

Auswirkungen von nuklearen Anlagen auf die Schweizer Immobilienpreise

Masterarbeit

Institutsdirektor: Prof. Dr. Claudio Loderer
Betreuender Professor: Prof. Dr. Donato Scognamiglio

Verfasser: Roman C. Ballmer
Thun (BE)
Matrikelnummer: 05-102-041
Neubrückstrasse 65
3012 Bern
E-Mail: roman_ballmer@students.unibe.ch

Zürich, 9. Februar 2011

*Disclaimer:
Die in der vorliegenden Arbeit vertretenen Ansichten sind diejenigen des Verfassers und nicht notwendigerweise die Ansichten des Instituts für Finanzmanagement. Das Institut für Finanzmanagement übernimmt keine Verantwortung für allfällige Fehler.*

I. Executive Summary

Seit vielen Jahren sorgen Themen wie Umweltschutz und Energieversorgung für weltweite Diskussionen. Bei kaum einem Aspekt liegen dabei die Meinungen in der Bevölkerung so weit auseinander wie bei den Kernkraftwerken. Die Einen sehen darin eine effiziente und saubere Form der Stromproduktion. Andere hingegen kritisieren die grossen Risiken, welche solche Anlagen mit sich bringen. Sie verweisen auf die verheerenden Folgen eines Störfalls und das Problem der sicheren Entsorgung von radioaktiven Abfällen. Ausgehend von den unterschiedlichen Ansichten stellt sich die Frage, ob sich die Thematik auch in den Preisen von Liegenschaften niederschlägt.

Die vorliegende Arbeit verfolgt deshalb den Ansatz, die Auswirkungen der Kernkraftwerke *Beznau I und II, Gösgen, Leibstadt* und *Mühleberg* auf die Schweizer Immobilienpreise zu untersuchen. Um die Vermutung des negativen Zusammenhangs verifizieren zu können, werden drei Modelle anhand von knapp 37'000 Einfamilienhäuser aus dem Zeitraum 1981 bis 2007 getestet. Das zentrale Kriterium bei den Analysen stellt die Risikokomponente eines Kernkraftwerks dar. Die ersten beiden Modelle versuchen diesen Aspekt über die minimale Distanz zu einer Anlage abzubilden. Das dritte Modell beinhaltet neben der Entfernung zusätzlich die Leistungskapazität.

Entgegen den Erkenntnissen der Literatur geht aus den Regressionsanalysen hervor, dass die Nähe zu einem Kernkraftwerk den Preis einer Liegenschaft erheblich beeinflusst. Je nach Wahl des Modells beträgt der Wertverlust für ein Haus in unmittelbarer Nähe einer Anlage zwischen 5% und 10% im Vergleich zu einem identischen Objekt mit einer Entfernung von fünfzehn bis zwanzig Kilometern. Die grössten Preisabschläge zeigen sich jedoch nicht bei den Liegenschaften direkt neben den Kernkraftwerken, sondern in der Peripherie zwischen zweieinhalb und vier Kilometern. Anhand der Untersuchungen kann zudem festgestellt werden, dass in Regionen mit einer grossen Kernenergieproduktion stärkere Wertebussen auftreten als um leistungsschwache Anlagen.

Die Ergebnisse der Studie liefern somit Evidenz, dass die Präsenz eines Kernkraftwerks massgeblichen Einfluss auf die Standortattraktivität einer Liegenschaft ausübt. Dieses Erkenntnis gilt es bei der Bewertung von Immobilien, nicht zuletzt im Zusammenhang mit möglichen neuen Nuklearanlagen, zu berücksichtigen.

II. Inhaltsverzeichnis

I. Executive Summary	I
II. Inhaltsverzeichnis	II
III. Tabellenverzeichnis	IV
IV. Abbildungsverzeichnis	V
V. Abkürzungsverzeichnis	VI
TEIL I: Grundlagen	1
1. Einleitung	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung.....	4
1.4 Aufbau der Arbeit	5
2. Literatur zu immissionsbedingten Wertveränderungen	6
2.1 Definition Immissionen	6
2.2 Erkenntnisse zu Kernkraftwerken	7
2.3 Erkenntnisse zu Zwischen- und Endlager	9
2.4 Erkenntnisse zu weiteren Immissionsarten	11
TEIL II: Empirische Untersuchung	14
3. Datengrundlage	14
4. Methodik	16
4.1 Das hedonische Modell.....	16
4.2 Regressionsverfahren	20
4.2.1 OLS-Schätzung	20
4.2.2 Robuste Regression	21
5. Variablen	22
5.1 Preis-Variable	22
5.2 Erklärende Variablen	22

5.3 AKW-Variablen	24
5.3.1 GIS-Kodierung	25
5.3.2 Distanzberechnung	26
5.3.3 Minimaldistanz-Variable	30
5.3.4 Distanz-Dummies	31
5.3.5 Potential-Variable	32
5.4 Das vollständige Modell	34
6. Ergebnisse.....	36
6.1 Erkenntnisse zur Minimaldistanz.....	36
6.2 Erkenntnisse zu den Distanz-Dummies	40
6.3 Erkenntnisse zum Potential.....	44
7. Fazit.....	48
7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	48
7.2 Ausblick.....	50
Anhang	51
Anhang 1: Geographische Verteilung der Daten.....	51
Anhang 2: Zeitliche Verteilung der Daten.....	51
Anhang 3: Wertverluste nach Minimaldistanz	52
Anhang 4: Eigenschaften des Muster-Einfamilienhauses	52
Anhang 5: Wertverluste der Distanz-Dummies	53
Anhang 6: Bevölkerungszahlen der grössten „KKW“-Gemeinden	53
Anhang 7: Festlegung der Bandbreiten für das KKW-Potential	54
Anhang 8: Wertverluste nach Potential für die Region Mühleberg.....	54
Anhang 9: Wertverluste nach Potential für die Region Leibstadt	54
Literaturverzeichnis.....	55
Selbständigkeitserklärung	59

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Deskriptive Statistik der Transaktionspreise.....	22
Tabelle 5-2: Deskriptive Statistik der Liegenschaftsmerkmale	23
Tabelle 5-3: Logik der Zeit-Dummies	23
Tabelle 5-4: Koordinaten der KKW-Standorte.....	25
Tabelle 5-5: Koordinaten der Schweizer Gemeindezentren.....	25
Tabelle 5-6: Distanzberechnung zwischen Gemeinden und KKW-Standorten	28
Tabelle 5-7: Deskriptive Statistik der Distanzvariablen	29
Tabelle 5-8: Deskriptive Statistik der Minimaldistanz-Variable.....	30
Tabelle 5-9: Intervallangaben der Distanz-Dummyvariablen.....	31
Tabelle 5-10: Deskriptive Statistik der Potential-Variable.....	33
Tabelle 5-11: Ausgestaltung der Preis-Variable.....	34
Tabelle 5-12: Ausgestaltung der erklärenden Variablen	34
Tabelle 5-13: Ausgestaltung der AKW-Variablen.....	34
Tabelle 6-1: Regressionsergebnisse der Minimaldistanz-Variable.....	36
Tabelle 6-2: Preisunterschiede mit Referenz Muri bei Bern	38
Tabelle 6-3: Preisunterschiede mit Referenz Müntschemier	39
Tabelle 6-4: Regressionsergebnisse der Dummy-Variablen	40
Tabelle 6-5: Regressionsergebnisse der Potential-Variable	44
Tabelle 6-6: Wertverluste nach Potential mit Referenz Belp.....	46
Tabelle 6-7: Wertverluste nach Potential mit Referenz Trasadingen	46

IV. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Geographische Herkunft der Daten	15
Abbildung 5-1: Distanz der Gemeinden zum KKW Gösgen.....	27
Abbildung 5-2: Minimaldistanz der Gemeinden zum nächsten KKW	28
Abbildung 5-3: KKW-Potential der Schweizer Gemeinden.....	33
Abbildung 6-1: Wertverluste nach Minimaldistanz	37
Abbildung 6-2: Wertverluste nach Dummies für die gesamte Schweiz	41
Abbildung 6-3: Wertverluste nach Dummies für die KKW-Regionen	42
Abbildung 6-4: Wertveränderung in Abhängigkeit der Distanz.....	43
Abbildung 6-5: Wertverluste nach Potential für die Region Mühleberg	45
Abbildung 6-6: Wertverluste nach Potential für die Region Leibstadt	47

V. Abkürzungsverzeichnis

AKW	Atomkraftwerk
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BKW	Bernische Kraftwerke AG
CO₂	Kohlenstoffdioxid
dB	Dezibel
EFH	Einfamilienhäuser
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
FAA	Federal Aviation Association
GIS	Geographisches Informationssystem
HAA / SMA	Hochaktive Abfälle / Schwach- und mittelaktive Abfälle
IAZI AG - CIFI SA	Informations- und Ausbildungszentrum für Immobilien AG - Centre d'Information et de Formation Immobilières SA
KKW	Kernkraftwerk
MW / MWh	Megawatt / Megawattstunde
LN / log	Logarithmus Naturalis
Miflu	Minderwert von selbst genutzten Liegenschaften durch Fluglärm
NAGRA	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NAZ	Nationale Alarmzentrale des Bundesamts für Bevölkerungsschutz
OLS	Ordinary Least Squares
PSI	Paul Scherrer Institut
TL	geologisches Tiefenlager
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
ZKB	Zürcher Kantonalbank
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen

Anmerkung: Die Begriffe AKW und die physikalisch korrekte Bezeichnung KKW werden in dieser Arbeit als Synonyme verwendet und die Abkürzungen auch als Pluralform eingesetzt.

TEIL I: Grundlagen

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Wert einer Immobilie setzt sich aus vielen verschiedenen Faktoren zusammen. Die konkreten Eigenschaften eines Gebäudes wie beispielsweise das Alter oder die Wohnfläche erklären dabei nur einen Teil des Ganzen. Für eine umfassende Bestimmung des Marktpreises gilt es ebenso die Lage des Grundstücks und damit verbundene Aspekte wie die Qualität des Quartiers oder den Steuersatz der Gemeinde zu berücksichtigen. Schliesslich können auch externe Gegebenheiten den Preis eines Objekts erheblich beeinflussen.

Diese Feststellung musste nicht zuletzt beim Zusammenbruch des amerikanischen Immobilienmarktes 2008 und der daraus folgenden Weltwirtschaftskrise gemacht werden. Trotz massiver Wertsteigerungen, begünstigt durch das tiefe Zinsumfeld im Anschluss an die sogenannte Dotcom-Blase und die Terroranschläge vom 11. September 2001, wurde die Gefahr einer Überhitzung im Häusermarkt unterschätzt. Infolge der komplexen Vernetzung zwischen Hausbesitzern, Finanzinstituten und Investoren führte schliesslich eine Erhöhung des Hypothekenzinssatzes zum Kollaps des Gesamtsystems.

Auch die Schweiz sah sich in der Vergangenheit bereits mit einer ähnlichen Situation konfrontiert. Zu Beginn der 90er Jahre sorgte ein Preiszerfall der Liegenschaften dafür, dass viele Hauseigentümer ihre Kreditschuld nicht mehr begleichen konnten. Zahlreiche Banken und Versicherungen mussten daraufhin hohe Abschreibungen und Wertberichtigungen vornehmen.¹

Die Wichtigkeit der korrekten Bewertung einer Immobilie wird anhand dieser Beispiele deutlich, doch was heisst „korrekt“ und wie wird ein solcher Preis ermittelt? Grundsätzlich gilt auch im Immobiliensektor das Prinzip der freien Marktwirtschaft. Angebot und Nachfrage bestimmen den Wert eines Objektes und können sich über die Zeit verändern und zu Preis-korrekturen führen. Bei der Betrachtung spezifischer Elemente einer Liegenschaft scheint der Zusammenhang häufig klar. Ein grösseres Wohnzimmer oder eine moderne Kücheneinrichtung stiften zusätzlichen Nutzen und lassen den Wert eines Objektes steigen. Ebenso offensichtlich erhöht sich der Preis für Grundstücke mit Sicht auf See oder Berge, da diese nur limitiert vorhanden sind.

¹ Aufgrund der starken Präsenz in den lokalen Immobilienmärkten litten speziell die Regionalbanken an den Folgen der Krise. Bei der Spar- und Leihkasse Thun führte dieser Umstand sogar zur Insolvenz.

In anderen Bereichen zeigt sich jedoch, dass die Interpretation des Preiseffekts einiges komplizierter sein kann. Befindet sich eine Immobilie beispielsweise in der Nähe eines Autobahnanschlusses, ist eine abschliessende Preisaussage kaum möglich. Während für ein Transportunternehmen vermutlich die Vorteile der günstigen Verkehrslage überwiegen, bevorzugt eine Privatperson wahrscheinlich eine ruhigere Wohngegend. Je nach Sichtweise können damit die Eigenschaften einer Immobilie den Wert unterschiedlich beeinflussen.

Werden Häuserpreise mit Kernkraftwerken (KKW) in Verbindung gebracht, ist generell von einem negativen Zusammenhang auszugehen. Nukleare Anlagen gelten allgemein als störend und gefährlich und lösen bei grossen Teilen der Bevölkerung Bedenken aus. Einzig eine Minderheit versteht die technologischen Hintergründe und kann die Risiken korrekt abschätzen. Folglich ist zu erwarten, dass Regionen mit, im Vergleich zu solchen ohne KKW tiefere Immobilienpreise aufweisen sollten. Ein empirischer Beweis für diese Vermutung liegt allerdings, zumindest für die Schweiz, nicht vor. Im folgenden Abschnitt wird deutlich, weshalb eine Untersuchung dieser Thematik von grosser Relevanz ist.

1.2 Problemstellung

Seit vielen Jahrzehnten sorgen Themen wie Stromversorgung und Energieeffizienz für hitzige Diskussionen in Politik und Bevölkerung. Als Mitte der 60er Jahre die Entscheidung zum Bau des ersten Kernkraftwerks der Schweiz gefällt wurde, begann ein neues Zeitalter in der Stromproduktion. Die friedliche Nutzung von Atomenergie ergänzte die bestehenden Wasserkraftwerke und entschärfte vorübergehend den drohenden Versorgungsengpass. Zugleich konnte der geplante Bau von umweltschädlichen Öl- und Kohlekraftwerken vermieden werden.

Heute sind in der Schweiz fünf Kernkraftwerke in Betrieb, die gemeinsam rund 40% der gesamten Stromproduktion ausmachen.² Weil der Energiebedarf durch das Wachstum und Konsumverhalten der Bevölkerung weiter zunimmt, ist die Versorgungssicherheit nicht mehr gewährleistet. In den energieintensiven Wintermonaten muss bereits jetzt auf den Stromimport aus dem Ausland zurückgegriffen werden. Hinzu kommt, dass sich die Betriebszeiten der bestehenden Anlagen dem Ende zuneigen.³

² Nach Swissnuclear (2011) wird der restliche Teil durch Wasserkraftwerke (rund 55%) und Kehrrechtverbrennungsanlagen (ca. 5%) hergestellt. Erneuerbare Energien wie Wind- und Sonnenkraft steuern derzeit weniger als 0.1% zur Energieherstellung bei.

³ Die Schweizer KKW wurden für eine Betriebsdauer von etwa 50 Jahren konzipiert und sollen zwischen 2020 und 2030 abgeschaltet werden.

Infolgedessen ist der Bundesrat bestrebt, den Bau neuer Kernkraftwerke zu bewilligen und die Laufzeiten der bestehenden Anlagen zu verlängern. Nur so sei es möglich, die Unabhängigkeit in Produktion und Nutzung langfristig sicherzustellen. Der Wirtschaftsstandort Schweiz würde durch diese Massnahmen, neben zuverlässigen Energiequellen, auch von günstigeren und stabileren Strompreisen profitieren.⁴

Die Problematik der Errichtung und des Betriebs von Kernkraftwerken stellt allerdings nicht die einzige Herausforderung in diesem Bereich dar. Im Hinblick auf eine nachhaltige Endlagerung von radioaktiven Abfällen plant der Bund zudem den Bau von geologischen Tiefenlagern (TL). Damit sollen derzeit oberirdisch gelagerte Überreste wie auch zukünftig anfallende Abfälle auf eine sichere Art und Weise entsorgt werden. Aufgrund geotechnischer Gegebenheiten wurden bereits sechs mögliche Standorte definiert, die sich gemäss nationaler Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) als Endlager eignen würden. Neben dem zentralen Aspekt der Sicherheit sollen bei der Standortsuche auch raumplanerische und sozioökonomische Faktoren in die Beurteilung einfließen.⁵

Sowohl in Bezug auf Kernkraftwerke wie auch auf mögliche Tiefenlager regt sich in der Öffentlichkeit grosser Widerstand. Die Projekte stossen vielerorts auf Unverständnis, gäbe es doch nach Meinung vieler die Möglichkeit den Strom aus erneuerbaren Ressourcen zu gewinnen. Zudem scheinen Reaktorunfälle wie derjenige von Tschernobyl, Ukraine aus dem Jahr 1986 in der Wahrnehmung der Leute weiterhin präsent. Nicht zuletzt die grossangelegten Demonstrationen bei den Castor-Transporten von Frankreich nach Deutschland im November 2010 haben die Besorgnis der Bevölkerung deutlich aufgezeigt.

Neben dem Argument der Sicherheit fürchten sich die betroffenen Regionen aber auch vor einem Imageverlust, sollte in ihrem Gebiet eine Anlage errichtet werden. Einbussen in der Standortattraktivität könnten nicht nur das Ansehen der Region gefährden, sondern auch zu beträchtlichen Abwertungen bei den Immobilien- und Bodenpreisen führen.⁶ Inwiefern die Befürchtungen berechtigt sind, konnte bisher nicht schlüssig beantwortet werden. Weder verlässliche Erkenntnisse zu Abwanderungen aus betroffenen Regionen noch Belege für aussergewöhnliche Preisentwicklungen in Gebieten mit KKW sind vorhanden.

⁴ Ende Dezember 2010 haben sich die Energiebetreiber Axpo, Alpiq und BKW zu einer Projektgesellschaft zusammengeschlossen, um den Bau möglicher Ersatzkraftwerke gemeinsam voranzutreiben.

⁵ Benötigt werden laut Bundesamt für Energie zwei Lagerstandorte, wovon je einer für schwach- und mittelaktive und einer für hochaktive Abfälle genutzt werden soll.

⁶ Gemäss einer Bevölkerungsumfrage der Beratungsfirma Input Consulting (2011) sind Wohnlage, Natur und Nähe zu Infrastruktureinrichtungen die wichtigsten Merkmale für die Qualität eines Standortes.

1.3 Zielsetzung

Aus diesem Grund hat die vorliegende Masterarbeit zum Ziel, die Auswirkungen von nuklearen Anlagen auf die Schweizer Immobilienpreise genauer zu untersuchen. Im Vergleich zu bisherigen Studien basiert die Arbeit allerdings nicht auf Aussagen und Meinungen von Experten, sondern auf der Analyse effektiver Transaktionsdaten. Sie stammen vom Zürcher Immobilienunternehmen *IAZI* und umfassen rund 37'000 Handänderungen im Zeitraum zwischen 1981 und 2007.

Als methodische Grundlage für die Untersuchungen dienen die sogenannten hedonischen Modelle. Sie ermöglichen das Gesamtkonstrukt Immobilie in die einzelnen Eigenschaften zu unterteilen und die Zusammenhänge mittels multivariater Regressionsanalyse statistisch zu ermitteln. Da die Vermutung besteht, dass eine Liegenschaft in der Nähe einer Anlage weniger Wert aufweist als ein vergleichbares Objekt ohne KKW, lautet die zentrale Hypothese dieser Studie:

***Die Nähe zu einem Schweizer Kernkraftwerk hat einen signifikant
negativen Einfluss auf den Preis einer Immobilie***

Um den Effekt empirisch zu untersuchen, werden drei verschiedene Modelle angewendet. Die ersten Beiden konzentrieren sich auf den Distanzeinfluss zwischen einem Haus und dem nächstgelegenen KKW. Während das eine Modell den Zusammenhang über eine lineare Variable abbildet, teilt das Zweite den Untersuchungsbereich in zahlreiche Intervalle auf. Das dritte Modell schliesslich analysiert nicht nur den Effekt der nächstgelegenen Anlage, sondern erweitert den Untersuchungshorizont auf alle Schweizer Kernkraftwerke. Zusätzlich wird das Leistungsvermögen der einzelnen Anlagen miteinbezogen, um auch der Grösse des KKW Rechnung zu tragen. Die Erkenntnisse der Untersuchungen sollen schliesslich Aufschluss darüber geben, ob bei den politischen Diskussionen zu Nuklearanlagen das Argument der Immobilien- und Bodenpreise vorgebracht werden kann oder nicht.

1.4 Aufbau der Arbeit

In einem ersten Schritt wird die Studie einen Einblick in die bestehende Literatur zur Thematik der immissionsbedingten Wertveränderungen von Immobilien geben. Dabei gilt es den Begriff der Immissionen zu erläutern und den Zusammenhang zur aktuellen Fragestellung offenzulegen. Anschliessend werden Erkenntnisse aus internationalen Untersuchungen hinsichtlich der Preisentwicklung von Liegenschaften in der Nähe von Kernkraftwerken präsentiert. Daraufhin folgt ein Abschnitt zu den möglichen Auswirkungen von geologischen Tiefenlagern. Grundlage dazu bilden mehrheitlich Schweizer Studien und deren Erkenntnisse zu Zwischen- und Endlager aus dem europäischen Raum. Am Ende des Kapitels werden schliesslich weitere Immissionsformen und deren Einfluss auf Häuserpreise diskutiert.

