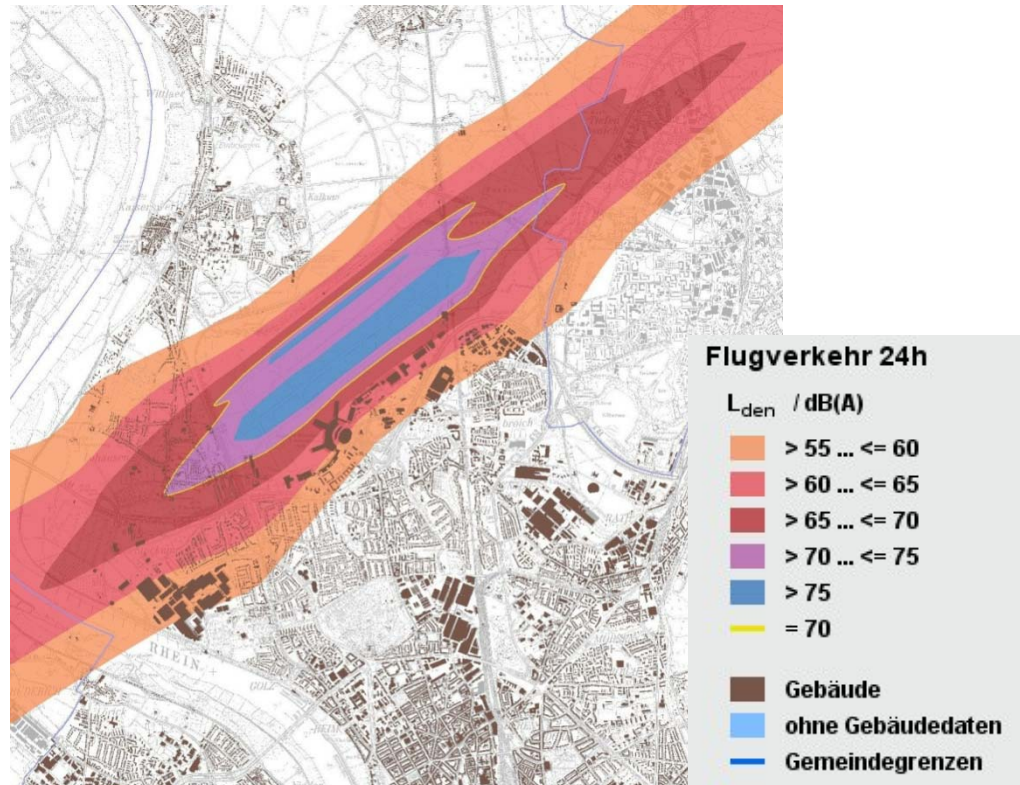


Abbildung 21: Ausschnitt aus der Fluglärmkarte (Tag / Teilbereich der Stadt Düsseldorf)¹⁸⁸

Für die statistische Analyse erfolgt eine Differenzierung der Belastung durch den Fluglärm in fluglärmbelastete (≥ 55 dB(A) = 1) und fluglärmunbelastete (< 55 dB(A) = 0) Bereiche. Die Ortsteile, für die keine dB(A) Angaben in der Karte enthalten sind, werden als fluglärmunbelastet betrachtet und der Klasse (< 55 dB(A) = 0) zugeordnet.

In Tabelle 25 ist die Berechnung des Fluglärms für die Stadt Düsseldorf abgebildet.

¹⁸⁷ Vgl.: Hillen, R.: „Erläuterungen zur Kartierung von Geräuschen im Rahmen der EU-RL Umgebungslärm in NRW – Stand 15.11.2007“, Düsseldorf 2007, S. 7 f.

¹⁸⁸ Quelle: www.umgebungslaerm-kartierung.nrw.de, 16.10.2007 und eigene Bearbeitung.

Stadt-/Ortsteil	BRW- Nummer	Leq(24h) [dB(A)]	Klasse
Stadt Düsseldorf			
Angermund	55	< 55	0
Einbrungen	660	< 55	0
Golzheim	1600	< 55	0
Kaiserswerth	2207	< 55	0
Kalkum	56	< 55	0
Lörick (Ost)	2840	< 55	0
Lörick (Nordwest)	6	< 55	0
Lörick(Südwest)	2472	< 55	0
Lohausen (Nord)	2264	< 55	0
Lohausen (Mitte)	2000	60-65	1
Lohausen (Süd)	1363	65-70	1
Mörsenbroich	2743	< 55	0
Niederkassel (Nord)	1610	< 55	0
Niederkassel (Süd)	2477	< 55	0
Rath (Nord)	2544	< 55	0
Rath (Süd)	1564	< 55	0
Stockum (Nord)	1441	60-65	1
Stockum (Süd)	2492	< 55	0
Unterrath (Ost)	62	< 55	0
Unterrath (West)	1172	< 55	0
Wittlaer	54	< 55	0

Tabelle 25: Erfassung des Fluglärms für die Stadt Düsseldorf

1.4.3 Bebauung

Die Erfassung der Struktur der Bebauung der einzelnen Bodenrichtwertgebiete erfolgt an Hand der in Kapitel 2.3.1.4 beschriebenen drei Klassen (siehe Tabelle 26).

1.4.4 Durchgrünung

Das Untersuchungsgebiet liegt am Rande mehrerer großer Städte.¹⁸⁹ Dennoch liegen die auszuwertenden Teilgebiete zu einem großen Teil in einem recht ländlichen Gebiet, welches von Wiesen und Waldgebieten durchzogen wird (siehe Tabelle 26).

¹⁸⁹ In direkter Nachbarschaft zum Untersuchungsgebiet liegen die Städte Düsseldorf, Krefeld, Duisburg, Mülheim a. d. Ruhr und Essen.

Stadt-/Ortsteil	BRW-Nummer	Bebauung	Durchgrünung
Stadt Düsseldorf			
Angermund	55	1	sehr gut
Einbrungen	660	1	sehr gut
Golzheim	1600	1	gut
Kaiserswerth	2207	3	gut
Kalkum	56	1	sehr gut
Lörick (Ost)	2840	1	gut
Lörick (Nordwest)	6	3	gut
Lörick(Südwest)	2472	3	sehr gut
Lohausen (Nord)	2264	2	sehr gut
Lohausen (Mitte)	2000	1	sehr gut
Lohausen (Süd)	1363	1	sehr gut
Mörsenbroich	2743	3	gut
Niederkassel (Nord)	1610	1	gut
Niederkassel (Süd)	2477	3	gut
Rath (Nord)	2544	3	sehr gut
Rath (Süd)	1564	1	sehr gut
Stockum (Nord)	1441	2	sehr gut
Stockum (Süd)	2492	1	sehr gut
Unterrath (Ost)	62	2	gut
Unterrath (West)	1172	2	sehr gut
Wittlaer	54	1	sehr gut

Tabelle 26: Erfassung der Bebauung und der Durchgrünung am Beispiel der Stadt Düsseldorf

1.4.5 Bevölkerungsstruktur

• Einwohnerzahl und Ausländeranteil

Die Einwohnerzahlen und die Ausländeranteile wurden durch die jeweiligen Gemeinden zur Verfügung gestellt. Da die einzelnen Gemeinden meist keine hinreichende Detaillierung in der Datenerhebung verwenden, ist es nicht möglich, jedem einzelnen zu untersuchenden Bodenrichtwertgebiet eine eigene Einwohnerzahl bzw. einen Ausländeranteil zuzuordnen. So gibt es für Essen-Stadtwald nur einen einzigen Wert für die Einwohnerzahl bzw. den Ausländeranteil, jedoch drei auszuwertende Bodenrichtwertgebiete. Dieses Problem kann zu Verfälschungen und somit zu Problemen bei der späteren statistischen Auswertung führen.

Ein ähnliches Problem tritt auch bei den Daten des Kreises Mettmann auf. Diese hat für das Gemeindegebiet von Heiligenhaus, in das der Gemeindeteil Isenbügel fällt, nur eine einzige Einwohnerzahl erfasst, so dass für Isenbügel die Daten der Gemeinde Heiligenhaus verwendet werden müssen.

• Kaufkraft

Die Kaufkraftdaten des Untersuchungsgebietes wurden durch die GfK GeoMarketing GmbH zur Verfügung gestellt. In die Berechnung der GfK-Kaufkraftdaten fließen alle Nettoeinkünfte der jeweiligen Region ein.¹⁹⁰

Jedoch wurden die Daten nur auf Gemeindeebene zur Verfügung gestellt. Somit liegen - wie auch schon bei den Einwohnerzahlen und Ausländeranteilen - nicht für alle Bodenrichtwerte

¹⁹⁰ Vgl.: www.gfk-geomarketing.de/marktdaten/kaufkraft_allgemein.php, 05.11.2007

differenzierte Werte vor. Dies kann zu einer erhöhten Fehleranfälligkeit bei der späteren statistischen Auswertung führen.

In Tabelle 27 wird die Erfassung und Bestimmung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Stadt Düsseldorf exemplarisch dargestellt.

Stadt-/Ortsteil	BRW- Nummer	Einwohner- zahl	Ausländer- anteil [%]	Kaufkraft pro Einwohner [EUR]
Stadt Düsseldorf				
Angermund	55	6037	7,10%	21754,67
Einbrungen	660	7238	15,40%	21754,67
Golzheim	1600	11182	13,50%	21754,67
Kaiserswerth	2207	7848	14,70%	21754,67
Kalkum	56	1896	7%	21754,67
Lörick (Ost)	2840	7089	19,40%	21754,67
Lörick (Nordwest)	6	7089	19,40%	21754,67
Lörick (Südwest)	2472	7089	19,40%	21754,67
Lohausen (Nord)	2264	4042	14,30%	21754,67
Lohausen (Mitte)	2000	4042	14,30%	21754,67
Lohausen (Süd)	1363	4042	14,30%	21754,67
Mörsenbroich	2743	13874	16,40%	21754,67
Niederkassel (Nord)	1610	5542	21,50%	21754,67
Niederkassel (Süd)	2477	5542	21,50%	21754,67
Rath (Nord)	2544	18704	24,10%	21754,67
Rath (Süd)	1564	18704	24,10%	21754,67
Stockum (Nord)	1441	4990	8,40%	21754,67
Stockum (Süd)	2492	4990	8,40%	21754,67
Unterrath (Ost)	62	20595	10,30%	21754,67
Unterrath (West)	1172	20595	10,30%	21754,67
Wittlaer	54	7238	15,40%	21754,67

Tabelle 27: Erfassung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Stadt Düsseldorf

1.5 Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)

Im Folgenden wird die Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) mit Hilfe

- einer Bodenrichtwertanalyse,
- einer Kaufpreisanalyse für unbebaute Grundstück sowie
- einer Kaufpreisanalyse für bebaute Grundstücke

vorgelegt. Die insgesamt 8.256 ausgewerteten Kaufpreise verteilen sich auf 199 Bodenrichtwertgebiete im Untersuchungsgebiet, von denen 28 Gebiete fluglärmbelastet sind. Im Rahmen der Kaufpreisanalysen werden Kaufpreise aus dem Zeitraum von 1997 bis 2007 berücksichtigt. Insofern steht eine ausreichende Anzahl von Kaufpreisen (siehe Tabelle 28) zur Berechnung der Modelle, die in Kapitel 2.5 erläutert wurden, zur Verfügung. Aufgrund der großen Spanne der Kaufpreise¹⁹¹ erfolgt eine Unterteilung¹⁹² der Kaufpreise

- bei unbebauten Grundstücken in eine Klasse < 200.000 € und eine Klasse ≥ 200.000 € sowie
- bei bebauten Grundstücken in eine Klasse < 500.000 € und eine Klasse ≥ 500.000 €.

		gesamte Anzahl	fluglärmunbelastete Anzahl	fluglärmbelastete Anzahl
Bodenrichtwerte		199	171	28
Kaufpreise unbebauter Grundstücke	< 200.000 €	950	833	117
	≥ 200.000 €	424	366	58
Kaufpreise bebauter Grundstücke	< 500.000 €	6.395	5.355	1.040
	≥ 500.000 €	487	368	119

Tabelle 28: Anzahl der ausgewerteten Bodenrichtwerte und Kaufpreise (Flughafenstandort Düsseldorf-International)

¹⁹¹ Bei unbebauten Grundstücken von rund 6.000 € bis rund 2.400.000 € sowie bei bebauten Grundstücken von rund 100.000 € bis rund 3.000.000 €.

¹⁹² Der Grenzwert der Klassen erfolgte in Absprache mit den Gutachterausschüssen berücksichtigt die Gegebenheiten des lokalen Marktes.

1.5.1 Bodenrichtwertanalyse

Für die statistische Auswertung stehen 199 Bodenrichtwerte zur Verfügung (171 fluglärmunbelastet und 28 fluglärmbelastet).

1.5.1.1 statistische Voruntersuchungen

Im ersten Schritt der Bodenrichtwertanalyse werden 20 Einflussgrößen mit Hilfe der Clusteranalyse auf ihre Kollinearität getestet. In Abbildung 22 ist die Gruppierung der Einflussgrößen der Clusteranalyse in einem Dendrogramm abgebildet:

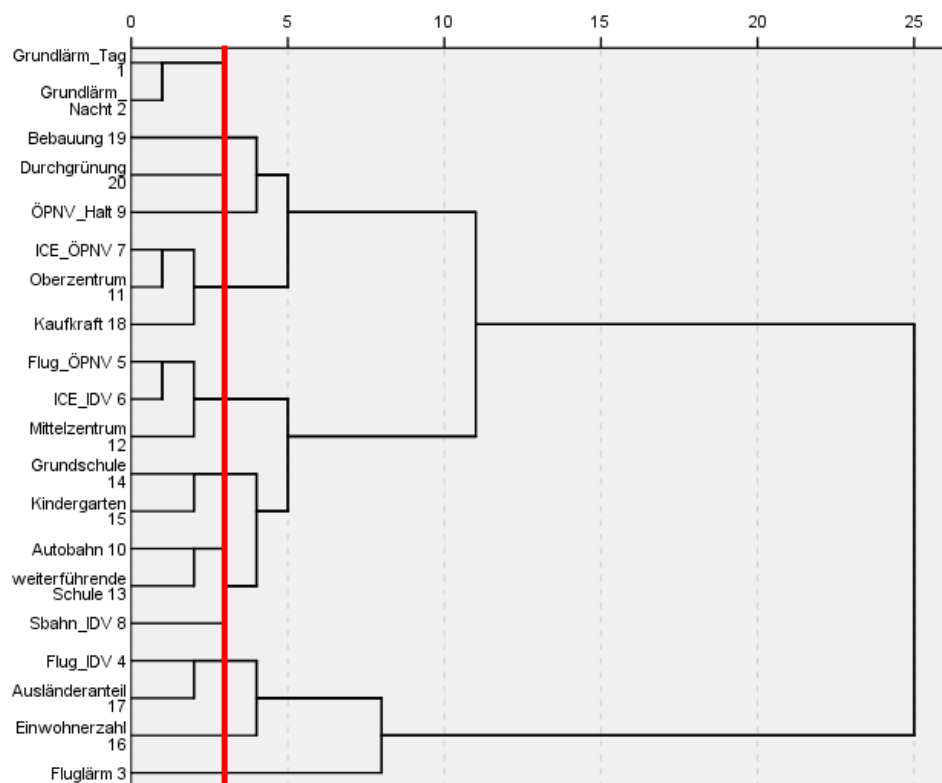


Abbildung 22: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt.¹⁹³ Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 20 Einflussgrößen zu 12 Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 29). So wurde beispielsweise festgestellt, dass die Einflussgrößen Grundschule und Kindergarten eine hohe Ähnlichkeit aufweisen und durch die Einflussgröße Grundschule repräsentiert werden können. Die Erläuterungen der Einflussgrößen erfolgt in Kapitel III. 2.

¹⁹³ Es werden nur Einflussgrößen zusammengefasst, die eine Distanz kleiner 3 besitzen.

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
2. Bebauung	→ Bebauung
3. Durchgrünung	→ Durchgrünung
4. ÖPNV_Halt	→ ÖPNV_Halt
5. ICE_ÖPNV, Oberzentrum, Kaufkraft	→ Oberzentrum
6. Flug_ÖPNV, ICE_IDV, Mittelzentrum	→ Mittelzentrum
7. Grundschule, Kindergarten	→ Grundschule
8. Autobahn, weiterführendeSchule	→ weiterführendeSchule
9. Sbahn_IDV	→ Sbahn_IDV
10. Flug_IDV, Ausländeranteil	→ Flug_IDV
11. Einwohnerzahl	→ Einwohnerzahl
12. Fluglärm	→ Fluglärm

Tabelle 29: Cluster der Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)

Im Anschluss an die Clusteranalyse wird eine Kurvenanpassung für die 12 repräsentativen Einflussgrößen im Bezug auf die zu erklärende Variable „Bodenrichtwert“ durchgeführt. Die beste Anpassung an die Daten wurde durch das lineare Regressionsmodell erreicht.

Der anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 30):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,078	-3,742	0,000	ja
Bebauung	0,008	-1,503	0,135	nein
Durchgrünung	-0,006	-0,202	0,840	nein
ÖPNV_Halt	0,013	1,758	0,081	ja
Oberzentrum	0,282	-7,825	0,000	ja
Mittelzentrum	-0,003	0,726	0,469	nein
Grundschule	-0,004	-0,645	0,520	nein
weiterführendeSchule	-0,004	0,673	0,502	nein
Sbahn_IDV	0,004	-1,277	0,203	nein
Flug_IDV	0,036	2,606	0,010	ja
Einwohnerzahl	-0,007	-0,026	0,980	nein
Fluglärm	0,013	-1,726	0,086	ja

Tabelle 30: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Bodenrichtwertanalyse)

1.5.1.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Im zweiten Schritt der statistischen Auswertung der Bodenrichtwerte werden die zusammengefassten Einflussgrößen mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse für das Gesamtmodell (alle Bodenrichtwertgebiete) der Bodenrichtwerte einer statistischen Analyse unterzogen. Dieses Gesamtmodell dient der Überprüfung, ob sich die Einflussgröße Fluglärm signifikant auf die Bodenrichtwerte des Untersuchungsgebietes auswirkt. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im ersten Iterationsschritt folgende Ergebnisse:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,369	18,866	0,000	46,62	349,36	13,3 %

Gesamtmodell Faktor	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	495,241	28,663		17,278	0,000
Oberzentrum	-47,261	5,717	-0,554	-8,267	0,000
Grundlärm_Tag	-11,574	4,472	-0,175	-2,588	0,011
ÖPNV_Halt	7,887	4,216	0,122	1,871	0,063
Sbahn_IDV	-9,695	4,938	-0,134	-1,963	0,051
weiterführendeSchule	11,441	4,219	0,195	2,712	0,007

Tabelle 31: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im ersten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse)

Die aus dem ersten Iterationsschritt resultierende Regressionsfunktion wird zur Ermittlung von Ausreißern genutzt, die für den zweiten Iterationsschritt der Regressionsanalyse aus dem Datenbestand gelöscht werden. Durch diesen Schritt soll eine höhere Genauigkeit des funktionalen Zusammenhangs erreicht werden. Die ermittelte Regressionsfunktion des Gesamtmodells (Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Bodenrichtwert“) lautet:

Bodenrichtwert

$$= 495,241 - 47,261 * Oberzentrum - 11,574 * Grundlaerm_Tag + 7,887 * \text{ÖPNV_Halt} - 9,695 * Sbahn_IDV + 11,441 * weiterfuehrendeSchule$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 37 %, ¹⁹⁴
- F-Wert von rund 19 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 46 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Bodenrichtwert von rund 13,3 %)

als nicht ausreichend bezeichnet werden. Um die Genauigkeit zu verbessern, wird in einem zweiten Iterationsschritt erneut eine Regressionsanalyse für das Gesamtmodell berechnet. Dazu werden alle Bodenrichtwerte, deren Abweichung zwischen tatsächlichem und berechnetem Bodenrichtwert größer als 25% ist, als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt.

¹⁹⁴ Funktion erklärt den jeweiligen Bodenrichtwert nur zu rund 37 %.

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,459	25,577	0,000	43,70	357,30	12,2 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	505,225	27,835		18,151	0,000
Oberzentrum	-49,352	5,366	-0,592	-9,197	0,000
Grundlärm_Tag	-13,456	4,476	-0,197	-3,006	0,003
ÖPNV_Halt	12,613	3,998	0,194	3,155	0,002
Sbahn_IDV	-14,009	4,724	-0,190	-2,966	0,004
weiterführendeSchule	15,132	4,112	0,256	3,680	0,000

Tabelle 32: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse)

Die sich aus Tabelle 32 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Bodenrichtwert

$$= 505,225 - 49,352 * Oberzentrum - 13,456 * Grundlaerm_Tag + 12,613 * \text{ÖPNV_Halt} - 14,009 * Sbahn_IDV + 15,132 * weiterfuehrendeSchule$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 46 %,
- F-Wert von rund 25 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 43 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Bodenrichtwert von rund 12,2 %)

als ausreichend bezeichnet werden.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den fünf Einflussgrößen „Oberzentrum“, „Grundlärm_Tag“, „ÖPNV_Halt“, „Sbahn_IDV“ und „weiterführendeSchule“ abhängig. Allerdings zeigt sich durch die statistische Auswertung, dass kein signifikanter Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf die Bodenrichtwerte festgestellt werden konnte. Daher wurde auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Bodenrichtwerte (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

1.5.2 Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €

Für die statistische Auswertung der unbebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 € stehen 950 Kaufpreise zur Verfügung (833 fluglärmunbelastet und 117 fluglärmbelastet). In der Kaufpreisanalyse werden die Kaufpreise der unbebauten Grundstücke auf Einflüsse des Fluglärms auf den Kaufpreis/m² hin untersucht.

