



## Zeitschrift für immobilienwirtschaftliche Forschung und Praxis (ZfiFP).

Ausgabe 18 vom 25.03.2011.  
ISSN 1854-3655 (Printausgabe)

**Impressum Zeitschrift für immobilienwirtschaftliche Forschung und Praxis (ZfiFP):**

**Herausbergremium:** Dr. Thomas Beyerle - Head of CSR & Research, IVG Immobilien AG; Prof. Dr. Josef Dinauer - Hochschule München; Prof. Dr. Hanspeter Gondring, FRICS - Studiendekan Studienzentrum Finanzwirtschaft, Duale Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart (DHBW) / Wissenschaftlicher Leiter, ADI Akademie der Immobilienwirtschaft); Dr. Ruprecht Hellauer - Managing Director, Lohnbach Investment Partners GmbH; Prof. Dr. Karl-Georg Loritz - Universität Bayreuth; Dr. Mathias Müller - Präsident der IHK Frankfurt am Main; Werner Rohmert - Hrsg. Der Immobilienbrief / Immobilienspezialist von "Der Platow Brief"; Prof. Dr. Guido Spars - Bergische Universität Wuppertal.

**Chefredaktion:** Marion Götza (V.i.S.d.P.)

**Wissenschaftliche Leitung:** Prof. Dr. Gondring, FRICS, (DHBW/ADI)

**Verlag:** Research Medien AG, Postfach 22 03, 33350 Rheda-Wiedenbrück, T.: 05242 - 901-250, E: info@rohmert.de, www.rohmert-medien.de

**Vorstand:** Werner Rohmert, **Aufsichtsrat:** Senator E. h. Volker Hardegen (Vorsitz); Univ. Prof. Dr. jur. habil. Karl-Georg Loritz, (Bayreuth);

HRB 6598 Amtsgericht Gütersloh, USt.-Idnr DE 217501781

***Namensbeiträge geben die Meinung des Autors und nicht unbedingt der Redaktion wieder. Das Copyright der Fachbeiträge liegt bei den Verfassern oder den genannten Institutionen und Unternehmen.***

**Sehr geehrte Damen und Herren,**

die genaue Prognose von zukünftigen Ereignissen, war schon immer ein Menschheitstraum. Um wie viel ginge es uns besser, wenn wir Reaktorunfälle, Tsunamis und Erdbeben etc. vorhersagen könnten.

Bei diesem Wunsch nimmt die Mathematik im Allgemeinen und die Stochastik im Besonderen eine Schlüsselrolle ein. Heute sind wir durch die Verarbeitung von „ungeheuren“ Datenmengen als Folge ständig steigender Rechnerleistungen bereits in der Lage, diesen Wunsch stellenweise schon zu erfüllen. So verfügt heute die Epidemiologie beispielsweise über mathematische Modelle (Strömungsgleichungen) und damit über Instrumente für die Vorhersagbarkeit von globalen Ausbreitungswegen und –geschwindigkeit von Krankheiten, die bei SARS 2004 nahezu eine Prognose mit einer 100igen Übereinstimmung mit der Realität ermöglicht haben. Ebenso sind die Wettervorhersage, die langfristige Bevölkerungsentwicklung, Wahlprognosen oder die versicherungstechnische Schadensentwicklung gute Beispiele für realitätsnahe Modelle. Funktioniert die Mathematik in den Naturwissenschaften sehr gut, verliert sie dagegen bei den Kulturwissenschaften, zu denen auch die Wirtschaftswissenschaft gehört, hinsichtlich ihrer Prognosekraft an Bedeutung. Die Ursache ist relativ einfach: der Mensch verhält sich eben nicht mit naturgesetzlicher Präzision, sondern eher individuell, m.E. irrational und damit singulär, womit der Mensch in seinem Verhalten nur sehr schwer in Modellen abgebildet werden kann. Ausnahme hiervon ist die kurzfristige Wahlprognose, was aber damit erklärt werden kann, dass ein repräsentativer Querschnitt der Bevölkerung noch bis kurz vor Urnenschluss am Wahltag in ihrem Wahlverhalten empirisch ermittelt wird, sodass dann bereits um 18.00 des Wahltages sehr genaue Prognosen abgegeben werden können. Aber die Wahlforscher wären schon nicht mehr in der Lage, eine Prognose für eine Woche im Voraus abzugeben, d.h. die Wahlprognose ist nur für einige Stunden valide. Jenseits dieses praktischen Nutzens der Mathematik, bedienen sich dennoch die Kulturwissenschaft seit jeher mathematischer Modelle. Diese sollen weniger zur Prognose von zukünftigen Ereignissen herangezogen werden (so wäre beispielsweise eine mathematische Vorhersagbarkeit von Aktienkursen ein *circulus vitiosus* und damit unsinnig), sondern vielmehr liegt der Nutzen im Zwang zum logischen Denken einerseits und der Reduktion sowie der Abstraktion von komplexen Phänomenen andererseits. So ist seit jeher die Volkswirtschaftslehre schon immer sehr mathematiklastig gewesen, während sich die Betriebswirtschaftslehre erst sehr spät (mit Gutenberg als Vorreiter) in den 1950er Jahren der Mathematik bedient hat. Während die Produktionswirtschaftslehre/Logistik sowie die Finanzwirtschafts-/Bank-/Versicherungsbetriebslehre ohne Mathematik nicht mehr vorstellbar sind, spielt diese bislang in der Immobilienwirtschaft kaum eine Bedeutung. Das wird sich aber in den nächsten Jahren zunehmend verändern. In dieser Ausgabe wollen wir dem Leser zwei von vielen möglichen Einsatzbereichen einmal aufzeigen.