Im zweiten Teil der Arbeit steht die empirische Analyse von Schweizer Immobilien-transaktionen im Zentrum. Zu Beginn werden die verfügbaren Daten und deren Eigenschaften erklärt. Dazu gehören sowohl die geographische Herkunft der Beobachtungen wie auch die Behandlung von Ausreissern. Im Anschluss gilt es die zugrundeliegende Methodologie aufzuzeigen und die statistischen Verfahren zu erläutern. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf das Konzept der hedonischen Modelle gelegt. Danach folgt ein ausführliches Kapitel zur Modellierung der relevanten AKW-Variablen. Auf Basis von Regressionsanalysen werden die gewonnenen Resultate präsentiert und die Erkenntnisse der Untersuchungen dargelegt.

Der letzte Abschnitt fasst die gefundenen Ergebnisse zusammen und zeigt die Implikationen für die aktuelle Situation auf. Zum Abschluss wird ein Ausblick in weitere Untersuchungsbereiche gewährt, welche für die vorliegende Thematik von Interesse sein könnten.

2. Literatur zu immissionsbedingten Wertveränderungen

2.1 Definition Immissionen

Damit die Problematik zwischen nuklearen Anlagen und Immobilien verständlich wird, gilt es vorab den Begriff der Immissionen zu erläutern. Am Einfachsten gelingt dies anhand der Verbindung zum verwandten Wort der *Emissionen*. Gemäss Definition der deutschen Gesetzgebung werden Emissionen als „[...] die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen“ bezeichnet.⁷ Entscheidend bei dieser Aufzählung ist die Betonung der Perspektive. Im Falle einer Emission wird das Augenmerk auf den Emittenten, also den Verursacher der Umstände gelegt. Bei einer Immission hingegen richtet sich der Fokus auf den Geschädigten, das heisst auf den Ort, wo die Gegebenheiten einwirken.⁸

Analog zu den Beispielen aus dem Gesetzesartikel können folglich auch die Immissionen verschiedenste Formen annehmen. Je nach Art der Einwirkung ist allerdings eine objektive Quantifizierung unterschiedlich schwierig. Die Lärmbelastung, die eine Fabrik auf das nebenstehende Haus ausübt, kann zum Beispiel problemlos hinsichtlich Dauer und Intensität gemessen werden. Auch bei der Luftqualität lassen sich Schadstoffe wie CO²- oder Feinstaubkonzentration präzise erfassen.⁹ Für den konkreten Fall eines KKW oder TL gestaltet sich die Bestimmung der Immissionen komplizierter. Auf der einen Seite liegt dies daran, dass effektive Einwirkungen vielfach nur marginal spürbar sind. Beispielsweise wird das Strahlenniveau auch in unmittelbarer Nähe eines Reaktors kaum gesundheitsschädigendes Ausmass annehmen. Auf der anderen Seite stellt sich die Frage, ob es nicht auch so etwas wie ideale Immissionen gibt. Viele Menschen sehen in nuklearen Anlagen eine potentielle Gefahr für sich und die Umwelt. In diesem Kontext hätte ein Kernkraftwerk also mehr den Charakter einer Imagekomponente.

Vermutlich wird die Wahrnehmung der Immissionen von Nuklearanlagen in der Bevölkerung durch eine Kombination aus physischen Einwirkungen, optischen Elementen und innerer Ablehnung beeinflusst. Inwiefern sich diese Gegebenheiten in der Vergangenheit in den Häuserpreisen niedergeschlagen haben, soll nun der folgende Abschnitt klären.

⁷ Vgl. Bundes-Immissionsschutzgesetz (2002), § 3, Abs. 3.

⁸ Der Begriff der Immissionen stammt vom lateinischen Verb „immittere“, zu deutsch: hineinsenden.

⁹ Im Schweizerischen Umweltschutzgesetz sind für die einzelnen Immissionsarten klare Grenzwerte festgelegt, die es nicht zu überschreiten gilt. Als schützenswerte Bereiche werden dabei neben Mensch, Tier, Pflanzen und deren Lebensräumen auch Bauwerke aufgeführt.

2.2 Erkenntnisse zu Kernkraftwerken

Obwohl Themen wie Energieversorgung und Atomanlagen regelmässig für weltweites Aufsehen sorgen, finden sich in der Literatur nur wenige Forschungsergebnisse im Zusammenhang mit Immobilienentwicklungen. Verschiedene Studien vermuten zwar einen negativen Preiseffekt, können diesen aber nicht empirisch belegen. Die Ansichten der Autoren basieren vielfach auf Expertenmeinungen oder auf Umfragen bei betroffenen Bevölkerungsteilen.¹⁰

Eine der ersten Studien, welche einen statistischen Ansatz zur Antwortfindung verwendete, stammt aus den 80er Jahren von Hays B. Gamble und Roger H. Downing. Als Untersuchungsgegenstand dienten vier Kernkraftwerke im Nordosten der USA und die umliegenden Häusertransaktionen zwischen 1975 und 1977. Entgegen den Erwartungen der Autoren konnten die Regressionsanalysen für keinen der vier Standorte einen messbaren Effekt der KKW auf die Immobilienpreise nachweisen. Weder die direkte Sichtbarkeit noch die geographische Nähe zur Anlage hatten einen signifikanten Einfluss auf die Liegenschaftswerte in diesen Regionen.

David E. Clark et al. (1997b) publizierten eine ähnliche Studie zu zwei Kernkraftwerken im US-Bundesstaat Kalifornien. Analog zu den Erkenntnissen aus dem Osten wurden auch hier keine distanzbedingten Veränderungen in den Häuserpreisen festgestellt. Interessant bei diesem Ergebnis war vor allem der Umstand, dass sich die beiden KKW in ihren Ausprägungen stark unterschieden. Während das Eine seit vielen Jahren in Betrieb war und als wichtiger Arbeitgeber der Region diente, wurde das Andere bereits vor dem Beobachtungszeitraum stillgelegt und nur noch als Abfalllager genutzt. Ausserdem befand sich Ersteres in hügeligem Küstengebiet, das Zweite jedoch stand im offenen Gelände und war für grosse Teile der Region sichtbar. Trotz diesen Unterschieden fielen die Resultate für beide Anlagen praktisch identisch aus.

Erstaunlicherweise fanden sich die höchsten Liegenschaftswerte sogar in unmittelbarer Nähe zu den Anlagen. Erst mit zunehmender Distanz zum KKW nahm das Preisniveau langsam ab, um nach einem gewissen Minimalpunkt wieder anzusteigen. Die Autoren vermuten, dass dieser Umstand durch die ländlichen Gegenden und die Freizeitmöglichkeiten in der Nähe der Anlagen zu erklären ist. Diese Bereiche wurden in der Studie allerdings nicht explizit berücksichtigt.

¹⁰ Vgl. Webb (1980), Greenberg (1993) und weitere.

Neben den erwähnten Ergebnissen befasste sich die Studie von Gamble und Downing in einem zweiten Teil mit dem Reaktorunglück beim Atomkraftwerk „Three Mile Island“ (1979) in Harrisburg, Pennsylvania.¹¹ Mit Hilfe einer Event-Study versuchten die Autoren herauszufinden, inwiefern sich die Häuserpreise im Anschluss an die Katastrophe verändert hatten. Im Gegensatz zu den ersten Untersuchungen wurde für diese Region sowohl vor wie nach dem Unfall ein signifikanter Einfluss der Distanz festgestellt. Je geringer die Entfernung zum KKW, desto tiefer war der Wert der beobachteten Liegenschaften.¹²

Konkrete Wertveränderungen im Zusammenhang mit dem Unfall konnten hingegen nicht nachgewiesen werden. Die Untersuchungen führten zwar zum Schluss, dass der lokale Häusermarkt im Anschluss an die Katastrophe in einigen Gebieten kurzzeitig zusammenbrach. Nach wenigen Monaten normalisierte sich die Zahl der Transaktionen jedoch wieder und ein direkter Preiseffekt war nicht festzustellen.

Sherman T. Folland und Robbin R. Hough (1991) verfolgten bei ihrer Studie zu Bodenpreisen in den USA einen anderen Weg: Anstelle der Analyse von Mikroräumen um bestehende Kraftwerke herum, stellten sie 494 grossflächige Landwirtschaftszonen ins Zentrum der Beobachtungen. Damit sollte ein Vergleich zwischen Gegenden mit und solchen ohne KKW ermöglicht werden. Tatsächlich lieferten die Ergebnisse Evidenz, dass die Bodenpreise in der Nähe einer Anlage geringere Werte aufwiesen. Der Preiseffekt betrug zu vergleichbaren Regionen ohne Kernkraftwerk bis zu zehn Prozent und wurde noch verstärkt, wenn die Anlage bereits längere Zeit in Betrieb war und die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls höher eingestuft wurde.

Ebenfalls einen Beweis für negative Auswirkungen auf Häuserpreise lieferten Gawande und Jenkins' Untersuchungen (2001) zu vier Transportlieferungen von radioaktiven Abfällen. Ihre Stichprobe umfasste über 9'000 Häusertransaktionen aus unterschiedlichen Wohngegenden im Bundesstaat South Carolina. Speziell in städtischen Regionen mit hoher Risikoempfindung und wenig Erfahrungen mit Nuklearanlagen zeigten sich gewisse Preisanpassungen. Im Grossraum Charleston fanden die Autoren beispielsweise eine Preisreduktion von drei Prozent für Liegenschaften, welche direkt an der Transportroute lagen.

¹¹ Bei diesem Unfall führte ein Systemfehler zu einer partiellen Kernschmelze. Um die Gefahr einer Explosion der Anlage zu vermeiden wurden radioaktive Gase in die Atmosphäre freigesetzt und verseuchtes Wasser im Fluss abgeführt.

¹² Die Autoren wiesen allerdings darauf hin, dass dieser Effekt nicht ausschliesslich auf das KKW zurückzuführen sei. Aus historischen Beobachtungen ging hervor, dass für die industriell genutzte Zone in unmittelbarer Nähe zum Atomkraftwerk bereits vor dem Bau tiefere Preise vorlagen.

2.3 Erkenntnisse zu Zwischen- und Endlager

Die Studien aus den USA zeigen, dass die Wahrnehmung der Bevölkerung die Preisentwicklung von Immobilien in der Tat beeinflussen kann. Folglich gilt es dieser Problematik auch im Zusammenhang mit bestehenden oder geplanten Abfalllagern Beachtung zu schenken. Obwohl sich ein Tiefenlager optisch und in der Nutzung beträchtlich von einem KKW unterscheidet, gibt es doch zahlreiche Parallelen. Das Risiko eines Unfalls bleibt beispielsweise ebenso bestehen wie die regelmässigen Transportlieferungen von nuklearem Material.

Eine vom Bundesamt für Energie (BFE) in Auftrag gegebene Grundlagenstudie hat die sozio-ökonomischen Auswirkungen von Entsorgungsanlagen umfassend untersucht [vgl. Rütter und Partner (2006)]. Dabei galt es abzuklären, inwiefern wirtschaftliche, gesellschaftliche und umwelttechnische Aspekte durch den Bau eines Tiefenlagers beeinflusst werden. Aus methodischer Sicht stützte sich der Bericht auf Experteninterviews und Bevölkerungsbefragungen an fünf Standorten im In- und Ausland.

Eine dieser Fallstudien befasste sich mit dem Schweizer Zwischenlager (ZWILAG) in Würenlingen, Kanton Aargau.¹³ Anlässlich einer Umfrage bei Unternehmen und Privatpersonen sollte die Einstellung der örtlichen Bevölkerung gegenüber der Anlage ergründet werden. Die Aussagen zeigten mehrheitlich eine positive Haltung und kritische Stimmen beschränkten sich hauptsächlich auf Befürchtungen zum Image und der Standortattraktivität der betroffenen Gemeinden. Ein Rückgang der Immobilien- und Bodenpreise wurde zwar von Einigen als möglich erachtet, liess sich aber über die Zeit nicht beobachten.

Die Autoren führen die positiven Reaktionen primär auf die allgemeine Akzeptanz für nukleare Anlagen in dieser Region zurück. Sowohl die Kernkraftwerke Beznau I und II wie auch das Paul Scherrer Institut (PSI) liegen in unmittelbarer Nähe des ZWILAG und haben viel zum wirtschaftlichen Wohl der Region beigetragen.¹⁴ Neben der Schaffung von Arbeitsplätzen dienen die Anlagen beispielsweise als wichtige Steuereinnahmequellen der Gemeinden.

¹³ Bei diesem Standort werden seit 2001 ausgediente Brennelemente und radioaktive Abfälle zwischengelagert. Die Abfälle stammen aus Kernkraftwerken, Forschung, Medizin und Industrie.

¹⁴ Das PSI, früher Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung genannt, ist das grösste Schweizer Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Bei den untersuchten Standorten im Ausland sehen die Erkenntnisse zur Lage auf den Immobilienmärkten unterschiedlich aus. Das französische Zwischenlager Centre de L'Aube im Nordosten des Landes registrierte speziell bei der Inbetriebnahme 1992 stark steigende Preise.¹⁵ Auf der Insel Olkiluoto im Südwesten Finnlands, wo bereits mehrere KKW in Betrieb sind und ein Tiefenlager in Planung steht, wurden hingegen keine direkten Effekte festgestellt. Für das Zwischenlager Gorleben im deutschen Bundesland Niedersachsen liessen sich keine Aussagen zu Immobilienentwicklungen machen. Aufgrund verschiedener Marktverzerrungen bewegen sich die dortigen Bodenpreise seit Jahren weit unter dem Landesdurchschnitt und ermöglichen daher keine Interpretationen.¹⁶

Generell stellen die Autoren fest, dass ein Vergleich zwischen der Schweiz und dem Ausland aus mehreren Gründen problematisch scheint. Erstens liegen die ausländischen Anlagen alle relativ abgelegen und ausserhalb des Sichtfelds der Anwohner. Zweitens weisen die betroffenen Orte eine sehr geringe Bevölkerungsdichte auf. Der Konflikt zwischen Entsorgungsanlage und Wohngebiet ist in der Schweiz damit bedeutend grösser. Drittens gibt es erhebliche Unterschiede in der wirtschaftlichen Situation der betrachteten Regionen. Die Gebiete im Ausland waren in der Vergangenheit alle landwirtschaftlich geprägt und hatten mit hoher Arbeitslosigkeit und Abwanderung zu kämpfen. Der Bau der Anlagen bot damit die Möglichkeit, diesem Umstand entgegenzuwirken. Trotz der zwiespältigen Erkenntnisse geht die Studie davon aus, dass ein potentielles Abfalllager in der Schweiz die Immobilienpreise kaum beeinflussen wird.

Parallel zu den Fallstudien befasste sich die Firma Rütter und Partner (2005b) zudem mit dem Entsorgungsprojekt *Nördliches Zürcher Weinland*.¹⁷ Anhand verschiedener Szenarien sollten die finanziellen und sozialen Auswirkungen eines TL auf lange Sicht aufgezeigt werden. Konkrete Prognosen hinsichtlich der Liegenschafts- und Bodenpreisentwicklungen machen die Autoren jedoch nicht: Aufgrund der Annahme wachsender Bevölkerungszahlen wird davon ausgegangen, dass die Immobilienpreise in der Region trotz Errichtung einer Anlage nicht sinken sollten. Falls das Angebot an Bauland mittels gesetzlicher Bestimmungen weiterhin knapp gehalten würde, wären sogar steigende Preise möglich.

¹⁵ Die Immobilienwerte sind auch in der Folge weiter angestiegen. Heute bewegen sie sich allerdings auf dem durchschnittlichen Niveau Frankreichs.

¹⁶ Die Bautätigkeit der Region sah sich nicht zuletzt wegen der 1989 erfolgten Grenzöffnung zum Osten hohen Schwankungen ausgesetzt. Zudem erwarb die Gemeinde mit erhaltenen Entschädigungszahlungen grosse Mengen an Bauland, welche zur Ankurbelung der Wirtschaft billig weitergegeben wurden.

¹⁷ Dieser Standort ist einer der drei vorgeschlagenen Standorte zur Errichtung eines HAA-Lagers.

Neben dem potentiellen Standort im Zürcher Weinland wurde kürzlich auch eine Studie über die möglichen Folgen eines Endlagers in der Region Niederamt, Kanton Solothurn verfasst [vgl. Bernasconi et al. (2010)]. Ähnlich wie bei den anderen Untersuchungen vermuten die Autoren auch hier keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Bau eines Lagers und den Immobilienpreisen. Mit den erhaltenen Abgeltungen für eine Anlage würden jedoch die öffentlichen Finanzen der Gemeinden profitieren, was positive Auswirkungen auf die Infrastruktur und die Steuerfüsse haben könnte. Durch die steigende Wohnattraktivität wäre folglich ein Anstieg der Liegenschafts- und Bodenpreise denkbar.¹⁸

Eine erstaunliche Erkenntnis zu einem geplanten Endlager finden Smolen, Moore und Conway (1992) bei ihren Untersuchungen im US-Bundesstaat Ohio. Bereits die Ankündigung des Baus rief in der betroffenen Region einen signifikanten Rückgang der Immobilienpreise hervor. Nach massiven Protesten der Bevölkerung kam das Projekt jedoch zum Erliegen. Die Preise korrigierten wieder auf das ursprüngliche Niveau und lieferten somit einen Beweis für die Effizienz des lokalen Häusermarktes.

2.4 Erkenntnisse zu weiteren Immissionsarten

Die soeben erwähnte Studie hat neben dem geplanten Tiefenlager auch eine chemische Mülldeponie untersucht. Die Autoren kamen dabei zum Schluss, dass die Distanz zur Deponie beträchtliche Veränderungen der Immobilienpreise zur Folge hatte. In unmittelbarer Nähe zur Anlage wurde pro zusätzliche Meile Abstand ein Preisaufschlag von \$14'200 bezahlt. Interessanterweise galt diese Erkenntnis allerdings nur für einen beschränkten Umkreis. Ab einer Distanz von 2.6 Meilen zur Deponie nahm der Effekt merklich ab und ein signifikanter Einfluss war nicht mehr nachzuweisen. Dieses Phänomen wird in der englischsprachigen Literatur als „*out of sight, out of mind*“ bezeichnet, was darauf schliessen lässt, dass die Sichtbarkeit der Anlage ein zentrales Kriterium bei der Preisfrage darstellt.

Eine ähnliche Erklärung lieferten Donald H. Bleich et al. (1991) für ihre Ergebnisse zu den Immissionen einer Mülldeponie im Raum Los Angeles. Sie erkannten keinen negativen Einfluss auf die Häuserpreise und begründeten dies mit dem unauffälligen Design und der guten Bewirtschaftung der Anlage.

¹⁸ Diese Studie wurde an der Fachhochschule Nordwestschweiz erstellt. Aufgrund ihrer Aktualität fand die Publikation in der Schweizer Presse grosse Aufmerksamkeit.

Mc Cluskey und Rausser (2000) hoben hingegen das Image der Anlage bei der Bevölkerung in den Vordergrund. Während für eine Deponie in Texas über Jahre hinweg keine Auswirkungen auf die Immobilienwerte ersichtlich waren, änderte sich dies schlagartig, als die Behörden die Anlage auf die „*National Priority List*“ für gefährliche Standorte setzten. Die Untersuchungen von Farber et al. (1996) führten zur selben Schlussfolgerung, wobei ihre Studie neben Mülldeponien auch verseuchte Zonen und Elektrizitätswerke beinhalteten. Durch das steigende Risikobewusstsein bei den Anwohnern führte eine Aufnahme in die Gefahrenliste zu einem stärkeren Preisabfall als bei vergleichbaren Einrichtungen ohne Listung. Die Autoren fanden allerdings auch Evidenz, dass dieser Effekt nach erfolgreicher Sanierung und Dekontamination des Gebietes wieder verschwand.

Im Bereich der Lärmimmissionen wurde in der Literatur speziell der Zusammenhang zwischen Fluglärm und Immobilienpreisen ausführlich behandelt. Bereits vor 30 Jahren lieferte Jon Nelson eine umfangreiche Studie zu sechs Grossstädten in den USA. Sein hedonisches Modell basierte auf den gemessenen Lärmwerten für eine Stichprobe von 845 Liegenschaften. Ab einer gewissen Grenze zeigte sich pro zusätzlichem Dezibel (dB) Lärmimmissionen ein Preisabschlag von ungefähr 0.5%. Zudem stellte der Autor seine Ergebnisse einer Meta-Analyse aus zwölf anderen angelsächsischen Studien gegenüber. Auch für die betroffenen Häuser in diesen Regionen fanden sich ähnliche Resultate, wobei die Preiseffekte tendenziell leicht höher ausfielen.

Über zwanzig Jahre später erweiterte Nelson seinen Untersuchungshorizont auf 33 Schätzungen zu verschiedenen Flughäfen in Nordamerika. Weder die neu analysierten Gebiete noch die zeitliche Komponente führten dabei zu bedeutenden Unterschieden im Vergleich zu der ersten Studie. Weiterhin konnte in den USA durchschnittlich ein lärmbedingter Discount auf Immobilienpreisen von knapp 0.6%, in Kanada von 0.8% bis 0.9% pro dB beobachtet werden.¹⁹

Randall Bell (2001) versuchte in seiner Studie für die amerikanische Luftfahrtbehörde FFA zudem die Auswirkungen von Fluglärm auf unterschiedliche Wohnregionen und Immobilientypen aufzuzeigen. Einerseits kam er zum Schluss, dass die Liegenschaftswerte in ländlichen Gegenden und Vororten stärker betroffen waren als in städtischen Gebieten. Andererseits fielen die prozentualen Wertebussen bei teuren Liegenschaften höher aus als bei leicht erschwinglichen Objekten.

¹⁹ Vgl. Nelson (2004), S. 15ff.