1.5.2.1 statistische Voruntersuchungen

Wie bei der Bodenrichtwertanalyse werden in einem ersten Schritt die Einflussgrößen auf ihre Kollinearität getestet. In der Clusteranalyse, werden 22 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft. In Abbildung 23 ist die Gruppierung der Einflussgrößen der Clusteranalyse in einem Dendrogramm abgebildet:

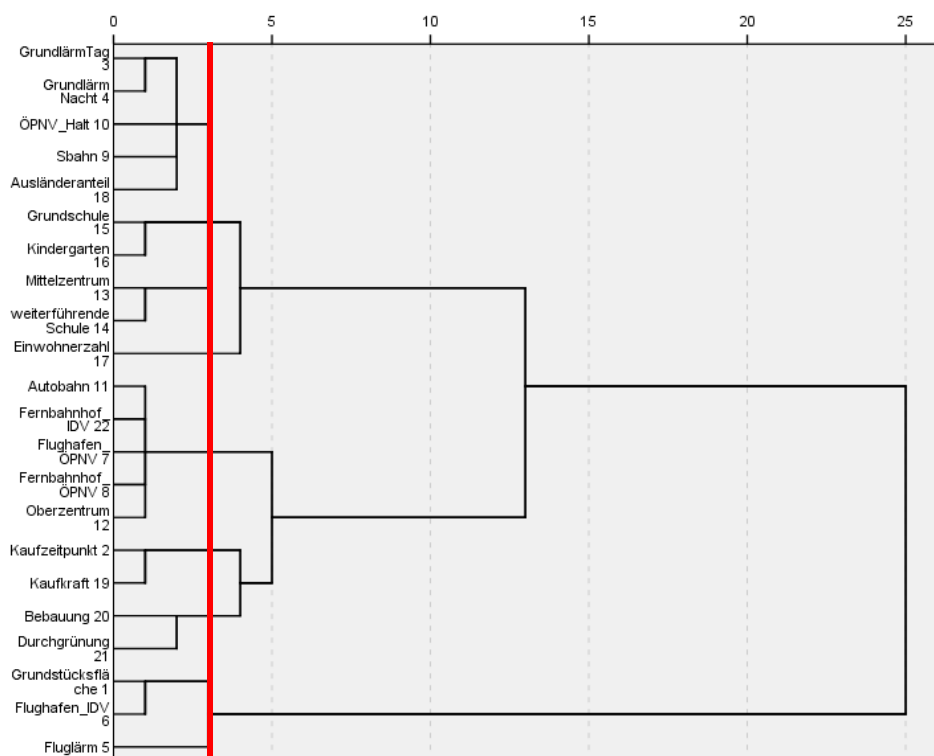


Abbildung 23: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 22 Einflussgrößen zu neun Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 33).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht, ÖPNV_Halt, Sbahn, Ausländeranteil	→ Grundlärm_Tag
2. Grundschule, Kindergarten	→ Grundschule
3. Mittelzentrum, weiterführende Schule	→ Mittelzentrum
4. Einwohnerzahl	→ Einwohnerzahl
5. Autobahnauffahrt, Fernbahnhof_IDV, Flughafen_ÖPNV, Fernbahnhof_ÖPNV, Oberzentrum	→ Oberzentrum
6. Kaufzeitpunkt, Kaufkraft	→ Kaufzeitpunkt
7. Bebauung, Durchgrünung	→ Durchgrünung
8. Grundstücksfläche, Flughafen_IDV	→ Grundstücksfläche
9. Fluglärm	→ Fluglärm

Tabelle 33: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)

Im Anschluss an die Clusteranalyse wird analog zu der Auswertung der Bodenrichtwerte eine Kurvenanpassung der einzelnen repräsentativen Einflussgrößen bezüglich der zu erklärenden Variable „Kaufpreis/m²“ durchgeführt. Hierbei ergab sich erneut, dass eine lineare Regression die besten Ergebnisse liefert.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 34):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,004	2,104	0,036	ja
Grundschule	0,013	-3,608	0,000	ja
Mittelzentrum	0,011	3,381	0,001	ja
Einwohnerzahl	-0,001	0,054	0,957	nein
Kaufzeitpunkt	0,000	-0,835	0,404	nein
Oberzentrum	0,018	-4,254	0,000	ja
Durchgrünung	0,008	-2,876	0,004	ja
Grundstücksfläche	0,020	-4,522	0,000	ja
Fluglärm	0,001	-1,547	0,122	nein

Tabelle 34: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)

1.5.2.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von < 200.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der bei der statistischen Auswertung der Bodenrichtwertanalyse.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis/m²“ konnte zu etwa 9 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis/m² betrug knapp 27 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,313	63,123	0,000	43,90	341,33	12,9 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	406,088	10,807		37,577	0,000
Grundstücksfläche	-0,017	0,007	-0,073	-2,290	0,022
Grundschule	-36,564	3,012	-0,460	-12,138	0,000
Mittelzentrum	20,682	2,116	0,371	9,775	0,000
Durchgrünung	-45,444	3,650	-0,428	-12,450	0,000
Einwohnerzahl	0,001	0,000	0,131	3,526	0,000

Tabelle 35: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 €)

Die sich aus Tabelle 35 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt ist von den fünf Einflussgrößen „Grundstücksfläche“, „Grundschule“, „Mittelzentrum“, „Durchgrünung“ und „Einwohnerzahl“ abhängig. Allerdings zeigt sich durch die statistische Auswertung, dass kein signifikanter Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf die Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 € festgestellt werden konnte. Daher wurde auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 200.000 € (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

1.5.3 Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 200.000 €

Für die statistische Auswertung der unbebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 200.000 € stehen 424 Kaufpreise zur Verfügung (366 fluglärmunbelastet und 58 fluglärmbelastet). In der Kaufpreisanalyse werden die Kaufpreise der unbebauten Grundstücke auf Einflüsse des Fluglärms auf den Kaufpreis/m² hin untersucht.

1.5.3.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 22 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

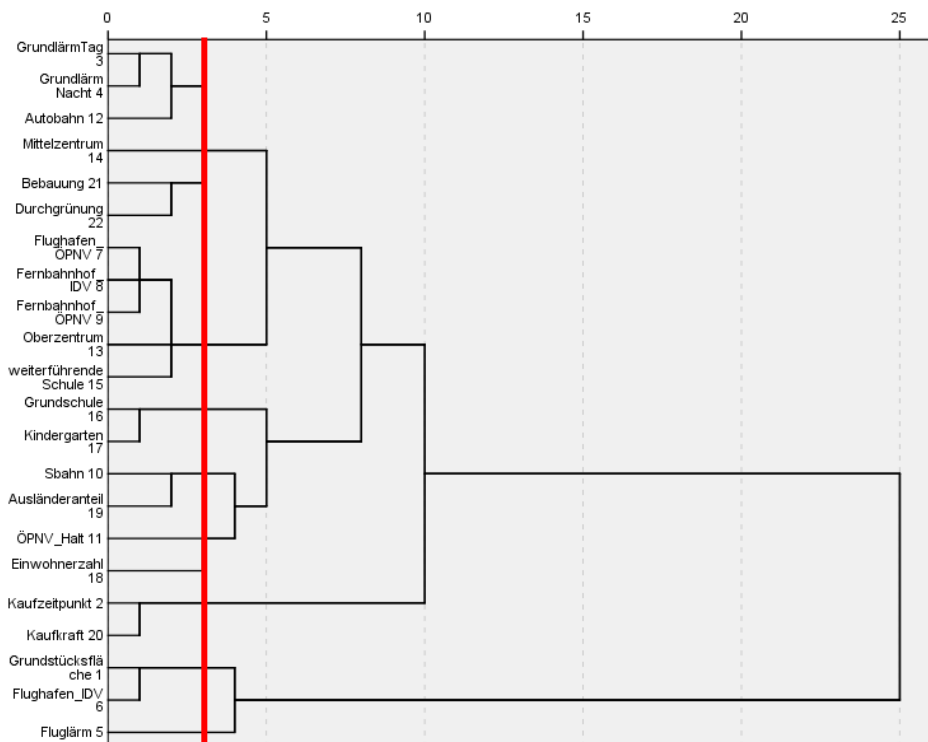


Abbildung 24: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 200.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 22 Einflussgrößen zu elf Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 36).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht, Autobahnauffahrt	→ Grundlärm_Tag
2. Mittelzentrum	→ Mittelzentrum
3. Bebauung, Durchgrünung	→ Durchgrünung
4. Flughafen_ÖPNV, Fernbahnhof_IVD, Fernbahnhof_ÖPNV, Oberzentrum, weiterführende_Schule	→ weiterführendeSchule
5. Grundschule, Kindergarten	→ Grundschule
6. Sbahn, Ausländeranteil	→ Sbahn
7. ÖPNV_Halt	→ ÖPNV_Halt
8. Einwohnerzahl	→ Einwohnerzahl
9. Kaufzeitpunkt, Kaufkraft	→ Kaufzeitpunkt
10. Grundstücksfläche, Flughafen_IDV	→ Grundstücksfläche
11. Fluglärm	→ Fluglärm

Tabelle 36: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €, dass die getesteten elf Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis/m²“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 37):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,022	3,221	0,001	ja
Mittelzentrum	0,000	1,040	0,299	nein
Durchgrünung	-0,002	0,342	0,733	nein
weiterführendeSchule	0,002	1,369	0,172	nein
Grundschule	0,004	1,579	0,115	nein
Sbahn	0,039	4,236	0,000	ja
ÖPNV_Halt	-0,002	-0,351	0,726	nein
Einwohnerzahl	0,015	-2,747	0,006	ja
Kaufzeitpunkt	-0,001	0,882	0,378	nein
Grundstücksfläche	0,077	-6,034	0,000	ja
Fluglärm	0,023	-3,318	0,001	ja

Tabelle 37: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)

1.5.3.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von ≥ 200.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der der vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis/m²“ konnte zu etwa 22 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis/m² betrug knapp 30 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,565	48,871	0,000	54,72	414,32	13,2 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	-14.748,321	2.364,705		-6,237	0,000
Grundstücksfläche	-0,041	0,004	-0,379	-9,728	0,000
Sbahn	43,561	3,091	0,589	14,093	0,000
Fluglärm	-79,171	10,564	-0,316	-7,494	0,000
Grundlärm_Tag	54,075	5,358	0,467	10,093	0,000
weiterführendeSchule	-10,007	4,274	-0,116	-2,341	0,020
Kaufzeitpunkt	7,456	1,178	0,257	6,329	0,000
ÖPNV_Halt	7,106	3,037	0,093	2,340	0,020
Durchgrünung	-39,894	8,134	-0,222	-4,905	0,000

Tabelle 38: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 €)

Die sich aus Tabelle 38 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt ist von den acht Einflussgrößen „Grundstücksfläche“, „Sbahn“, „Fluglärm“, „Grundlärm_Tag“, „weiterführendeSchule“, „Kaufzeitpunkt“, „ÖPNV_Halt“ und „Durchgrünung“ abhängig.

Insofern lässt die statistische Auswertung vermuten, dass die Einflussgröße Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 € hat (siehe Tabelle 38). Allerdings zeigt die statistische Auswertung auch, dass sich die Einflussgröße Grundlärm_Tag positiv und die Einflussgröße Durchgrünung negativ auf die Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 € auswirkt (siehe Tabelle 38). Diese beiden Aussagen widersprechen allerdings den Erfahrungen auf dem Grundstücksmarkt und zeigen die Grenzen einer statistischen Auswertung auf. Ein vernünftig und unabhängig handelnder Marktteilnehmer wird sich sicherlich ein anderes Marktverhalten zeigen. Vor diesem Hintergrund wird auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 200.000 € (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

1.5.4 Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €

Für die statistische Auswertung der bebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 € stehen 6.395 Kaufpreise zur Verfügung (5.355 fluglärmunbelastet und 1.040 fluglärmbelastet).

1.5.4.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 24 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

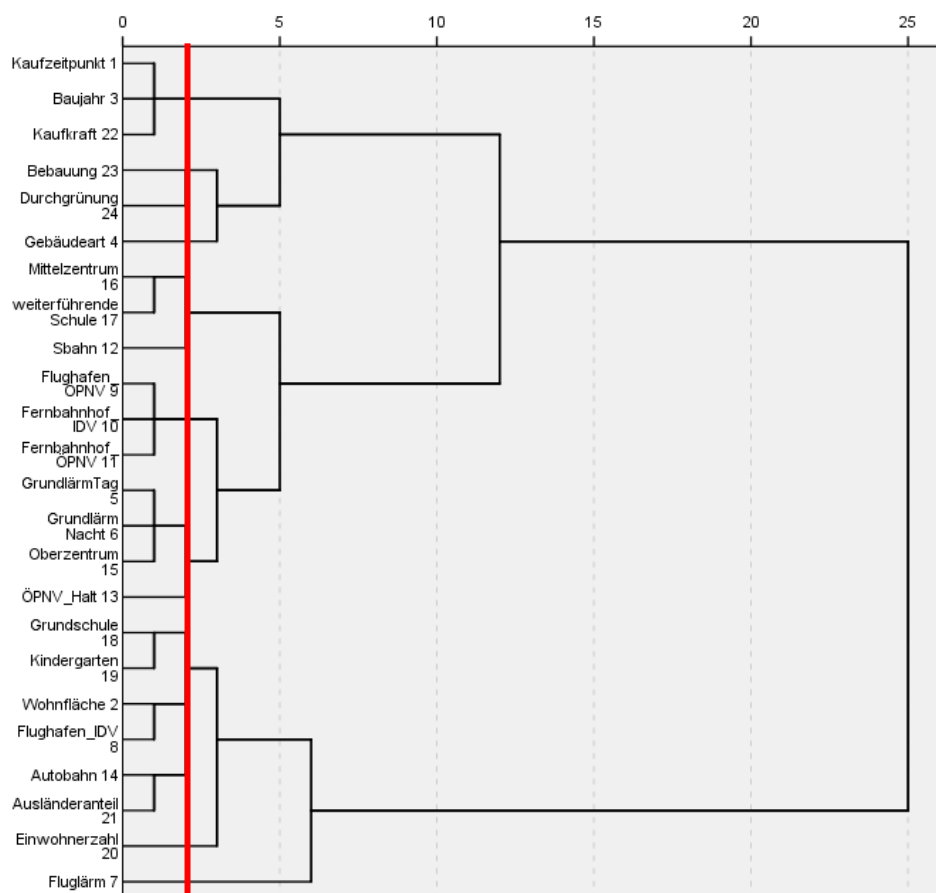


Abbildung 25: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 2 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 24 Einflussgrößen zu 14 Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 39). So wurde beispielsweise festgestellt, dass die Einflussgrößen Mittelzentrum und weiterführende Schule

eine hohe Ähnlichkeit aufweisen und durch die Einflussgröße Mittelzentrum repräsentiert werden können.

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Kaufzeitpunkt, Baujahr, Kaufkraft	→ Baujahr
2. Bebauung	→ Bebauung
3. Durchgrünung	→ Durchgrünung
4. Gebäudeart	→ Gebäudeart
5. Mittelzentrum, weiterführende Schule	→ Mittelzentrum
6. Sbahn	→ Sbahn
7. Flughafen_ÖPNV, Fernbahnhof_IDV, Fernbahnhof_ÖPNV	→ Flughafen_ÖPNV
8. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht, Oberzentrum	→ Grundlärm_Tag
9. ÖPNV_Halt	→ ÖPNV_Halt
10. Grundschule, Kindergarten	→ Grundschule
11. Wohnfläche, Flughafen_IDV	→ Wohnfläche
12. Autobahn, Ausländeranteil	→ Autobahn
13. Einwohnerzahl	→ Einwohnerzahl
14. Fluglärm	→ Fluglärm

Tabelle 39: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis < 500.000 €, dass die getesteten 14 Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 40):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Baujahr	0,015	10,045	0,000	ja
Bebauung	0,056	-19,451	0,000	ja
Durchgrünung	0,028	-13,508	0,000	ja
Gebäudeart	0,162	-35,164	0,000	ja
Mittelzentrum	0,010	8,171	0,000	ja
Sbahn	0,013	9,208	0,000	ja
Flughafen_ÖPNV	0,001	2,564	0,010	ja
Grundlärm_Tag	0,006	-6,144	0,000	ja
ÖPNV_Halt	0,015	9,767	0,000	ja
Grundschule	0,011	8,333	0,000	ja
Wohnfläche	0,358	59,751	0,000	ja
Autobahn	0,001	-2,496	0,013	ja
Einwohnerzahl	0,003	-4,223	0,000	ja
Fluglärm	0,002	3,811	0,000	ja

Tabelle 40: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)

1.5.4.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von < 500.000 € zu überprüfen, wird eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der der vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 51 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 18 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25 % ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,690	1.017,450	0,000	35.603,53	285.538,66	12,5 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	-1.225.809,736	49.599,185		-24,714	0,000
Wohnfläche	1.205,417	17,419	0,561	69,200	0,000
Gebäudeart	-31.799,732	692,002	-0,391	-45,953	0,000
Bebauung	-6.999,210	779,131	-0,091	-8,983	0,000
Durchgrünung	-13.743,614	1.302,545	-0,105	-10,551	0,000
Baujahr	734,470	25,382	0,235	28,936	0,000
ÖPNV_Halt	6.132,476	650,486	0,084	9,428	0,000
Sbahn	2.286,986	606,343	0,034	3,772	0,000
Mittelzentrum	7.129,876	645,856	0,113	11,039	0,000
Grundlärm_Tag	-2.013,844	816,807	-0,023	-2,466	0,014
Einwohnerzahl	0,481	0,087	0,053	5,537	0,000
Flughafen_ÖPNV	-7.721,320	988,778	-0,071	-7,809	0,000
Autobahn	-4.499,350	972,047	-0,039	-4,629	0,000

Tabelle 41: Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €)

Die sich aus Tabelle 41 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt ist von den zwölf Einflussgrößen „Wohnfläche“, „Gebäudeart“, „Bebauung“, „Durchgrünung“, „Baujahr“, „ÖPNV_Halt“, „Sbahn“, „Mittelzentrum“, „Grundlärm_Tag“, „Einwohnerzahl“, „Flughafen_ÖPNV“ und „Autobahn“ abhängig.

Allerdings zeigt sich durch die statistische Auswertung, dass kein signifikanter Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf die Kaufpreise bebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 € festgestellt werden konnte. Daher wurde auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Kaufpreise bebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 € (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

1.5.5 Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 500.000 €

Für die statistische Auswertung der bebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 500.000 € stehen 487 Kaufpreise zur Verfügung (368 fluglärmunbelastet und 119 fluglärmbelastet).

1.5.5.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 25 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

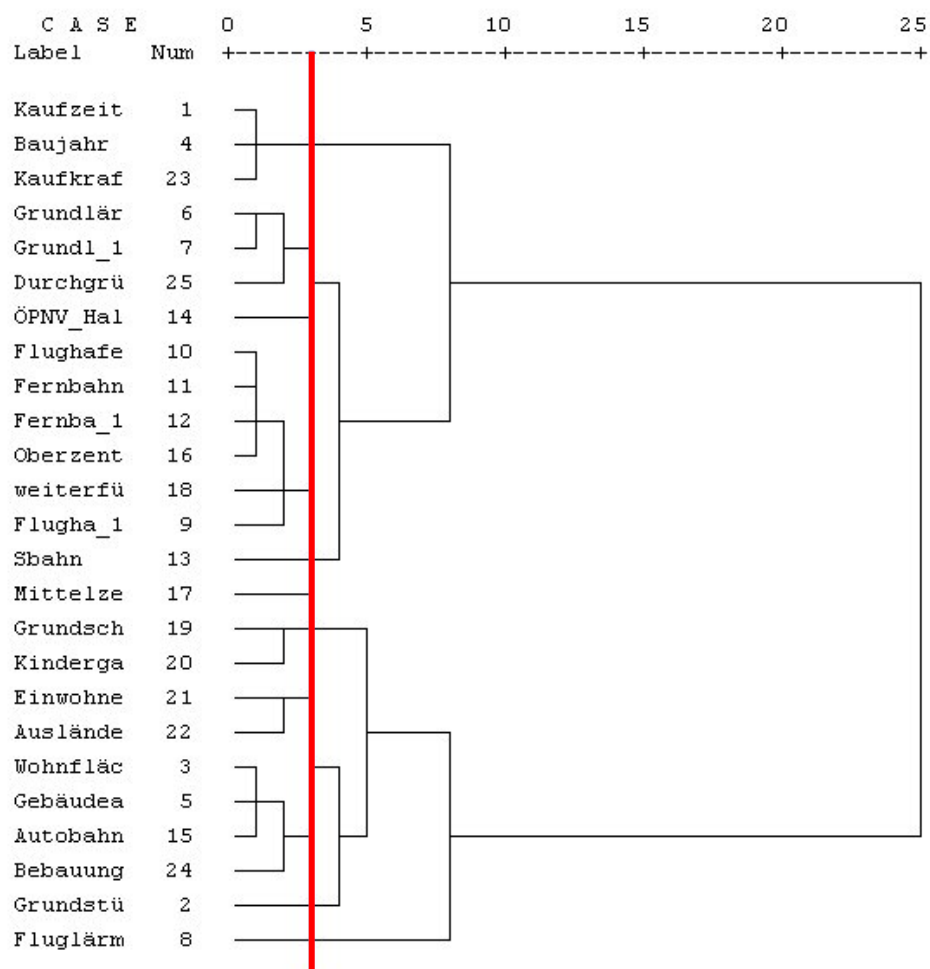


Abbildung 26: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 500.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 25 Einflussgrößen zu elf Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 42).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Kaufzeitpunkt, Baujahr, Kaufkraft	→ Baujahr
2. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht, Durchgrünung	→ Grundlärm_Tag
3. ÖPNV_Halt	→ ÖPNV_Halt
4. Flughafen_ÖPNV, Fernbahnhof_IDV, Fernbahnhof_ÖPNV, Oberzentrum, weiterführendeSchule, Flughafen_IDV	→ Oberzentrum
5. Sbahn	→ Sbahn
6. Mittelzentrum	→ Mittelzentrum
7. Grundschule, Kindergarten	→ Grundschule
8. Einwohnerzahl, Ausländeranteil	→ Einwohnerzahl
9. Wohnfläche, Gebäudeart, Autobahn, Bebauung	→ Wohnfläche
10. Grundstücksfläche	→ Grundstücksfläche
11. Fluglärm	→ Fluglärm

Tabelle 42: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €, dass die getesteten elf Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 42):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T-Wert	Signifikanz	Signifikant
Baujahr	-0,002	0,384	0,701	nein
Grundlärm_Tag	0,000	1,004	0,316	nein
ÖPNV_Halt	0,025	3,674	0,000	ja
Oberzentrum	0,039	-4,565	0,000	ja
Sbahn	0,018	3,154	0,002	ja
Mittelzentrum	0,018	-3,158	0,002	ja
Grundschule	0,074	6,300	0,000	ja
Einwohnerzahl	0,019	3,189	0,002	ja
Wohnfläche	0,451	19,995	0,000	ja
Grundstücksfläche	0,079	6,550	0,000	ja
Fluglärm	0,021	-3,388	0,001	ja

Tabelle 43: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztest (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

1.5.5.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von ≥ 500.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht den vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 53 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen ca. 33 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25 % ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,851	261,942	0,000	106.317,60	768.470,47	13,8 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
Faktor	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	-127.415,000	43.597,386		-2,923	0,004
Wohnfläche	2.843,106	92,133	0,753	30,859	0,000
Sbahn	69.101,526	6.038,465	0,270	11,444	0,000
Grundschule	44.048,704	7.924,375	0,140	5,559	0,000
Grundstücksfläche	44,500	5,916	0,176	7,522	0,000
Fluglärm	-92.701,100	15.730,342	-0,150	-5,893	0,000
Oberzentrum	-30.852,200	9.836,151	-0,073	-3,137	0,002
ÖPNV_Halt	12.413,670	6.305,283	0,048	1,969	0,050

Tabelle 44: Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

Die sich aus Tabelle 44 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= -127.412,000 + 2.843,106 * \text{Wohnflaeche} + 69.101,526 * \text{Sbahn} + 44.048,704 * \text{Grundschule} + 44,5000 * \text{Grundstuecksflaeche} - 92.701,100 * \text{Fluglaerm} - 30.852,200 * \text{Oberzentrum} + 12.413,670 * \text{ÖPNV_Halt}$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 85 %,
- F-Wert von rund 262 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 106.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 13,8 %)

als ausreichend bezeichnet werden.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den sieben Einflussgrößen „Wohnfläche“, „Sbahn“, „Grundschule“, „Grundstücksfläche“, „Fluglärm“, „Oberzentrum“ und „ÖPNV_Halt“ abhängig.