Auch für die Schweiz liegen verschiedene Studien zu der Fluglärmproblematik vor. Im Vergleich zu den internationalen Studien weisen die Immissionen dabei eine noch höhere Bedeutung auf. Marco Salvi (2008) beispielsweise hat in Zusammenarbeit mit der Zürcher Kantonalbank (ZKB) die Auswirkungen auf den Grossraum Zürich untersucht. Sobald ein bestimmter Grenzwert im Lärmniveau überschritten wurde, konnte ein negativer Preiseffekt von knapp 1% pro zusätzlichem Dezibel Fluglärm festgestellt werden.²⁰ Für die Region Genf fielen die Ergebnisse sehr ähnlich aus. Andrea Baranzini und José Ramirez (2005) kamen bei ihren Untersuchungen in der Peripherie des Flughafens Genève-Cointrin ebenfalls auf einen Preisrückgang von etwa 1% pro Dezibel. Im Gegensatz zur Studie der Deutschschweiz befassten sich die Autoren allerdings nicht mit den Wertebussen bei Einfamilienhäusern, sondern bei Mietwohnungen. In einem zweiten Teil wurde die Studie zudem noch auf alle Lärmeinflüsse und den ganzen Kanton Genf ausgeweitet.²¹ Die gefundenen Resultate standen, mit einer Wertminderung von 0.7% pro dB, im Einklang mit den Erkenntnissen der Fluglärmstudien.

Generell lässt sich feststellen, dass in der Literatur zu Lärmimmissionen ein Konsens besteht. Ein erhöhtes Lärmaufkommen wirkt sich nachweislich negativ aus und reduziert den Wert einer Immobilie. Die Forschungsergebnisse bezüglich KKW und TL liefern hingegen widersprüchliche Aussagen. Offenbar ergeben sich für dieses Untersuchungsgebiet mehrere Diskussionspunkte. Einerseits konnte sich soweit noch kein methodisches Verfahren durchsetzen, welches die Problematik vollständig und zufriedenstellend abbilden würde. Andererseits scheint es schwierig, die ideellen Immissionen korrekt zu quantifizieren und in ein bestehendes Modell zu implementieren.

²⁰ Die Wichtigkeit dieser Ergebnisse zeigt sich nicht zuletzt bei den Gerichtsverfahren zur Thematik „Minderwert von selbstgenutzten Liegenschaften durch Fluglärm“ (Miflu). Gemäss Bundesgerichtsentscheid (BGE 134 II 145) vom 14. April 2008 ist die Flughafenbetreiberin *unique zurich airport Flughafen Zürich AG* verpflichtet, den Hauseigentümern der Gemeinde Opfikon Entschädigungen für die erlittenen Wertebussen infolge der gestiegenen Lärmimmissionen zu leisten. Per 28. Januar 2011 wurde vom Bundesverwaltungsgericht zudem ein ähnlicher Antrag bezüglich Mehrfamilienhäusern gutgeheissen.

²¹ Bei dieser Untersuchung, bestehend aus über 13'000 Beobachtungen, wurden z.B. auch Lärmimmissionen des Strassen- und Schienenverkehrs berücksichtigt.

TEIL II: Empirische Untersuchung

Der folgende empirische Teil hat deshalb zum Ziel, die erkannten Probleme aufzugreifen und einen angepassten Lösungsansatz aufzuzeigen. Der Schwerpunkt in den kommenden Ausführungen liegt auf den Bereichen Datengrundlage, Methodik und Spezifizierung der AKW-relevanten Variablen. Basierend auf diesen Kapiteln ergeben sich die präsentierten Ergebnisse und Schlussfolgerungen, welche letztlich Klarheit geben sollen, ob die Hypothese aus Kapitel 1.3 abzulehnen ist oder nicht.

3. Datengrundlage

Damit aussagekräftige Resultate überhaupt möglich werden, kommt dem Datensatz zentralen Charakter zu. Im vorliegenden Fall stützen sich die Analysen auf effektiven Transaktionsdaten von Wohnliegenschaften im Zeitraum zwischen 1981 und 2007. Die Daten stammen von diversen Finanz- und Kreditinstituten und wurden mit zusätzlichen Informationen des Bundesamts für Statistik (BFS) und anderen Ämtern ergänzt.²² Aus Gründen der Übersichtlichkeit beschränken sich die Untersuchungen im Folgenden auf den Bereich der Einfamilienhäuser. Die verwendeten Ansätze könnten jedoch erweitert und bei anderen Immobilienformen wie Eigentumswohnungen oder Renditeliegenschaften angewendet werden.

Für eine aussagekräftige Analyse der Stichprobe stellt die Qualität der Inhalte ein wichtiges Kriterium dar. Im vorliegenden Fall wurden für jede Transaktion über 70 Variablen erfasst und auf offensichtliche Fehler und Ausreisser überprüft. Beispielsweise wurden nur Objekte mit einbezogen, welche zum Zeitpunkt der Transaktion höchstens zwölftehalb Zimmer und einen Marktpreis zwischen CHF 50'000 und CHF 15 Millionen aufwiesen. Weiter hatte die Raumhöhe zwischen 2 und 12 Metern zu liegen, die Mindestwohnfläche mehr als 25 m² zu betragen und das Volumen 100 m³ zu übersteigen. Ebenso eliminiert wurden diejenigen Häuser, die vor dem 18. Jahrhundert gebaut wurden, kein Badezimmer besaßen oder deren Mindestdistanz zu einem Schweizer KKW aufgrund einer fehlerhaften Geokodierung mehr als 200 Kilometer betrug. Nach Weglassen der betroffenen Beobachtungen reduzierte sich der Datensatz auf ungefähr 36'600 Transaktionen.

²² Die hinzugefügten Angaben beziehen sich mehrheitlich auf die Wohnlage und beinhalten verschiedene gemeindespezifische Merkmale wie Steuerbelastung, Bevölkerungsentwicklung usw.

Im Gegensatz zu den bisherigen empirischen Studien steht dieser Arbeit damit eine grössere Datenmenge zur Verfügung.²³ Dies hat den Vorteil, dass statistisch präzise Aussagen mit einer geringen Fehlerwahrscheinlichkeit ermöglicht werden. Die beobachteten Handänderungen stammen aus der gesamten Schweiz und verteilen sich folgendermassen auf die jeweiligen Kantone:

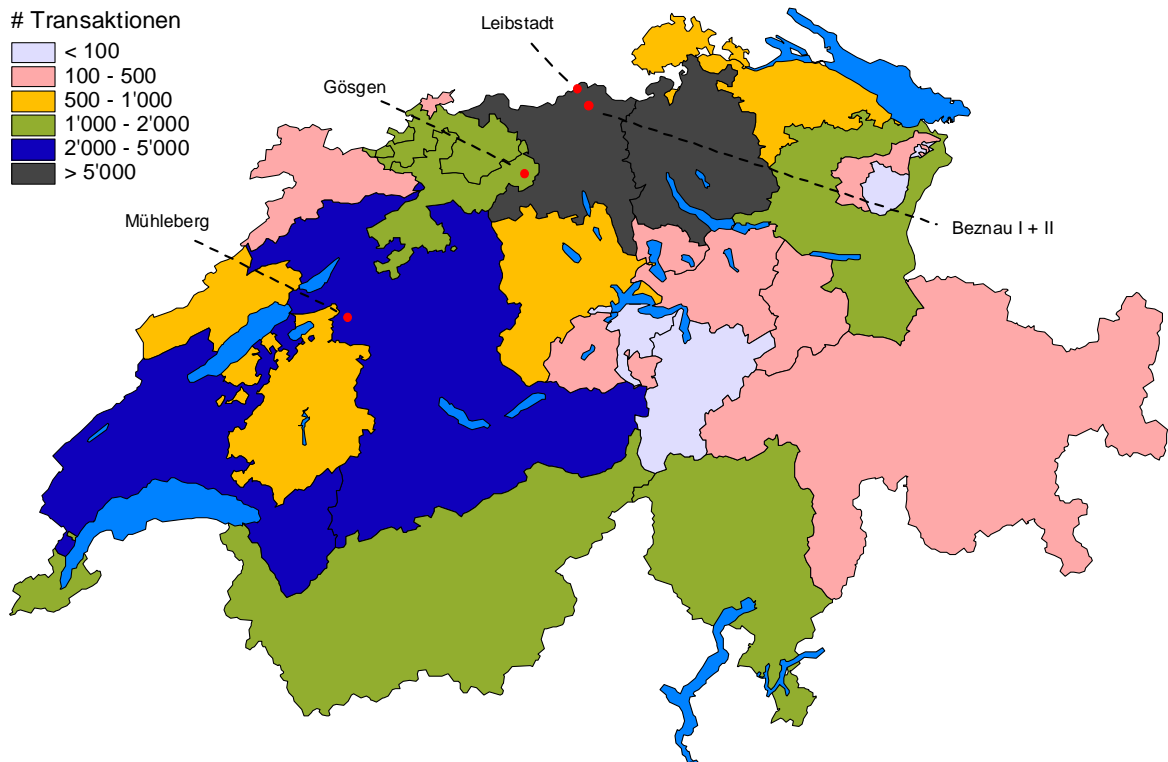


Abbildung 3-1: Geographische Herkunft der Daten

Wie in der Graphik ersichtlich, fliessen aus den Kantonen Zürich, Aargau und Bern am meisten Beobachtungen in die Stichprobe ein.²⁴ Diese Tatsache ist insofern von Bedeutung, da sich alle Schweizer Kernkraftwerke entweder in oder in unmittelbarer Nähe zu den besagten Kantonen befinden. Der Datensatz liefert damit eine gute Durchmischung von Test- und Kontrollwerten. Während sich knapp 20'000 Transaktionen einigermaßen gleichmässig in einem Umkreis von 40 Kilometern um die Anlagen verteilen, liegen die restlichen Beobachtungen ausserhalb dieses Wertebereichs.²⁵

²³ Die im Kapitel 2 aufgeführten Untersuchungen zu Kernkraftwerken umfassten lediglich Stichproben zwischen 500 und 9'000 Beobachtungen.

²⁴ Anhang 1 zeigt die Verteilung über die Kantone in tabellarischer Form.

²⁵ Einen ausführlichen Überblick zu den Wertebereichen bietet die Tabelle 5-9.

4. Methodik

Nachdem die Grundzüge der Stichprobe skizziert wurden, gilt es festzulegen, wie die vorhandenen Informationen genutzt werden sollen. In der Praxis haben sich im Zusammenhang mit Immobilienbewertungen die sogenannten hedonischen Modelle als geeignete Methode etabliert. Der folgende Abschnitt erläutert deren Konzept und zeigt die Anwendung für den vorliegenden Fall auf. Im Anschluss daran werden die statistischen Verfahren der Regressionsanalyse thematisiert.

4.1 Das hedonische Modell

Ein hedonisches Modell basiert auf der Idee, dass sich jedes Gut in ein Bündel von Eigenschaften unterteilen lässt. Folglich besteht die Möglichkeit, den Preis eines Gutes implizit über die zugrundeliegenden Attribute zu erklären. In Anlehnung an Rosen (1974) kann dies formal geschrieben werden als:

$$p(x) = p(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

wobei:

p	=	Preis des Gutes
x	=	beliebiges Gut
n	=	Anzahl Eigenschaften des Gutes

Anhand des Beispiels „Automobil“ lässt sich der Zusammenhang einfach erläutern. Ein Auto besteht aus zahlreichen Einzelteilen wie Motor, Reifen, Elektronik etc., die gemeinsam den Gesamtpreis P bestimmen. Werden nun die einzelnen Elemente ihrerseits in Preis- und Eigenschaftskomponenten zerlegt, ergibt sich aus einer Umformung der oberen Gleichung das hedonische Grundmodell:²⁶

$$P = \sum_{k=0}^n (\beta_k * X_k) \quad (2)$$

wobei:

P	=	Preis des Gutes
β_k	=	Impliziter bzw. hedonischer Preis der Eigenschaft k des Gutes
X_k	=	Eigenschaft k des Gutes

²⁶ Vgl. Scognamiglio (2000), S. 43.

Mit der Aufspaltung in einzelne Terme wird jeder Eigenschaft des Gutes X ein impliziter Preis zugeordnet. Für die Ermittlung des Gesamtwerts sind somit einzig die Preiskoeffizienten mit den betreffenden Eigenschaften zu multiplizieren und anschliessend aufzusummieren.

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs in Bezug auf Immobilien werden sofort die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Methode ersichtlich. Sind die kritischen Hauseigenschaften und deren implizite Preise bekannt, lässt sich der Wert einer beliebigen Liegenschaft bestimmen. Wie diese Eigenschaften genau zu definieren und die dazugehörigen Koeffizienten zu berechnen sind, wird später gezeigt. Grundsätzlich können die in das Immobilien-Modell einflussenden Attribute jedoch in drei Hauptkategorien unterteilt werden:²⁷

Die *Liegenschaftsmerkmale* gehen auf die konkreten Eigenschaften eines Gebäudes ein. Beispielsweise beschreiben sie die Grösse, das Alter oder die Bauqualität einer Liegenschaft. Desweiteren fallen aber auch Aspekte wie die Anzahl Badezimmer, das Vorhandensein einer Bodenheizung oder eine kürzlich vorgenommene Renovation in diesen Bereich. Die verschiedenen Attribute der Kategorie werden im Folgenden unter dem Begriff „*BUILD*“ zusammengefasst.

Die *Lagemerkmale* ihrerseits beschreiben die Einflussfaktoren, welche vom Standort einer Liegenschaft und der entsprechenden Gemeinde ausgehen. Der Bereich umfasst damit sehr weitreichende Dinge wie zum Beispiel die Qualität des Quartiers, den Effekt von Strassenlärm oder die Entfernung zum nächsten Grosszentrum. Auch sozioökonomische Elemente wie die Bevölkerungsdichte oder die Steuerbelastung einer Gemeinde sind Teil dieser Kategorie. Als Überbegriff wird die Gruppe dieser Elemente im weiteren Verlauf mit „*MAKRO*“ bezeichnet.

Die (vorerst) letzte Kategorie beinhaltet alle *anderen Merkmale*, die nicht direkt mit den Eigenschaften der Immobilie oder deren Lage in Verbindung gebracht werden können. Dazu gehören unter anderem der Zeitpunkt der Transaktion oder die Rechtsform der Vertragspartner. In der vorliegenden Arbeit beschränkt sich der Fokus auf den zeitlichen Aspekt, weshalb für diese Komponente im Anschluss die Bezeichnung „*TIME*“ verwendet wird.

²⁷ Vgl. Scognamiglio (2004), S. 52ff.

Basierend auf den methodischen Grundzügen der Gleichung (2) und den definierten Kategorien nimmt das hedonische Modell für die Bewertung von Immobilien folgende allgemeine Form an:

$$P = \sum (\beta_k * BUILD_k) + \sum (\beta_l * MAKRO_l) + \sum (\beta_m * TIME_m) \quad (3)$$

wobei:

P	=	Preis einer Immobilie
β	=	hedonischer Preiskoeffizient des jeweiligen Merkmals
$BUILD_k$	=	Liegenschaftsmerkmale
$MAKRO_l$	=	Lagemerkmale
$TIME_m$	=	Zeitmerkmale

Das Modell ermöglicht damit den Preis einer beliebigen Immobilie direkt über die dazugehörigen Merkmale zu bestimmen. Wie Scognamiglio (2000) bemerkt, liegt der grosse Vorteil dieser Methode in der objektiven und kostengünstigen Anwendung. Während andere Bewertungsformen wie z.B. die Marktvergleichs- oder die Realwertmethode für jede Schätzung einen grossen Aufwand mit sich bringen, führt das hedonische Modell innert Kürze zu einem verlässlichen Resultat. Verlässlich deshalb, weil die einzelnen Attribute der Gleichung eindeutig definiert sind und keine subjektiven Ermessensspielräume zulassen. Voraussetzung für eine präzise Schätzung ist allerdings die korrekte Spezifizierung des Modells und der entsprechenden Parameter.²⁸

Im Amerikanischen Raum hat sich der hedonische Ansatz bereits in den 50er Jahren etabliert. Neben der Bewertung von Liegenschaften wurden auch Automobil- oder Rohstoffpreise nach dieser Methode bestimmt. Im Schweizer Immobiliensektor ist die Anwendung auf die Einführung der *IAZI*-Bewertungstools 1994 zurückzuführen. Seit diesem Zeitpunkt werden die Transaktionsdaten verschiedenster Liegenschaftsformen systematisch gesammelt und ausgewertet. Die laufend aktualisierten Modelle ermöglichen damit präzise Preis- und Renditeaussagen und leisten einen wertvollen Beitrag zur Markttransparenz.

²⁸ Dies bedingt im Vorfeld eine umfangreiche Datenerhebung, die unter Umständen hohe Kosten mit sich bringt.

Wird auf das Modell aus Gleichung (3) zurückgegangen, stellt sich die Frage, wie der Einfluss der nuklearen Anlagen auf das Preisniveau gemessen werden kann. Grundsätzlich stellen die AKW-Eigenschaften einen Teil der Kategorie „Lagemerkmale“ dar. Für die vorliegende Studie werden sie jedoch gesondert betrachtet und als zusätzlicher Term mit der Bezeichnung „AKW“ aufgeführt. Ohne an dieser Stelle auf die konkreten Ausprägungen der Komponente einzugehen, sieht das erweiterte Modell wie folgt aus:

$$P = \sum (\beta_k * BUILD_k) + \sum (\beta_l * MAKRO_l) + \sum (\beta_m * TIME_m) + \sum (\beta_n * AKW_n) \quad (4)$$

wobei:

P	=	Preis einer Immobilie
$\beta_$	=	hedonischer Preiskoeffizient des jeweiligen Merkmals
$BUILD_k$	=	Liegenschaftsmerkmale
$MAKRO_l$	=	Lagemerkmale
$TIME_m$	=	Zeitmerkmale
AKW_n	=	AKW-relevante Merkmale

Der Wert einer Liegenschaft setzt sich demnach aus verschiedenen Liegenschafts-, Lage-, Zeit-, und AKW-Merkmalen zusammen. Je nach Vorzeichen der Beta-Koeffizienten kann eine Eigenschaft den Gesamtpreis positiv oder negativ beeinflussen. Aus Vertraulichkeitsgründen dürfen die Details zu den ersten drei Elementen in dieser Arbeit nur beschränkt offengelegt werden. Eine präzise Auflistung der generierten AKW-Variablen folgt im Abschnitt 5.3.

Wie bereits vorgängig erwähnt, sind zur erfolgreichen Anwendung der hedonischen Methode zwei Bedingungen zu erfüllen. Zum Einen müssen die ausschlaggebenden Eigenschaften erkannt und sinnvoll modelliert werden. Ist diese Anforderung erfüllt, gilt es zum Anderen die impliziten Preise, also die Beta-Koeffizienten, statistisch korrekt zu ermitteln. Um diese beiden Schritte zu vollziehen, wird eine Regressionsanalyse durchgeführt. Der folgende Abschnitt geht auf deren Funktionsweise ein und erläutert das gewählte Verfahren.

4.2 Regressionsverfahren

Das Ziel einer Regressionsanalyse liegt darin, mittels statistischem Verfahren den Einfluss einer Variable X auf eine Variable Y zu untersuchen. Das bekannteste Verfahren zur Schätzung des Zusammenhangs stellt die sogenannte „Ordinary Least Squares“-Methode, kurz „OLS“-Methode genannt, dar.

4.2.1 OLS-Schätzung

Die Grundidee der OLS-Methode basiert auf einem linearen 2-Faktoren-Modell, welches folgende Form annimmt:

$$Y = \beta_0 + (\beta_1 * X) + \varepsilon \quad (5)$$

wobei:

Y	=	abhängige Variable
β_0	=	Achsenabschnitt
X	=	unabhängige Variable
β_1	=	Regressionskoeffizient
ε	=	Fehlerterm

Wie zu sehen ist unterstellt das Modell den Variablen X und Y einen linearen Zusammenhang. Um vom einen auf den anderen Wert schliessen zu können, wird einzig eine Angabe zur Steigung β_1 (und zum Achsenabschnitt β_0) benötigt. Soweit hat die Gleichung grosse Ähnlichkeit zu den hedonischen Modellen.

Der entscheidende Unterschied zu den bisherigen Gleichungen zeigt sich im Fehlerterm ε . Da in der Praxis nie ein perfekt linearer Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, gilt es bei der Schätzung der Regressionskoeffizienten die Abweichungen mit einzubeziehen. Die OLS-Methode tut dies so, dass die Summe der quadrierten Fehlerterme, auch Residuen genannt, minimiert wird.²⁹ Bildlich wird also eine Linie in die Datenwolke gelegt, die einen möglichst geringen Abstand zu den effektiven Werten aufweist. Dieses Prinzip hat nicht nur für den zweidimensionalen Raum Gültigkeit, sondern kann auf beliebig viele Ebenen ausgeweitet werden.

²⁹ Daher stammt auch der Name „OLS“, zu deutsch: Kleinst-Quadrat-Schätzer.

Damit das Verfahren zu einer präzisen Schätzung führt, gilt es bezüglich der Ausgestaltung verschiedene Annahmen zu berücksichtigen.³⁰ Einerseits muss das Modell linear in den Parametern sein und eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit betrachten. Andererseits haben die Residuen normalverteilt zu sein und einen Mittelwert von Null aufzuweisen. Schliesslich wird den verschiedenen Variablen perfekte Multikollinearität untersagt, d.h. sie dürfen nicht in exakter Abhängigkeit zu anderen Variablen stehen. Unter diesen Bedingungen wird der OLS-Schätzer als unverzerrt und erwartungstreu bezeichnet.

4.2.2 Robuste Regression

Obwohl die OLS-Methode weit verbreitet ist, weist sie gewisse Schwachstellen auf. Beispielsweise wird jeder Beobachtung, unabhängig ihrer Ausprägungen, das gleiche Gewicht beigemessen. Liegen aussergewöhnliche Werte, also solche mit grossen Residuen vor, kann dies zu Verzerrungen in den Schätzern führen. Um diese Problematik zu umgehen, macht die vorliegende Studie vom Konzept der robusten Regression Gebrauch. Dabei wird ein iteratives Verfahren angewendet, welches Ausreisser identifiziert und ihnen ein geringeres Gewicht zuordnet. Das schrittweise Vorgehen sorgt zudem dafür, dass Variablen ohne Aussagekraft laufend aus dem Modell ausgeschieden werden. Somit bleiben im Endmodell einzig diejenigen Faktoren übrig, welche einen signifikanten Einfluss auf die zu erklärende Variable ausüben.