Die statistische Auswertung zeigt, dass die Einflussgröße Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Kaufpreise bebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 € haben kann, insofern wird im Folgenden das fluglärmunbelastete Modell berechnet.

1.5.5.3 Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells

Aufgrund dieser Erkenntnis wird im Folgenden untersucht, in welcher Größenordnung sich der Wert einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise von bebauten Grundstücken mit einem Wert ≥ 500.000 € bewegt.

Für die statistische Auswertung des fluglärmunbelasteten Modells stehen 368 Kaufpreise von fluglärmunbelasteten bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 € zur Verfügung.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 53 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 36 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,883	342,597	0,000	114.281,10	811.179,97	14,1 %

fluglärmunbelastetes Modell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	1.245.548,000	657.115,200		1,895	0,059
Wohnfläche	3.332,140	90,742	0,858	36,721	0,000
Sbahn	85.710,362	7.785,930	0,258	11,008	0,000
Grundschule	47.131,532	9.052,544	0,130	5,206	0,000
Oberzentrum	-35.857,600	11.744,785	-0,074	-3,053	0,003
Baujahr	-731,115	334,319	-0,050	-2,187	0,030

Tabelle 45: Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

Die sich aus Tabelle 45 ergebende Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= 1.245.548,000 + 3.332,140 * \text{Wohnflaeche} + 85.710,362 * \text{Sbahn} + 47.131,532 * \text{Grundschule} - 35.857,600 * \text{Oberzentrum} - 731,115 * \text{Baujahr}$$

1.5.5.4 Modellvalidierung

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R^2) von rund 88 %,
- F-Wert von rund 343 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 114.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 14,1 %)

als ausreichend bezeichnet werden. Die Funktion ist insofern geeignet, den Einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise darzustellen.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den fünf Einflussgrößen „Wohnfläche“, „Sbahn“, „Grundschule“, „Oberzentrum“ und „Baujahr“ abhängig.

Für die Ermittlung des quantitativen Einflusses des Fluglärms wird zunächst mit jeder der beiden Regressionsfunktionen (Gesamtmodell und fluglärmunbelastete Modell) zu jedem Kaufpreis ein Modellkaufpreis berechnet, die prozentuale Abweichung jedes Kaufpreises zum zugehörigen Modellkaufpreis gebildet und die Mittelwerte (I - IV) der Abweichungen berechnet (siehe Tabelle 46 und Tabelle 47).

Gesamtmodell			
I	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen	II	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen
	- 1,5 %		- 1,2 %

Tabelle 46: Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

Die Mittelwerte der Abweichungen im Gesamtmodell (I und II) waren sehr gering; sie ergaben sich zu rund - 1,5 % bzw. - 1,2 %. Der geringe Unterschied dieser Mittelwerte lässt auf eine hohe Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells schließen.

Fluglärmunbelastetes Modell			
III	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen	IV	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen
	- 1,1 %		- 8,9 %

Tabelle 47: Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 500.000 €)

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen und den Modellkaufpreisen im fluglärmunbelasteten Modell (III) lag bei - 1,1 %. Daraus lässt sich schließen, dass die Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells ebenfalls eine ausreichend hohe Güte aufweist.

Es ist zu vermuten, dass sich durch die Erfassung weiterer wertbeeinflussender Einflussgrößen wie z.B. Stellplatz/Garage oder Modernisierungsstand die Unsicherheiten der Modellergebnisse reduzieren würden. Allerdings sind diese Einflussgrößen nicht in den Kaufpreissammlungen enthalten. Aufgrund der Modellgüte kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Qualität und Genauigkeit der erfassten Einflussgrößen als ausreichend erachtet werden können.

Der Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise und der Modellkaufpreise (IV), die im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, ergab sich zu rund - 8,9 %. Hinsichtlich dieses Mittelwerts ist zu beachten, dass die hier berechneten Modellkaufpreise fiktiv fluglärmunbelastet sind.¹⁹⁵ Der Mittelwert IV repräsentiert - die Abweichungen wurden über die Differenzen zwischen fluglärmbelasteten Kaufpreisen und den zugehörigen (fiktiv) fluglärmunbelasteten Modellkaufpreisen gebildet - den Einfluss des Fluglärms. Allerdings muss dieser Wert noch um Modellungenauigkeiten bereinigt werden. Dazu wird die Differenz zwischen dem Mittelwert III und IV gebildet, wodurch Modellungenauigkeiten eliminiert werden und sich die Größenordnung der Wertminderung der Einflussgröße Fluglärm zu rund - 7,8 % bestimmt (siehe Abbildung 27).

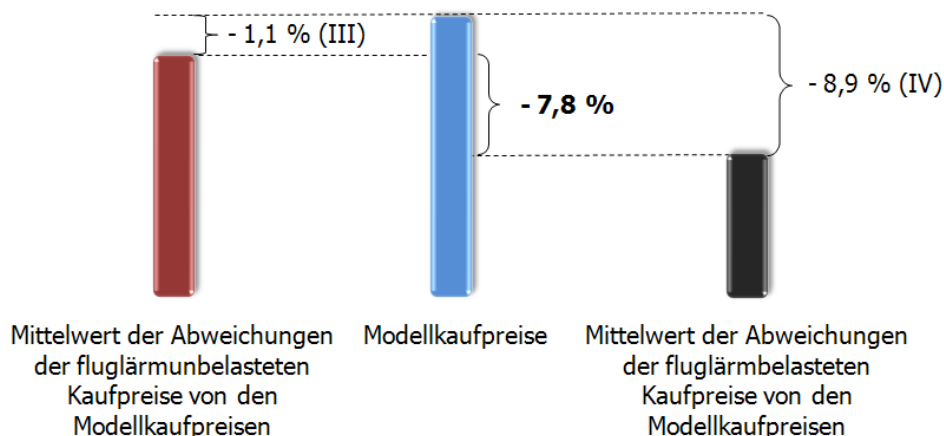


Abbildung 27: Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 500.000 €)

¹⁹⁵ Dadurch, dass die Modellkaufpreise mit den Einflussgrößen der fluglärmbelasteten Kaufpreise im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, und damit der Fluglärmeeinfluss herausfällt, beinhalten die Modellkaufpreise keinen Fluglärmeeinfluss mehr.

1.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der statistischen Analysen zeigen, dass mit Hilfe der Bodenrichtwerte im Untersuchungsgebiet des Flughafens Düsseldorf-International kein Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte festgestellt werden kann. Die Kaufpreisanalysen für unbebaute Grundstücke zeigen ebenfalls, dass kein signifikanter Einfluss des Fluglärms auf Immobilienwerte festgestellt werden kann.

Die Kaufpreisanalysen bebauter Grundstücke zeigen jedoch, dass neben Einflussgrößen wie z.B. Verkehrslage und Erreichbarkeit sozialer Einrichtungen (Schule, Kindergarten) auch der Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Immobilienwerte des Marktsegments individuelles Wohnen (Einfamilienhäuser) haben kann. Hierauf aufbauend wurde untersucht, in welcher Größenordnung sich der Werteeinfluss des Fluglärms auf das betrachtete Marktsegment bewegt.

Die Kaufpreisanalyse bebauter Grundstück der Fallstudie Düsseldorf-International zeigt, dass sich der Einfluss des Fluglärms auf die verschiedenen Preissegmente nicht einheitlich darstellt. So konnte mit den durchgeführten Kaufpreisanalysen im niedrigen Preissegment des individuellen Wohnens (bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €) im Untersuchungsgebiet Düsseldorf kein signifikanter Werteeinfluss des Fluglärms festgestellt werden.

Bei den hochpreisigen Immobilien des individuellen Wohnens im Untersuchungsgebiet Düsseldorf (bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 500.000 €) konnte eine Wertbeeinflussung durch Fluglärm festgestellt werden. Sie liegt bei rund - 7,8 % (siehe Tabelle 48) und gilt ab einer Fluglärmbelastung von mehr als 55 dB(A).

Die ermittelte Größenordnung von ca. 7,8 % ist trotz der hohen Modellgüte mit einer Unsicherheit verbunden, die sich dadurch ergibt, dass nicht alle wertbeeinflussenden Einflussgrößen einer Immobilien erfasst werden können. Insofern ist in der Praxis der Immobilienwertermittlung diese Größenordnung der Wertbeeinflussung durch den Fluglärm nicht starr anzuwenden. Sie erfordert wie die sachgerechte Anwendung von Liegenschaftszinssätzen immer eine individuelle Anpassung an die zu bewertende Immobilie.

		Einfluss des Fluglärms festgestellt	Größenordnung des Einflusses des Fluglärms
Bodenrichtwerte		nein	-
Kaufpreise unbebauter Grundstücke	< 200.000 €	nein	-
	≥ 200.000 €	ja	nicht quantifizierbar
Kaufpreise bebauter Grundstücke	< 500.000 €	nein	-
	≥ 500.000 €	ja	- 7,8 %

Tabelle 48: Zusammenfassung der Ergebnisse des Flughafenstandortes Düsseldorf-International

Die Ergebnisse der Kaufpreisanalysen, dass Fluglärm im Bereich des Flughafens Düsseldorf-International einen Einfluss auf die Immobilienwerte hat und deren Größenordnung, werden durch Auswertungen des Gutachterausschusses in der Landeshauptstadt Düsseldorf (siehe Hinweis im Grundstücksmarktbericht der Stadt Düsseldorf¹⁹⁶) und durch Aussagen von Immobiliensachverständigen¹⁹⁷, die im Untersuchungsgebiet tätig sind, bestätigt.

¹⁹⁶ Vgl. Grundstücksmarktbericht 2005 für die Landeshauptstadt Düsseldorf, S. 15.

¹⁹⁷ Die Gespräche wurden im Rahmen des „Erfahrungsaustausches Dr. Sommer und Partner“ am 4. September 2009 geführt.

2. Fallstudie Flughafen Hannover-Langenhagen

2.1 Der Flughafen Hannover-Langenhagen

2.1.1 Allgemeines

Der Flughafen Hannover-Langenhagen liegt in einer ländlich geprägten Region in Niedersachsen nordwestlich des Ballungsraums Hannover, der durch die Städte Hannover, Seelze, Garbsen, Langenhagen und Laatzen (vgl. Abbildung 28) gebildet wird. Das Stadtzentrum von Hannover liegt rund elf Kilometer südöstlich des Flughafens. Das Betriebsgelände des Flughafens erstreckt sich über eine Fläche von ca. 570 Hektar.¹⁹⁸

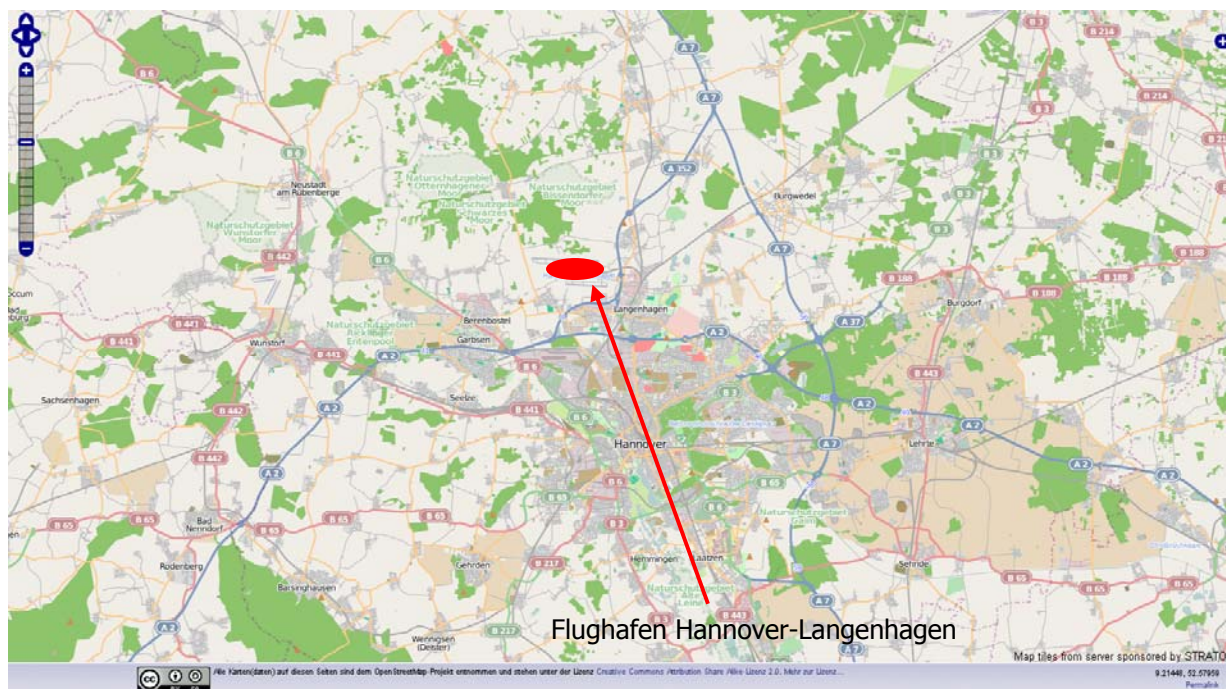


Abbildung 28: räumliche Lage des Flughafens Hannover-Langenhagen¹⁹⁹

Die Erreichbarkeit des Flughafens mit dem Individualverkehr ist über die direkte Anbindung an die A32 (Abfahrt Hannover-Flughafen) und damit an die A2 (Berlin - Dortmund) und A7 (Hamburg - Kassel) gegeben. Die Erreichbarkeit des Flughafens mit dem öffentlichen Personennahverkehr wird durch die S-Bahnlinie 5 (Fahrzeit vom Terminal C zum Hauptbahnhof Hannover ca. 17 Minuten) sowie der Buslinie Nr. 470 (ab Station Langenhagen-Zentrum zum Flughafen Hannover-Langenhagen) sichergestellt.²⁰⁰

Im Jahr 2005 beträgt das Passagieraufkommen des Flughafens Hannover-Langenhagen rund 5,6 Millionen, gemessen an der Anzahl der Fluggäste pro Jahr rangiert der Flughafen Hannover-Langenhagen damit an 8. Stelle in Deutschland. Dabei stellt der Flughafen

¹⁹⁸ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2060>, 23.02.2010.

¹⁹⁹ Quelle: <http://www.openstreetmap.de/karte.html> und eigene Bearbeitung.

²⁰⁰ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2060>, 23.02.2010.

Hannover-Langenhagen eine wichtige Verbindung nach Osteuropa dar. Bezüglich des Transportaufkommens im Jahr 2005 nimmt der Flughafen Hannover-Langenhagen

- mit einem Aufkommen von ca. 6.000 t Luftfracht die 12. Position und
- mit einem Aufkommen von ca. 10.000 t Luftpost die 3. Position

in Deutschland ein.²⁰¹

Die wichtigsten Daten des Flughafens Hannover-Langenhagen sind in Tabelle 49 zusammengefasst.

Gründungsdatum:	26. April 1952
Geographische Lage:	52°27'42"N geographische Breite 09°41'05"O geographische Länge 53 Meter über NN
IATA-Code / ICAO-Code:	HAJ / EDDV
Betriebsgelände:	570 Hektar
Betriebszeit:	24 Stunden (mit Nachtflugbeschränkung)
Terminals:	Flugsteig A, B, C
Arbeitsplätze:	Insgesamt: 5.200 Personen

Tabelle 49: Der Flughafen Hannover-Langenhagen²⁰²

In Tabelle 50 ist die geschichtliche Entwicklung des Flughafens Hannover-Langenhagen kurz zusammengefasst.

²⁰¹ Vgl. http://www.adv.aero/fileadmin/pdf/statistiken/2005/Statistik_2005_dezember.pdf, 23.02.2010.

²⁰² Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2060>, 23.02.2010 und eigene Bearbeitung.

Jahr	Entwicklung
1950	Beginn mit den Vorarbeiten für den Generalausbauplan
1951	Gründung der „Flughafen-Baugesellschaft“ Lizenz zum Ausbau eines Flughafens bei Hannover Baubeginn der Südbahn (1.680 m)
1952	Inbetriebnahme des Verkehrsflughafens Hannover-Langenhagen
1959	Startbahnverlängerung auf 2.340 Meter.
1963	Errichtung einer Kurzstartbahn (780 m) mit Zurollbahn im Norden.
1966	Inbetriebnahme der Nordparallelbahn
1969	Ausbau der Nordparallelbahn auf 2.700 m
1988	Eröffnung des Luftfracht-Zentrums
1990	Ausbau der Nordparallelbahn auf 3.500 m (damit ist ein uneingeschränkter Interkontinentalverkehr möglich)
1994	Einweihung der Lärmdämpfungsanlage für Triebwerksprobeläufe
1998	Fertigstellung und Eröffnung des Terminals C
1999	Inbetriebnahme des neuen Kontrollturms Erstmals mehr als fünf Millionen Fluggästen innerhalb eines Jahres abgefertigt
2000	Der Flughafen wird an das örtliche Schienennetz, durch die Fertigstellung des S-Bahnhofes, angeschlossen.
2005	neue Nachtflugregelung.

Tabelle 50: Überblick über die Entwicklung des Flughafens Hannover-Langenhagen²⁰³

2.1.2 Flugrouten

Der Fluglärm wird unter anderem durch die Lage der An- und Abflugrouten und insofern durch die Start- und Landebahnen des Flughafens beeinflusst. Der Flughafen Hannover-Langenhagen besitzt folgende drei Start- und Landebahnen:²⁰⁴

²⁰³ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=1939>, 23.02.2010 und eigene Bearbeitung.

²⁰⁴ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2060>, 23.02.2010.

- Nordbahn: 09L/27R²⁰⁵, 3.800 m x 45 m, Präzisionslandebahn nach ICAO-Kategorie IIIb mit Instrumenten-Landesystem (ILS);
- Südbahn: 09R/27L, 2.340 m x 45 m, Präzisionslandebahn nach ICAO-Kategorie I mit ILS;
- Kurzstartbahn: 09C/27C, 780 m x 22,5 m, zugelassen für Luftfahrzeuge bis 7,5 t Startgewicht;

Das Flugerwartungsgebiet des Flughafens Hannover-Langenhagen ist in Abbildung 29 dargestellt.

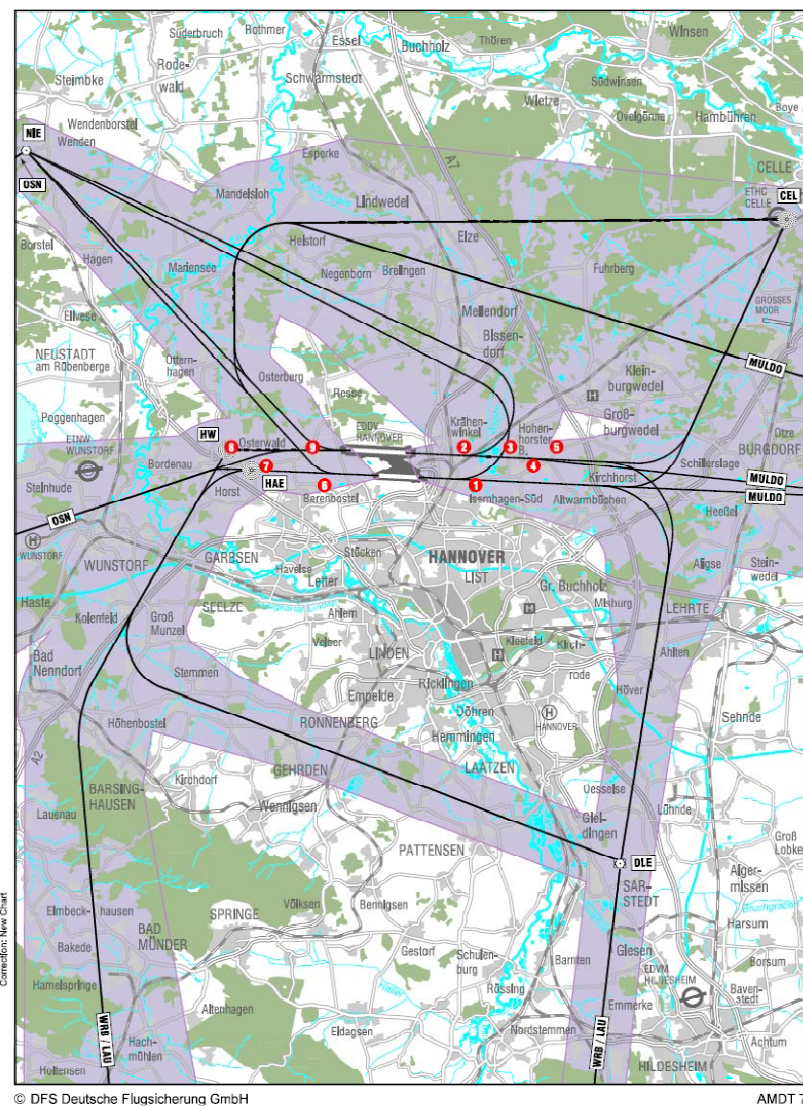


Abbildung 29: Flugerwartungsgebiet des Flughafens Hannover-Langenhagen²⁰⁶

²⁰⁵ Die Kürzel geben Auskunft über die Himmelsrichtung, in die die Bahnen zeigen. So sind auf den drei Parallelbahnen Starts und Landungen in Richtung Osten (90°) und in Richtung Westen (270°) möglich. Von den An- und Abflügen, die sich aus den Windverhältnissen ergeben, wird das Kürzel L (Linke) und R (Rechte) der Interkontinentalbahnen bestimmt. Das C der kleineren Mittelbahn steht für die zentrale Bahn.

2.1.3 Starts/Landungen

Aufgrund der vorherrschenden meteorologischen Verhältnisse steht der Ost- und Westbetrieb am Flughafen Hannover-Langenhagen im langjährigen Durchschnitt in einem Verhältnis von rund 30 % zu 70 % (vgl. Abbildung 30).²⁰⁷

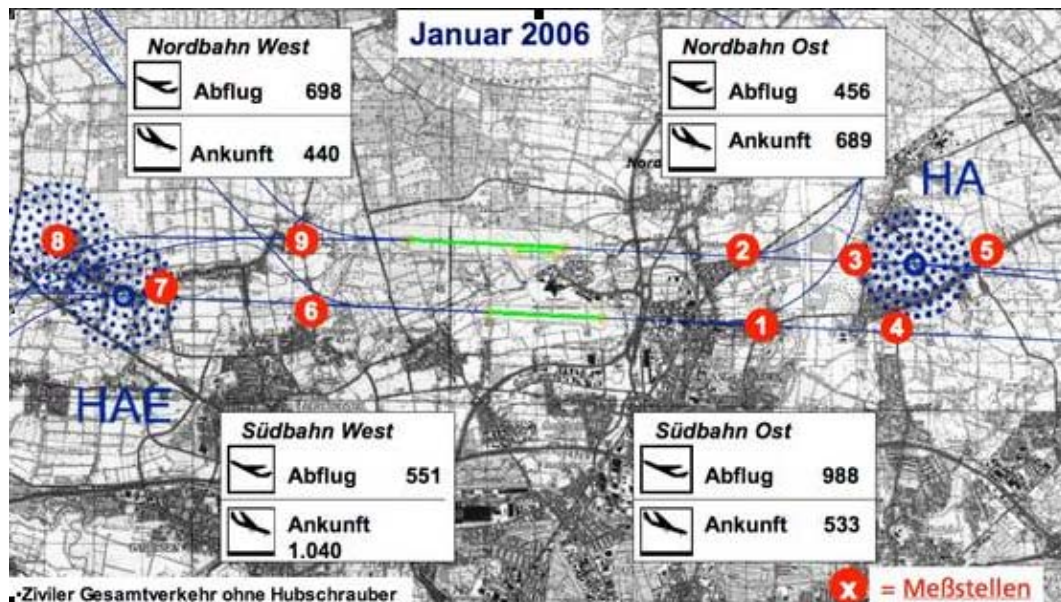


Abbildung 30: Flugverteilung des Flughafens Hannover-Langenhagen²⁰⁸

2.1.4 Lärmschutzbereiche

Gemäß § 2 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) sind in der Umgebung von Flughäfen Lärmschutzbereiche einzurichten. Der § 2 FluLärmG sieht zwei Schutzzonen vor, eine für den Tag und eine für die Nacht. In Abbildung 31 ist die Schutzzone Tag des Flughafens Hannover-Langenhagen dargestellt, die der Festlegung des Untersuchungsgebietes zugrunde liegt.

²⁰⁶ Vgl. <http://www.boeing.com/commercial/noise/hannovermap2006.pdf>, 23.02.2010.

²⁰⁷ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2053>, 23.02.2010.

²⁰⁸ Vgl. www.flughafen.hannover.de/137.html, 01.12.2006.

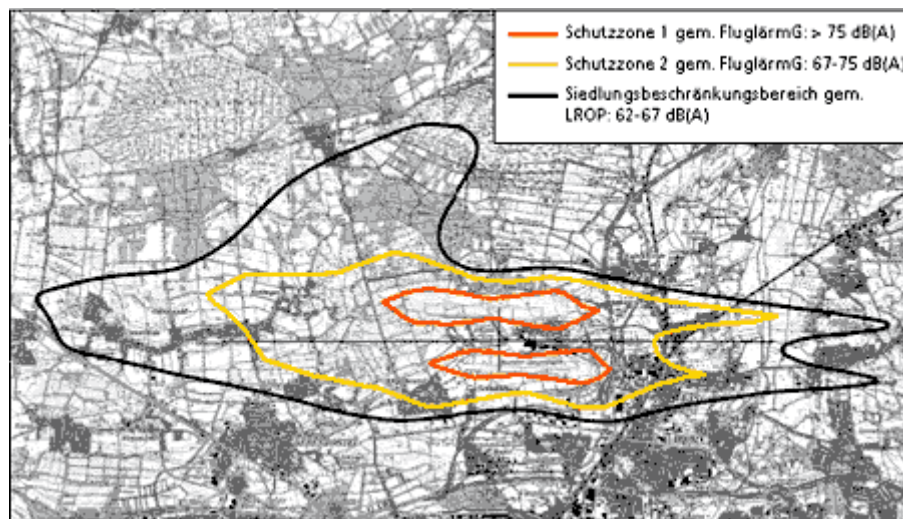


Abbildung 31: Tagschutzgebiete des Flughafens Hannover-Langenhagen²⁰⁹

2.2 Festlegung des Untersuchungsgebietes

Die Festlegung des Untersuchungsgebietes basiert auf der Ausweisung der Schutzzonen gemäß § 2 FluLärmG des Flughafens Hannover-Langenhagen sowie den An- und Abflugrouten der beiden Start- und Landebahnen. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von rund 650 km² und liegt schlauchartig parallel zu den Start- und Landebahnen, mit einer Ost-West-Ausdehnung von rund 50 km und einer Nord-Süd-Ausdehnung von rund 13 km. Das Untersuchungsgebiet wird im Osten durch Burgdorf und im Westen durch Wunstorf-Steinhude begrenzt (siehe Abbildung 32).



Abbildung 32: Untersuchungsgebiet des Flughafens Hannover-Langenhagen²¹⁰

²⁰⁹ Vgl. <http://www.hannover-airport.de/index.php?id=2056>, 25.02.2010.

²¹⁰ Quelle: <http://geoportal.geodaten.niedersachsen.de/organizer/>, 03.10.2006.

Im Untersuchungsgebiet liegen 93 Gemeinden und 9 Stadtteile der Stadt Hannover.

2.3 Datenerfassung zum Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)

Die Erfassung der baulichen Struktur des Untersuchungsgebietes mit Hilfe von Bodenrichtwertkarten, Ortsbesichtigungen und Luftbildern führt dazu, dass das Untersuchungsgebiet Flughafen Hannover-Langenhagen in 101 Teilgebiete gegliedert wird, in denen das Marktsegment „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) die überwiegende Nutzung darstellt.

Bei der Erfassung des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) wurde in Absprache mit dem Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Hannover Teilgebiete mit besonderen Einflüssen ausgeschlossen. Zu den besonderen Einflüssen zählen besonders gute Aussichtslagen (Ufergebiete am Steinhuder Meer) und sehr ländlich geprägte Teilgebiete (beispielsweise im Nordwesten des Untersuchungsgebietes).

Weiterhin wurde nach Rücksprache mit dem Gutachterausschuss für Grundstückswerte in der Landeshauptstadt Hannover die Ortschaft Großburgwedel aufgrund ihrer besonderen Beliebtheit ausgeschlossen.

In Tabelle 51 sind die untersuchten Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Gemeinde Isernhagen exemplarisch dargestellt.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW- Zone	überwiegende Bebauung	Bodenrichtwerte		BRW Modell		
				[€/m ²]	Bezug [m ²]	[€/m ²]	Bezug [m ²]	Stichtag
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	E, R	220	W 500	220	W 500	01.01.2006
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	E, R	160	W 500	160	W 500	01.01.2006
95	Langenhagen-Langenhof	2381	E, R, M	205	W 500	205	W 500	01.01.2006
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	E, R, M	180	W 500	180	W 500	01.01.2006
67	Langenhagen-Süd	2383	E, M	165	W 500	165	W 500	01.01.2006
76	Langenhagen-Ost	3381	E, D	170	W 750	176	W 500	01.01.2006
34	Langenhagen-Nord	3382	E	130	W 750	135	W 500	01.01.2006
31	Langenhagen-West	3383	E, D	125	W 750	130	W 500	01.01.2006
75	Langenhagen-Südwest	3384	E,R	175	W 500	175	W 500	01.01.2006
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	E	125	W 750	130	W 500	01.01.2006
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	E, M	125	W 750	130	W 500	01.01.2006

Tabelle 51: Teilgebiete des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) der Stadt Langenhagen

Für die statistische Auswertung wurden die Bodenrichtwerte mit Hilfe der vom Gutachterausschuss in der Landeshauptstadt Hannover veröffentlichten Umrechnungskoeffizienten auf eine einheitliche Bezugsfläche von 500 m² umgerechnet.

2.4 Erfassung der Einflussgrößen

2.4.1 Verkehrslage

Die Verkehrslage setzt sich aus verschiedenen Einflussgrößen zusammen. Es wird dabei zwischen der äußeren und der inneren Verkehrslage unterschieden.

In Tabelle 52 wird die Erfassung und Bestimmung der Einflussgrößen der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Gemeinde Isernhagen exemplarisch dargestellt.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW-Zone	Flughafen		nächster Fernbahnhof		Autobahn-auffahrt
			Individualverkehr [min]	ÖPNV [min]	Individualverkehr [min]	ÖPNV [min]	Individualverkehr [min]
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	12	35	20	36	7
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	9	21	20	39	5
95	Langenhagen-Langenforth	2381	11	23	16	28	3
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	10	19	17	37	6
67	Langenhagen-Süd	2383	10	34	15	27	2
76	Langenhagen-Ost	3381	12	26	18	28	3
34	Langenhagen-Nord	3382	8	15	20	31	4
31	Langenhagen-West	3383	6	13	19	41	2
75	Langenhagen-Südwest	3384	7	29	16	23	3
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	7	21	18	39	3
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	6	9	19	35	2

Tabelle 52: Erfassung der äußeren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Langenhagen

Zur Bestimmung der Mittel- und Oberzentren in der Region Hannover wurde die im Raumordnungsprogramm vorgenommene Einteilung verwendet.²¹¹ Als Mittelzentren sind Burgdorf, Burgwedel, Garbsen, Langenhagen, Neustadt am Rübenberge und Wunstorf und als Oberzentren ist Hannover für die Erreichbarkeitsanalyse von Bedeutung (Isernhagen und Wedemark stellen Grundzentren dar).

In Tabelle 53 wird die Erfassung und Bestimmung der Einflussgrößen der inneren Verkehrslage am Beispiel der Gemeinde Isernhagen exemplarisch dargestellt.

²¹¹ Vgl.: http://www.lorp.niedersachsen.de/textband/kap_01/kap_01-02-06.html (Oberzentrum), http://www.lorp.niedersachsen.de/textband/kap_02/kap_02-01-01-06.html (Mittelzentrum) und http://www.ml.niedersachsen.de/master/C373813_N14743_L20_D0_I655.html (Grundzentrum), 13.01.2007.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW-Zone	Haltestelle [Fußweg] (efa) Fulghafen / Fernbahnhof	Entfernung [km]		
				Kinder-garten	Grund-schule	weiterführende Schule
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	Langenhagen Stadtbahnendpunkt [16]	1,3	1,9	1,3
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	Langenhagen Reuterdamm [13] / Ehrlichsstraße [5]	0,0	1,4	2,4
95	Langenhagen-Langenforth	2381	Langenhagen Masurenweg [4]	0,8	0,6	0,6
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	Langenhagen Ehlersstraße [7]	0,4	0,2	1,6
67	Langenhagen-Süd	2383	Langenhagen An der Autobahn [2]	0,3	0,4	1,0
76	Langenhagen-Ost	3381	Langenhagen Paracelsus Klinik [6]	0,3	1,4	1,6
34	Langenhagen-Nord	3382	Langenhagen Gaußstraße [9] / Pferdemark Bahnhof [14]	1,0	1,1	2,3
31	Langenhagen-West	3383	Langenhagen Galileistr. [9]	0,6	0,9	0,9
75	Langenhagen-Südwest	3384	Langenhagen Hans-Böckler-Str [6]	0,9	0,9	0,9
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	Langenhagen Stadtparkallee [10]	1,5	1,1	1,7
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	Langenhagen Gutenbergstr. [4]	1,6	1,8	2,9

Tabelle 53: Erfassung der inneren Verkehrslage am Beispiel der Stadt Langenhagen

2.4.2 Immissionsbelastung

Zur Erfassung der Immissionslage wird sowohl der Grundlärm als auch der Fluglärm als Einflussgröße aufgenommen.

• Grundlärm

Auf der Homepage des Niedersächsischen Umweltministeriums²¹² stehen die Lärmkarten (Tag, Nacht) für den Straßen- und Schienenverkehr zur Verfügung. Diese Karten dienen als Grundlage der Berechnung der Gesamtbelastung (Schienen-, Straßenverkehr) durch das niedersächsische Umweltministerium.²¹³

Die Darstellung der unterschiedlichen Geräuschbelastungen erfolgt durch eine farbliche Kennzeichnung der einzelnen Lärmklassen. Die einzelnen Lärmwerte werden ebenfalls in Fünf-Dezibel-Schritten berechnet, beginnend bei 35 dB(A) und endend bei 80 dB(A). Die folgenden Abbildungen zeigen die Grundlärmkarte Tag (siehe Abbildung 33) und die Grundlärmkarte Nacht (siehe Abbildung 34) für den Flughafenstandort Hannover-Langenhagen.

²¹² Vgl. www.umwelt.niedersachsen.de, 15.10.2006.

²¹³ Die Berechnungen wurden von Herrn Dr. Berthold Vogelsang, Mitarbeiter des niedersächsischen Umweltministeriums, durchgeführt.

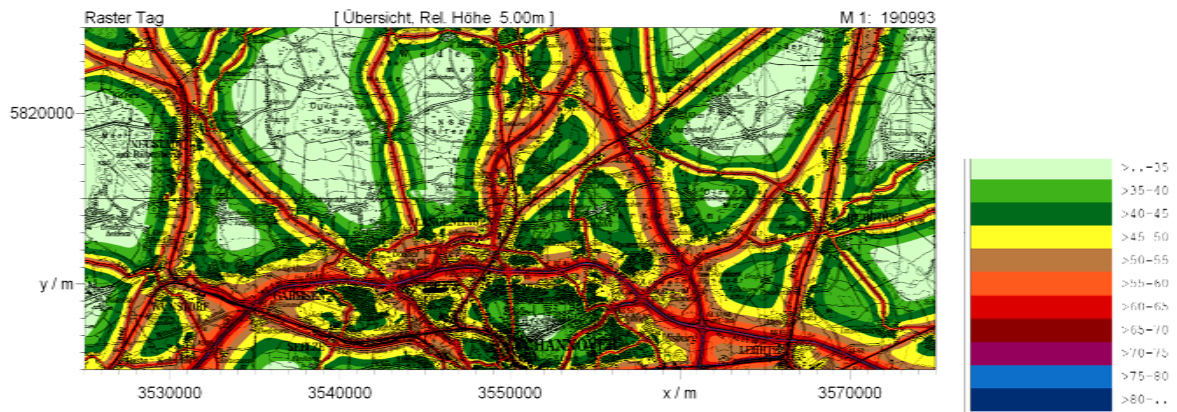


Abbildung 33: Grundlärnkarte (Tag) für den Flughafenstandort Hannover-Langenhagen²¹⁴

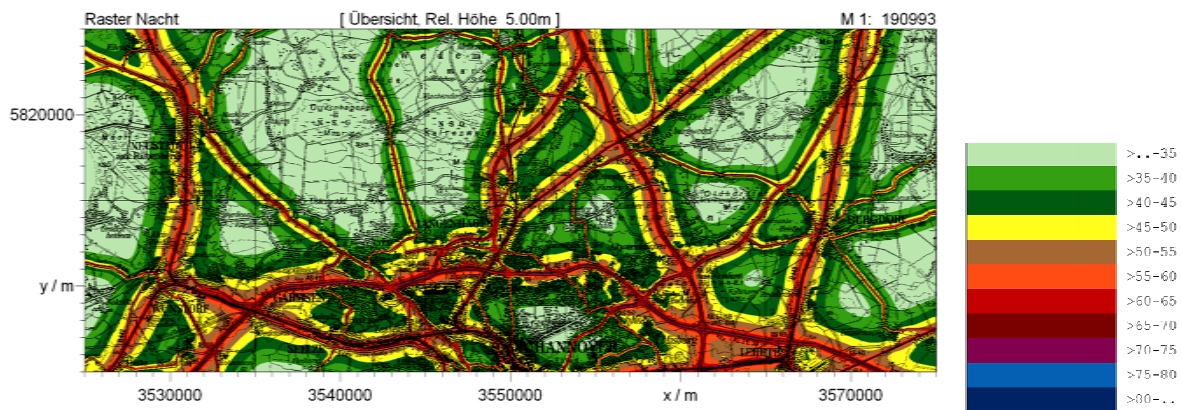


Abbildung 34: Grundlärnkarte (Nacht) für den Flughafenstandort Hannover-Langenhagen²¹⁵

In Tabelle 54 ist die Berechnung des Gesamtgrundlärms Tag und Nacht exemplarisch für die Gemeinde Isernhagen abgebildet.

²¹⁴ Quelle: Berechnung von Herrn Dr. Vogelsang, Mitarbeiter des niedersächsischen Umweltministeriums.

²¹⁵ Quelle: Berechnung von Herrn Dr. Vogelsang, Mitarbeiter des niedersächsischen Umweltministeriums.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW- Zone	Grundlärm [dB(A)]			
			Tag	Klasse	Nacht	Klasse
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	41-45	3	36-40	2
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	36-40	2	36-40	2
95	Langenhagen-Langenforth	2381	41-45	3	41-45	3
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	46-50	4	46-50	4
67	Langenhagen-Süd	2383	51-55	5	46-50	4
76	Langenhagen-Ost	3381	46-50	4	41-45	3
34	Langenhagen-Nord	3382	46-50	4	46-50	4
31	Langenhagen-West	3383	46-50	4	46-50	4
75	Langenhagen-Südwest	3384	51-55	5	51-55	5
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	46-50	4	41-45	3
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	46-50	4	41-45	3

Tabelle 54: Erfassung des Grundlärms (Tag und Nacht) für die Stadt Langenhagen

• Fluglärm

Zur Berücksichtigung des Fluglärms wird am Flughafenstandort Hannover-Langenhagen auf die Lärmscreenings des niedersächsischen Umweltministeriums²¹⁶ zurückgegriffen.²¹⁷ In diesen Lärmkarten ist der Fluglärm getrennt nach Tag und Nacht in Fünf-Dezibel-Schritten beginnend bei 50 dB(A) dargestellt (siehe Abbildung 35 und Abbildung 36).²¹⁸ Die Lärmkartierungen Tag (6 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr) basieren auf dem energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq3} .

²¹⁶ Vgl. http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C8612741_N600_L20_D0_I598.html, 23.02.2010.

²¹⁷ Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht auf die Daten der Messstationen des Flughafens Hannover-Langenhagen zurückgegriffen, da diese nicht flächendeckend für das Untersuchungsgebiet vorliegen, und jeweils nur einen punktuellen Lärmzustand wiedergeben.

²¹⁸ Bei der Betrachtung der Fluglärmwerte ist zu beachten, dass die Genauigkeit der Ergebnisse mit sinkenden Dezibelwerten immer weiter abnimmt, so dass eine Berechnung von Isophonen unterhalb von 55 dB(A) zu Genauigkeitseinbußen führen. Vgl.: regionales Dialogforum - Flughafen Frankfurt: „Fluglärmfassung - Erläuterungen zur Fluglärmfassung“, Frankfurt 2005, S. 17.

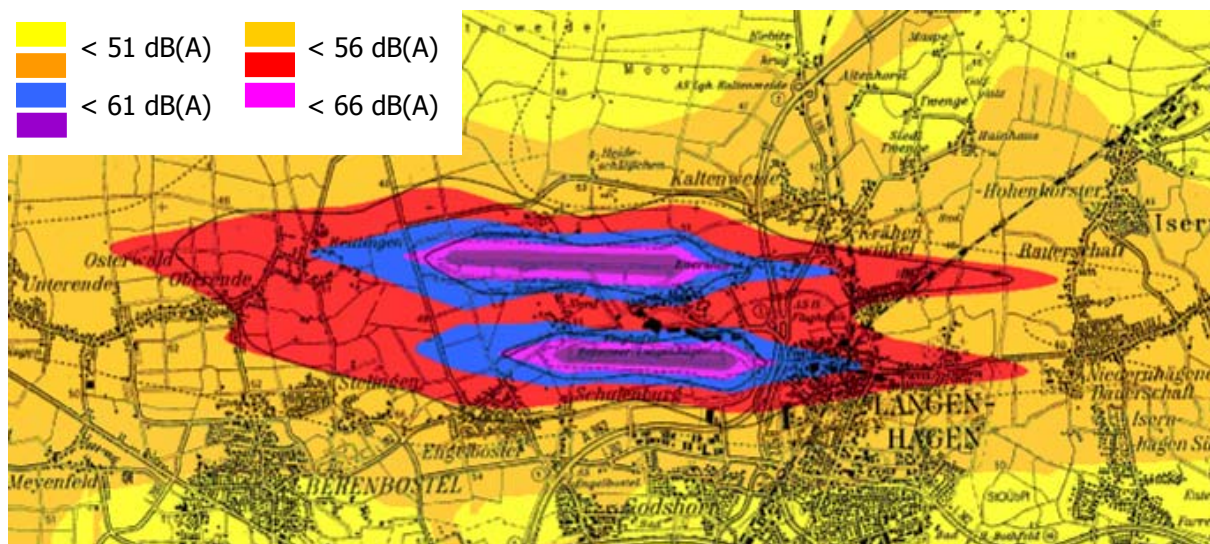


Abbildung 35: Ausschnitt aus der Fluglärmkarte (Tag)²¹⁹

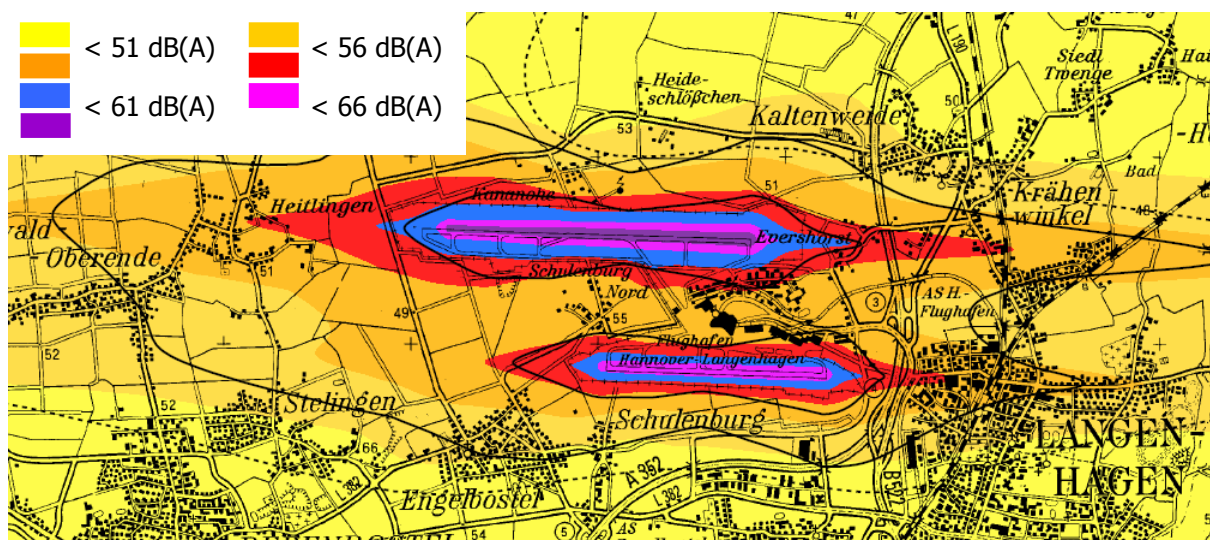


Abbildung 36: Ausschnitt aus der Fluglärmkarte (Nacht)²²⁰

Für die statistische Analyse erfolgt eine Differenzierung in fluglärmbelastete ($> 51 \text{ dB(A)} = 1$) und fluglärmunbelastete ($\leq 51 \text{ dB(A)} = 0$) Bereiche. Die Gemeinden, für die keine dB(A) Angaben in der Karte enthalten sind, werden als fluglärmunbelastet betrachtet und der Klasse ($\leq 51 \text{ dB(A)} = 0$) zugeordnet. Die extremen Belastungen ($> 65 \text{ dB(A)}$) treten entlang der beiden Start- und Landebahnen (Ost-West Richtung) auf und beeinträchtigen die umliegenden Gemeinden (z.B. Industriegebiet im Norden von Langenhagen) nur geringfügig.

In Tabelle 55 ist die Berechnung des Fluglärms Tag und Nacht exemplarisch für die Gemeinde Isernhagen abgebildet.

²¹⁹ Quelle: http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C8612471_L20.pdf, 23.02.2010 und eigene Bearbeitung.