Die Folge dieser beiden Massnahmen zeigt sich in der Qualität des untersuchten Modells. Weil die Summe der quadrierten Fehlerterme reduziert wird, erhöht sich die Präzision der Ergebnisse. Erkennbar wird dieser Effekt im sogenannten Bestimmtheitsmass R^2 . Dieser Wert gibt Aufschluss, welchen Anteil des beobachteten Effekts auf die Y-Variable von den unabhängigen X-Variablen ausgeht. Je höher der Wert, desto geringer ist der Einfluss der Residuen und desto besser die Spezifizierung der untersuchten Parameter. Damit allerdings die Regressionskoeffizienten interpretiert werden können, muss ersichtlich sein, was genau mit dem statistischen Modell getestet wird.

³⁰ Vgl. Wooldridge (2009), S. 47ff.

5. Variablen

Ausgehend vom bestehenden Datensatz und den methodischen Hintergründen gibt dieses Kapitel Aufschluss darüber, welche spezifischen Charakteristiken die Variablen im folgenden Regressionsmodell aufweisen. Als Erstes wird die Verteilung der untersuchten Liegenschaftspreise dargelegt. Der zweite Abschnitt behandelt die in der Praxis bewährten Kategorien „*BUILD*“, „*MAKRO*“ und „*TIME*“. Im dritten Teil werden die Überlegungen zu den AKW-Eigenschaften erläutert und die Verfahren zur Generierung der Variablen aufgezeigt. Schliesslich führt der vierte Abschnitt die Teilbereiche zusammen und formuliert das vollständige Regressionsmodell.

5.1 Preis-Variable

Da die Studie Aussagen über die Wertentwicklung von Immobilien ermöglichen soll, stellt der Transaktionspreis ein zentrales Element der Untersuchungen dar. Er wird deshalb bei der Analyse der 36'600 Beobachtungen als abhängige Variable modelliert und nimmt folgende Verteilung an:

<i>Erklärte Variable</i>	<i>Minimum</i>	<i>Median</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>
Transaktionspreis in CHF	50'001	670'000	14'250'000	775'734	538'554

Tabelle 5-1: Deskriptive Statistik der Transaktionspreise

Wie in der Tabelle zu erkennen ist, weist das teuerste Einfamilienhaus in der Stichprobe einen Wert von über vierzehn Millionen Schweizer Franken auf. Bei der Hälfte der Beobachtungen beträgt der Transaktionspreis 670'000 Franken oder weniger, was im Medianpreis ersichtlich wird. Da es sich um eine stark rechtsschiefe Verteilung handelt, ist der Informationsgehalt der Standardabweichung limitiert.³¹ Anhand der Analyse des Datensatzes lässt sich aber feststellen, dass 66% der Liegenschaften zwischen 0.5 und 1.2 Millionen Schweizer Franken gehandelt wurden.

5.2 Erklärende Variablen

Die klassischen Einflussfaktoren für die Bewertung von Immobilien können wie gesehen in die Bereiche Liegenschafts-, Lage- und Zeitmerkmale unterteilt werden. Je nach Kategorie setzen sich einzelne Variablen aus Interaktionen verschiedener Elemente zusammen, was die Interpretation des ausgewiesenen Werts schwierig macht.

³¹ Unter der Annahme der Normalverteilung liegen 68% der Beobachtungen zwischen dem Mittelwert +/- der Standardabweichung.

Intuitiv am verständlichsten scheinen die jeweiligen Gebäudeeigenschaften. Die durchschnittliche Wohnfläche der untersuchten Liegenschaften liegt beispielsweise bei 160m². Das mittlere Haus besteht aus fünfeneinhalb Zimmern, zwei Badezimmern und wurde im Jahr 1984 gebaut.³² Die folgende Tabelle gibt exemplarisch einen Überblick über einige Variablen der „*BUILD*“-Kategorie:

<i>"BUILD"-Variable</i>	<i>Minimum</i>	<i>Median</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>
Grundstücksfläche in m ²	24	544	9'855	681	590
Wohnfläche in m ²	25	149	999	160	60
Gebäudevolumen in m ³	105	785	5'980	854	354
Anzahl Zimmer	1.0	5.5	12.5	5.8	1.4
Anzahl Badezimmer	1.0	2.0	8.0	2.0	0.6
Alter des Objekts in Jahren	0	23	307	34	40

Tabelle 5-2: Deskriptive Statistik der Liegenschaftsmerkmale

Die Kategorie „*MAKRO*“ beinhaltet insgesamt über 40 Lagemerkmale und umfasst ein breites Spektrum an Bevölkerungs- und Gemeindeinformationen, auf welche im Folgenden aus erwähnten Gründen nicht weiter eingegangen wird.

Um den zeitlichen Aspekt einer Transaktion abzubilden, wurden für den Zeitraum 1981 bis 2007 sogenannte Dummy-Variablen eingeführt. Jede Variable entspricht einem spezifischen Jahr und nimmt bei Eintreffen der Bedingung den Wert Eins an. Hat die Transaktion in einem anderen als dem definierten Jahr stattgefunden, liefert die betreffende Variable den Wert Null. Auf diese Weise wird jeder Beobachtung ein bestimmtes Jahr zugeordnet.³³ In der folgenden Tabelle ist die Funktionsweise des Konzepts ersichtlich:

<i>Dummy-Variable</i>	<i>Jahr</i>	<i>Ausprägung = 1</i>
DTY26	2007	falls die Transaktion im Jahr 2007 stattgefunden hat; (sonst 0)
DTY25	2006	falls die Transaktion im Jahr 2006 stattgefunden hat; (sonst 0)
⋮	⋮	⋮
DTY02	1983	falls die Transaktion im Jahr 1983 stattgefunden hat; (sonst 0)
DTY01	1982	falls die Transaktion im Jahr 1982 stattgefunden hat; (sonst 0)

Tabelle 5-3: Logik der Zeit-Dummies

³² Die Variable Alter bezieht sich gemäss Normierung auf das Jahr 2007. Der Wert der ältesten Beobachtung aus der Tabelle 5-2 repräsentiert somit das Baujahr 1700.

³³ Eine vollständige Auflistung der Anzahl Beobachtungen pro Dummy findet sich im Anhang 2.

5.3 AKW-Variablen

Um die zentrale Fragestellung der Arbeit beantworten zu können, wird der Fokus nun auf die Modellierung der AKW-Variablen gerichtet. Anhand dieser soll schliesslich geklärt werden, ob das Vorhandensein eines Kernkraftwerks den Preis der umliegenden Immobilien beeinflusst oder nicht.

Wie die Erkenntnisse der Literatur zeigen, stellt die saubere Abbildung der preisrelevanten Immissionen eine grosse Schwierigkeit dar. Anhand der täglichen Messungen der nationalen Alarmzentrale (NAZ) ist beispielweise augenfällig, dass sich die Radioaktivität in Regionen mit Nuklearanlagen nicht vom Rest der Schweiz unterscheidet. Aufgrund der geologischen Bodenzusammensetzung und Intensität der Niederschläge weisen Stationen im Alpenraum sogar deutlich höhere Messwerte auf.³⁴ Auch für eine isolierte Betrachtung von anderen Einwirkungen in Abhängigkeit der Nuklearanlagen ergeben sich verschiedene Probleme.

Die vorliegende Studie verfolgt deshalb den Ansatz, die Auswirkungen der Kernkraftwerke über den Aspekt „Risiko“ zu modellieren. Trotz immenser Sicherheitsvorkehrungen kann ein technisches oder menschliches Versagen jederzeit zu einem Unglück führen. Zudem gelten nukleare Einrichtungen auch immer als mögliche Ziele für terroristische Aktivitäten. Sollte der Katastrophenfall eintreffen, wären Liegenschaften in der Nähe einer Anlage schneller und stärker von den Folgen betroffen. Diese Tatsache ist den Hausbesitzern bewusst und kann deren subjektive Zahlungsbereitschaft beeinflussen. Infolgedessen scheint es sinnvoll, die Gefahr eines KKW über eine Distanzvariable zu untersuchen.³⁵ Wird zusätzlich davon ausgegangen, dass bei einem Unfall die Menge der freigesetzten Radioaktivität im Zusammenhang mit den Uran-Beständen steht, muss dem Leistungsniveau der Anlagen ebenfalls Rechnung getragen werden. Dieser Aspekt fliesst in eine konstruierte Potential-Variable ein.

Die kommenden Abschnitte zeigen die konkreten Schritte, welche für die Generierung der Variablen angewendet wurden. Die relevanten Ergebnisse aus den Berechnungen werden sowohl am Beispiel der Schweizer Gemeinden als auch an der Stichprobe der Einfamilienhäuser aufgezeigt.

³⁴ Vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2011b).

³⁵ Als Nebeneffekt dieser Modellierung wird damit auch der Sichtbarkeit der Anlagen Beachtung geschenkt. Im Vergleich zu den Auswirkungen eines Störfalls beschränken sich die optischen Beeinträchtigung aber auf einen relativ kleinen Bevölkerungsteil.

5.3.1 GIS-Kodierung

Als Basis für die Berechnung von Distanzen müssen in einer ersten Phase die genauen Koordinaten der betreffenden Standorte bekannt sein. Zur Lokalisierung dieser Orte wird in der Regel von einem geographischen Informationssystem (GIS) Gebrauch gemacht. Nach Eingabe der Adress- oder Ortschaftsdaten liefert das System die gesuchten Werte als Vektoren in metrischer Form. Während die X-Koordinate den Breitengrad wiedergibt, wird der Längengrad durch die Y-Koordinate definiert. Die Z-Koordinate ordnet dem Standort schliesslich eine Höhe in Metern über Meer zu. Aus diesen Angaben lässt sich jeder Punkt im dreidimensionalen Raum bestimmen. Für die Schweizer Kernkraftwerke ergeben sich damit folgende Landeskoordinaten:³⁶

<i>Kernkraftwerk</i>	<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>X-Koordinate</i>	<i>Y-Koordinate</i>	<i>Höhe in m.ü.M.</i>
Beznau I	Aargau	Döttingen	659 440	267 066	347
Beznau II	Aargau	Döttingen	659 474	267 146	347
Gösgen	Solothurn	Däniken	640 065	246 283	383
Leibstadt	Aargau	Leibstadt	656 130	272 604	342
Mühleberg	Bern	Mühleberg	587 071	202 009	560

Tabelle 5-4: Koordinaten der KKW-Standorte

Analog zum Vorgehen für die KKW kann das GIS-Verfahren ebenso für die Bestimmung der Gemeindekoordinaten genutzt werden. Beispielhaft liefert die folgende Tabelle einen Ausschnitt über die entsprechenden Werte. Die Angaben beziehen sich jeweils auf das geographische Zentrum der 2'640 Schweizer Gemeinden:³⁷

<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Postleitzahl</i>	<i>X-Koordinate</i>	<i>Y-Koordinate</i>	<i>Höhe in m.ü.M.</i>
Aargau	Aarau	5000	645 800	249 000	387
Aargau	Biberstein	5023	648 500	251 600	378
Aargau	Buchs	5033	647 600	248 700	388
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Zug	Unterägeri	6314	686 900	221 300	726
Zug	Walchwil	6318	681 700	217 200	446
Zug	Zug	6300	681 800	224 700	448

Tabelle 5-5: Koordinaten der Schweizer Gemeindezentren

³⁶ Die Studie beschränkt sich auf die inländischen KKW, weil die ausländischen Anlagen zu weit von den Schweizer Liegenschaften entfernt sind, um einen relevanten Einfluss auf die Gesamtergebnisse auszuüben.

³⁷ Vgl. Bundesamt für Landestopographie (2011).

5.3.2 Distanzberechnung

Sind sowohl die Koordinaten der KKW wie auch diejenigen der Gemeindezentren bekannt, gilt es in einer zweiten Phase die Distanzen daraus zu berechnen. Für diesen Schritt kann auf den Satz des Pythagoras zurückgegriffen werden. In Bezug auf die gegebenen Koordinaten nimmt der Gleichsatz folgende Form an:

$$Dist = \sqrt{\left(X_{AKW_i} - X_{Gde_j}\right)^2 + \left(Y_{AKW_i} - Y_{Gde_j}\right)^2 + \left(Z_{AKW_i} - Z_{Gde_j}\right)^2} \quad (6)$$

wobei:

$Dist$	=	Distanz in Meter
X_{AKW_i}	=	X-Koordinate des AKW Standortes i
X_{Gde_j}	=	X-Koordinate der Gemeinde j
Y_{AKW_i}	=	Y-Koordinate des AKW Standortes i
Y_{Gde_j}	=	Y-Koordinate der Gemeinde j
Z_{AKW_j}	=	Höhen-Koordinate des AKW Standortes i
Z_{Gde_j}	=	Höhen-Koordinate der Gemeinde j

Um zum gewünschten Ergebnis zu gelangen, müssen zuerst die Differenzen zwischen den Koordinaten des Kernkraftwerks und denjenigen der Gemeinde gebildet werden. Die erhaltenen Werte sind dann zu quadrieren und anschliessend aufzusummieren. Wird zum Schluss die Quadratwurzel daraus gezogen, ergibt sich das gesuchte Resultat in Meter.³⁸ Am Beispiel der Gemeinde Biberstein im Kanton Aargau sieht die Distanzberechnung zum KKW Gösgen wie folgt aus:

$$Dist_{KKG \text{ zu Biberstein (AG)}} = \frac{\sqrt{(640\,065 - 648\,500)^2 + (246\,283 - 251\,600)^2 + (383 - 378)^2}}{1000} \quad (7)$$

$$Dist_{KKG \text{ zu Biberstein (AG)}} = \sqrt{99.04} = 9.97 \text{ km} \quad (8)$$

³⁸ Um eine übersichtliche Darstellung zu gewährleisten, wurden die Ergebnisse in dieser Arbeit jeweils mit 1000 dividiert und die Kilometerwerte auf die zweite Stelle nach dem Komma gerundet.

Nach demselben Schema wurden für alle Gemeinden der Schweiz die Distanzen zum Kernkraftwerk Gösgen berechnet. Graphisch kann die Verteilung zur Anlage folgendermassen dargestellt werden:

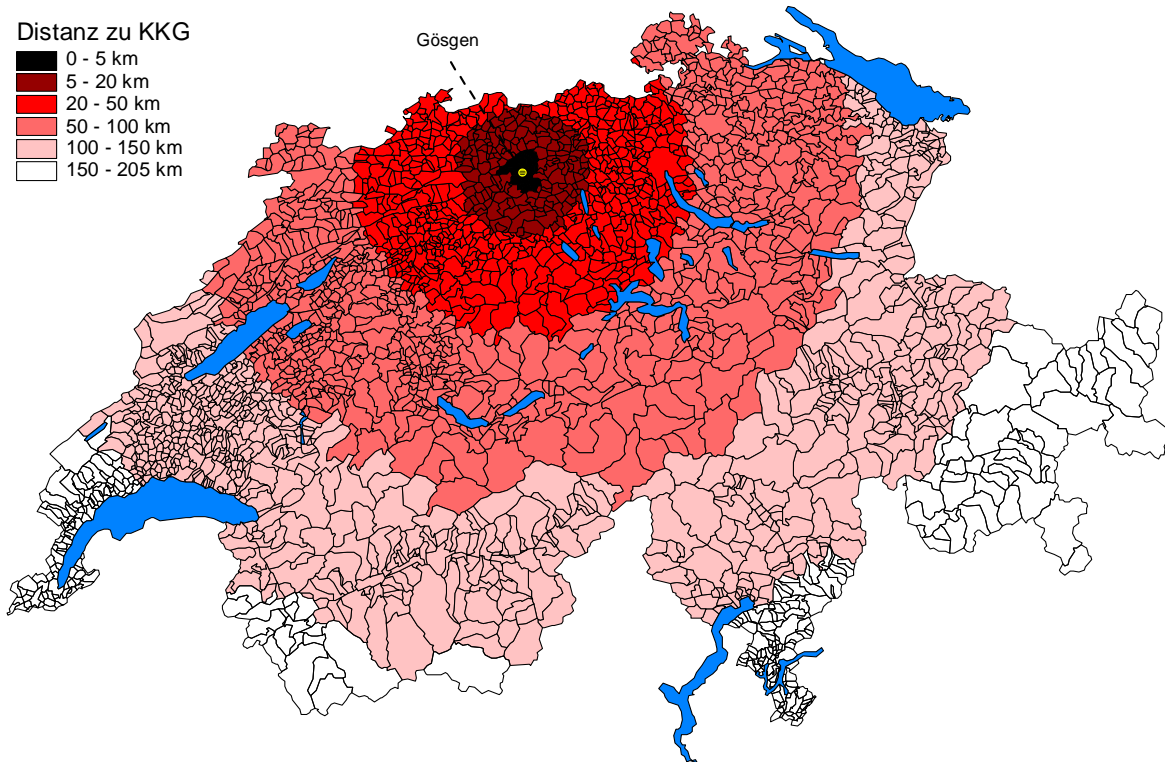


Abbildung 5-1: Distanz der Gemeinden zum KKW Gösgen

Die Graphik zeigt den Gefährdungsgrad der jeweiligen Regionen auf. Die von der NAZ definierte kritische Zone 1 (bis ungefähr fünf Kilometer vom KKW entfernt) umfasst elf Gemeinden im Kanton Solothurn.³⁹ Zum erweiterten Einzugsgebiet zwischen fünf und zwanzig Kilometern (Zone 2) gehören auch Teile der Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Luzern oder Bern. Zudem befinden sich verschiedene Klein- und Mittelzentren wie Olten, Aarau oder Zofingen in diesem Bereich.

Aufgrund der grossen Entfernung weniger stark von den Folgen eines Unfalls bei Gösgen betroffen sind generell die Alpengebiete, die Westschweiz oder die Bodenseeregion. Die hell eingefärbten Teile im Wallis, Tessin oder Graubünden weisen die grösste Distanz zur Anlage auf.

³⁹ Vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2011).

Neben dem Standort Gösgen wurden die Berechnungen auch für die Kernkraftwerke Beznau, Leibstadt und Mühleberg durchgeführt.⁴⁰ Stellvertretend für die vollständigen Ergebnisse geben die folgenden Werte einen Einblick in die erhaltenen Distanzen:

<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Entfernung zum Standort des Kernkraftwerks (in km)</i>			
		<i>Beznau</i>	<i>Gösgen</i>	<i>Leibstadt</i>	<i>Mühleberg</i>
Aargau	Aarau	22.68	6.35	25.77	75.21
Aargau	Biberstein	18.99	9.97	22.35	78.95
Aargau	Buchs	21.89	7.91	25.38	76.45
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Zug	Unterägeri	53.40	53.08	59.83	101.68
Zug	Walchwil	54.64	50.79	61.02	95.84
Zug	Zug	47.93	46.99	54.35	97.41

Tabelle 5-6: Distanzberechnung zwischen Gemeinden und KKW-Standorten

Aus der Matrix wurde für jede Gemeinde der kleinste der vier Werte extrahiert und in einer neuen Spalte abgetragen. Für die minimale Entfernung zu einem Schweizer Kernkraftwerk ergibt sich somit folgendes Bild:

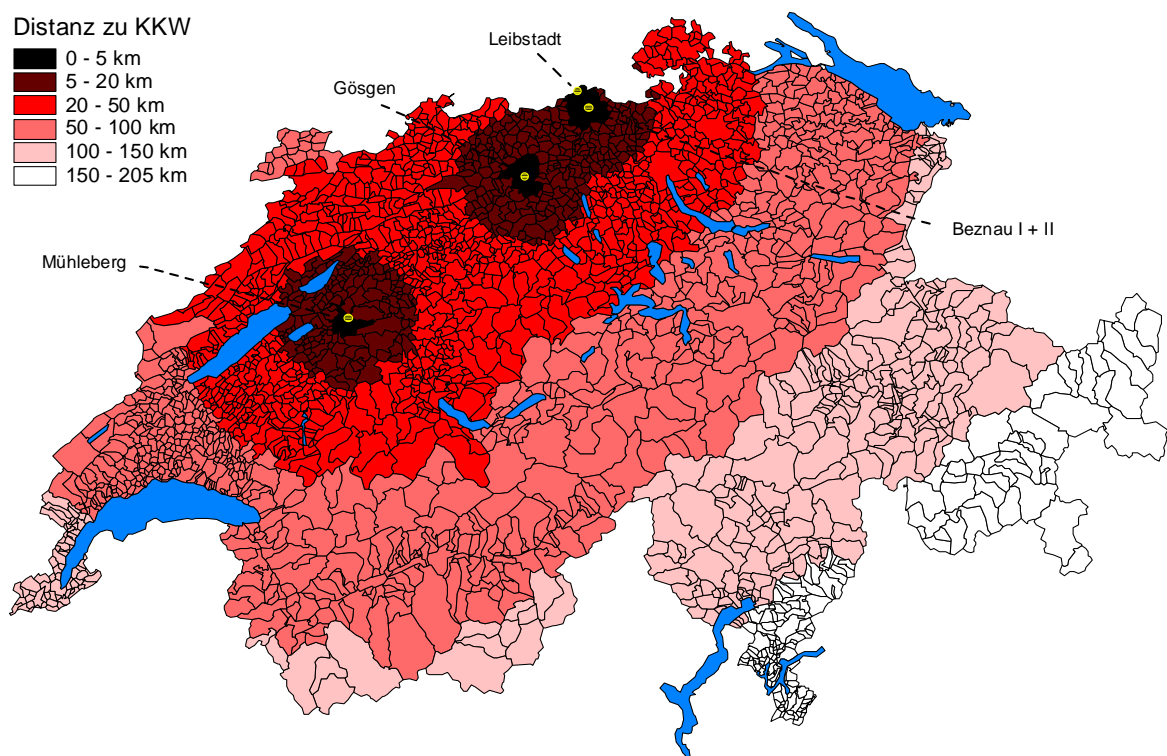


Abbildung 5-2: Minimaldistanz der Gemeinden zum nächsten KKW

⁴⁰ Die beiden Anlagen Beznau I und Beznau II wurden aus praktischen Gründen als ein Standort mit den Koordinaten (659 457 / 267 106) kodiert.

In Bezug auf die Stichprobe mit den 36'600 Transaktionen wurde das Rechnungsverfahren leicht abgeändert. Da aus Anonymitätsgründen bei einigen Transaktionen die Adresse nicht oder nur unvollständig vorlag, erfolgte die Georeferenzierung für diese Liegenschaften approximativ über das Gemeindezentrum. Zudem wurden die Höhenangaben bei den Kalkulationen weggelassen.⁴¹ Das verwendete Modell beruhte somit auf folgender Form:

$$Dist = \sqrt{(X_{AKW_i} - X_{Haus_j})^2 + (Y_{AKW_i} - Y_{Haus_j})^2} / 1000 \quad (9)$$

wobei:

- $Dist$ = Distanz in Kilometer
 X_{AKW_i} = X-Koordinate des AKW Standortes i
 Y_{AKW_i} = Y-Koordinate des AKW Standortes i
 X_{Haus_j} = X-Koordinate der Liegenschaft j
 Y_{Haus_j} = Y-Koordinate der Liegenschaft j

Nach diesem Prinzip wurde jedes Einfamilienhaus im Datensatz den vier KKW-Standorten gegenübergestellt, was zu einer Distanzmatrix von über 146'000 Einträgen führte. Die beschreibende Statistik dieser Werte ist in der folgenden Tabelle ersichtlich:

<i>Distanz-Variable (in km)</i>	<i>Minimum</i>	<i>Median</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standard-abweichung</i>
Dist KKW Beznau I + II	0.72	54.25	232.29	80.71	60.42
Dist KKW Gösgen	1.09	58.85	203.96	73.53	50.52
Dist KKW Leibstadt	1.15	59.23	233.57	84.08	59.67
Dist KKW Mühleberg	0.96	91.43	241.50	89.92	40.12

Tabelle 5-7: Deskriptive Statistik der Distanzvariablen

Beispielsweise befindet sich die Beobachtung mit der geringsten Distanz zum Kernkraftwerk Leibstadt in der Gemeinde Full-Reuenthal und ist 1.15 Kilometer von der Anlage entfernt. Die durchschnittliche Entfernung zum KKW Beznau beträgt für die untersuchten Liegenschaften rund 81 km.

⁴¹ Die daraus entstandenen Messfehler sind aufgrund ihrer Grösse und gegenseitigen Unabhängigkeit vernachlässigbar.

Aus den Distanzwerten der vorhergehenden Tabelle wurden drei Typen von Variablen als Untersuchungsgegenstand für die Nuklear-Problematik generiert: Erstens die Variable „*DistMinAKW*“, welche die Minimaldistanz von einer Liegenschaft zu einem Schweizer Atomkraftwerk angibt. Zweitens die „*DDist - Dummyvariablen*“, die den Distanzeffekt über verschiedene Intervalle messen. Drittens die Variable „*PotAKW*“, welche den Wohnobjekten ein gewisses Potential, gewichtet aus Distanz und Leistungskapazität der Kernkraftwerke, zuordnet. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, wie die einzelnen Variablen genau spezifiziert wurden.

5.3.3 Minimaldistanz-Variable

Die erste Variable „*DistMinAKW*“ ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Distanzen zu den vier AKW-Standorten. Für jede Transaktion wurde jeweils der kleinste Wert, also die minimale Entfernung zu einem Kernkraftwerk, beigezogen. Für eine Liegenschaft in Bern ist dies folglich die Distanz zum KKW Mühleberg, für eine in Olten diejenige nach Gösgen und für ein Objekt in Zürich die Entfernung zu den Anlagen in Beznau. Graphisch sind die Zusammenhänge damit praktisch identisch mit dem Gemeindebeispiel aus Abbildung 5-2. Die Stichprobenverteilung dieser Variable kann nach dem bekannten Schema dargestellt werden:

<i>Distanz-Variable (in km)</i>	<i>Minimum</i>	<i>Median</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standard-abweichung</i>
DistMinAKW	0.72	36.98	196.39	48.70	36.36

Tabelle 5-8: Deskriptive Statistik der Minimaldistanz-Variable

Die Ergebnisse der Tabelle zeigen, dass jedes Einfamilienhaus im Datensatz innerhalb von 200 Kilometern an einem Kernkraftwerk liegt.⁴² Der geringste Wert stammt aus der Gemeinde Böttstein, welche unmittelbar neben dem KKW-Standort Beznau liegt. Die durchschnittliche Entfernung zur nächstgelegenen Anlage beträgt für den vorliegenden Datensatz rund 49 km, der Medianwert 37 km. Damit befindet sich genau die Hälfte der Beobachtungen innerhalb und die andere Hälfte ausserhalb dieses Umkreises. In der Zone unter zwanzig Kilometern, welche nach den Kriterien der NAZ als speziell gefährdeten Bereich deklariert wurde, beträgt die Anzahl der Werte rund 8'000.

⁴² Die Transaktionen mit der grössten Entfernung zu einem Schweizer Kernkraftwerk befinden sich in den Gemeinden Poschiavo (GR) und Chiasso (TI).

5.3.4 Distanz-Dummies

Die Untersuchung des Zusammenhangs anhand von Intervallen basiert auf der Grundlage der soeben erläuterten Minimaldistanz. Anstelle einer Distanzangabe in Kilometern liegt die Interpretation dieser Variablen jedoch in der Beantwortung der Frage, ob das nächste KKW innerhalb einer bestimmten Bandbreite entfernt liegt oder nicht. Falls die Annahme zutrifft, nimmt die Dummyvariable den Wert Eins an. Liefert sie jedoch die Ausprägung Null, wurde die Bedingung nicht erfüllt. Eine Aussage, ob das nächstgelegene KKW (bei Wert Null) näher oder weiter als der Intervallbereich entfernt liegt, kann nicht gemacht werden. Der Vorteil dieser Modellierung besteht allerdings darin, dass der Distanz kein konstant linearer Zusammenhang unterstellt wird. Beispielsweise kann somit untersucht werden, inwiefern ein Effekt nur bis zu einem bestimmten Umkreis Gültigkeit hat.

Insgesamt wurden nach diesem Prinzip achtzehn verschiedene Dummy-Variablen konzipiert.⁴³ Die Intervall-Einteilung erfolgte in regelmässigen Schritten und vergrössert sich mit zunehmender Entfernung. Die untenstehende Tabelle gewährt einen Überblick zu den definierten Bandbreiten und gibt an, wie viele Transaktionen im jeweiligen Intervallbereich beobachtet wurden:

<i>Dummyvariable</i>	<i>Distanz (in km)</i>		<i># Werte</i>	<i>Dummyvariable</i>	<i>Distanz (in km)</i>		<i># Werte</i>
	<i>von</i>	<i>bis</i>			<i>von</i>	<i>bis</i>	
DDist0to2	0.00	2.00	61	DDist15to20	15.00	20.00	3'017
DDist2to2.5	2.00	2.50	53	DDist20to25	20.00	25.00	3'222
DDist2.5to3	2.50	3.00	65	DDist25to30	25.00	30.00	2'450
DDist3to4	3.00	4.00	91	DDist30to40	30.00	40.00	6'626
DDist4to5	4.00	5.00	132	DDist40to50	40.00	50.00	3'765
DDist5to6	5.00	6.00	324	DDist50to75	50.00	75.00	5'796
DDist6to8	6.00	8.00	569	DDist75to100	75.00	100.00	2'946
DDist8to10	8.00	10.00	728	DDist100to150	100.00	150.00	3'343
DDist10to15	10.00	15.00	2'537	DDist150to200	150.00	200.00	873
<i>alle Dummies</i>					<i>0.00</i>	<i>200.00</i>	<i>36'598</i>

Tabelle 5-9: Intervallangaben der Distanz-Dummyvariablen

Die meisten Transaktionen stammen aus den breiten Intervallen, da diese flächenmässig ein grösseres Gebiet repräsentieren. Allerdings verfügen auch die Dummyvariablen mit wenigen Beobachtungen über eine statistisch kritische Grösse.

⁴³ Für die Analyse der Ergebnisse wurden einzelne Intervallbereiche zwecks übersichtlicher Darstellung zusammengelegt.

5.3.5 Potential-Variable

Während die ersten beiden Variablen explizit den Distanzeffekt einer Anlage messen, fliesst bei der Variable „*PotDistAKW*“ ein weiterer Aspekt in die Untersuchungen mit ein: Es handelt sich dabei um das Leistungsvermögen der jeweiligen Kernkraftwerke. Die Leistungskapazität des KKW Leibstadt entspricht beispielsweise mit 1165 Megawatt (MW) mehr als der dreifachen Kapazität des KKW Mühleberg.⁴⁴ Da möglicherweise eine Anlage mit grösseren Uran-Beständen in der Bevölkerung als gefährlicher wahrgenommen wird, soll diesem Umstand mit einer unterschiedlichen Gewichtung Rechnung getragen werden.⁴⁵ Die Komponenten „Leistung der Anlage“ und „Distanz“ werden deshalb bei der Potentialberechnung wie folgt berücksichtigt:

$$Pot = \frac{Leistung\ KKB}{Dist\ KKB_i} + \frac{Leistung\ KKG}{Dist\ KKG_i} + \frac{Leistung\ KKL}{Dist\ KKL_i} + \frac{Leistung\ KKM}{Dist\ KKM_i} \quad (10)$$

wobei:

<i>Pot</i>	=	Potential
<i>Leistung KKB</i>	=	Leistung der KKW Beznau I und II, 730 MW
<i>Leistung KKG</i>	=	Leistung des KKW Gösgen, 985 MW
<i>Leistung KKL</i>	=	Leistung des KKW Leibstadt, 1165 MW
<i>Leistung KKM</i>	=	Leistung des KKW Mühleberg, 373 MW
<i>Dist KK_i</i>	=	Distanz der Gemeinde i zum jeweiligen Kraftwerk

Während bei den Distanzvariablen ein grosser Wert als „sicherer“ gilt, verhält es sich für die Interpretation dieser Variable umgekehrt. Ein hohes Potential zeigt sich nämlich für diejenigen Liegenschaften, welche in unmittelbarer Nähe zu den leistungsstarken Anlagen wie Leibstadt und Gösgen liegen. Ein tiefer Wert hingegen signalisiert eine grosse Entfernung, wobei dem Gewicht der Anlage in Mühleberg aufgrund der verhältnismässig tiefen Energieproduktion eine geringere Bedeutung zukommt.

⁴⁴ Gemäss Angaben der Kernkraftwerk Leibstadt AG betrug die Nettoenergieerzeugung des KKW Leibstadt im Jahr 2010 rund zehn Millionen Megawattstunden (MWh).

⁴⁵ Die beiden Kernkraftwerke Beznau I und II verfügen über ein Leistungsvolumen von je 365 MW und werden im Folgenden als ein Standort mit einer Gesamtkapazität von 730 MW behandelt.

Die folgende Graphik gibt Aufschluss, wie das Potential auf Gemeindeebene über die Schweiz verteilt ist:

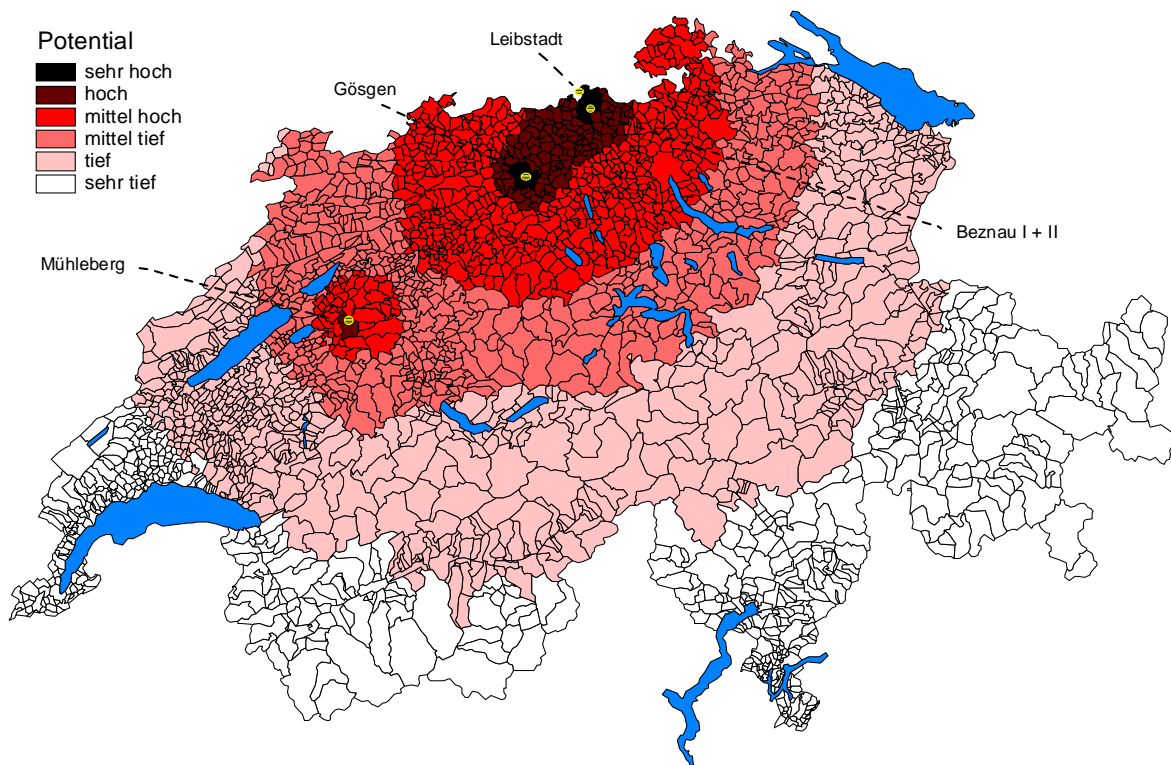


Abbildung 5-3: KKW-Potential der Schweizer Gemeinden

Sowohl die Gemeinden um die geographisch nahe beieinander liegenden Standorte Beznau und Leibstadt wie auch die Region Gösgen weisen ein sehr hohes Potential auf. Die Umgebung Bern ist hingegen mit dieser Modellierung weniger stark betroffen. Ein sehr tiefes Potential findet sich in der Genferseeregion, im Tessin oder im Bündnerland.⁴⁶

Für die einzelnen Liegenschaften aus der Stichprobe ergibt die Potentialberechnung folgende Verteilung:

<i>Potential-Variable</i>	<i>Minimum</i>	<i>Median</i>	<i>Maximum</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standard-abweichung</i>
PotAKW (Leistung & Distanz)	15.70	60.21	953.93	72.21	61.04

Tabelle 5-10: Deskriptive Statistik der Potential-Variable

Wie anhand der Betrachtung von Median und Mittelwert zu erkennen ist, sind die Werte im Datensatz rechtsschief verteilt, das heisst einige Beobachtungen besitzen im Vergleich zum Rest der Stichprobe ein aussergewöhnlich hohes Potential.

⁴⁶ Anhang 7 zeigt den Zusammenhang zwischen den absoluten Werten und der Farbeinteilung.

5.4 Das vollständige Modell

Basierend auf den Ausführungen der vorherigen Abschnitte lassen sich die bewährten Kategorien mit den Attributen der Kernkraftwerke zusammenführen und das vollständige Regressionsmodell formulieren. Die folgenden Tabellen zeigen die einzelnen Elemente des Modells auf und geben einen Überblick zu den Ausprägungen der Variablen:

<i>Linkhand-Variable</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Ausprägung</i>
PREIS	Transaktionspreis in CHF	mit Logarithmus Naturalis (LN) transformiert

Tabelle 5-11: Ausgestaltung der Preis-Variable

<i>Rechthand-Variablen</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Ausprägungen</i>
BUILD	Liegenschaftsmerkmale	~ 20 aggregierte Faktoren
MAKRO	Lagemerkmale	~ 40 aggregierte Faktoren
TIME	Zeitmerkmale	26 aggregierte Zeitdummies

Tabelle 5-12: Ausgestaltung der erklärenden Variablen

<i>AKW-Variablen</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Ausprägungen</i>	<i>erwartete(s) Vorzeichen</i>
DistMinAKW	Minimaldistanz	mit LN transformiert	+
DDist-Dummies	Distanzintervalle	18 Distanzdummies	-
PotAKW	Potential	mit LN transformiert	-

Tabelle 5-13: Ausgestaltung der AKW-Variablen

Aufgrund der individuellen Ausgestaltung der AKW-Variablen werden für die Analysen drei unabhängige Modelle benötigt. Sie unterscheiden sich jedoch einzig im letzten Term der Regressionsgleichung. Die Linkhandvariable mit dem logarithmierten Preis wie auch die Elemente „*BUILD*“, „*MAKRO*“ und „*TIME*“ bleiben für alle Versionen gleich. Zu den Standard-Variablen gilt zu sagen, dass die verschiedenen Ausprägungen einzeln berechnet und anschliessend aggregiert wurden.⁴⁷ Auf die Parameter der AKW-Variablen und deren Aussagekraft haben diese Mutationen keine Auswirkungen. Der Fehlerterm, der den unerklärten Teil des Modells darstellt, wird wie gewohnt mit ε bezeichnet.

⁴⁷ Dies hat zur Folge, dass die Koeffizienten der drei Kategorien approximativ den Wert Eins annehmen.

Das erste Modell zur reinen Distanzvariablen sieht damit wie folgt aus:

$$\begin{aligned} \text{LN (PREIS)} = & \beta_{\text{BUILD}} * \text{BUILD} + \beta_{\text{MAKRO}} * \text{MAKRO} + \beta_{\text{TIME}} * \text{TIME} + \\ & \beta_{\text{DistMinAKW}} * \text{LN (DistMinAKW)} + \varepsilon \end{aligned} \quad (11)$$

Die Transformationen der Preis- und „DistMinAKW“-Variablen wurden zwecks Verbesserung der Erklärungskraft des Modells vorgenommen, da die Logarithmierung zu einer Annäherung an die Normalverteilung führt.

Für die Untersuchung der Distanz über die Dummyvariablen nimmt die Regressionsgleichung die folgende Form an:

$$\begin{aligned} \text{LN (PREIS)} = & \beta_{\text{BUILD}} * \text{BUILD} + \beta_{\text{MAKRO}} * \text{MAKRO} + \beta_{\text{TIME}} * \text{TIME} + \\ & \sum_{k=0}^{17} (\beta_k * \text{DDist}_k) + \varepsilon \end{aligned} \quad (12)$$

Bei der Modellierung der Dummies gilt es das Prinzip der Singularität zu beachten. Da die achtzehn definierten Intervalle den Distanzbereich vollständig beschreiben, werden nur siebzehn Variablen im Modell benötigt. Nehmen diese alle den Wert Null an, so gilt implizit das Eintreffen des nicht integrierten Intervalls.

Das dritte Regressionsmodell zum Potential untersucht den Preiseinfluss der Kernkraftwerke, analog zum Minimaldistanz-Modell, über eine einzige Zusatzvariable:

$$\begin{aligned} \text{LN (PREIS)} = & \beta_{\text{BUILD}} * \text{BUILD} + \beta_{\text{MAKRO}} * \text{MAKRO} + \beta_{\text{TIME}} * \text{TIME} + \\ & \beta_{\text{PotAKW}} * \text{LN (PotAKW)} + \varepsilon \end{aligned} \quad (13)$$

Auch hier wird für die interessante Variable „PotAKW“ eine Transformation mit dem natürlichen Logarithmus vorgenommen. Im Gegensatz zur Gleichung (11) ist aber für den entsprechenden Regressionskoeffizienten in diesem Fall ein negatives Vorzeichen zu erwarten. Ein steigendes Potential sollte gemäss den erwähnten Überlegungen zu einer Reduktion im Preis der Liegenschaften führen.

6. Ergebnisse

Unter Anwendung der Methodik aus Kapitel 4.2 können die soeben gezeigten Modelle mit den vorliegenden Daten untersucht und der Einfluss der AKW-Eigenschaften getestet werden. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen gliedern sich entsprechend den generierten Variablen in die Abschnitte Minimaldistanz, Distanzdummies und AKW-Potential.

6.1 Erkenntnisse zur Minimaldistanz

Wie gesehen setzt sich das Modell zur Minimaldistanz aus den drei aggregierten Kategorien und der „*DistMinAKW*“-Variablen zusammen. Die Regressionsanalyse liefert hierzu folgendes Ergebnis:

<i>Variable</i>	<i>Beta</i>	<i>Standard-abweichung</i>	<i>T-Wert</i>	<i>Pr(> t)</i>	<i>Signifikanz</i>
Achsenabschnitt	5.951	0.017	354.37	0.00	***
log(DistMinAKW)	0.028	0.001	25.48	0.00	***
BUILD	0.997	0.003	353.13	0.00	***
MACRO	0.993	0.004	276.72	0.00	***
TIME	0.987	0.013	76.62	0.00	***
RSE	0.151			Interpretation der Signifikanz	
R-Quadrat	0.873			0.000	***
Freiheitsgrade	30'234			0.001	**
F-Statistik	51'760			0.010	*

Tabelle 6-1: Regressionsergebnisse der Minimaldistanz-Variable

Die zentralen Aussagen der Tabelle befinden sich in der grau unterlegten Zeile der Distanz-Variable. Einerseits hat der entsprechende Beta-Koeffizient das erwartete positive Vorzeichen, das heisst der Preis einer Liegenschaft steigt mit zunehmender Entfernung zu einem KKW. Andererseits ist dieser Wert signifikant von Null verschieden, was in der Spalte ganz rechts ersichtlich wird.⁴⁸

Das Modell mit seinen spezifischen Ausprägungen weist ein R-Quadrat von 0.873 auf und erklärt somit über 87 Prozent der Variation im Preis.⁴⁹ Die Residuen sind von den Variablen unabhängig und weisen eine Standardabweichung von 0.151 auf.