²²⁰ Quelle: http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C8612570_L20.pdf, 23.02.2010 und eigene Bearbeitung.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW- Zone	Fluglärm [dB(A)]			
			Tag	Klasse	Nacht	Klasse
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	51-55	1	<51	0
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	61-65	1	51-55	1
95	Langenhagen-Langensforth	2381	<51	0	<51	0
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	61-65	1	51-55	1
67	Langenhagen-Süd	2383	<51	0	<51	0
76	Langenhagen-Ost	3381	<51	0	<51	0
34	Langenhagen-Nord	3382	61-65	1	56-60	1
31	Langenhagen-West	3383	61-65	1	51-55	1
75	Langenhagen-Südwest	3384	51-55	1	<51	0
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	66-70	1	56-60	1
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	61-65	1	56-60	1

Tabelle 55: Erfassung des Fluglärms (Tag und Nacht) für die Stadt Langenhagen

2.4.3 Bebauung

Die Erfassung der Struktur der Bebauung der einzelnen Bodenrichtwertgebiete erfolgt an Hand der in Kapitel 2.3.1.4 beschriebenen drei Klassen (siehe Tabelle 56).

2.4.4 Durchgrünung

Das Untersuchungsgebiet liegt überwiegend in einer ländlich geprägten Region mit einer Vielzahl von Feldern und Waldgebieten, die der Erholung dienen.

Die Ergebnisse der Klasseneinteilung sind exemplarisch für die Gemeinde Isernhagen in Tabelle 56 dargestellt.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW- Zone	Durchgrünung	Bebauung
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	2	2
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	1	2
95	Langenhagen-Langensforth	2381	2	3
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	2	3
67	Langenhagen-Süd	2383	2	3
76	Langenhagen-Ost	3381	1	2
34	Langenhagen-Nord	3382	1	1
31	Langenhagen-West	3383	2	2
75	Langenhagen-Südwest	3384	2	2
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	1	1
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	1	3

Tabelle 56: Erfassung der Bebauung und der Durchgrünung am Beispiel der Stadt Langenhagen

2.4.5 Bevölkerungsstruktur

• Einwohnerzahl und Ausländeranteil

Zur Ermittlung der Einwohnerzahlen (Haupt- und Nebenwohnsitz) und des Ausländeranteils, wurden Daten durch die Städte Burgdorf, Burgwedel, Garbsen, Hannover, Isernhagen, Langenhagen, Neustadt am Rübenberge, Wedemark, Wunstorf schriftlich bzw. mündlich zur Verfügung gestellt.²²¹

Allerdings liegen zu einzelnen Bodenrichtwertzonen keine differenzierte Einwohnerzahlen und die dazugehörigen Ausländeranteile vor, was zu Problemen bei der statistischen Auswertung führen kann. Zu den elf Bodenrichtwerten, die in der Stadt Langenhagen liegen, existieren beispielsweise nur eine Einwohnerzahl und der entsprechende Ausländeranteil. Auf Grund der fehlenden Differenzierung werden allen elf Bodenrichtwertzonen die gleiche Einwohnerzahl und der gleiche Ausländeranteil zugeordnet.

• Kaufkraft

Die Kaufkraftdaten des Untersuchungsgebietes wurden durch die GFK GeoMarketing GmbH zur Verfügung gestellt. In die Berechnung der GFK-Kaufkraftdaten fließen alle Nettoeinkünfte der jeweiligen Region ein.²²²

Die Daten wurden jedoch nur auf Gemeindeebene zur Verfügung gestellt. Somit liegen - wie auch schon bei den Einwohnerzahlen und Ausländeranteilen - nicht für alle Bodenrichtwerte differenzierte Werte vor. Dies kann zu einer erhöhten Fehleranfälligkeit bei der späteren statistischen Auswertung führen.

In Tabelle 57 wird die Erfassung und Bestimmung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Gemeinde Isernhagen exemplarisch dargestellt.

Gebietsnummer	Gemeinde	BRW- Zone	Einwohnerzahl	Anzahl der Ausländer	Ausländeranteil	Kaufkraft
97	Langenhagen-Neue Bult	1381	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
61	Langenhagen-Reuterdamm	1382	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
95	Langenhagen-Langenhof	2381	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
82	Langenhagen-Bahnhof	2382	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
67	Langenhagen-Süd	2383	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
76	Langenhagen-Ost	3381	33.389	3.489	10,45%	18.792,11 €
34	Langenhagen-Nord	3382	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
31	Langenhagen-West	3383	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
75	Langenhagen-Südwest	3384	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
30	Langenhagen-Tonkuhle	3385	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €
29	Langenhagen-Gutenbergstraße	3386	33.398	3.489	10,45%	18.792,11 €

Tabelle 57: Erfassung der Bevölkerungsstruktur am Beispiel der Stadt Langenhagen

²²¹ Um eine Vergleichbarkeit des Ausländeranteils zu gewährleisten wird der prozentuale Anteil der Ausländer ermittelt. Hierzu wurde die Zahl der Ausländer durch die Einwohnerzahl der jeweiligen Gemeinde geteilt.

²²² Vgl.: www.gfk-geomarketing.de/marktdaten/kaufkraft_allgemein.php, 05.11.2007.

2.5 Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser)

Im Folgenden wird die Analyse des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) mit Hilfe

- einer Bodenrichtwertanalyse,
- einer Kaufpreisanalyse für unbebaute Grundstück sowie
- einer Kaufpreisanalyse für bebaute Grundstücke

vorgelegt. Die insgesamt 8.015 ausgewerteten Kaufpreise verteilen sich auf 101 Bodenrichtwertgebiete im Untersuchungsgebiet, von denen 31 Gebiete fluglärmbelastet sind. Im Rahmen der Kaufpreisanalysen werden Kaufpreise aus dem Zeitraum von 1994 bis 2005 berücksichtigt. Insofern steht eine ausreichende Anzahl von Kaufpreisen (siehe Tabelle 58) zur Berechnung der Modelle, die in Kapitel 2.5 erläutert wurden, zur Verfügung. Aufgrund der großen Spanne der Kaufpreise²²³ erfolgt eine Unterteilung²²⁴ der Kaufpreise

- bei unbebauten Grundstücken in eine Klasse < 80.000 € und eine Klasse ≥ 80.000 € sowie
- bei bebauten Grundstücken in eine Klasse < 300.000 € und eine Klasse ≥ 300.000 €.

		gesamte Anzahl	fluglärmunbelastete Anzahl	fluglärmbelastete Anzahl
Bodenrichtwerte		101	70	31
Kaufpreise unbebauter Grundstücke	< 80.000 €	2.057	1.345	712
	≥ 80.000 €	1.387	903	484
Kaufpreise bebauter Grundstücke	< 300.000 €	4.226	3.104	1.122
	≥ 300.000 €	345	240	105

Tabelle 58: Anzahl der ausgewerteten Bodenrichtwerte und Kaufpreise (Flughafenstandort Hannover-Langenhagen)

2.5.1 Bodenrichtwertanalyse

Für die statistische Auswertung stehen 101 Bodenrichtwerte zur Verfügung (70 fluglärmunbelastet und 31 fluglärmbelastet).

²²³ Bei unbebauten Grundstücken von rund 2.000 € bis rund 705.000 € sowie bei bebauten Grundstücken von rund 41.000 € bis rund 1.000.000 €.

²²⁴ Der Grenzwert der Klassen erfolgte in Absprache mit dem Gutachterausschuss berücksichtigt die Gegebenheiten des lokalen Marktes.

2.5.1.1 statistische Voruntersuchungen

Im ersten Schritt der Bodenrichtwertanalyse werden 19 Einflussgrößen mit Hilfe der Clusteranalyse auf ihre Kollinearität getestet. In Abbildung 37 ist die Gruppierung der Einflussgrößen der Clusteranalyse in einem Dendrogramm abgebildet:

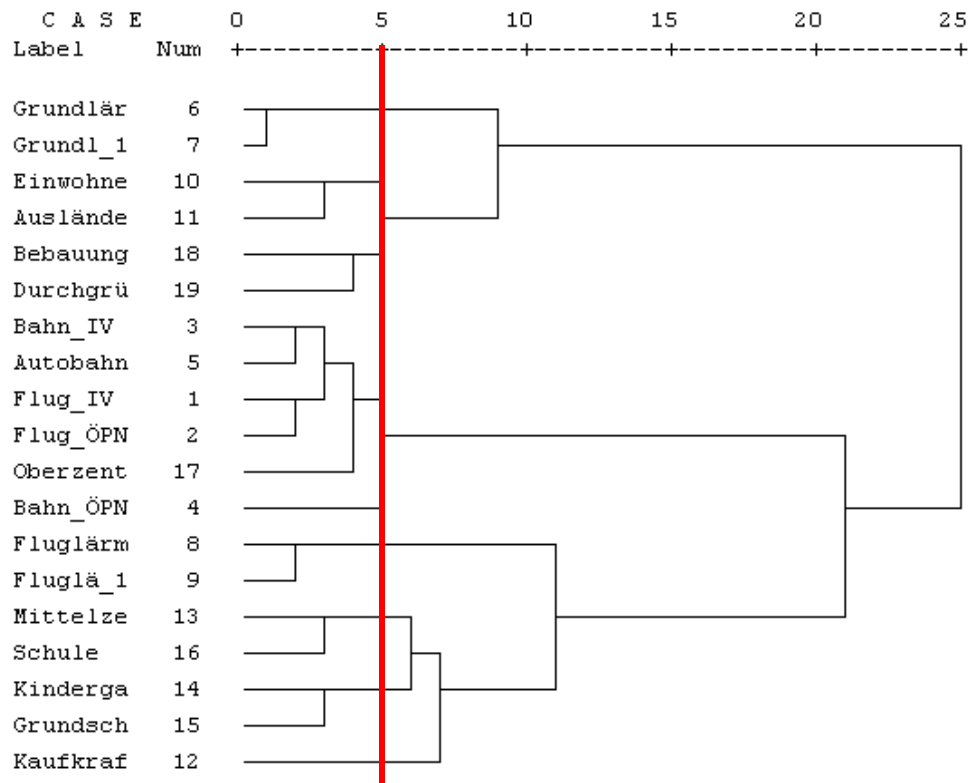


Abbildung 37: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 5 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 19 Einflussgrößen zu 9 Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 59).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
2. Einwohnerzahl, Ausländeranteil	→ Einwohnerzahl
3. Bebauung, Durchgrünung	→ Durchgrünung
4. Flug_IV, Flug_ÖPNV, Bahn_IV, Autobahn, Oberzentrum	→ Oberzentrum
5. Bahn_ÖPNV	→ Bahn_ÖPNV
6. Fluglärm_Tag, Fluglärm_Nacht	→ Fluglärm_Tag
7. weiterführendeSchule, Mittelzentrum	→ Mittelzentrum
8. Kindergarten, Grundschule	→ Kindergarten
9. Kaufkraft	→ Kaufkraft

Tabelle 59: Cluster der Einflussgrößen (Bodenrichtwertanalyse)

Im Anschluss an die Clusteranalyse wird eine Kurvenanpassung für die 12 repräsentativen Einflussgrößen im Bezug auf die zu erklärende Variable „Bodenrichtwert“ durchgeführt. Die beste Anpassung an die Daten wurde durch das lineare Regressionsmodell erreicht.

Der anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 60):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,000	-0,244	0,808	nein
Einwohnerzahl	0,030	2,014	0,047	ja
Durchgrünung	0,127	3,948	0,000	ja
Oberzentrum	0,195	-5,019	0,000	ja
Bahn_ÖPNV	0,087	-3,250	0,002	ja
Fluglärm_Tag	0,029	2,002	0,048	ja
Mittelzentrum	0,090	-3,299	0,001	ja
Kindergarten	0,021	-1,769	0,080	nein
Kaufkraft	0,000	0,022	0,982	nein

Tabelle 60: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Bodenrichtwertanalyse)

2.5.1.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Bodenrichtwert zu überprüfen, wird eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Bodenrichtwerten (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der statistischen Auswertung bei der Fallstudie Düsseldorf.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Bodenrichtwert“ konnte zu etwa 35 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Bodenrichtwert betrug knapp 20 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Bodenrichtwerte als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich Bodenrichtwert und dem berechneten Bodenrichtwert größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,505	28,549	0,000	19,58	155,40	12,6 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	199,826	11,262		17,743	0,000
Grundlärm_Tag	-6,082	2,065	-0,241	-2,945	0,004
Oberzentrum	-2,599	0,361	-0,587	-7,204	0,000
Durchgrünung	11,728	2,537	0,375	4,623	0,000

Tabelle 61: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Bodenrichtwertanalyse)

Die sich aus Tabelle 61 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt ist von den drei Einflussgrößen „Grundlärm_Tag“, „Oberzentrum“ und „Durchgrünung“ abhängig. Allerdings zeigt sich durch die statistische Auswertung, dass kein signifikanter Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf die Bodenrichtwerte festgestellt werden konnte. Daher wurde auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Bodenrichtwerte (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

2.5.2 Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €

Für die statistische Auswertung der unbebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 € stehen 2.057 Kaufpreise zur Verfügung (1.345 fluglärmunbelastet und 712 fluglärmbelastet). In der Kaufpreisanalyse werden die Kaufpreise der unbebauten Grundstücke auf Einflüsse des Fluglärms auf den Kaufpreis/m² hin untersucht.

2.5.2.1 statistische Voruntersuchungen

Wie bei der Bodenrichtwertanalyse werden in einem ersten Schritt die Einflussgrößen auf ihre Kollinearität getestet. In der Clusteranalyse, werden 22 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft. In Abbildung 38 ist die Gruppierung der Einflussgrößen der Clusteranalyse in einem Dendrogramm abgebildet:

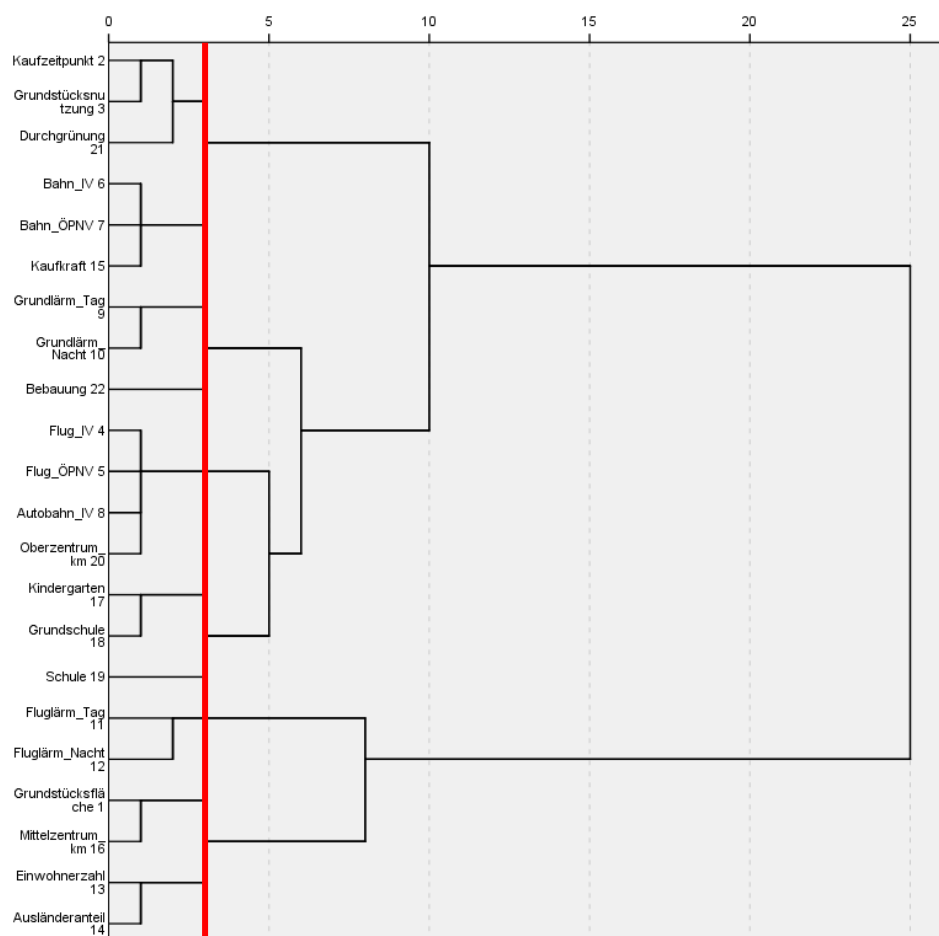


Abbildung 38: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 22 Einflussgrößen zu zehn Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 62).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Kaufzeitpunkt, Grundstücksnutzung, Durchgrünung	→ Kaufzeitpunkt
2. Bahn_IV, Bahn_ÖPNV, Kaufkraft	→ Kaufkraft
3. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
4. Bebauung	→ Bebauung
5. Flug_IV, Flug_ÖPNV, Autobahn_IV, Oberzentrum	→ Oberzentrum
6. Grundschule, Kindergarten	→ Kindergarten
7. Schule	→ Schule
8. Fluglärm_Tag, Fluglärm_Nacht	→ Fluglärm_Tag
9. Grundstücksfläche, Mittelzentrum	→ Grundstücksfläche
10. Einwohnerzahl, Ausländeranteil	→ Einwohnerzahl

Tabelle 62: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)

Im Anschluss an die Clusteranalyse wird analog zu der Auswertung der Bodenrichtwerte eine Kurvenanpassung der einzelnen repräsentativen Einflussgrößen bezüglich der zu erklärenden Variable „Kaufpreis/m²“ durchgeführt. Hierbei ergab sich erneut, dass eine lineare Regression die besten Ergebnisse liefert.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 63):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R²	T	Signifikanz	Signifikant
Kaufzeitpunkt	0,061	11,612	0,000	ja
Kaufkraft	0,011	-4,853	0,000	ja
Grundlärm_Tag	0,062	11,704	0,000	ja
Bebauung	0,118	16,599	0,000	ja
Oberzentrum	0,236	-25,217	0,000	ja
Kindergarten	0,049	-10,305	0,000	ja
Schule	0,054	-10,877	0,000	ja
Fluglärm_Tag	0,006	3,607	0,000	ja
Grundstücksfläche	0,403	-37,257	0,000	ja
Einwohnerzahl	0,035	8,634	0,000	ja

Tabelle 63: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)

2.5.2.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von < 80.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der bei der statistischen Auswertung der Bodenrichtwertanalyse.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis/m²“ konnte zu etwa 54 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis/m² betrug knapp 19 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,736	525,913	0,000	18,91	163,29	11,6 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	231,564	5,977		38,744	0,000
Grundstücksfläche	-0,124	0,004	-0,517	-31,485	0,000
Oberzentrum	-2,849	0,105	-0,500	-27,187	0,000
Bebauung	1,742	0,965	0,043	1,804	0,071
Grundlärm_Tag	-3,206	0,515	-0,102	-6,230	0,000
Schule	-3,922	0,732	-0,124	-5,356	0,000
Kindergarten	1,124	0,578	0,031	1,943	0,052
Kaufkraft	0,002	0,000	0,090	6,321	0,000
Einwohnerzahl	0,001	0,000	0,209	9,224	0,000

Tabelle 64: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 €)

Die sich aus Tabelle 64 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt ist von den acht Einflussgrößen „Grundstücksfläche“, „Oberzentrum“, „Bebauung“, „Grundlärm_Tag“, „Schule“, „Kindergarten“, „Kaufkraft“ und

„Einwohnerzahl“ abhängig. Allerdings zeigt sich durch die statistische Auswertung, dass kein signifikanter Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf die Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 € festgestellt werden konnte. Daher wurde auf eine separate Auswertung der fluglärmunbelasteten Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 80.000 € (fluglärmunbelastetes Modell) zur Quantifizierung der Größenordnung des Einflusses des Fluglärms verzichtet und die Analyse an dieser Stelle beendet.

2.5.3 Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 80.000 €

Für die statistische Auswertung der unbebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 80.000 € stehen 1.387 Kaufpreise zur Verfügung (903 fluglärmunbelastet und 484 fluglärmbelastet). In der Kaufpreisanalyse werden die Kaufpreise der unbebauten Grundstücke auf Einflüsse des Fluglärms auf den Kaufpreis/m² hin untersucht.

2.5.3.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 22 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

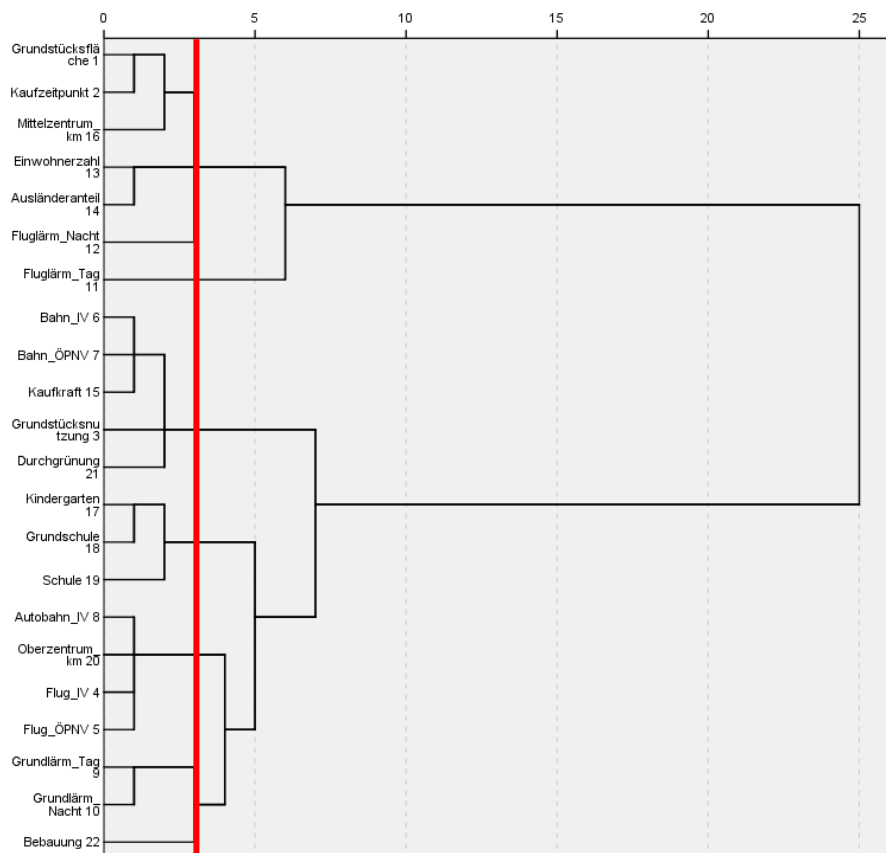


Abbildung 39: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 80.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 3 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 22 Einflussgrößen zu neun Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 65).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundstücksfläche, Kaufzeitpunkt, Mittelzentrum	→ Grundstücksfläche
2. Einwohnerzahl, Ausländeranteil	→ Einwohnerzahl
3. Fluglärm_Nacht	→ Fluglärm_Nacht
4. Fluglärm_Tag	→ Fluglärm_Tag
5. Bahn_IV, Bahn_ÖPNV, Kaufkraft, Grundstücksnutzung, Durchgrünung	→ Kaufkraft
6. Grundschule, Kindergarten, Schule	→ Kindergarten
7. Autobahn_IV, Oberzentrum, Flug_IV, Flug_ÖPNV	→ Oberzentrum
8. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
9. Bebauung	→ Bebauung

Tabelle 65: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €, dass die getesteten neun Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis/m²“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 66):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundstücksfläche	0,183	-17,665	0,000	ja
Einwohnerzahl	0,069	10,185	0,000	ja
Fluglärm_Nacht	0,000	-0,755	0,450	nein
Fluglärm_Tag	0,000	-0,793	0,428	nein
Kaufkraft	0,022	5,627	0,000	ja
Kindergarten	0,065	-9,894	0,000	ja
Oberzentrum	0,290	-23,842	0,000	ja
Grundlärm_Tag	0,004	2,572	0,010	ja
Bebauung	0,139	14,987	0,000	ja

Tabelle 66: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

2.5.3.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von ≥ 80.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der der vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis/m²“ konnte zu etwa 53 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis/m² betrug knapp 21 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,728	371,020	0,000	21,34	172,82	12,4 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	230,906	7,462		30,944	0,000
Oberzentrum	-4,692	0,125	-0,682	-37,420	0,000
Grundstücksfläche	-0,038	0,002	-0,291	-17,217	0,000
Bebauung	10,474	0,943	0,239	11,109	0,000
Kindergarten	-4,690	0,700	-0,120	-6,702	0,000
Kaufkraft	0,003	0,000	0,158	9,731	0,000
Grundlärm_Tag	-5,471	0,775	-0,124	-7,062	0,000
Fluglärm_Tag	-9,204	1,843	-0,109	-4,995	0,000
Fluglärm_Nacht	-14,209	2,311	-0,111	-6,147	0,000

Tabelle 67: Ergebnisse der Regression des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

Die sich aus Tabelle 67 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= 230,906 - 4,692 * \text{Oberzentrum} - 0,038 * \text{Grundstuecksflaeche} + 10,474 * \text{Bebauung} \\ - 4,690 * \text{Kindergarten} + 0,003 * \text{Kaufkraft} - 5,471 * \text{GrundlaermTag} - 9,204 \\ * \text{FluglaermTag} - 14,209 * \text{FluglaermNacht}$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 73 %,
- F-Wert von rund 371 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 21.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 12,4 %)

als ausreichend bezeichnet werden.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den acht Einflussgrößen „Oberzentrum“, „Grundstücksfläche“, „Bebauung“, „Kindergarten“, „Kaufkraft“, „Grundlärm_Tag“, „Fluglärm_Tag“ und „Fluglärm_Nacht“ abhängig.

Die statistische Auswertung zeigt, dass die Einflussgröße Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Kaufpreise unbebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 € haben kann, insofern wird im Folgenden das fluglärmunbelastete Modell berechnet.

2.5.3.3 Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells

Die Ergebnisse der statistischen Analysen zeigen, dass Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf Kaufpreise von unbebauten Grundstücken mit einem Wert ≥ 80.000 € haben kann. Aufgrund dieser Erkenntnis wird im Folgenden untersucht, in welcher Größenordnung sich der Werteeinfluss des Fluglärms auf Kaufpreise von unbebauten Grundstücken mit einem Wert ≥ 80.000 € bewegt.

Für die statistische Auswertung des fluglärmunbelasteten Modells stehen 903 Kaufpreise von fluglärmunbelasteten unbebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 € zur Verfügung.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis/m²“ konnte zu etwa 58 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 24 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,791	387,788	0,000	22,25	162,55	13,7 %

fluglärmunbelastetes Modell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	234,969	10,556		22,259	0,000
Oberzentrum	-4,944	0,142	-0,637	-34,913	0,000
Grundstücksfläche	-0,048	0,003	-0,315	-15,995	0,000
Bebauung	11,994	1,370	0,229	8,756	0,000
Einwohnerzahl	0,001	0,000	0,139	5,422	0,000
Kindergarten	2,384	1,174	0,048	2,030	0,043
Kaufkraft	0,002	0,000	0,099	5,483	0,000
Grundlärm_Tag	-8,684	1,083	-0,165	-8,017	0,000

Tabelle 68: Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

Die sich aus Tabelle 68 ergebende Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis/m²

$$= 234,969 - 4,944 * \text{Oberzentrum} - 0,048 * \text{Grundstuecksflaeche} + 11,994 * \text{Bebauung} + 0,001 * \text{Einwohnerzahl} + 2,384 * \text{Kindergarten} + 0,002 * \text{Kaufkraft} - 8,684 * \text{GrundlaermTag}$$

2.5.3.4 Modellvalidierung

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 79 %,
- F-Wert von rund 387 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 39 €/m² (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 13,7 %)

als ausreichend bezeichnet werden. Die Funktion ist insofern geeignet, den Einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise darzustellen.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den sieben Einflussgrößen „Oberzentrum“, „Grundstücksfläche“, „Bebauung“, „Einwohnerzahl“, „Kindergarten“, „Kaufkraft“ und „Grundlärm_Tag“ abhängig.

Für die Ermittlung des quantitativen Einflusses des Fluglärms wird zunächst mit jeder der beiden Regressionsfunktionen (Gesamtmodell und fluglärmunbelastetes Modell) zu jedem Kaufpreis ein Modellkaufpreis berechnet, die prozentuale Abweichung jedes Kaufpreises zum zugehörigen Modellkaufpreis gebildet und die Mittelwerte (I - IV) der Abweichungen berechnet (siehe Tabelle 69 und Tabelle 70).

Gesamtmodell			
I	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 1,7 %	II	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 0,8 %

Tabelle 69: Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

Die Mittelwerte der Abweichungen im Gesamtmodell (I und II) waren sehr gering; sie ergaben sich zu rund - 1,7 % bzw. - 0,8 %. Der geringe Unterschied dieser Mittelwerte lässt auf eine hohe Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells schließen.

Fluglärmunbelastetes Modell			
III	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 4,1 %	IV	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 0,3 %

Tabelle 70: Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 €)

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen und den Modellkaufpreisen im fluglärmunbelasteten Modell (III) lag bei - 4,1 %. Die Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells weist insofern keine hohe Güte auf.

Der Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise und der Modellkaufpreise (IV), die im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, ergab sich zu rund - 0,3 %. Hier wird deutlich, dass dieser Mittelwert, der den Einfluss des Fluglärms repräsentiert, in einem Bereich liegt, der im Bereich der Modellungenauigkeiten liegt. Insofern kann keine Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm auf Kaufpreise für unbebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 80.000 € bestimmt werden.

2.5.4 Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €

Für die statistische Auswertung der bebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 € stehen 4.226 Kaufpreise zur Verfügung (3.104 fluglärmunbelastet und 1.122 fluglärmbelastet).

2.5.4.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 26 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

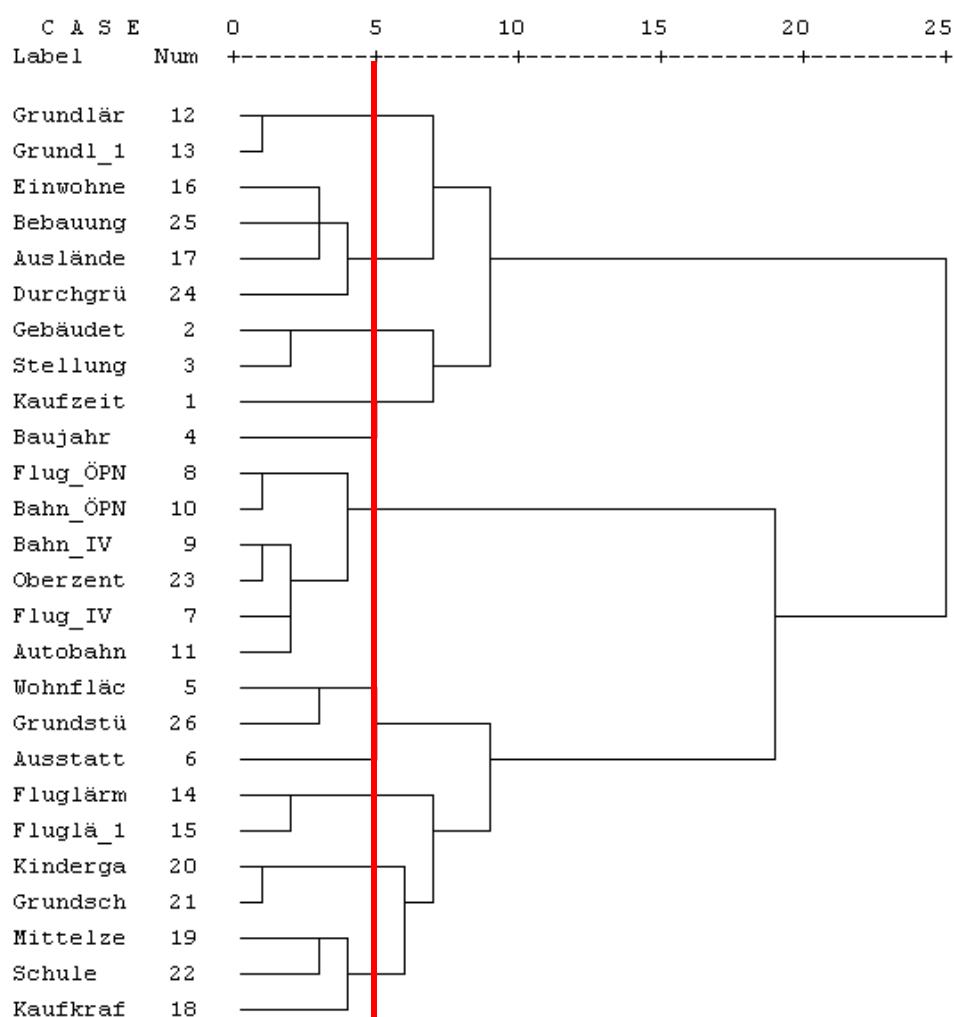


Abbildung 40: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 5 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 26 Einflussgrößen zu elf Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 71).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
2. Einwohnerzahl, Ausländeranteil, Durchgrünung, Bebauung	→ Einwohnerzahl
3. Gebäudeart, Stellung Gebäude	→ Gebäudeart
4. Kaufzeitpunkt	→ Kaufzeitpunkt
5. Baujahr	→ Baujahr
6. Flug_IV, Flug_ÖPNV, Bahn_ÖPNV, Autobahn_IV, Oberzentrum	→ Oberzentrum
7. Grundstücksfläche, Wohnfläche	→ Wohnfläche
8. Ausstattung	→ Ausstattung
9. Fluglärm_Tag, Fluglärm_Nacht	→ Fluglärm_Tag
10. Grundschule, Kindergarten	→ Kindergarten
11. Mittelzentrum, Schule, Kaufkraft	→ Mittelzentrum

Tabelle 71: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis < 300.000 €, dass die getesteten 11 Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 72):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,000	0,645	0,519	nein
Einwohnerzahl	0,011	-6,839	0,000	ja
Gebäudeart	0,027	-10,836	0,000	ja
Kaufzeitpunkt	0,021	-9,582	0,000	ja
Baujahr	0,049	14,814	0,000	ja
Oberzentrum	0,022	-9,902	0,000	ja
Wohnfläche	0,241	36,602	0,000	ja
Ausstattung	0,097	21,269	0,000	ja
Fluglärm_Tag	0,002	2,891	0,004	ja
Kindergarten	0,011	6,998	0,000	ja
Mittelzentrum	0,008	6,032	0,000	ja

Tabelle 72: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztests (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

2.5.4.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von < 300.000 € zu überprüfen, wird eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht der der vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 47 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 17 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25 % ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,632	701,703	0,000	23.860,71	195.140,90	12,2 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	-609.817,268	47.319,259		-12,887	0,000
Kaufzeitpunkt	-6,011	0,323	-0,195	-18,583	0,000
Gebäudeart	-5.765,462	247,514	-0,245	-23,293	0,000
Baujahr	776,239	21,680	0,381	35,804	0,000
Wohnfläche	707,890	13,080	0,567	54,121	0,000
Ausstattung	2.079,871	98,393	0,227	21,138	0,000
Fluglärm_Tag	-5.960,350	982,388	-0,067	-6,067	0,000
Einwohnerzahl	0,114	0,047	0,026	2,424	0,015
Kindergarten	2.333,115	456,588	0,055	5,110	0,000
Oberzentrum	-1.531,365	62,638	-0,259	-24,448	0,000

Tabelle 73: Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Die sich aus Tabelle 73 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= -609.817,268 - 6,011 * \text{Kaufzeitpunkt} - 5.765,462 * \text{Gebäudeart} + 776,239 * \text{Baujahr} + 707,890 * \text{Wohnfläche} + 2.079,871 * \text{Ausstattung} - 5.960,350 * \text{FluglärmTag} + 0,114 * \text{Einwohnerzahl} + 2.333,115 * \text{Kindergarten} - 1.531,365 * \text{Oberzentrum}$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 63 %,
- F-Wert von rund 701 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 24.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 12 %)

als ausreichend bezeichnet werden.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den neun Einflussgrößen „Kaufzeitpunkt“, „Gebäudeart“, „Baujahr“, „Wohnfläche“, „Ausstattung“, „Fluglärm_Tag“, „Einwohnerzahl“, „Kindergarten“ und „Oberzentrum“ abhängig.

Die statistische Auswertung zeigt, dass die Einflussgröße Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Kaufpreise bebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 € haben kann, insofern wird im Folgenden das fluglärmunbelastete Modell berechnet.

2.5.4.3 Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells

Aufgrund dieser Erkenntnis wird im Folgenden untersucht, in welcher Größenordnung sich der Wert einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise von bebauten Grundstücken mit einem Wert < 300.000 € bewegt.

Für die statistische Auswertung des fluglärmunbelasteten Modells stehen 3.104 Kaufpreise von fluglärmunbelasteten bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis < 300.000 € zur Verfügung.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 49 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 17 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,643	610,227	0,000	23.783,29	194.192,71	12,2 %

fluglärmunbelastetes Modell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	-622.723,556	53.699,995		-11,596	0,000
Kaufzeitpunkt	-6,015	0,377	-0,191	-15,957	0,000
Gebäudeart	-5.986,074	286,689	-0,251	-20,880	0,000
Baujahr	796,208	24,545	0,388	32,439	0,000
Wohnfläche	710,775	15,146	0,563	46,928	0,000
Ausstattung	1.906,481	116,804	0,200	16,322	0,000
Mittelzentrum	-290,765	122,390	-0,030	-2,376	0,018
Kindergarten	2.538,557	590,253	0,054	4,301	0,000
Oberzentrum	-1.594,156	64,224	-0,290	-24,822	0,000

Tabelle 74: Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Die sich aus Tabelle 74 ergebende Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= -622.723,556 - 6,015 * \text{Kaufzeitpunkt} - 5.986,074 * \text{Gebäudeart} + 796,208 * \text{Baujahr} \\ + 710,775 * \text{Wohnfläche} + 1.906,481 * \text{Ausstattung} - 290,765 * \text{Mittelzentrum} \\ + 2.538,557 * \text{Kindergarten} - 1.594,156 * \text{Oberzentrum}$$

2.5.4.4 Modellvalidierung

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R^2) von rund 64 %,
- F-Wert von rund 610 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 24.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 12 %)

als ausreichend bezeichnet werden. Die Funktion ist insofern geeignet, den Einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise darzustellen.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den acht Einflussgrößen „Kaufzeitpunkt“, „Gebäudeart“, „Baujahr“, „Wohnfläche“, „Ausstattung“, „Mittelzentrum“, „Kindergarten“ und „Oberzentrum“ abhängig.

Für die Ermittlung des quantitativen Einflusses des Fluglärms wird zunächst mit jeder der beiden Regressionsfunktionen (Gesamtmodell und fluglärmunbelastete Modell) zu jedem Kaufpreis ein Modellkaufpreis berechnet, die prozentuale Abweichung jedes Kaufpreises zum zugehörigen Modellkaufpreis gebildet und die Mittelwerte (I - IV) der Abweichungen berechnet (siehe Tabelle 75 und Tabelle 76).

Gesamtmodell			
I	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen	II	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen
	- 0,3 %		- 0,5 %

Tabelle 75: Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Die Mittelwerte der Abweichungen im Gesamtmodell (I und II) waren sehr gering; sie ergaben sich zu rund - 0,3 % bzw. - 0,5 %. Der geringe Unterschied dieser Mittelwerte lässt auf eine hohe Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells schließen.

Fluglärmunbelastetes Modell			
III	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 1,5 %	IV	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 4,8 %

Tabelle 76: Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen und den Modellkaufpreisen im fluglärmunbelasteten Modell (III) lag bei - 1,5 %. Daraus lässt sich schließen, dass die Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells ebenfalls eine ausreichend hohe Güte aufweist.

Es ist zu vermuten, dass sich durch die Erfassung weiterer wertbeeinflussender Einflussgrößen wie z.B. Stellplatz/Garage oder Modernisierungsstand die Unsicherheiten der Modellergebnisse reduzieren würden. Allerdings sind diese Einflussgrößen nicht in den Kaufpreissammlungen enthalten. Aufgrund der Modellgüte kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Qualität und Genauigkeit der erfassten Einflussgrößen als ausreichend erachtet werden können.

Der Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise und der Modellkaufpreise (IV), die im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, ergab sich zu rund - 4,8 %. Hinsichtlich dieses Mittelwerts ist zu beachten, dass die hier berechneten Modellkaufpreise fiktiv fluglärmunbelastet sind.²²⁵ Der Mittelwert IV repräsentiert - die Abweichungen wurden über die Differenzen zwischen fluglärmbelasteten Kaufpreisen und den zugehörigen (fiktiv) fluglärmunbelasteten Modellkaufpreisen gebildet - den Einfluss des Fluglärms. Allerdings muss dieser Wert noch um Modellungenauigkeiten bereinigt werden. Dazu wird die Differenz zwischen dem Mittelwert III und IV gebildet, wodurch Modellungenauigkeiten eliminiert werden und sich die Größenordnung der Wertminderung der Einflussgröße Fluglärm zu rund - 3,5 % bestimmt (siehe Abbildung 27).

²²⁵ Dadurch, dass die Modellkaufpreise mit den Einflussgrößen der fluglärmbelasteten Kaufpreise im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, und damit der Fluglärmeeinfluss herausfällt, beinhalten die Modellkaufpreise keinen Fluglärmeeinfluss mehr.

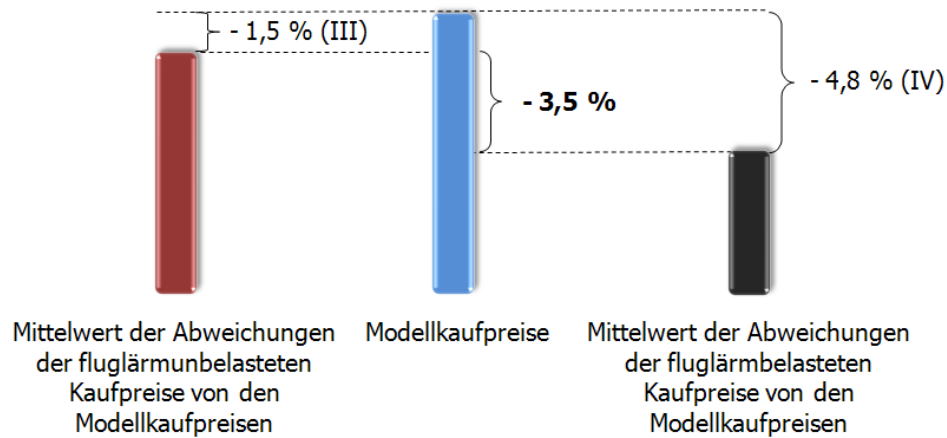


Abbildung 41: Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €)

2.5.5 Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €

Für die statistische Auswertung der bebauten Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 € stehen 345 Kaufpreise zur Verfügung (240 fluglärmunbelastet und 105 fluglärmbelastet).

2.5.5.1 statistische Voruntersuchungen

Wie schon bei den vorherigen Auswertungen, wird mit einer Clusteranalyse begonnen, bei der 26 Einflussgrößen auf mögliche Ähnlichkeiten geprüft werden. Die Clusteranalyse liefert folgendes Ergebnis:

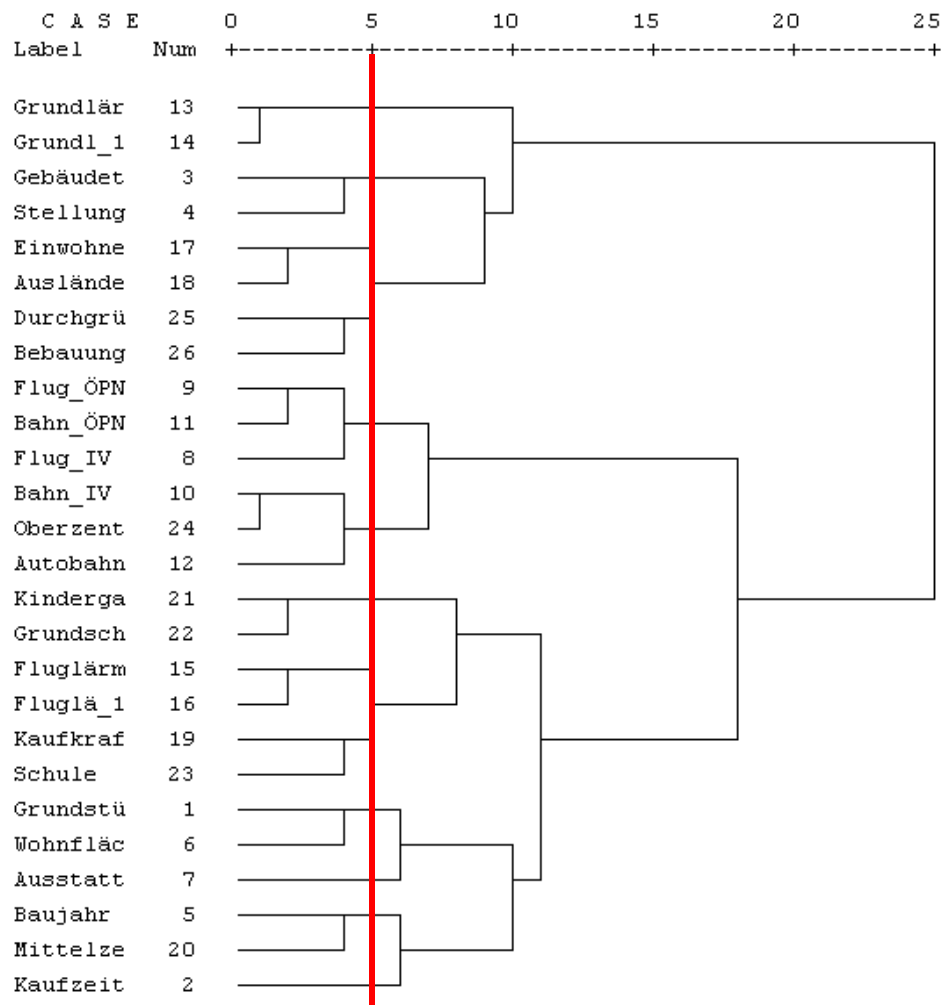


Abbildung 42: Clusterbildung der untersuchten Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

Nach sachlogischer Beurteilung der Clusterergebnisse wurde zur Clusterbildung eine Distanz von 5 gewählt. Durch die Anwendung dieser Distanz konnten die ursprünglich 26 Einflussgrößen zu zwölf Gruppen zusammengefasst werden (siehe Tabelle 77).