⁴⁸ Die Fehlerwahrscheinlichkeit der Koeffizienten beträgt weniger als $1 \cdot e^{(-6)}$ Prozent. Auch die anderen drei Kategorien liefern hochsignifikante Werte, da sie ja ihrerseits aus durchwegs signifikanten Eigenschaften gebildet wurden.

⁴⁹ Die zusätzliche Aussagekraft der AKW-Variable liegt im Vergleich zum Ausgangsmodell bei ca. 1%.

Um das Resultat der Analyse zu interpretieren, gilt es die im Modell vorgenommenen Transformationen zu beachten. Da sowohl die Preis- wie auch die AKW-Variable logarithmiert wurden, muss der markierte Beta-Wert als Prozentanteil angesehen werden. Der Koeffizient sagt damit aus, dass sich der Preis einer Immobilie um 0.028% verändert, wenn die Distanz zum nächsten KKW um 1% variiert wird.⁵⁰

Damit diese Zahlen etwas verständlicher werden, soll eine Graphik die Interpretation des Effektes illustrieren. Obwohl die statistische Signifikanz auf den Transaktionsdaten der ganzen Schweiz beruht, scheint eine Betrachtung von einzelnen Regionen aufgrund der optischen und psychologischen Bedeutung einer Nuklearanlage aussagekräftiger. Stellvertretend für das Modell der Minimaldistanz zeigt die folgende Karte das Gebiet um den KKW-Standort Mühleberg. Der schwarze Kreis entspricht dabei dem Radius von fünfzehn Kilometern und stellt den Referenzbereich für die Prozentangaben dar.⁵¹

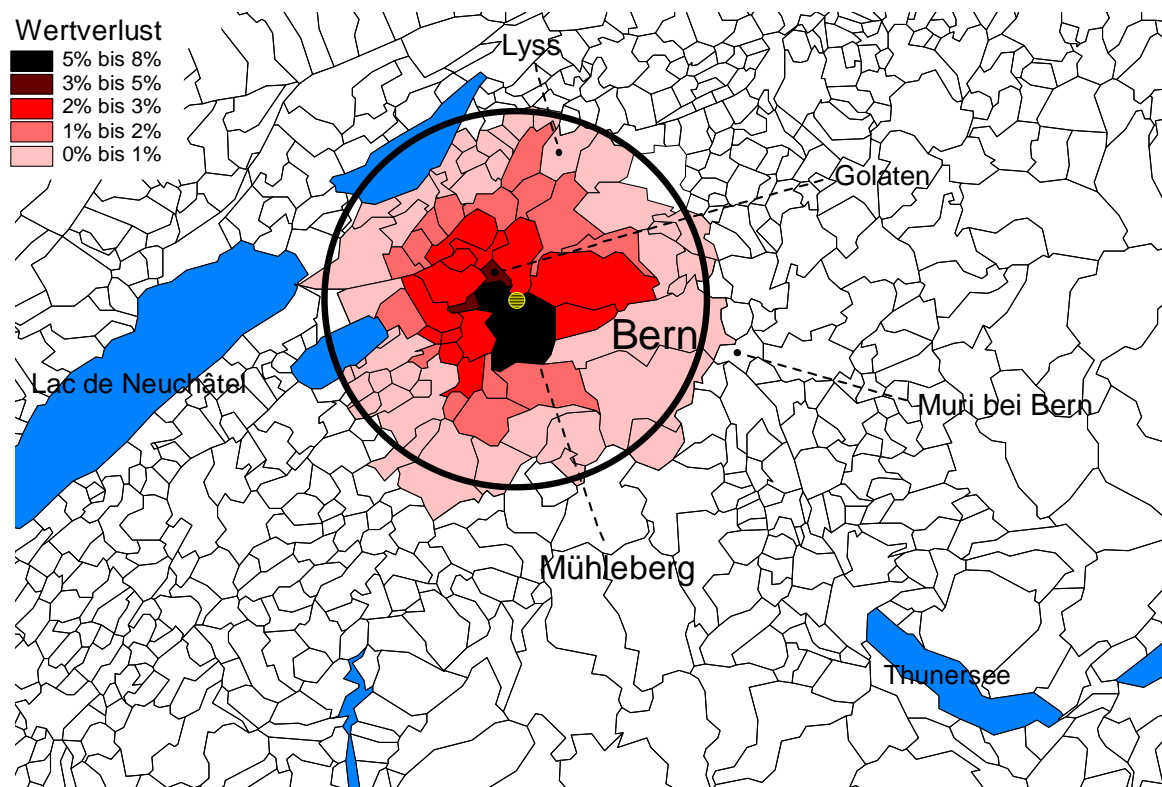


Abbildung 6-1: Wertverluste nach Minimaldistanz

⁵⁰ Diese Aussage stimmt approximativ für kleine Veränderungen der X-Variable. Die korrekte mathematische Berechnung für eine Logarithmusfunktion lautet $y = e^{(\beta \cdot \ln(x) - 1)}$. Alle Ausführungen und Graphiken der Arbeit beruhen auf der exakten Kalkulationsweise.

⁵¹ Die Asymmetrien ergeben sich durch die Berechnungen zu den jeweiligen Gemeindezentren.

Wie in der Abbildung ersichtlich sinkt der Wert einer Immobilie, je näher sie an einem KKW liegt. Im Vergleich zu einem Haus mit fünfzehn Kilometern Entfernung verliert eine Liegenschaft in Lyss aufgrund der geringeren Distanz zu Mühleberg rund 1% an Wert. Ein identisches Objekt, welches fünf Kilometer entfernt ist, trägt bereits einen Preisabschlag von 3%. Steht ein Wohnobjekt unmittelbar neben dem KKW Mühleberg sind sogar Einbussen bis zu 8% festzustellen.⁵² Die Werte widerspiegeln allerdings nicht die tatsächlichen Preisunterschiede zwischen den Gemeinden, sondern beziehen sich auf den Fall, dass alle Eigenschaften (mit Ausnahme der Distanz zum Kernkraftwerk) konstant gehalten werden.

Um den Stellenwert des AKW-bedingten Preisabschlags im Gesamtkontext aufzuzeigen, soll das folgende Beispiel eines fiktiven Einfamilienhauses der Region Bern dienen. Es besteht aus fünfzehn Zimmern, verfügt über eine Nettowohnfläche von 146 m² und wurde 1972 gebaut.⁵³ Aufgrund der spezifischen Lageeigenschaften der einzelnen Gemeinden wird für dasselbe Objekt je nach Standort ein unterschiedlicher Preis bezahlt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den verschiedenen Preisniveaus einiger Berner Gemeinden:

<i>Gemeinde</i>	<i>Distanz zu KKM (in km)</i>	<i>Preis Musterhaus (in CHF)</i>	<i>Preisdifferenz real (in %)</i>	<i>Preisdifferenz "KKW" (in %)</i>
Muri bei Bern	17.18	1'013'000	0.00%	0.00%
Bern	13.23	898'000	-11.35%	-0.74%
Lyss	12.05	637'000	-37.12%	-1.00%
Müntschemier	9.74	555'000	-45.21%	-1.60%
Aarberg	8.52	629'000	-37.91%	-1.97%
Frauenkappelen	5.47	707'000	-30.21%	-3.19%
Golaten	2.88	553'000	-45.41%	-4.94%
Mühleberg	1.68	668'000	-34.06%	-6.38%

Tabelle 6-2: Preisunterschiede mit Referenz Muri bei Bern

Die Preisabschläge der ausgewählten Orte schwanken im Vergleich mit der Referenzgemeinde Muri bei Bern zwischen 11% und 45%. Während in der Nobelgemeinde Muri das Musterhaus einen Wert von über einer Million Schweizer Franken aufweist, kann somit das gleiche Haus in Golaten für fast die Hälfte erworben werden. Diese Preisunterschiede kommen durch verschiedenste Lagemerkmale wie Steuerbelastung, Zentralität, Zugang zu Infrastrukturleistungen etc. zu stande.

⁵² Im Anhang 3 finden sich die Ergebnisse in tabellarischer Form.

⁵³ Die weiteren zugrunde liegenden Gebäudeeigenschaften sind im Anhang 4 ersichtlich.

Wenig erstaunlich weicht der Preis in der Gemeinde Bern am wenigsten von demjenigen in Muri ab. Beide Standorte bieten eine hohe Lebensqualität und stellen für die Bevölkerung bevorzugte Wohnlagen dar. Ein entscheidender Aspekt für die Wertdifferenz von 11% liegt vermutlich in der steuerlichen Attraktivität von Muri. Der Einfluss des Kernkraftwerks Mühleberg hat bei den Überlegungen der Standortwahl in diesem Fall wohl nur eine untergeordnete Bedeutung. Beim Vergleich zwischen Muri und der KKW-Gemeinde Mühleberg scheint der Effekt hingegen von grosser Wichtigkeit. Beinahe ein Fünftel des gesamten Preisunterschiedes von 34% kann durch die Distanzvariable aus dem Modell erklärt werden.

Allgemein ist festzustellen, dass Mühleberg trotz der Präsenz der Anlage eine relativ attraktive Wohngemeinde darstellt und ein hohes Preisniveau aufweist. Das besagte Einfamilienhaus ist verglichen zur Nachbargemeinde Golaten oder zu Müntschemier im Seeland rund CHF 110'000 teurer. Der Unterschied wird umso bemerkenswerter, wenn eine dieser Ortschaften als Referenz festgelegt wird:

<i>Gemeinde</i>	<i>Distanz zu KKM (in km)</i>	<i>Preis Musterhaus (in CHF)</i>	<i>Preisdifferenz real (in %)</i>	<i>Preisdifferenz "KKW" (in %)</i>
Müntschemier	9.74	555'000	0.00%	0.00%
Mühleberg	1.68	668'000	20.36%	-4.87%

Tabelle 6-3: Preisunterschiede mit Referenz Müntschemier

Obwohl Mühleberg einen AKW-bedingten Preisabschlag von knapp 5% aufweist, liegt der effektive Liegenschaftspreis für das Musterhaus mehr als 20% über demjenigen in Müntschemier. Mit anderen Worten preist der Markt zahlreiche andere Standortfaktoren in Mühleberg bedeutend höher ein als in der Referenzgemeinde.

6.2 Erkenntnisse zu den Distanz-Dummies

Für die Analyse der Dummy-Variablen gilt es die Modellierung aus Kapitel 5.3.4 in Erinnerung zu rufen. Dabei wurde aufgezeigt, dass der gesamte Datensatz in achtzehn Intervalle zerlegt wurde.⁵⁴ Die Regression führte dabei zu folgendem Bild:

<i>Variable</i>	<i>Beta</i>	<i>Standard- abweichung</i>	<i>T-Wert</i>	<i>Pr(> t)</i>	<i>Signifikanz</i>
Achsenabschnitt	6.087	0.018	346.78	0.00	***
DDist0to2	-0.165	0.021	-7.87	0.00	***
DDist2to2.5	-0.169	0.022	-7.86	0.00	***
DDist2.5to3	-0.239	0.020	-11.93	0.00	***
DDist3to4	-0.203	0.017	-11.73	0.00	***
DDist4to5	-0.180	0.015	-11.88	0.00	***
DDist5to6	-0.169	0.009	-18.24	0.00	***
DDist6to8	-0.159	0.007	-21.92	0.00	***
DDist8to10	-0.156	0.007	-23.77	0.00	***
DDist10to15	-0.146	0.004	-34.45	0.00	***
DDist15to20	-0.153	0.004	-38.06	0.00	***
DDist20to25	-0.155	0.004	-39.35	0.00	***
DDist25to30	-0.176	0.004	-41.20	0.00	***
DDist30to40	-0.150	0.003	-43.94	0.00	***
DDist40to50	-0.096	0.004	-25.02	0.00	***
DDist50to75	-0.065	0.004	-18.18	0.00	***
DDist75to100	-0.033	0.004	-7.57	0.00	***
BUILD	0.997	0.003	352.55	0.00	***
MACRO	0.991	0.004	257.19	0.00	***
TIME	0.988	0.013	76.35	0.00	***
RSE	0.151			Interpretation der Signifikanz	
R-Quadrat	0.873			0.000	***
Freiheitsgrade	30'313			0.001	**
F-Statistik	10'950			0.010	*

Tabelle 6-4: Regressionsergebnisse der Dummy-Variablen

Auch bei diesem Modell ergeben sich für die Koeffizienten die vermuteten Vorzeichen. Die Variablen testen jeweils den Unterschied zur Referenzgruppe „Entfernung grösser als 100 km“, womit ein negatives Beta den Wertverlust im Vergleich zu diesem Intervall angibt.

⁵⁴ Da zwischen den zwei höchsten Intervallen keine signifikanten Unterschiede festzustellen waren, wurden diese zusammengefasst und als Referenzgruppe definiert.

Da es sich bei den Variablen um Dummies handelt, unterscheidet sich die Interpretation der Koeffizienten vom Modell der Minimaldistanz. Die Beta-Werte stellen zwar weiterhin eine Prozentangabe dar, beziehen sich aber auf das ausgeschlossene Endintervall. Für die Variable „DDist8to10“ lautet die Aussage des Koeffizienten damit wie folgt: Eine Liegenschaft mit einer Distanz zum nächsten KKW zwischen acht und zehn Kilometern weist im Vergleich zu einem identischen Gebäude mit über 100 km Entfernung einen Wertverlust von ungefähr 15.6% auf.⁵⁵ Optisch lassen sich die Ergebnisse damit folgendermassen darstellen:

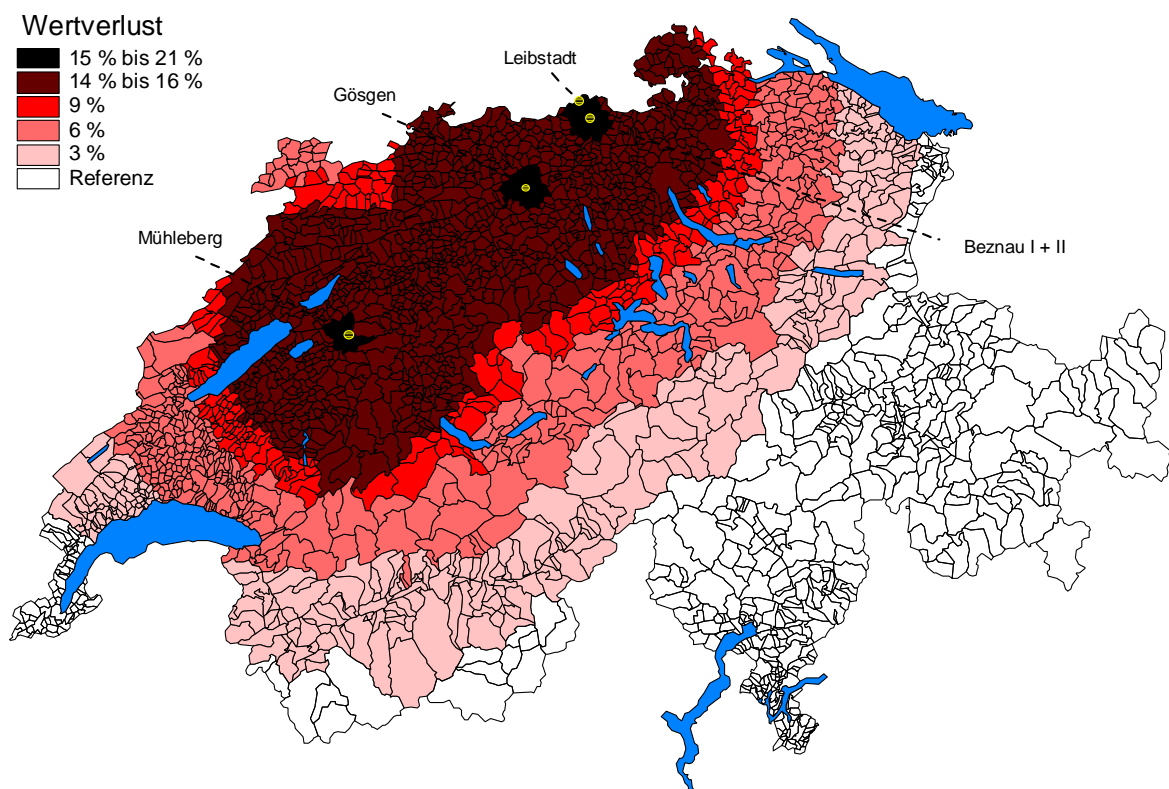


Abbildung 6-2: Wertverluste nach Dummies für die gesamte Schweiz

Inwiefern der statistisch erkennbare Wertunterschied zwischen einer Stadt wie St.Gallen und dem Tessin eindeutig auf die Präsenz eines KKW zurückzuführen ist, scheint fragwürdig. Vermutlich spielen andere Faktoren, welche nicht im Modell enthalten sind und mit den Entfernungen zu den Kraftwerken korrelieren, eine gewisse Rolle. Bei der landesweiten Analyse erstaunlich ist allerdings die Tatsache, dass an der Grenze zu 40 km im Vergleich mit den höheren Distanz-Intervallen eine beträchtliche Veränderung zu beobachten ist. Unter Umständen wirkt der Effekt der Immissionen über die von der NAZ definierten Risikozonen hinaus.

⁵⁵ Für die exakten Resultate sei auf Anhang 5 verwiesen.

Um aber die Erkenntnisse dieser Analyse mit den Resultaten des ersten Modells vergleichbar zu machen, soll der Fokus auf die unmittelbaren KKW-Gebiete gelegt werden. Der Hauptunterschied zum Modell der Minimaldistanz liegt im Präzisionsgrad der Dummyvariablen. Da die Analyse detaillierter auf einzelne Bereiche eingehen kann, kommen die lokalen Gegebenheiten mit dieser Modellierung stärker zum Vorschein. Entsprechend den Beta-Koeffizienten der Regressionsanalyse ergeben sich mit der Festlegung der „*DDist10to15*“-Variable als Referenzbereich folgende Ergebnisse:⁵⁶

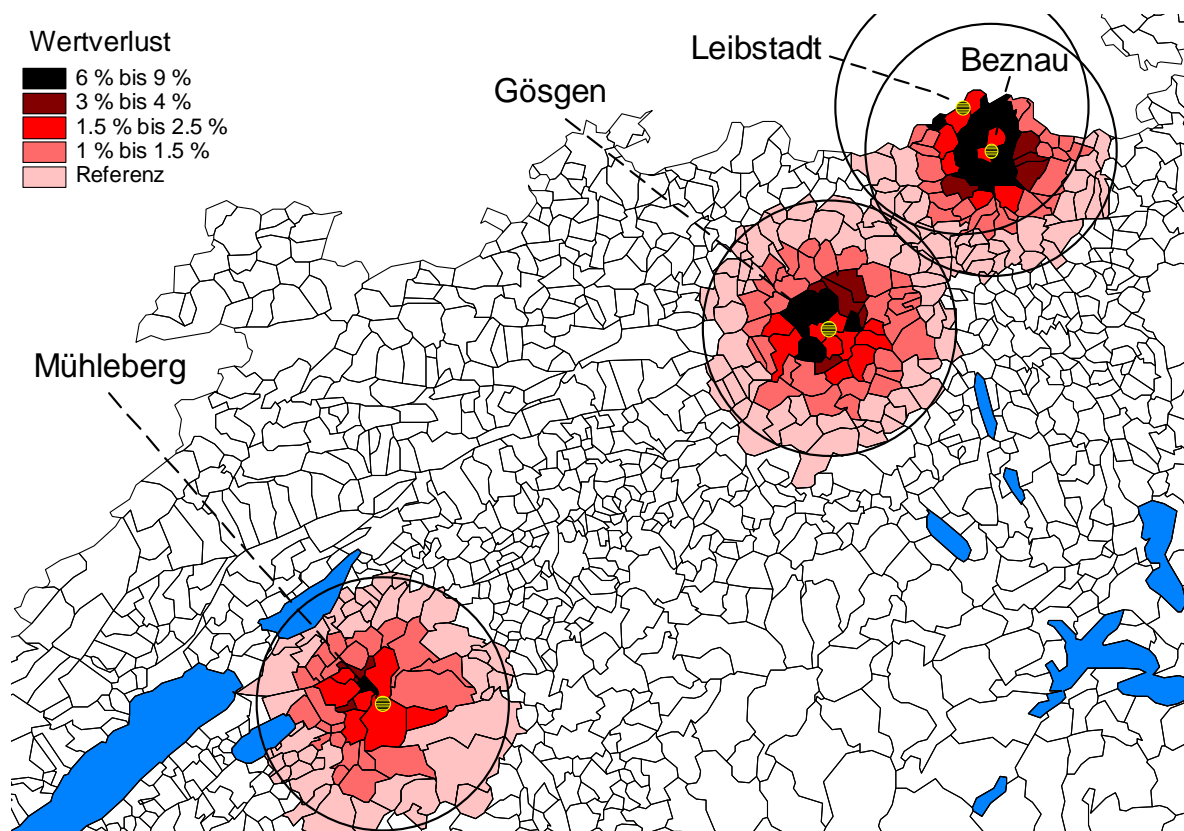


Abbildung 6-3: Wertverluste nach Dummies für die KKW-Regionen

Auf den ersten Blick zeigt sich auch hier der erwartete Zusammenhang zwischen der Distanz und den Preisen. Je näher am Kernkraftwerk desto stärker ist grundsätzlich der negative Einfluss auf den Immobilienpreis. Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass die grössten Wertverluste nicht explizit in den KKW-Gemeinden selber anfallen, sondern im Bereich zwischen zweieinhalb und vier Kilometern. Die Preisabschläge für Liegenschaften mit einer Distanz unter zweieinhalb Kilometern sind praktisch identisch mit den Wertebussen für Objekte, die zwischen fünf und acht Kilometern entfernt liegen.