Einflussgrößen, die aufgrund der Clusteranalyse zusammengefasst werden:	repräsentative Einflussgröße für die jeweilige Gruppe:
1. Grundlärm_Tag, Grundlärm_Nacht	→ Grundlärm_Tag
2. Gebäudeart, Stellung Gebäude	→ Gebäudeart
3. Einwohnerzahl, Ausländeranteil, Durchgrünung, Bebauung	→ Einwohnerzahl
4. Grundschule, Kindergarten	→ Kindergarten
5. Fluglärm_Tag, Fluglärm_Nacht	→ Fluglärm_Tag
6. Bahn_IV, Autobahn_IV, Oberzentrum	→ Oberzentrum
7. Flug_IV, Flug_ÖPNV, Bahn_ÖPNV	→ Flug_IV
8. Schule, Kaufkraft	→ Kaufkraft
9. Grundstücksfläche, Wohnfläche	→ Wohnfläche
10. Ausstattung	Ausstattung
11. Baujahr, Mittelzentrum	→ Baujahr
12. Kaufzeitpunkt	→ Kaufzeitpunkt

Tabelle 77: Cluster der Einflussgrößen (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

Bei der an die Clusteranalyse anschließenden Kurvenanpassung ergab sich auch bei den Kaufpreisen von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €, dass die getesteten zwölf Einflussgrößen die zu erklärende Variable „Kaufpreis“ durch eine lineare Funktion am besten erklären können.

Der daran anschließende Einzelsignifikanztest dieser repräsentativen Einflussgrößen ergab folgendes Ergebnis (siehe Tabelle 78):

Klassen der Einflussfaktoren	Korrigiertes R ²	T-Wert	Signifikanz	Signifikant
Grundlärm_Tag	0,051	4,407	0,000	ja
Gebäudeart	0,000	-0,676	0,500	nein
Einwohnerzahl	0,028	-3,300	0,001	ja
Kindergarten	0,091	5,952	0,000	ja
Fluglärm_Tag	0,013	-2,350	0,019	ja
Oberzentrum	0,031	-3,447	0,001	ja
Flug_IV	0,006	1,766	0,078	nein
Kaufkraft	0,014	2,406	0,017	ja
Wohnfläche	0,285	11,756	0,000	ja
Ausstattung	0,016	2,573	0,011	ja
Baujahr	0,000	-0,698	0,485	nein
Kaufzeitpunkt	0,000	1,471	0,142	nein

Tabelle 78: statistische Kenngrößen des Einzelsignifikanztest (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

2.5.5.2 Bestimmung des Gesamtmodells

Um die Signifikanz der Einflussgröße Fluglärm auf den Kaufpreis von bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis von ≥ 300.000 € zu überprüfen, wird ebenfalls eine lineare multiple Regressionsanalyse mit allen Kaufpreisen (Gesamtmodell) durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht den vorherigen statistischen Auswertungen.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 39 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen ca. 23 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25 % ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,636	63,023	0,000	49.669,41	377.185,14	13,2 %

Gesamtmodell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	Faktor	B	Standardfehler		
(Konstante)	-257.942,032	470.028,564		-0,549	0,584
Gebäudeart	-6.374,882	1.866,287	-0,128	-3,416	0,001
Baujahr	518,303	200,117	0,097	2,590	0,010
Wohnfläche	989,659	52,516	0,698	18,845	0,000
Flug_IV	15.181,987	6.735,736	0,094	2,254	0,025
Fluglärm_Tag	-26.125,949	7.174,338	-0,146	-3,642	0,000
Kaufkraft	2,134	1,191	0,073	1,792	0,074
Kindergarten	17.163,888	2.705,773	0,239	6,343	0,000
Oberzentrum	-2.639,594	613,756	-0,173	-4,301	0,000

Tabelle 79: Ergebnisse der Regressionsanalyse des Gesamtmodells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €)

Die sich aus Tabelle 79 ergebende Regressionsfunktion des Gesamtmodells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= -0,57942032 - 6,374882 * \text{Gebäudeart} + 518,303 * \text{Baujahr} + 989,659 * \text{Wohnfläche} + 15,181987 * \text{FlugIV} - 26,125949 * \text{FluglärmTag} + 2,134 * \text{Kaufkraft} + 17,163888 * \text{Kindergarten} - 2,639594 * \text{Oberzentrum}$$

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R²) von rund 64 %,
- F-Wert von rund 63 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 50.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 13 %)

als ausreichend bezeichnet werden.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den acht Einflussgrößen „Gebäudeart“, „Baujahr“, „Wohnfläche“, „Flug_IV“, „Fluglärm_Tag“, „Kaufkraft“, „Kindergarten“ und „Oberzentrum“ abhängig.

Die statistische Auswertung zeigt, dass die Einflussgröße Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Kaufpreise bebauter Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 € haben kann, daher wird im Folgenden das fluglärmunbelastete Modell berechnet.

2.5.5.3 Bestimmung des fluglärmunbelasteten Modells

Aufgrund dieser Erkenntnis wird im Folgenden untersucht, in welcher Größenordnung sich der Wert einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise von bebauten Grundstücken mit einem Wert ≥ 300.000 € bewegt.

Für die statistische Auswertung des fluglärmunbelasteten Modells stehen 240 Kaufpreise von fluglärmunbelasteten bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 € zur Verfügung.

Der im ersten Iterationsschritt ermittelte lineare Zusammenhang zwischen den untersuchten repräsentativen Einflussgrößen und der zu erklärenden Variablen „Kaufpreis“ konnte zu etwa 43 % erklärt werden. Die Abweichung vom mittleren Kaufpreis betragen knapp 24 %. Zur Verbesserung der Modellgüte wird ein weiterer Iterationsschritt durchgeführt, bei dem alle Kaufpreise als Ausreißer identifiziert und aus der Analyse entfernt werden, deren Abweichung zwischen dem tatsächlich gezahlten Kaufpreis und dem berechneten Kaufpreis größer als 25% ist. SPSS liefert für die Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt folgendes Ergebnis:

Korrigiertes R ²	F	Signifikanz	Standardfehler	Mittelwert	Abweichung
0,660	95,052	0,000	51.773,49	382.910,52	13,5 %

fluglärmunbelastetes Modell (ohne Ausreißer)	nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
	B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	-1.712.193,287	455.869,023		-3,756	0,000
Baujahr	946,590	229,894	0,176	4,118	0,000
Wohnfläche	1.048,280	64,401	0,692	16,277	0,000
Kindergarten	23.280,204	3.104,025	0,319	7,500	0,000
Oberzentrum	-2.197,397	617,443	-0,151	-3,559	0,000

Tabelle 80: Ergebnisse der Regressionsanalyse des fluglärmunbelasteten Modells im zweiten Iterationsschritt (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

Die sich aus Tabelle 80 ergebende Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells (ohne Ausreißer) nach dem zweiten Iterationsschritt lautet:

Kaufpreis

$$= -1.712.193,287 + 946,590 * \text{Baujahr} + 1.048,280 * \text{Wohnflaeche} + +23.280,204 * \text{Kindergarten} - 2.197,397 * \text{Oberzentrum}$$

2.5.5.4 Modellvalidierung

Die Güte der ermittelten Funktion kann aufgrund ihrer statistischen Kenngrößen

- korrigiertes Bestimmtheitsmaß (R^2) von rund 66 %,
- F-Wert von rund 95 und
- Standardfehler der Schätzung von rund 51.000 € (-> entspricht einer Abweichung vom mittleren Kaufpreis von rund 13,5 %)

als ausreichend bezeichnet werden. Die Funktion ist insofern geeignet, den Einfluss des Fluglärms auf Kaufpreise darzustellen.

Die ermittelte Regressionsfunktion ist von den vier Einflussgrößen „Baujahr“, „Wohnfläche“, „Kindergarten“ und „Oberzentrum“ abhängig.

Für die Ermittlung des quantitativen Einflusses des Fluglärms wird zunächst mit jeder der beiden Regressionsfunktionen (Gesamtmodell und fluglärmunbelastete Modell) zu jedem Kaufpreis ein Modellkaufpreis berechnet, die prozentuale Abweichung jedes Kaufpreises zum zugehörigen Modellkaufpreis gebildet und die Mittelwerte (I - IV) der Abweichungen berechnet (siehe Tabelle 81 und Tabelle 82).

Gesamtmodell			
I	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 1,4 %	II	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 1,0 %

Tabelle 81: Güte des Gesamtmodells (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

Die Mittelwerte der Abweichungen im Gesamtmodell (I und II) waren sehr gering; sie ergaben sich zu rund - 1,4 % bzw. - 1,0 %. Der geringe Unterschied dieser Mittelwerte lässt auf eine hohe Güte der Regressionsfunktion des Gesamtmodells schließen.

Fluglärmunbelastetes Modell			
III	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmunbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 1,4 %	IV	Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise von den Modellkaufpreisen - 8,9 %

Tabelle 82: Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis ≥ 300.000 €)

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen den fluglärmunbelasteten Kaufpreisen und den Modellkaufpreisen im fluglärmunbelasteten Modell (III) lag bei - 1,4 %. Daraus lässt sich schließen, dass die Regressionsfunktion des fluglärmunbelasteten Modells ebenfalls eine ausreichend hohe Güte aufweist.

Es ist zu vermuten, dass sich durch die Erfassung weiterer wertbeeinflussender Einflussgrößen wie z.B. Stellplatz/Garage oder Modernisierungsstand die Unsicherheiten der Modellergebnisse reduzieren würden. Allerdings sind diese Einflussgrößen nicht in den Kaufpreissammlungen enthalten. Aufgrund der Modellgüte kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Qualität und Genauigkeit der erfassten Einflussgrößen als ausreichend erachtet werden können.

Der Mittelwert der Abweichungen der fluglärmbelasteten Kaufpreise und der Modellkaufpreise (IV), die im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, ergab sich zu rund - 8,9 %. Hinsichtlich dieses Mittelwerts ist zu beachten, dass die hier berechneten Modellkaufpreise fiktiv fluglärmunbelastet sind.²²⁶ Der Mittelwert IV repräsentiert - die Abweichungen wurden über die Differenzen zwischen fluglärmbelasteten Kaufpreisen und den zugehörigen (fiktiv) fluglärmunbelasteten Modellkaufpreisen gebildet - den Einfluss des Fluglärms. Allerdings muss dieser Wert noch um Modellungenauigkeiten bereinigt werden. Dazu wird die Differenz zwischen dem Mittelwert III und IV gebildet, wodurch Modellungenauigkeiten eliminiert werden und sich die Größenordnung der Wertminderung der Einflussgröße Fluglärm zu rund - 7,5 % bestimmt (siehe Abbildung 27).

²²⁶ Dadurch, dass die Modellkaufpreise mit den Einflussgrößen der fluglärmbelasteten Kaufpreise im fluglärmunbelasteten Modell berechnet wurden, und damit der Fluglärmeeinfluss herausfällt, beinhalten die Modellkaufpreise keinen Fluglärmeeinfluss mehr.

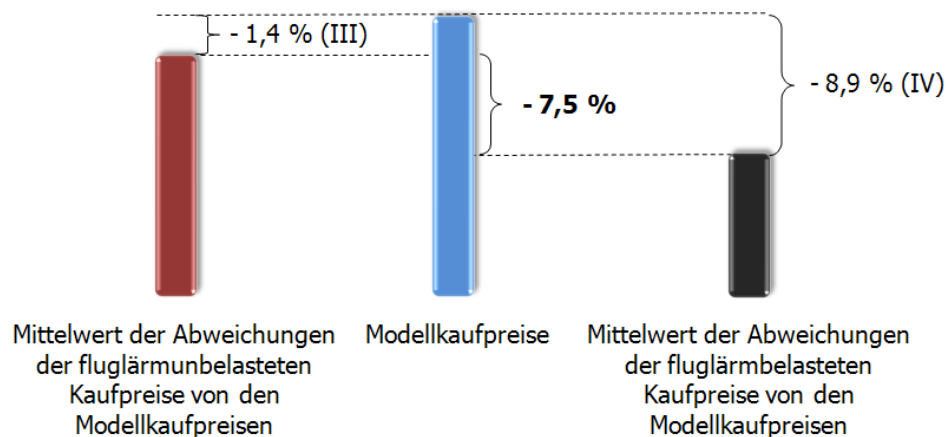


Abbildung 43: Grafische Quantifizierung der Einflussgröße Fluglärm (Kaufpreisanalyse - bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €)

2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der statistischen Analysen zeigen, dass mit Hilfe der Bodenrichtwerte im Untersuchungsgebiet des Flughafen Hannover-Langenhagen kein Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte festgestellt werden kann. Die Kaufpreisanalysen für unbebaute Grundstücke zeigen ebenfalls, dass kein signifikanter Einfluss des Fluglärms auf Immobilienwerte festgestellt bzw. die Größenordnung nicht quantifiziert werden kann.

Die Kaufpreisanalysen bebauter Grundstücke zeigen jedoch, dass neben Einflussgrößen wie z.B. Verkehrslage und Erreichbarkeit sozialer Einrichtungen (Schule, Kindergarten) auch der Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Immobilienwerte des Marktsegments individuelles Wohnen (Einfamilienhäuser) haben kann. Hierauf aufbauend wurde untersucht, in welcher Größenordnung sich der Werteeinfluss des Fluglärms auf das untersuchte Marktsegment bewegt.

Die Kaufpreisanalyse bebauter Grundstück der Fallstudie Hannover-Langenhagen zeigt, dass sich der Einfluss des Fluglärms auf die verschiedenen Preissegmente nicht einheitlich darstellt. So konnte mit den durchgeführten Kaufpreisanalysen im niedrigen Preissegment des individuellen Wohnens (bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis $<$ 300.000 €) im Untersuchungsgebiet Hannover ein Werteeinfluss des Fluglärms in Höhe von rund -3,5 % festgestellt werden. Sie gilt ab einer Fluglärmbelastung größer 50 dB(A).

Bei den hochpreisigen Immobilien des individuellen Wohnens im Untersuchungsgebiet Hannover (bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis \geq 300.000 €) konnte eine Wertbeeinflussung durch die Einflussgröße Fluglärm ab einer Fluglärmbelastung größer 50 dB(A) in Höhe von rund -7,5 % festgestellt werden (siehe Tabelle 83).

Die ermittelten Größenordnungen von ca. 3,5 bzw. 7,5 % ist trotz der hohen Modellgüte mit einer Unsicherheit verbunden, die sich dadurch ergibt, dass nicht alle wertbeeinflussenden Einflussgrößen einer Immobilien erfasst werden können. Insofern ist in der Praxis der

Immobilienwertermittlung diese Größenordnung der Wertbeeinflussung durch den Fluglärm nicht starr anzuwenden. Sie erfordert wie die sachgerechte Anwendung von Liegenschaftszinssätzen immer eine individuelle Anpassung an die zu bewertende Immobilie.

		Einfluss des Fluglärms festgestellt	Größenordnung des Einflusses des Fluglärms
Bodenrichtwerte		nein	-
Kaufpreise unbebauter Grundstücke	< 80.000 €	nein	-
	≥ 80.000 €	ja	nicht quantifizierbar
Kaufpreise bebauter Grundstücke	< 300.000 €	ja	- 3,5 %
	≥ 300.000 €	ja	- 7,5 %

Tabelle 83: Zusammenfassung der Ergebnisse des Flughafenstandortes Hannover-Langenhagen

V. Zusammenfassung und Fazit

Im Fokus dieser Arbeit steht der Einfluss des Fluglärms auf den Immobilienwert von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) im Umfeld eines Flughafens. Die Ergebnisse der Fallstudien basieren auf Kaufpreisanalysen, denen rund 16.000 Kauffälle zugrunde liegen. Die eingangs gestellte Frage, inwiefern ein Flughafen - insbesondere der Fluglärm - die ökonomischen Werte von Immobilien in seiner näheren Umgebung beeinflusst, kann aufgrund zweier Fallstudien (Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen) differenziert beantwortet werden.

Bislang liegen noch keine aus originären Marktdaten abgeleiteten Ergebnisse vor, die eine in der Praxis belastbare Aussage bezüglich der Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm auf den Wert von Immobilien zulässt. Methodisch und aus Gründen des Marktbezuges ist dazu eine Analyse originärer Marktdaten (Kaufpreise) notwendig, die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt wird.

Für diese Analyse wird zunächst ein Modell entwickelt, mit dessen Hilfe der Einfluss der Einflussgröße Fluglärm auf den Wert von Immobilien isoliert erfasst und quantifiziert werden kann. Die statistischen Auswertungen werden jeweils mit Bodenrichtwerten sowie mit Kaufpreisen unbebauter und bebauter Grundstücke durchgeführt. In jeder Auswertung erfolgen zunächst statistische Voruntersuchungen und die Bestimmung des Gesamtmodells. Die statistischen Voruntersuchungen dienen in erster Linie dazu, mögliche Kollinearitäten der Einflussgrößen zu überprüfen. Die Bestimmung des Gesamtmodells ist erforderlich, um festzustellen, ob sich Fluglärm signifikant (wertmindernd) auf Bodenrichtwerte bzw. Kaufpreise auswirkt. Für die Auswertungen, bei denen die Einflussgröße Fluglärm sich signifikant auswirkt, wird zusätzlich ein fluglärmunbelastetes Modell berechnet, mit dessen Hilfe die Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm bestimmt werden kann (siehe Kapitel III.).

Die Anwendungen des entwickelten Modells erfolgt in zwei Fallstudien für die Flughafenstandorte Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen. Als Ergebnis der vorliegenden statistischen Analysen ist festzuhalten, dass neben Einflussgrößen wie z.B. der Verkehrslage und der Erreichbarkeit sozialer Einrichtungen (Schule, Kindergarten) auch der Fluglärm einen signifikanten Einfluss auf die Immobilienwerte von Objekten des Marktsegments „individuelles Wohnen“ (Einfamilienhäuser) haben kann. Mit Hilfe des entwickelten Modells kann die Einflussgröße Fluglärm bei den durchgeführten Kaufpreisanalysen isoliert betrachtet und somit die Größenordnung der durch diese Einflussgröße bewirkten Wertminderung quantifiziert werden.

Die Ergebnisse der Bodenrichtwertanalysen - es werden Bodenrichtwerte des individuellen Wohnungsbaus (Einfamilienhäuser) untersucht - zeigen, dass mit Hilfe von Bodenrichtwerten in den jeweiligen Untersuchungsgebieten kein Einfluss von Fluglärm auf Immobilienwerte festgestellt werden kann. Uherek kommt in seiner Untersuchung am Flughafenstandort Leipzig/Halle ebenfalls zu diesem Ergebnis (siehe Kapitel II.). Insofern kann die Auswertung von Bodenrichtwerten keine belastbaren, in der Praxis verwendbaren Aussagen bezüglich des Einflusses von Fluglärm auf Immobilienwerte liefern.

Diese Erkenntnisse führen zu der Forderung, dass bei der Analyse der Einflussgröße Fluglärm auf die Immobilienwerte von Objekten des Marktsegments „individuelles Wohnen“ originäre Marktdaten (Kaufpreise) zugrunde zu legen sind. Bei den durchgeführten Kaufpreisanalysen wird deutlich, dass sich der Fluglärm auf die verschiedenen regionalen Immobilienmärkte und Preissegmente nicht einheitlich auswirkt. Diese Ergebnisse decken sich mit den Aussagen von Faltermeyer (siehe Kapitel II.).

Mit Hilfe der Kaufpreisanalysen für unbebaute Grundstücke kann an beiden Flughafenstandorten kein bzw. kein quantifizierbarer Einfluss des Fluglärms festgestellt werden.

Die ermittelte Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm liegt in der Region Hannover bei bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis < 300.000 € bei rund -3,5 % und bei bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis > 300.000 € bei rund - 7,5 %. Diese Angaben beziehen sich auf eine Fluglärmbelastung von > 50 dB(A). Demgegenüber kann in der Region Düsseldorf bei bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis < 500.000 € kein Einfluss des Fluglärms festgestellt werden. Die ermittelte Größenordnung der Einflussgröße Fluglärm liegt in der Region Düsseldorf bei bebauten Grundstücken mit einem Kaufpreis > 500.000 € bei rund - 7,8 % und bezieht sich auf eine Fluglärmbelastung von mehr als 55 dB(A).²²⁷

Eine Angabe der Größenordnung der Wertminderung durch die Einflussgröße Fluglärm in % je dB(A), wie sie in einigen Studien und Untersuchungen (z.B. Thießen & Schnorr, Nelson) vorgenommen wird, ist aus Sicht des Autors nicht sinnvoll, da dies voraussetzen würde, dass für jeden dB(A)-Wert eine ausreichend große Anzahl von Kaufpreisen vorliegt. Dies ist jedoch nicht der Fall, so dass eine solche Angabe eine nicht zu erzielende Genauigkeit vortäuscht. Daher wird auf diesen Ansatz verzichtet.

Die statistischen Analysen zeigen, dass bei dem Einfluss des Fluglärms auf den ökonomischen Wert der Immobilien von Objekten des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“ zum einen zwischen Ballungsräumen wie Düsseldorf und Solitärstädten wie Hannover sowie zwischen Immobilien des hohen und niedrigen Preissegmentes differenziert werden muss.

²²⁷ Die Ergebnisse der Fallstudie Düsseldorf werden zudem auch durch Auswertungen des Gutachterausschusses in der Landeshauptstadt Düsseldorf (siehe Kapitel II.) sowie durch Aussagen von Immobiliensachverständigen, die im Untersuchungsgebiet tätig sind, bestätigt.

Die Marktteilnehmer messen in Ballungsräumen wie Düsseldorf mit einem knappen Angebot an Immobilien des individuellen Wohnungsbaus beim Erwerb im niedrigen Preissegment (hier bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 500.000 €) dem Fluglärm keinen wertmindernden Einfluss bei. In einer Solitärstadt wie Hannover haben die Marktteilnehmer im niedrigen Preissegment (hier bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis < 300.000 €) mehr Möglichkeiten auf fluglärmunbelastete Immobilien des individuellen Wohnungsbaus auszuweichen. Insofern wird fluglärmbelasteten Immobilien des individuellen Wohnungsbaus im niedrigen Preissegment ein signifikant wertmindernder Einfluss beigemessen.

Hochpreisige Immobilien reagieren dagegen sowohl in Ballungsräumen als auch in Solitärstädten empfindlicher auf den vorherrschenden Flugbetrieb (im Raum Hannover gehören bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis > 300.000 € und im Raum Düsseldorf bebaute Grundstücke mit einem Kaufpreis > 500.000 € zu den hochpreisigen Immobilien); der Fluglärm wird von den Marktteilnehmern in ihre Kaufentscheidung mit einbezogen und negativ bewertet.

Die Vermutung, dass hochpreisige Immobilien empfindlicher auf negative Einflüsse reagieren, hat Borjans bereits Anfang der 80-iger Jahre bei Kaufpreisanalysen im Zusammenhang mit Straßenlärm aufgestellt (siehe Kapitel II.). Sie wird durch die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten statistischen Auswertungen gestützt.

Die Übertragbarkeit und Verallgemeinerung der Ergebnisse der Kaufpreisanalysen für die Fallstudien Düsseldorf-International und Hannover-Langenhagen sind kritisch zu beurteilen. Dies ergibt sich aus den beschriebenen unterschiedlichen Marktreaktionen. Die statistischen Analysen zeigen vielmehr, dass die ermittelten Größenordnungen nicht verallgemeinert werden dürfen, sondern immer im Rahmen der regionalen und örtlichen Marktverhältnisse betrachtet werden müssen. Daher sind in der Praxis der Immobilienwertermittlung die ermittelte Größenordnungen nicht starr anzuwenden, sondern immer individuell an den Einzelfall (z.B. Bewertungsobjekt) anzupassen (ähnlich der Anwendung von Liegenschaftszinssätzen). Den Behauptungen von Thiessen & Schnorr sowie Dransfeld & Meyer, dass allgemeine Aussagen über den Einfluss von Fluglärm auf den Wert von Immobilien abgeleitet werden können (siehe Kapitel II.), kann insofern nicht gefolgt werden. Vielmehr bedarf jeder Flughafen einer eigenen Untersuchung mit originären Marktdaten (Kaufpreisanalyse).

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich beispielsweise dadurch, dass die durchgeführten Kaufpreisanalysen keine weiteren Hinweise ergeben haben, wie eine mögliche Anpassung der ermittelten Größenordnungen der Einflussgröße Fluglärm an den Einzelfall erfolgen kann.

Darüber hinaus sind zusätzliche Untersuchungen notwendig, die sich zum einen mit der Analyse weiterer Einflussgrößen befassen (z.B. positive Einflussgrößen eines Flughafens wie beispielsweise die Erreichbarkeit des Flughafens). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich das entwickelte Modell dazu eignet, einzelne Einflussgrößen (hier die Einflussgröße

Fluglärm) isoliert zu betrachten und die Größenordnung des Einflusses zu bestimmen. Vor diesem Hintergrund erscheint es möglich mit Hilfe des Modells auch positive Einflüsse eines Flughafens erfassen und quantifizieren zu können.

Zum anderen sind weitere Flughafenstandorte mit Hilfe des entwickelten Modells zu untersuchen. Dabei ist zu erwarten, dass die zusätzlichen Untersuchungen weitergehende und differenzierte Erkenntnisse über den Einfluss von Flughäfen und insbesondere von Fluglärm auf die Immobilienwerte von Objekten des Marktsegments „individuelles Wohnen“ liefern.

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse kann das entwickelte Modell auch zur Überprüfung und Quantifizierung der Auswirkungen anderer Infrastrukturanlagen (beispielsweise ICE-Bahnhöfe oder Kraftwerksstandorte) auf den Immobilienmarkt übertragen werden.

Literaturverzeichnis

- Airports Council International: Media Release, Worldwide airport traffic flourishes in March, 2010
(http://www.aci.aero/aci/aci/file/Press%20Releases/2010/PR_040510_March_Stats_fin al.pdf, 1.6.2010).
- Bacher, J.: Clusteranalyse, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 2. Auflage, 1996.
- Backhaus, K., u.a.: Multivariate Analysemethoden, Springer Verlag, Berlin, 11. Auflage, 2006.
- Bähr, O.; Ollefs, F.: Minderung des Verkehrswertes für ein Villengrundstück durch Autobahnlärm, in: GuG - Grundstücksmarkt und Grundstückswert, Heft 1/92.
- Bales, L.: County of Orange loss of property value and property tax revenue attributable to El Toro airport noise, 2002 (<http://www.eltoroairport.org/issues/taxloss.html>, 10.01.2006).
- Baugesetzbuch (BauGB), in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Art. 4 ErbschaftssteuerreformG vom 24.12. 2008 (BGBl. I S. 3018).
- Baunutzungsverordnung (BauNVO) - Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung), in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.1.1990 (BGBl. I 1990, 132), geändert durch Anlage I Kapitel XIV Abschnitt II Nr. 2 des Einigungsvertrages vom 31.8.1990 i.V.m. Art. 1 des Gesetzes vom 23.9.1990 (BGBl. II 1990, 885, 1124) und Art. 3 Investitionserleichterungs- und WohnbaulandG vom 22.4.1993 (BGBl. I 1993, 466).
- Bell, R.: Airport Diminution in Value, 1997 (<http://eltoroairport.org/issues/rbell.html>, 7.4.2010).
- Bell, R.: The Impact of Airport Noise on Residential Real Estate, in: The Appraisal Journal, July 2001.
- Booz-Allen & Hamilton Inc.: The Effect of Airport Noise on Housing Values: A Summary Report, 1994
(<http://www.wylelabs.com/content/global/documents/EffectsAirNoiseHV.pdf>, 7.4.2010).
- Borchard, K.; Schönig, G.: Städtebau im Übergang zum 21. Jahrhundert, Karl Krämer Verlag Stuttgart, 1992.
- Borchard, K.: Orientierungswerte für die Städtebauliche Planung; Flächenbedarf – Einzugsgebiete – Folgekosten, Herausgegeben vom Institut für Städtebau und Wohnungswesen der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung, München, 2. Auflage, 1974.
- Borjans, R.: Immobilienpreise als Indikatoren der Umweltbelastung durch städtischen Kraftverkehr, Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Nr. 44, Düsseldorf, 1983.

- Borowski, A.-K.: Einfluss von Verkehrslärm auf den Bodenwert und auf den Verkehrswert von Eigentumswohnungen, in: Der Sachverständige, März 2003.
- Brockhaus - Die Enzyklopädie: in 30 Bänden. 21., neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Mannheim: F. A. Brockhaus 2005-06.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. Forschungen, Heft 139. Bonn 2009.
- Bundesimmissionsschutzgesetz in der Fassung vom 26. September 2002, zuletzt geändert nach der Neufassung des Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.
- Chatterjee, S.; Price, B.: Praxis der Regressionsanalyse, Oldenbourg Verlag, München, Wien , 2. Auflage, 1995.
- Dransfeld, E. und Meyer, B.: Fluglärm Einfluss auf die Wertermittlung von Grundstücken, in: Der Immobilienbewerter, Heft 3/2008.
- Gablenz, K.: Rechte und Belastungen in der Grundstücksbewertung – Systematische Erfassung wesentlicher wertbeeinflussender Faktoren, Rudolf Müller Verlag Köln, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2008.
- Gerardy, T.: Praxis der Grundstücksbewertung, Verlag Moderne Industrie, München, 3. Auflage, 1980.
- Gerardy, T.; Möckel, R. und Troff, H.: Praxis der Grundstücksbewertung, Loseblattsammlung, Olzog Verlag, München, Stand: 14. Nachlieferung 6/1994.
- Grundstücksmarktbericht 2005 für die Landeshauptstadt Düsseldorf.
- Grundstücksmarktbericht 2008 für die Stadt Stuttgart.
- Guski, R.; Schönflug, W.: Soziale und ökonomische Auswirkungen, in: Fluglärm 2004, Stellungnahme des interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmauswirkungsfragen beim Umweltbundesamtes
(<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/fluglaermwirk.pdf>, 1.6.2010).
- Hagedorn, W.: Analyse von Immobilienpreisänderungen im Umfeld des Flughafens Frankfurt/Main, Detmold 2007
(<http://www.widema.de/downloads/rdfgaimmobilienspreis.pdf>, 1.6.2010).
- Henze, A.: Marktforschung, UTB Verlag, Stuttgart, 1994.
- Herzhoff, M.: Szenario-Technik in der chemischen Industrie (Dissertation), Berlin 2004.
- Hillen, R.: Erläuterungen zur Kartierung von Geräuschen im Rahmen der EU-RL Umgebungslärm in NRW – Stand 15.11.2007, Düsseldorf 2007.
- Hübl, L., Wegener, B.: Qualitative und quantitative wirtschaftliche Effekte von Flughäfen auf ihr Umland – Beispiel Hannover-Langenhagen; in NEUES ARCHIV, Heft 2/1995.

- Institut für Bodenmanagement: Gutachten über die „Wertentwicklung von Wohn- und Gewerbeimmobilien im Bereich des Ausbaus des Flughafens Dortmund“, 2008 (<http://www.dialog-dortmund-airport.de/cms/upload/gutachten/WertentwicklungvonWohn-undGewerbeimmobilien.pdf>, 15.1.2010).
- Kampe, T.: Auswirkungen durch die Erweiterung eines Großflughafens auf den regionalen Grundstücksmarkt und deren Einfluss auf etwaig zu leistende Entschädigungen am speziellen Beispiel des Flughafens Berlin-Schönefeld (eine empirische Untersuchung), Bernburg, 2002.
- Kanngieser, E.; Kertscher, D.; Deichsel, C.: Modellierung der Lageabhängigkeit von Bodenrichtwerten, in Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 10/1994.
- Kierig, J.: Methoden zur Quantifizierung von Lage(wert)unterschieden in der Bodenwertermittlung, in WertermittlungsForum Akademie, Jahreskongress 2004.
- Kleiber, W. in Kleiber, W. und Simon, J.: Verkehrswertermittlung von Grundstücken – Kommentar und Handbuch, Bundesanzeiger Verlag Köln, 5. Auflage, 2007.
- Kleiber, W.; Simon, J.: WertV'98 Marktwertermittlung unter Berücksichtigung der Wertermittlungsrichtlinien WertR 02, Bundesanzeiger Verlag Köln, 6. vollständig neu bearbeitete Auflage, 2004.
- Koch, K.R.: Statistische Grundlagen zur Untersuchung von Immobilienwerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, in Schriftenreihe des Deutschen Vereins für Vermessungswesen e.V. (DVW), Heft 16/1995.
- Koch, K. R.: Parameterschätzung und Hypothesentests, Dümmler Verlag, Bonn, 3. Auflage, 1997.
- Krumpholz, R.: Werminderung von Grundstücken durch den Bau oder die Erweiterung von Verkehrsanlagen, in: Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, Heft 3/1989.
- Kühling, W.: Ermittlung von Boden- und Gebäudewertverlusten bei Wohneigentum durch den geplanten Grossflughafen Berlin-Schönefeld, Dortmund 2005 (http://www.dfld.de/Downloads/BBI_0510xx_Wertverluste.pdf, 15.1.2010).
- Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (LDS NRW): Datenspektrum – Statistische Daten zur Gemeindestruktur und -entwicklung, 2006.
- Meschede, D.: Gerthsen Physik, Springer Verlag Berlin 2002.
- Müller, Korda.: Städtebau – Technische Grundlagen, B.G. Teuber Verlag Wiesbaden, 5. Auflage 2005.
- Navrud, S.: The State-of-The-Art on Economic Valuation of Noise. Final Report to the European Commission DG Environment, 2002 (http://www.cevreselgurultu.cevreorman.gov.tr/dosya/background_information/noise_monetisation_EU_WG_HSAE.pdf, 21.1.2010).

- Neef, F., Müller, M.: Bauphysik, Einflussgröße der Wertermittlung, Bedeutung des Schallschutzes für den Verkehrswert von Grundstücken - Teil 2, in: WFA - WertermittlungsForum Aktuell, Heft 1/2001.
- Nelson, Jon P.: Meta-analysis of airport noise and hedonic property values: problems and prospects, 2003 (http://econ.la.psu.edu/papers/nelson_metanoise31.pdf, 7.4.2010).
- Niemeier, W.: Ausgleichsrechnung, de Gruyter Verlag Berlin, 2002.
- Obata, H. + Kassabaum, Inc.: Sea-Tac International Airport impact mitigation study, 1997 (<http://airportnoiselaw.org/study901.html>, 7.4.2010).
- Regionales Dialogforum - Flughafen Frankfurt: „Fluglärmerfassung - Erläuterungen zur Fluglärmerfassung“, Frankfurt 2005.
- Reil, A.: Zur Berücksichtigung des Einflusses der Lage, Oldenburg 1997 (unveröffentlicht).
- Reuter, F.: Zur Umsetzung des Verkehrswertbegriffes in Wertermittlungsmethoden, Schriftenreihe des Instituts für Städtebau, Bodenordnung und Kulturtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 9, 1989.
- Reuter, F.: Zur Problematik statistischer Vergleichsmodelle bei der Ermittlung von Verkehrswerten; in Statistische Methoden in der Grundstückswertermittlung, in Schriftenreihe des Deutschen Vereins für Vermessungswesen e.V. (DVW), Heft 16/1995.
- Rinderknecht, T. W. A. und Flöss, A.: Gutachten über die Wertbeeinflussung steuerlich maßgebender Vermögenssteuer- und Eigenmietwerte in der Gemeinde Zumikon Aufgrund des „Südanflugs“, 2004.
- Rinderknecht, T. W. A. und Flöss, A.: Gutachten über die Wertbeeinflussung steuerlich maßgebender Vermögenssteuer- und Eigenmietwerte in der Gemeinde Uetikon am See Aufgrund des „Südanflugs“, 2004.
- Rössler, R; Langner, J.; Simon, J.; Kleiber, W.; Joeris, D.; Simon, T.: Schätzung und Ermittlung von Grundstückswerten, Luchterhand Fachverlag Köln, 8. überarbeitete und erweiterte Auflage 2004.
- Scholland, R.: Straßenverkehrsgeräusche in Wohngebieten - Empfehlungen für Immissionsgrenzwerte, Dortmund, 1988 und Scholland, R., Bodenpreisminderung durch Straßenverkehrsgeräusche, in: Allgemeine Vermessungs-Nachrichten (AVN), Heft 10/1988.
- Seele, W.: Zur Methodik bei der Wertermittlung bebauter Gewerbe- und Industriegrundstücke, in: Der öffentliche bestellte und vereidigte Sachverständige, Heft 6/1988.
- Sommer, G.; Kröll, R.: Lehrbuch zur Grundstückswertermittlung, Luchterhand Fachverlag Köln, 2. Auflage 2008.

- Sprengnetter, H.-O. (Hrsg.): Immobilienbewertung, Lehrbuch und Kommentar, Loseblattsammlung, Verlag Wertermittlungsforum Dr. Sprengnetter GmbH, Sinzig, Stand 2010.
- Strauß, H.: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Auswertung am Beispiel des Flughafens „Düsseldorf International“, Bonn, März 2008 (unveröffentlicht).
- Strittmatter Partner AG: Der volkswirtschaftliche Immobilienmarkt-Schaden der neuen Flugregime auf den Flughafen Zürich-Kloten – Studie über Wertverminderungen im Grundstücks- und Immobilienmarkt. 2004.
- Strittmatter Partner AG: Volkswirtschaftliche Auswirkungen von Fluglärm - Studie über Wertverminderungen im Grundstücks- und Immobilienmarkt in ausgewählten Schlüsselregionen des Kantons Zürich. 2003.
- Thießen, F.; Schnorr, S.: Immobilien und Fluglärm, Technische Universität Chemnitz, 2005.
- Uherek, H.-W.: Gutachterliche Stellungnahme zu Auswirkungen der Entwicklung des Flughafens Leipzig/Halle auf die Baulandpreise in der berührten Region – untersucht an Bodenrichtwerten -, Leipzig, 2000.
- Voß, W.: Taschenbuch der Statistik, Fachbuchverlag Leipzig 2000.
- Wertermittlungsverordnung (WertV) - Verordnung über Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (Wertermittlungsverordnung) vom 6. Dezember 1988 (BGBl. I 1988, 2209), zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes zur Änderung des Baugesetzbuchs und zur Neuregelung des Rechts der Raumordnung (Bau- und Raumordnungsgesetz 1998 – BauROG) vom 18. August 1997 (BGBl. I 1997, 2081).
- Ziekow, J. (Hrsg.): Praxis des Fachplanungsrechts, Werner Verlag Düsseldorf, 2004.
- Ziegenbein, W.: Zur Anwendung multivariater Verfahren der mathematischen Statistik in der Grundstückswertermittlung, Dissertation, Hannover 1977.

Internetquellen

<http://www.adv.aero>, 23.02.2010.
<http://www.bahn.de>, 26.10.2007
<http://www.bmu.de>, 6.2.2010.
<http://www.bmu.de>, 6.2.2010.
<http://www.boeing.com>, 23.02.2010.
<http://www.boris.nrw.de>
<http://www.dfs.de>, 18.08.2007.
<http://cdl.niedersachsen.de>, 23.02.2010
<http://www.duesseldorf-international.de>, 23.02.2010.
<http://www.dus-int.de>, 23.02.2010;
<http://www.flughafen.hannover.de>, 01.12.2006.
<http://www.fluglaerm.de>, 3.5.2010.
<http://geoportal.geodaten.niedersachsen.de>, 03.10.2006.
<http://www.gfk-geomarketing.de>, 05.11.2007
<http://www.hannover-airport.de>, 23.02.2010.
<http://www.lanuv.nrw.de>, 26.2.2010.
<http://www.lorp.niedersachsen.de>, 13.01.2007.
<http://www.ml.niedersachsen.de>, 13.01.2007.
<http://www.nur-duesseldorf.de>, 23.02.2010.
<http://www.openstreetmap.de>
<http://www.staedtebauliche-laermfibel.de>, 6.2.2010.
<http://www.umgebungslaerm-kartierung.nrw.de>, 28.10.2007.
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de>, 6.2.2010
<http://www.umwelt.niedersachsen.de>, 23.02.2010.
<http://www.unternehmerinfo.de>, 02.02.2008

Anhang

Eigene themenbezogenen Vorträge, Veröffentlichungen und Poster:

Vorträge:

- Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt am Beispiel des Marktsegments „individuelles Wohnen“, Doktorandentreffen Landmanagement vom 18.-20. Juni 2010, Reichelsheim, 18. Juni 2010.
- Fluglärm! – Wie reagiert der Immobilienmarkt? Kaufpreisanalysen liefern differenzierte Ergebnisse, „Erfahrungsaustausch Dr. Sommer und Partner“, Bonn, 4. September 2009.
- Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt –Kaufpreisanalyse am Beispiel des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“; Doktorandenseminar, Bonn, 13. Februar 2008.
- Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Erkenntnisse einer Kaufpreisanalyse für das Marktsegment „individuelles Wohnen“; Internationales Doktorandenkolleg – Nachhaltige Raumentwicklung, Liechtenstein, 16. September 2007.
- Kaufpreisanalyse am Beispiel des Einflussfaktors Fluglärm für das Marktsegment „individuelles Wohnen“, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 9. August 2007.
- Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Erkenntnisse einer Kaufpreisanalyse für das Marktsegment „individuelles Wohnen“; CORP 2007, Wien, 22. Mai 2007.
- Auswirkungen von Flughäfen auf die Entwicklung des Immobilienmarktes unter besonderer Berücksichtigung des Fluglärms; Geodätisches Kolloquium an der Technischen Universität Darmstadt, 2. Februar 2006.
- Der Einfluss von Lärm auf den Verkehrswert von Immobilien; Integrationsseminar Universität Bonn, 8. Dezember 2005.
- Analyse von Immobilienpreisänderungen im Umfeld des Flughafens Frankfurt/M., Regionales Dialogforum, 17. Juni 2005.

Veröffentlichungen:

- Weigt, Dietmar: Die Reaktion des Immobilienmarktes auf Fluglärm, in PLANERIN, Fachzeitschrift für Stadt-, und Regional- und Landesplanung; Heft 04-09; S. 61-62.
- Weigt, Dietmar: Fluglärm und Immobilienwerte: Kaufpreisanalysen liefern neue Erkenntnisse, in DV aktuell, 04/2008, S. 3-4.
- Weigt, Dietmar; Strauß Hilmar: Jetlag – Immobilienpreise – Der Fluglärm des Airports Düsseldorf wirkt sich zum Teil negativ auf die Immobilienpreise aus, in Immobilienmanager spezial, 09/2008, S. 27.
- Weigt, Dietmar; Fleischer, Christian; Teusner, Joachim: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt am Beispiel des Marktsegmentes „individuelles Wohnen“, in FuB Heft 3/2007, S. 97-104 (Peer reviewed paper).

- Weigt, Dietmar: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt – Erkenntnisse einer Kaufpreisanalyse für das Marktsegment „individuelles Wohnen“, CORP 2007, Wien 2007, S. 521 – 530 (Peer reviewed paper).

Poster

- Weigt, Dietmar: Auswirkungen von Flughäfen auf den Immobilienmarkt; Internationales Doktorandenkolleg – Nachhaltige Raumentwicklung, Liechtenstein 16.-19. September 2007.

In der Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie und Geoinformation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn sind erschienen:

- Heft 19
2011
Dietmar Weigt
Auswirkungen von Flughäfen insbesondere von Fluglärm auf den Immobilienmarkt am Beispiel des Marktsegments „individuelles Wohnen“
- Heft 18
2011
Anno Löcher
Möglichkeiten der Nutzung kinematischer Satellitenbahnen zur Bestimmung des Gravitationsfeldes der Erde
- Heft 17
2010
Basem Elsaka
Simulated Satellite Formation Flights for Detecting the Temporal Variations of the Earth's Gravity Field
- Heft 16
2010
2nd International Conference on Machine Control & Guidance Proceedings
- Heft 15
2009
Alexandra Weitkamp
Brachflächenrevitalisierung im Rahmen der Flächenkreislaufwirtschaft
- Heft 14
2008
Akbar Shabanloui
A New Approach for a Kinematic-Dynamic Determination of Low Satellite Orbits Based on GNSS Observations
- Heft 13
2008
Frank Friesecke
Stadtumbau im Konsens!?
Zur Leistungsfähigkeit und Fortentwicklung des städtebaulichen Instrumentariums unter Schrumpfungsbedingungen
- Heft 12
2008
Heinz Rütz
Zur Kostenanalyse der privaten Umlegung als Teil der konsensualen integrierten Baulandentwicklung
- Heft 11
2008
Gaby Alexandra Boele-Keimer
Kommunales Kennzahlenmanagement am Beispiel von Vermessungs- und Katasterämtern in Nordrhein-Westfalen
- Heft 10
2008
Annette Eicker
Gravity Field Refinement by Radial Basis Functions
- Heft 9
2008
Torsten Mayer-Gürr
Gravitationsfeldbestimmung aus der Analyse kurzer Bahnbögen
- Heft 8
2008
Boris Kargoll
On the Theory and Application of Model Misspecification Tests
- Heft 7
2008
Hamza Alkhatib
On Monte Carlo Methods
- Heft 6
2008
Klaus Borchard
Annäherungen an Städtebau und Raumentwicklung
- Heft 5
2008
Jens Jähnke
Zur Teilmarktbildung beim Landerwerb der öffentlichen Hand
- Heft 4
2008
Atef Abd-Elhakee Makhloof
The Use of Topographic Isostatic Mass Information
- Heft 3
2008
Markus Vennebusch
Singular Value Decomposition and Cluster Analysis
- Heft 2
2007
Christian Beder
Grouping Uncertain Oriented Projective Geometric Entities

Heft 1
2007

Klaus Börger
Geodäsie und Quantenphysik

Vertrieb: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Institut für Geodäsie und Geoinformation
- Bibliothek -
Nußallee 17
53115 Bonn

Tel.: +49 (0)228 73-3566

Fax: +49 (0)228 73-2988

Internet: <http://www.igg.uni-bonn.de>