⁵⁶ Die tabellarische Form mit der Referenz „*DDist10to15*“ ist ebenfalls im Anhang 5 ersichtlich.

Anhand der folgenden Abbildung kann die Preisentwicklung im relevanten Untersuchungsbereich nochmals deutlich gemacht werden:

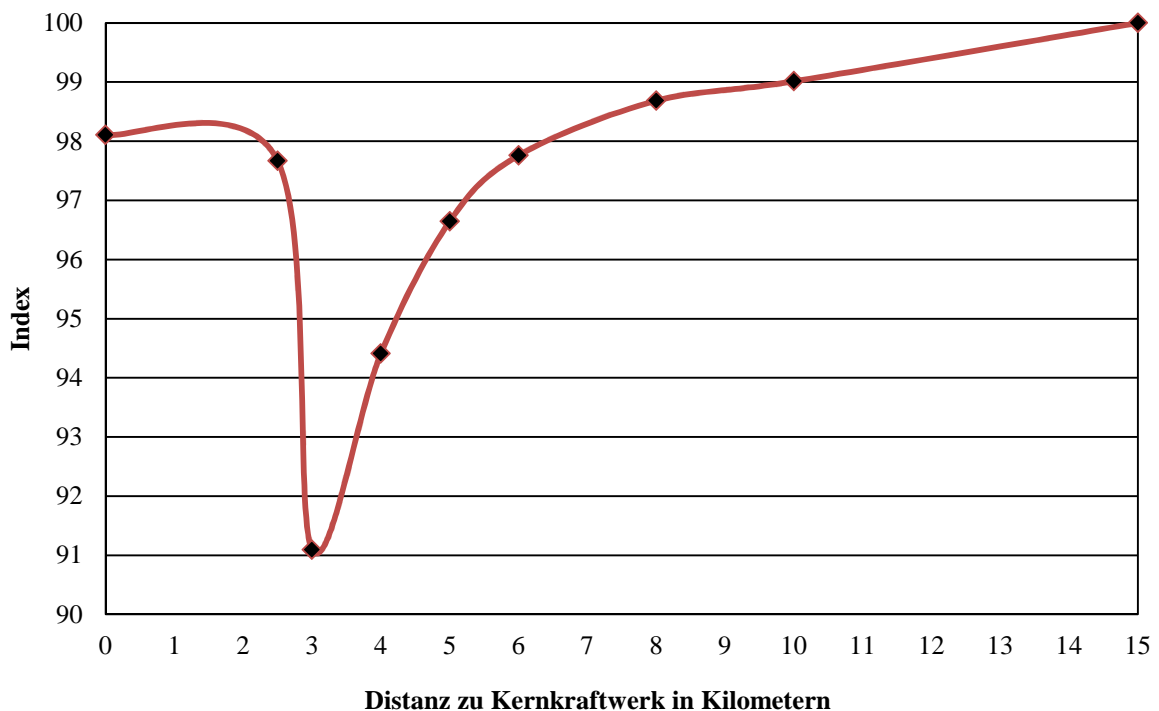


Abbildung 6-4: Wertveränderung in Abhängigkeit der Distanz

Als Ausgangswert für die Graphik dient ein Haus mit einer Entfernung zum Kernkraftwerk von fünfzehn Kilometern. Anhand dieser Referenz wird ersichtlich, wie sich der Preis einer Liegenschaft verändert, wenn die Distanz zur Anlage verringert wird. Der Wertverlust hält sich bis zur Distanz von sechs Kilometern einigermassen in Grenzen, anschliessend sinkt der Preis jedoch erheblich. Bei einer Entfernung von drei Kilometern beträgt die Einbusse gegenüber der Referenzliegenschaft beinahe 9%. Innerhalb dieser Zone steigen die Preise jedoch wieder an und lassen nur noch Abschläge von rund 2% beobachten.

Ausschlaggebend für diese Entwicklung ist womöglich die erhöhte Nachfrage nach Wohnliegenschaften, welche von den Mitarbeitern der Anlagen ausgeht. Zudem kann es sein, dass gewisse Leute eine Begeisterung für Kernkraftwerke und die damit verbundenen technologischen Aspekte haben und bewusst die Nähe zu den Anlagen suchen. Steuerliche Unterschiede zwischen der Kerngemeinde und den Nachbargebieten würden solchen Personen zusätzlich Anreize geben, die unmittelbarste Nähe bei der Standortwahl vorzuziehen.⁵⁷

⁵⁷ Welcher Anteil der Bevölkerung generell von der Problematik betroffenen ist zeigt Anhang 6.

6.3 Erkenntnisse zum Potential

Nachdem die Untersuchungen zur Minimaldistanz Evidenz für einen negativen Einfluss der Kernkraftwerke auf Schweizer Immobilienpreise geliefert haben, gilt es noch den Auswirkungen der Potentialvariablen nachzugehen. Die Regressionsanalyse gleicht dabei in ihrer Form dem ersten Distanzmodell. Neben der logarithmierten „PotAKW“-Variablen umfasst der Output die drei bekannten Standard-Kategorien:

<i>Variable</i>	<i>Beta</i>	<i>Standard-abweichung</i>	<i>T-Wert</i>	<i>Pr(> t)</i>	<i>Signifikanz</i>
Achsenabschnitt	6.289	0.017	367.73	0.00	***
log(PotAKW)	-0.050	0.001	-39.41	0.00	***
BUILD	0.997	0.003	352.83	0.00	***
MACRO	0.993	0.004	279.42	0.00	***
TIME	0.990	0.013	76.73	0.00	***
RSE	0.151			Interpretation der Signifikanz	
R-Quadrat	0.873			0.000	***
Freiheitsgrade	30'238			0.001	**
F-Statistik	51'810			0.010	*

Tabelle 6-5: Regressionsergebnisse der Potential-Variable

Erneut stimmt das Vorzeichen des hedonischen Preiskoeffizienten mit den Erwartungen überein. Ein tiefes Potential signalisiert wie erwähnt geringe KKW-Immissionen. Nimmt das Potential zu, ist ein Rückgang des Hauspreises zu vermuten, was im negativen Beta-Wert widerspiegelt wird. Anhand der geringen Standardabweichung ist ersichtlich, dass der Koeffizient auch in diesem Fall signifikant von Null verschieden und somit ein Einfluss auf die Liegenschaftswerte nachzuweisen ist. Das Bestimmtheitsmass und die Anzahl Freiheitsgrade bewegen sich im bekannten Rahmen.

Um mit den Ergebnissen der Regression eine Aussage über die Wertveränderungen machen zu können, muss wiederum den Logarithmus-Transformationen Beachtung geschenkt werden. Eine Zunahme des Potentials um 1% schlägt sich gemäss Beta-Koeffizienten mit -0.050% im Preis der Immobilie nieder.

Entsprechend den berechneten Gemeindepotentialen kann somit für die Region der Landeshauptstadt folgender Zusammenhang festgestellt werden:

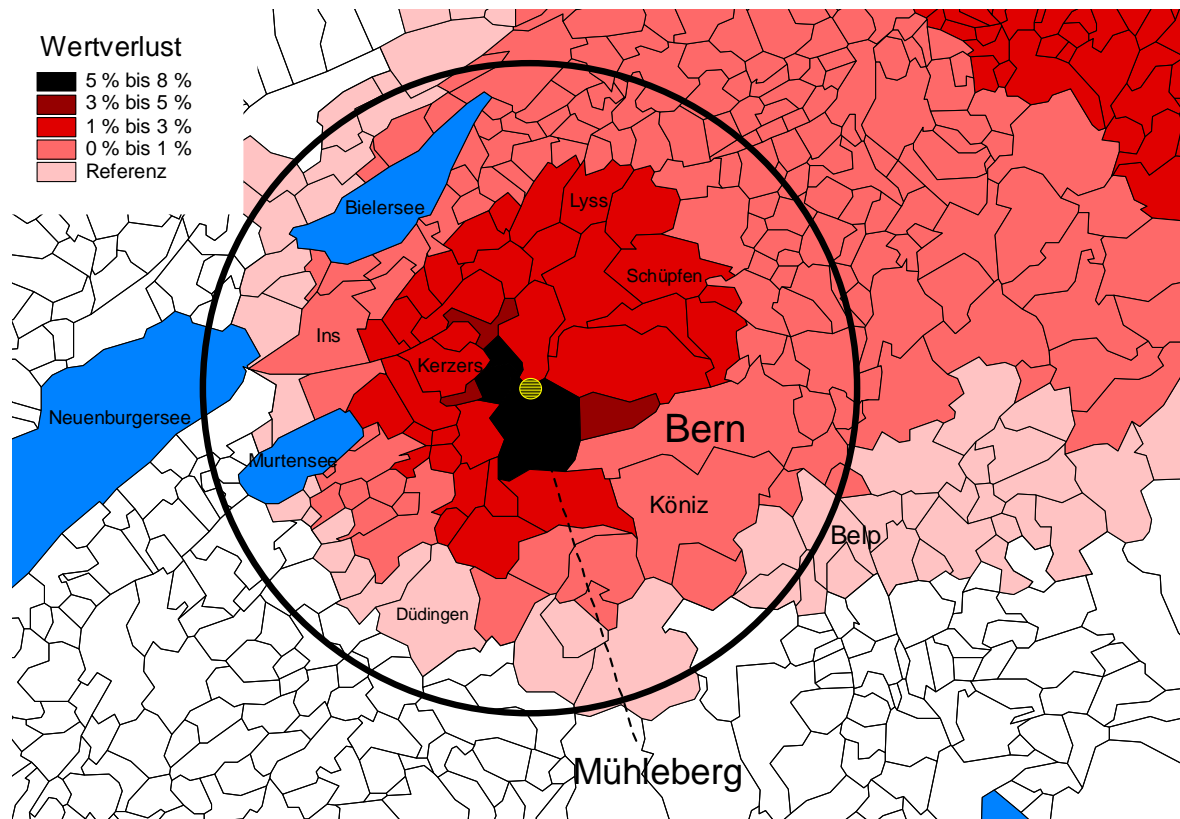


Abbildung 6-5: Wertverluste nach Potential für die Region Mühleberg

Als Referenz wurde für dieses Beispiel die Gemeinde Belp ausgewählt. Ihre Distanz zum KKW Mühleberg beträgt rund zwanzig Kilometer, was dem Radius des Kreises entspricht. Die Ergebnisse gleichen dabei der Graphik des Minimaldistanz-Modells. Bis zu einer Zone von ca. zehn Kilometern halten sich die Wertverluste auf einem Niveau von 1% bis 2%. Je geringer die Entfernung zum KKW, desto stärker wird jedoch der Effekt spürbar. Gemeinden mit einer Distanz von ca. drei Kilometern haben einen Preisabschlag von über 5% zu tragen. Der maximale Wertverlust im Vergleich zur Referenzgemeinde Belp beträgt in diesem Modell 8%. Aus der Graphik wird ebenfalls ersichtlich, dass die Anlage Gösgen im Nord-Osten von Bern einen gewissen Einfluss auf die Potentialwerte ausübt. Die Gemeinden im Kanton Fribourg oder am Neuenburgersee haben im Vergleich zu Regionen mit ähnlicher Entfernung zum KKW Mühleberg geringere Werteinbussen zu beklagen.

Beispielhaft sollen einige Gemeinden und ihre AKW-bedingten Wertverluste gegenüber Belp in tabellarischer Form aufgeführt werden:

<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Potential</i>	<i>Distanz zum KKM (in km)</i>	<i>Preisdifferenz "AKW" (in %)</i>
Bern	Belp	54.70	19.66	0.00%
Bern	Bern	65.04	13.23	-0.87%
Bern	Aarberg	79.93	8.52	-1.90%
Fribourg	Kerzers	99.88	5.50	-3.00%
Bern	Golaten	162.95	2.88	-5.37%
Bern	Mühleberg	255.48	1.68	-7.49%

Tabelle 6-6: Wertverluste nach Potential mit Referenz Belp

Um die Auswirkungen der Grösse eines Kernkraftwerks auf die Immobilienpreise aufzeigen zu können, müssen diese Werte mit den Ergebnissen einer leistungsstarken Anlage verglichen werden. Die folgende Tabelle bezieht sich deshalb auf das KKW Leibstadt, welches die Anlage mit dem grössten Leistungsvermögen der Schweiz darstellt:

<i>Kanton</i>	<i>Gemeinde</i>	<i>Potential</i>	<i>Distanz zum KKL (in km)</i>	<i>Preisdifferenz "AKW" (in %)</i>
Schaffhausen	Trasadingen	118.33	19.97	0.00%
Aargau	Ittenthal	200.76	13.31	-2.66%
Aargau	Bad Zurzach	283.21	8.52	-4.33%
Aargau	Wil	391.47	5.21	-5.88%
Aargau	Leuggern	601.71	3.44	-7.90%
Aargau	Leibstadt	900.36	1.58	-9.76%

Tabelle 6-7: Wertverluste nach Potential mit Referenz Trasadingen

Als Referenz wurde für diese Tabelle die Gemeinde Trasadingen im Kanton Schaffhausen ausgewählt, da ihre Distanz zu Leibstadt ungefähr derjenigen von Belp nach Mühleberg entspricht. Generell wird beim Vergleich der Tabellen ersichtlich, dass die Potentialwerte in der Nord-Schweiz wesentlich höher sind als in der Umgebung von Bern. Die zentrale Erkenntnis liefert allerdings die Betrachtung der AKW-bedingten Preisdifferenzen zwischen den Regionen. Obwohl die ausgewählten Gemeinden praktisch identische Distanzen zu den Kraftwerken aufweisen, nimmt der Wertverlust im Kanton Aargau deutlich stärker zu. Der maximale Preisunterschied ist am Standort Leibstadt beinahe 10%, während er in Mühleberg nur 7.5% beträgt.⁵⁸

⁵⁸ Die Anhänge 7 bis 9 zeigen die Einteilungen in die Potentialbereiche und deren finanzielle Auswirkungen.

Analog zur Abbildung 6-5 soll der Zusammenhang zwischen Potential und Preisabschlägen auch für die Region Leibstadt visualisiert werden:

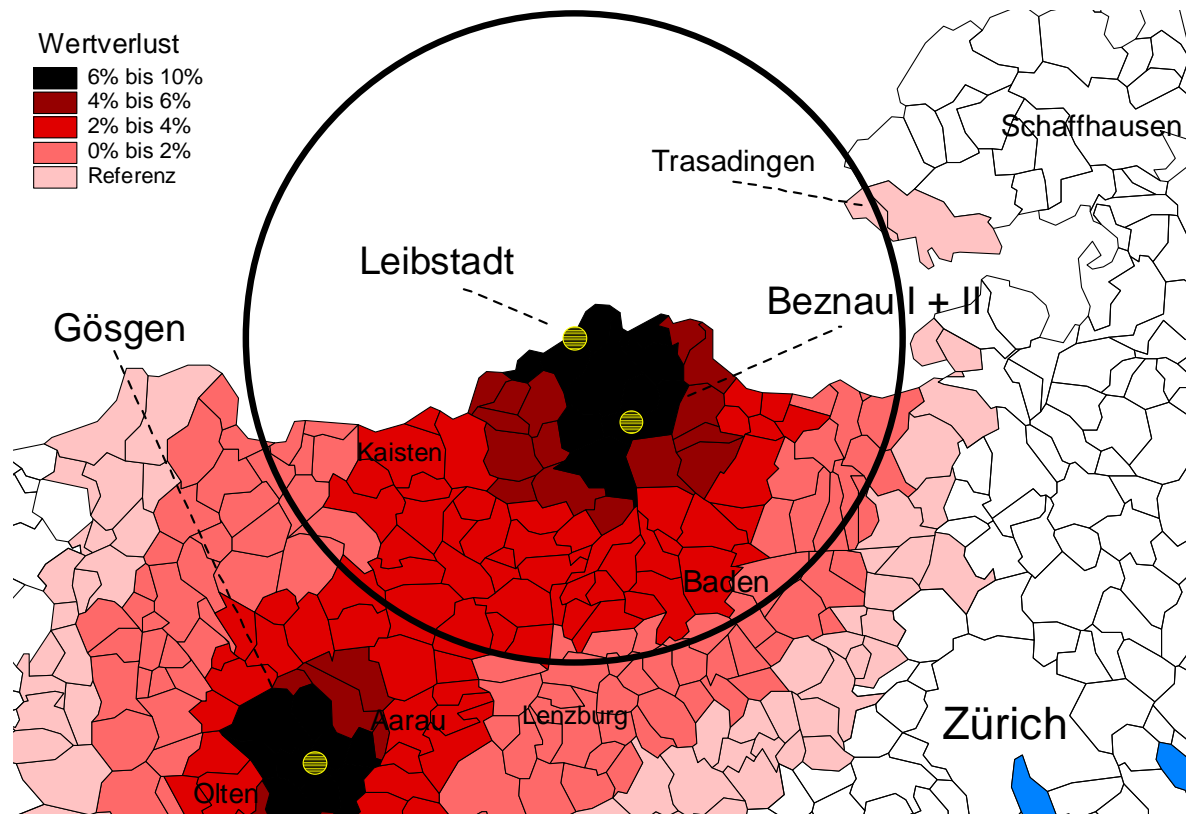


Abbildung 6-6: Wertverluste nach Potential für die Region Leibstadt

Wie bereits anhand der Zahlen erläutert, zeigt das Potential-Modell einen wesentlich stärkeren Preiseffekt für die Gebiete im Kanton Aargau. Zum Einen steigen die Wertverluste bei einer Distanzreduktion schneller an. Zum Anderen sind die dunkel eingefärbten Zonen einiges grösser und repräsentieren einen höheren Preisabschlag, was beim Vergleich der Legenden ersichtlich wird.

Anhand der Graphik kann aber ebenso festgestellt werden, dass der Effekt nicht allein durch die Leistungskapazität einer Anlage zu erklären ist. Die meisten Leute werden kaum die technischen Unterschiede zwischen den einzelnen Kernkraftwerken kennen. Vielmehr scheint die geographische Nähe der Anlagen Leibstadt, Beznau und Gösgen ein wichtiger Aspekt in der Risikowahrnehmung. Die Gefahr für eine Liegenschaft zwischen Kaisten und Lenzburg steigt um ein Vielfaches, da sie sich in unmittelbarer Nähe von vier verschiedenen Kernkraftwerken befindet. Auf Basis dieser Überlegungen ist eine Marktreaktion durchaus nochvollziehbar.

7. Fazit

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, den Einfluss der Schweizer Kernkraftwerke auf die Immobilienpreise zu untersuchen. Mit einer Stichprobe von 37'000 Einfamilienhaus-Transaktionen wurde die Hypothese getestet, dass die Nähe zu einer Anlage den Wert einer Liegenschaft negativ beeinflusst. Als Untersuchungsgegenstand dienten drei AKW-spezifische Variablentypen, die mittels robuster Regression auf ihre Signifikanz geprüft wurden. Während die ersten beiden Modelle den Fokus auf die Minimaldistanz zu einer Anlage legten, versuchte das dritte Modell den Effekt über ein Potential aus Leistungskapazität und Entfernung zu messen.

Entgegen den Erkenntnissen der Literatur liefern die Ergebnisse Evidenz, dass die formulierte Hypothese nicht abzulehnen ist. Die untersuchten Kernkraftwerke beeinflussen das Preisniveau von Schweizer Immobilien erheblich und speziell in Regionen mit leistungsstarken Anlagen wirkt sich der Effekt schwerwiegend aus. Je nach Modell betragen die Preisabschläge für ein Einfamilienhaus in unmittelbarer Nähe zu einem KKW zwischen 5% und 10% im Vergleich zu einem identischen Objekt mit einer Entfernung von 15 km bis 20 km.

Als Kernaussage der Studie gilt festzuhalten, dass zwischen der Distanz zu einem Kernkraftwerk und den Immobilienpreisen kein strikt linearer Zusammenhang besteht. Wie das Modell mit den Intervallbereichen aufzeigt, finden sich die grössten Wertverluste nicht direkt neben der Anlage, sondern in einer Entfernung von zweieinhalb bis vier Kilometern. Diese Erkenntnis steht damit im Widerspruch zu der allgemeinen Annahme, dass für Liegenschaften in unmittelbarer Nähe eines KKW keine Nachfrage vorhanden wäre. Offenbar gibt es durchaus Leute, die den Anlagen positiv gestimmt sind und den Standort aus beruflichen oder privaten Gründen als geeignet ansehen. Der Preisabschlag für die Zone unter 2.5 km, verglichen mit der Liegenschaft in 15 km Entfernung, beläuft sich nur auf etwa 2%.

Anhand der Untersuchung des Potential-Modells wird zudem die Vermutung erhärtet, dass Gebiete mit hoher Energieproduktion stärker unter dem Preiseffekt leiden als Regionen mit leistungsschwachen Anlagen. Beim Vergleich zwischen Leibstadt und Mühleberg zeigen sich für ersteren Standort generell 2% bis 3% höhere Wertebussen. Inwiefern diese Erkenntnis allerdings mit dem Wissensstand der Bevölkerung zu technischen Aspekten der Anlagen zusammenhängt, ist fraglich. Sehr wahrscheinlich ist das Ergebnis eher eine Folge der geographischen Nähe zwischen den drei KKW-Standorten Leibstadt, Beznau und Gösgen.

Bei der Interpretation der Resultate ist wichtig zu betonen, dass die Aussagen auf einer „ceteris paribus“-Analyse beruhen. Die Erkenntnis einer 10%-Einbusse von Haus B im Vergleich zu Haus A bezieht sich somit nicht auf die effektiv bezahlten Preisunterschiede zwischen den Liegenschaften. Vielmehr wird die Frage geklärt, wieviel das Haus A an Wert verlieren würde, wenn es zum Standort von Haus B verschoben *UND* alle anderen Merkmale konstant gehalten würden.⁵⁹

Für die aktuellen Diskussionen über neue Kernkraftwerke oder die Errichtung von geologischen Tiefenlagern sind die Erkenntnisse der Studie damit wie folgt zu verstehen: Der Bau einer Anlage wäre dann direkt in den tatsächlich zu bezahlenden Liegenschaftspreisen sichtbar, wenn alle anderen Faktoren unverändert blieben. Wie aber andere Studien gezeigt haben, ist eine Konstanzhaltung dieser Faktoren in der Realität nicht stattgegeben.⁶⁰ Das Preisniveau einer Region wird durch zahlreiche Lagemerkmale bestimmt, die ihrerseits mit der Existenz eines KKW korrelieren. Gemeinden mit Nuklearanlagen werden beispielsweise vom Bund mit Abgeltungszahlungen entschädigt und sind folglich bestrebt, ihre Standortattraktivität mit Steuersenkungen oder zusätzlichen Infrastrukturleistungen zu steigern. Diese Massnahmen haben zur Folge, dass der in der Studie erkennbare Preiseffekt, ausgehend vom assoziierten Risiko einer Anlage, nachfrageseitig kompensiert wird. Inwiefern der Effekt nur reduziert wird oder gar eine Überkompensation eintritt, hängt von den AKW-bedingten Veränderungen der anderen Faktoren wie zum Beispiel der Höhe der Steuerbegünstigung ab.

Generell ist davon auszugehen, dass diejenigen Regionen real am stärksten unter dem Preiseinfluss einer Nuklearanlage zu leiden haben, welche unmittelbar ausserhalb der entschädigten Zone liegen. In diesen Gemeinden sind die Immobilien einem gewissen Wertverlust ausgesetzt, können aber nur bedingt von den wirtschaftlichen Vorteilen einer Anlage profitieren. Die Attraktivität eines Standortes wird damit auf verschiedenste Weisen von der Präsenz und dem Risiko der Kernkraftwerke beeinflusst. Folglich gilt es diesem Umstand bei der Bewertung von Immobilien Rechnung zu tragen.

⁵⁹ Umgekehrt ist ebenso die Aussage möglich, dass ein Haus unter gleichbleibenden Bedingungen an Wert zunehmen würde, wenn es sich weiter von einem KKW entfernen würde. Die Prozent-Beziehungen stimmen bei dieser Sichtweise jedoch nicht mit den präsentierten Werten überein.

⁶⁰ Vgl. Rütter und Partner (2006), Bernasconi et al. (2010) und weitere.

7.2 Ausblick

Weiterführende Studien in diesem Gebiet könnten die Thematik der Kompensationen aufgreifen und den erwarteten Gesamteffekt auf Basis historischer Steuersatzänderungen in den betroffenen Regionen untersuchen. Weiter wäre es möglich, die ideellen Immissionen einer Nuklearanlage auf eine andere Art und Weise zu modellieren. Beispielsweise könnten die Gefahrengebiete nicht nur nach Distanzgesichtspunkten definiert werden, sondern auch vorherrschende Windverhältnisse oder topographische Elemente miteinbeziehen. Zudem wäre eine Untersuchung anderer Immobilienformen wie Eigentumswohnungen oder Renditeliegenschaften denkbar. Möglicherweise messen institutionelle Anleger den Risiken eines KKW eine andere Bedeutung zu, als dies private Einfamilienhaus-Besitzer tun. Schliesslich könnte anhand einer Event-Study festgestellt werden, ob aufgrund der zahlreichen Berichterstattungen zu den potentiellen Endlagerstandorten ein Ankündigungseffekt auf den lokalen Immobilienmärkten nachzuweisen ist.

Anhang

Anhang 1: Geographische Verteilung der Daten

<i>Nr.</i>	<i>Kanton</i>	<i># Werte</i>	<i>Nr.</i>	<i>Kanton</i>	<i># Werte</i>
1	Zürich	8'780	14	Schaffhausen	565
2	Bern	4'216	15	Appenzell Ausserrhoden	273
3	Luzern	717	16	Appenzell Innerrhoden	20
4	Uri	35	17	St. Gallen	1'074
5	Schwyz	378	18	Graubünden	460
6	Obwalden	357	19	Aargau	5'827
7	Nidwalden	62	20	Thurgau	782
8	Glarus	144	21	Ticino	1'090
9	Zug	219	22	Vaud	4'311
10	Fribourg	884	23	Valais	1'042
11	Solothurn	1'203	24	Neuchâtel	574
12	Basel-Stadt	395	25	Genève	1'496
13	Basel-Landschaft	1'405	26	Jura	289
			<i>1 - 26</i>	<i>alle Kantone</i>	<i>36'598</i>

Anhang 2: Zeitliche Verteilung der Daten

<i>Dummyvariable</i>	<i>Jahr</i>	<i># Werte</i>	<i>Dummyvariable</i>	<i>Jahr</i>	<i># Werte</i>
DTY26	2007	9'687	DTY13	1994	72
DTY25	2006	9'096	DTY12	1993	39
DTY24	2005	4'445	DTY11	1992	27
DTY23	2004	3'129	DTY10	1991	31
DTY22	2003	1'975	DTY09	1990	37
DTY21	2002	1'129	DTY08	1989	47
DTY20	2001	1'078	DTY07	1988	44
DTY19	2000	982	DTY06	1987	38
DTY18	1999	768	DTY05	1986	38
DTY17	1998	974	DTY04	1985	27
DTY16	1997	434	DTY03	1984	21
DTY15	1996	93	DTY02	1983	27
DTY14	1995	90	DTY01	1982	26
			<i>01 - 26</i>	<i>alle Jahre</i>	<i>36'598</i>

Anhang 3: Wertverluste nach Minimaldistanz

<i>Distanz zu KKW (in km)</i>	<i>Hauswert (in CHF)⁶¹</i>	<i>Hauswert (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in CHF)</i>
15.00	670'000	100.00%	0.00%	0
12.00	665'775	99.37%	-0.63%	-4'198
10.00	662'342	98.86%	-1.14%	-7'570
8.00	658'166	98.23%	-1.77%	-11'625
6.00	652'820	97.44%	-2.56%	-16'740
5.00	649'454	96.93%	-3.07%	-19'916
4.00	645'358	96.32%	-3.68%	-23'735
3.50	642'920	95.96%	-4.04%	-25'985
3.00	640'116	95.54%	-4.46%	-28'551
2.50	636'816	95.05%	-4.95%	-31'540
2.00	632'801	94.45%	-5.55%	-35'134
1.00	620'487	92.61%	-7.39%	-45'854
0.75	615'447	91.86%	-8.14%	-50'111

Anhang 4: Eigenschaften des Muster-Einfamilienhauses

<i>Eigenschaft</i>	<i>Ausprägung</i>	<i>Eigenschaft</i>	<i>Ausprägung</i>
Ferienhaus	nein	Nettowohnfläche in m ²	146
Lage im Ort	gut	Anzahl Zimmer	5.5
Grundstücksfläche im m ²	558	Norm	Gebäudeversicherung
Baurecht	nein	Raumvolumen in m ³	760
Servitute	nein	Anzahl Badezimmer	2
Objekttyp	freistehend	Dachstockausbau möglich	nein
Baujahr	1972	Parkplätze in separater Garage	1
Bauqualität	gut	Parkplätze in der Tiefgarage	0
Letzte Renovation	2002	Anzahl Abstellplätze	0
Zustand des Gebäudes	gut	Luxusobjekt	nein

⁶¹ Der als Referenz angegebene Hauswert von 670'000 Schweizer Franken widerspiegelt den Medianpreis eines EFH in der Stichprobe.

Anhang 5: Wertverluste der Distanz-Dummies

<i>Variable</i>	<i>Beta der Regression</i>	<i>Wertverlust zu Referenz "100 km und mehr"</i>	<i>Wertverlust zu Referenz "10 km bis 15 km"</i>
DDist0to2	-0.165	-15.20%	-1.89%
DDist2to2.5	-0.169	-15.59%	-2.33%
DDist2.5to3	-0.239	-21.27%	-8.90%
DDist3to4	-0.203	-18.40%	-5.59%
DDist4to5	-0.180	-16.47%	-3.35%
DDist5to6	-0.169	-15.51%	-2.24%
DDist6to8	-0.159	-14.71%	-1.32%
DDist8to10	-0.156	-14.42%	-0.99%
DDist10to15	-0.146	-13.57%	Referenz
DDist15to20	-0.153	-14.20%	
DDist20to25	-0.155	-14.38%	
DDist25to30	-0.176	-16.17%	
DDist30to40	-0.150	-13.96%	
DDist40to50	-0.096	-9.13%	
DDist50to75	-0.065	-6.25%	
DDist75to100	-0.033	-3.28%	
DDist100+	Referenz	Referenz	

Anhang 6: Bevölkerungszahlen der grössten „KKW“-Gemeinden

Kanton	Gemeinde	DistMinAKW	Bevölkerungs- zahl⁶²
Bern	Bern	13.23	123'466
Bern	Köniz	12.22	38'261
Aargau	Wettingen	11.55	19'599
Aargau	Baden	10.54	17'709
Solothurn	Olten	5.59	16'760
Aargau	Aarau	6.35	16'040
Aargau	Oftringen	6.62	11'988
Bern	Lyss	12.05	11'689
Aargau	Zofingen	8.76	10'623
Total betroffene Bevölkerung im Umkreis von fünfzehn Kilometern:			774'244

⁶² Die Angaben zur Bevölkerung stammen vom Bundesamt für Statistik und wurde 2009 erhoben. Für den Bereich innerhalb von zwanzig Kilometern wurden 1.2 Millionen Personen aus 433 Gemeinden gezählt.

Anhang 7: Festlegung der Bandbreiten für das KKW-Potential

<i>KKW-Potential</i>	<i>Wertebereich</i>		<i>KKW-Potential</i>	<i>Wertebereich</i>	
	<i>von</i>	<i>bis</i>		<i>von</i>	<i>bis</i>
sehr tief	15.00	25.50	mittel hoch	64.00	160.00
tief	25.50	41.00	hoch	160.00	400.00
mittel tief	41.00	64.00	sehr hoch	400.00	900.00

Anhang 8: Wertverluste nach Potential für die Region Mühleberg

<i>Potential bei Mühleberg</i>	<i>Hauswert (in CHF)</i>	<i>Hauswert (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in CHF)</i>
54.70	670'000	100.00%	0.00%	0
64.00	664'702	99.21%	-0.79%	-5'256
80.00	657'245	98.10%	-1.90%	-12'512
100.00	649'872	97.00%	-3.00%	-19'524
120.00	643'909	96.11%	-3.89%	-25'075
160.00	634'611	94.72%	-5.28%	-33'520
200.00	627'491	93.66%	-6.34%	-39'812
255.48	619'831	92.51%	-7.49%	-46'412

Anhang 9: Wertverluste nach Potential für die Region Leibstadt

<i>Potential bei Leibstadt</i>	<i>Hauswert (in CHF)</i>	<i>Hauswert (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in %)</i>	<i>Werteinbusse (in CHF)</i>
118.33	670'000	100.00%	0.00%	0
140.00	664'234	99.14%	-0.86%	-5'717
160.00	659'764	98.47%	-1.53%	-10'079
176.00	656'593	98.00%	-2.00%	-13'139
200.00	652'363	97.37%	-2.63%	-17'173
255.00	644'399	96.18%	-3.82%	-24'623
300.00	639'126	95.39%	-4.61%	-29'452
400.00	629'897	94.01%	-5.99%	-37'703
500.00	622'830	92.96%	-7.04%	-43'849
600.00	617'115	92.11%	-7.89%	-48'710
750.00	610'192	91.07%	-8.93%	-54'469
900.36	604'593	90.24%	-9.76%	-59'022

Literaturverzeichnis

Zeitschriften:

- Baranzini, A., Schaerer, C., Ramirez, J. V., Thalmann, P. (2006):** *Feel it or Measure it. Perceived vs. Measured Noise in Hedonic Models*, Haute Ecole de Gestion de Genève, Cahier de Recherche, 1-26.
- Baranzini, A., Ramirez, J. V. (2005):** *Paying for Quietness: The Impact of Noise on Geneva Rents*, Urban Studies, Vol. 42, No. 4, 633-646.
- Bell, R. (2001):** *The Impact of Airport Noise on Residential Real Estate*, The Appraisal Journal, 69:3, 312-321.
- Bernasconi, C., Boillat, S., Taing, C. E., Von Arx, M. (2010):** *Finanzielle Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle auf die Region Niederamt*, Studie der Fachhochschule Nordwestschweiz, o.O.
- Bleich, D., Findlay, III., Phillips, G. M. (1991):** *An Evaluation of the Impact of a Well-Designed Landfill on Surrounding Property Values*, The Appraisal Journal, 59:2, 247-252.
- Böhringer, C., Müller, A., Wickart, M. (2003):** *Economic Impacts of a Premature Nuclear Phase-Out in Switzerland: An Applied General Equilibrium Analysis*, Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Vol. 139 (4), 461-505.
- Clark, D. E., Allison, T. (1997a):** *Spent Nuclear Fuel and Residential Property Values: The Influence on Proximity, Visual Cues and Public Information*, Papers in Regional Science, 78:4, 403-421.
- Clark, D. E., Michelbrink, L., Allison, T., Metz, W. C. (1997b):** *Nuclear Power Plants and Residential Housing Prices*, Growth and Change Vol. 28, 496-519.
- Ecoplan (2010):** *Ersatz-Kernkraftwerk am Standort Beznau – regionale sozioökonomische Auswirkungen*, Studie im Auftrag der Resun AG.
- Espey, M., Lopez, H. (2000):** *The Impact of Airport Noise and Proximity on Residential Property Values*, Growth and Change, Vol. 31, 408-419.
- Farber, S. (1998):** *Undesirable Facilities and Property Values: A Summary of Empirical Studies*, Ecological Economics, 24, 1-14.
- Folland, S. T., Hough, R. R. (2000):** *Externalities of Nuclear Power Plants: Further Evidence*, Journal of Regional Science, Vol. 40, 735-753.
- Folland, S. T., Hough, R. R. (1991):** *Nuclear Power Plants and the Value of Agricultural Land*, Land Economics 67(1), 30-36.
- Frankel, M. (1991):** *Aircraft Noise and Residential Property Values: Results of a Survey Study*, The Appraisal Journal, January, 96-110.
- Gamble, H. B., Downing, R. H. (1982):** *Effects of Nuclear Power Plants on Residential Property Values*, Journal of Regional Science 22, 457-478.

- Gawande, K., Jenkins-Smith, H. (2001):** *Nuclear Waste Transport and Residential Property Values: Estimating the Effects of Perceived Risks*, Journal of Environmental Economics and Management, 42, 207-233.
- Greenberg, M., Hughes, J. (1993):** *Impact of Hazardous Waste sites on Property Values and Land Use: Tax Assessors' Appraisal*, The Appraisal Journal, 1, 42-51.
- Hite, D., Chern, W., Hitzhusen, F., Randall, A. (2001):** *Property-Value Impacts of an Environmental Disamenity: The Case of Landfills*, Journal of Real Estate Finance and Economics, 22:2/3, 185-202.
- Ihlanfeldt, K. R., Taylor, L. O. (2004):** *Externality Effects of Small-Scale Hazardous Waste Sites: Evidence from Urban Commercial Property Markets*, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 47, 117-139.
- Jackson, T. O. (2001):** *The Effects of Environmental Contamination on Real Estate: A Literature Review*, Journal of Real Estate Literature, 9:2, 93-116.
- Kohlhase, J. (1991):** *The Impact of Toxic Waste Sites on Housing Values*, Journal of Urban Economics, 30, 1-26.
- McCluskey, J. J., Rausser, G. C. (2003):** *Hazardous Waste Sites and Housing Appreciation Rates*, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 45, 166-176.
- Metz, W. C., Clark, D. E. (1997):** *The Effect of Decisions about Spent Nuclear Fuel Storage on Residential Property Values*, Risk Analysis, Vol. 17, No. 5, 571-582.
- Nelson, A., Genereux, J., Genereux, M. (1992):** *House Price Effects of Landfills*, Land Economics, 68:4, 359-365.
- Nelson, J. P. (2004):** *Meta Analysis of Airport Noise and Hedonic Property Values: Problems and Prospects*, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.38, January, 1-27.
- Nelson, J. P. (1982):** *Highway Noise and Property Values: A Survey of Recent Evidence*, Journal of Transport Economics and Policy, May, 117-138.
- Nelson, J. P. (1980):** *Airports and Property Values: A Survey of Recent Evidence*, Journal of Transport Economics and Policy, January, 37-52.
- Reichert, A. K., Small, M., Mohanty, S. (1992):** *The Impacts of Landfills on Residential Property Values*, Journal of Real Estate Research, 7:3, 297-314.
- Rosen, S. (1974):** *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*, Journal of Political Economy, Vol. 82, No. 1, 34-55.
- Rütter + Partner (2006):** *Nukleare Entsorgung in der Schweiz, Band 1: Zusammenfassung und wichtige Erkenntnisse*, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE).
- Rütter + Partner (2005a):** *Nukleare Entsorgung in der Schweiz, Band 2: Fallstudien und Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung*, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE).
- Rütter + Partner (2005b):** *Nukleare Entsorgung in der Schweiz, Untersuchung der sozio-ökonomischen Auswirkungen des Entsorgungsprojektes nördliches Zürcher Weinland*, Studie von Rütter und Partner im Auftrag der Arbeitsgruppe Opalinus.

Salvi, M. (2008): *Spatial Estimation of the Impact of Airport Noise on Residential Housing Prices*, Swiss Journal of Economics and Statistics, Vol. 144 (4), 577-606.

Simons, R. A., Saginor, J. D. (2006): *A Meta-Analysis of the Effect of Environmental Contamination and Positive Amenities on Residential Real Estate Values*, Journal of Real Estate Research, Vol. 28, 71-104.

Smolen, G. E., Moore, G., Conway, L. V. (1992): *Economic Effects of Hazardous Chemical and Proposed Radioactive Waste Landfills on Surrounding Real Estate Values*, Journal of Real Estate Research, 7:3, 283-295.

Webb, J. R. (1980): *Nuclear Power Plants: Effects on Property Values*, The Appraisal Journal, April, 230-235.

Zeiss, C., Atwater, J. (1989): *Waste Facility Impacts on Residential Property*, Journal of Urban Planning and Development, 115:2, 64-80.

Monografien:

Lehn, J., Wegmann, H. (2006): *Einführung in die Statistik*, Vieweg und Teubner Verlag, 5. Auflage.

Loderer, C.F., Joerg P., Pichler, K., Roth, L., Zraggen, P. (2005): *Handbuch der Bewertung*, Verlag Neue Zürcher Zeitung, 3., erweiterte Auflage.

Scognamiglio, D. F. (2004): *Methoden zur Immobilienbewertung im Vergleich. Eine empirische Untersuchung für Schweizer Wohnimmobilien*, Hauseigentümergebund Schweiz, 2. Auflage.

Scognamiglio, D. F. (2000): *Methoden zur Immobilienbewertung im Vergleich. Eine empirische Untersuchung für Schweizer Wohnimmobilien*, Inauguraldissertation am Institut für Finanzmanagement der Universität Bern.

Wooldridge, J. M. (2009): *Introductory Econometrics, A Modern Approach, 4th Edition*, Michigan State University.

Internetangaben:

Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2011a):

URL: <https://www.naz.ch/de/themen/radioaktivitaet.html>, [Stand: 17. Januar 2011].

Bundesamt für Bevölkerungsschutz (2011b):

URL: <https://www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html>, [Stand: 17. Januar 2011].

Bundesamt für Landestopographie (2011):

URL: <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/topics/geodata.html>, [Stand: 17. Januar 2011].

Bundesamt für Statistik (2009):

URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/dos/result.html>, [Stand: 8. Februar 2011].

Energie-Fakten e. V. (2011):

URL: <http://www.energie-fakten.de/html/akw-oder-kkw.html>, [Stand: 12. Januar 2011].

Input Consulting (2011):

URL: <http://www.input-consulting.ch/?uid=153>, [Stand: 2. Februar 2011].

Juris GmbH (2010):

URL: <http://www.gesetze-iminternet.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf>,
[Stand: 27. November 2010].

Multimedia-Zentrale SRF (2010a):

URL: <http://www.drs.ch/www/de/drs/nachrichten/schweiz/braucht-die-schweiz-ein-neues-akw/79321.123772.drei-projekte-fuer-neue-akw.html>, [Stand: 28. Dezember 2010].

Multimedia-Zentrale SRF (2010b):

URL: <http://www.tagesschau.sf.tv/Nachrichten/Archiv/2010/12/23/Schweiz/Neue-Atomkraftwerke-Axpo-Alpiq-und-BKW-raufen-sich-zusammen>, [Stand: 23. Dezember 2010].

Spiegel Online (2009):

URL: http://einestages.spiegel.de/static/topicalbumbackground/3849/das_amerikanische_tschernobyl.html, [Stand: 17. Dezember 2010].

Swissnuclear (2011):

URL: <http://www.kernenergie.ch/de/home.html;jsessionid=8110C69850271A68F1BB1065C9B3CAE1>, [Stand: 08. Januar 2011].

Startistic (2011):

URL: http://startistik.csd.univie.ac.at/Module/Regression/Terminologie_Methodik_REG.htm
[Stand: 04. Januar 2011].

Universität Zürich (2007):

URL: <http://www.eso.uzh.ch/modul3/LineRegr.html>, [Stand: 12. Januar 2011].

Zeit Online (2010):

URL: <http://www.zeit.de/news-112010/9/iptc-bdt-20101109-314-27195288xml?page=1>
[Stand: 17. Dezember 2010].

Selbständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet. Mir ist bekannt, dass andernfalls der Senat gemäss Artikel 36 Absatz 1 Buchstabe o des Gesetzes vom 5. September 1996 über die Universität zum Entzug des aufgrund dieser Arbeit verliehenen Titels berechtigt ist.“

Zürich, 9. Februar 2011



Roman Ballmer