Im ersten Artikel stellt der Doktorand Stefan Hunziker MScBA, Hochschule Luzern, hedonische Modelle zur Schätzung von Mietpreisen für Büroflächen vor. Hedonische Modell sind vereinfacht dargestellt Qualitätsbereinigungen von Preisen. Preisveränderungen können durch Knappheit eines Gutes (Mengeneffekt) hervorgerufen werden, aber auch durch Qualitätsveränderungen bzw. Qualitätsunterschiede, d.h. es wird unterschieden zwischen Mengen- und Qualitätseffekten. So hat beispielsweise das Statistische Bundesamt 2002 in der amtlichen Preisstatistik hedonische Modelle eingeführt. In den USA werden hedonische Modelle im Rahmen der Immobilienbewertung, aber auch im Rahmen der Immobilienpreisindizes eingesetzt. Hunziker zeigt vereinfachend, wie Determinanten von Mietpreisen isoliert und die Veränderungen innerhalb einer Zeitreihe in einem Index abgebildet werden können.

Hon. Prof. Dipl. oec. Rolf Kyrein, TU Berlin, und Dipl.-Mathematiker Constantin Wittenmeier, der mengentheoretischen Sprache als Basis für die Einschätzung des gestaltbaren Raums. Nach Georg Cantor ist eine Menge jede Zusammenfassung  $M$  von bestimmten wohlunterschiedenen Objekten unserer Anschauung oder Denkens zu einem Ganzen. Das mengentheoretische Modell enthält demnach alle denkbaren Entwürfe (in der Phantasie des Projektierers) eines geplanten Projektes. Kyrein und Wittenmeier zeigen sehr anschaulich, dass eine Projektidee im Kern in einen tatsächlichen Gestaltungsraum und in einen geschätzten Gestaltungsraum differenziert werden kann, diese wiederum in zwei Arten unterschieden werden können: Der „Raum des Scheiterns“ und der „Raum des ungenutzten Potenzials“ eines Projektes. Der Nachweis ist beeindruckend, wie in topologischer Weise sich der Raum des Scheiterns bei einem Projekt in der Weise vergrößert, wie eine Disziplin ausgeblendet wird. Hieraus ergeben sich auch wichtige Impulse für die interdisziplinäre Gestaltung der Curricula von Studiengängen an den Hochschulen, insbesondere im Bereich der Projektentwicklung.



Prof. Dr. Hanspeter Gondring FRICS  
Duale Hochschule Baden-Württemberg  
ADI Akademie der Immobilienwirtschaft



Werner Rohmert  
Herausgeber ZfiFP

und

## Hedonische Modelle zur Schätzung von Mietpreisen für Büroflächen

von

Stefan Hunziker,

Hochschule Luzern – Wirtschaft, Institut für Finanzdienstleistungen Zug IFZ

### Einleitung

Investoren und Projektentwickler innerhalb des Immobilienmarktes sowie Akademiker sind daran interessiert, wie sich Immobilienpreise- und Mieten entwickeln und welche Faktoren für die Preisbildung oder den Mietertrag einer Immobilie relevant sind. Um die Attraktivität künftiger Immobilienprojekte beurteilen zu können, ist die Einschätzung der Mietpreisentwicklung eine zentrale Voraussetzung. Praktiker nutzen das Wissen über Determinanten von Mieten für Nachfrage- und Sensitivitätsanalysen im Geschäftsflächenmarkt, während Akademiker primär die relative Signifikanz einzelner Objekt- oder Lagemerkmale und deren Effekt auf die Variation von Büromieten interessiert<sup>1</sup>. Im Rahmen von Investment- und Portfoliostrategien sind verlässliche Ertragszahlen von Immobilien unerlässlich, um angemessene Portfolio-Allokationen zu tätigen. Kommerzielle Immobilien wie z.B. Büroflächen sind typischerweise Bestandteile in vielen Investment-Portfolios<sup>2</sup>. Dieser Beitrag zeigt Möglichkeiten und Grenzen auf, statistische Modelle zur Bestimmung der Determinanten von Mietpreisen zu nutzen und deren Entwicklung über die Zeit in einem Mietpreisindex abzubilden.

### Verschiedene Möglichkeiten zur Indexkonstruktion

In der Real-Estate-Forschung werden verschiedene Ansätze zur Konstruktion von Immobilienindizes genutzt. Neben Indizes, welche Renditen der Immobilien in den Portfolios institutioneller Anleger auswerten, spielen transaktionsbasierte Indizes eine zentrale Rolle<sup>3</sup>. Diese stützen sich auf die Auswertung der am Markt realisierten Transaktionspreise- oder Mieten. Als Datenbasis wird eine Stichprobe aus realisierten Immobilienverkäufen oder Vermietungen verwendet<sup>4</sup>. Aus methodischer Sicht lassen sich solche Indizes in drei Unterkategorien aufteilen.

Die erste Variante verwendet als Basis Durchschnittsmieten gehandelter Immobilien in einem bestimmten Marktsegment über die betrachtete Periode. Diese simple Methode trägt aber den zeitlichen Qualitätsunterschieden der gehandelten Objekte nur ungenügend Rechnung<sup>5</sup>. Zweitens steht der Forschung die Methode der so genannte Repeat-Sales-basierten Indizes zur Verfügung, in welche nur Objekte Eingang finden, die in der betrachteten Periode mindestens zweimal verkauft wurden. Der Vorteil dieser Methode liegt in der direkten Vergleichbarkeit von Preisen desselben Objektes zu verschiedenen Zeitpunkten. Voraussetzung für verlässliche Vergleiche ist allerdings, dass die Objekte keinerlei wertverändernde Renovierungen oder ausserordentliche Abschreibungen zwischen den beiden Vermietungszeitpunkten erfahren haben<sup>6</sup>. Weiter führt oft die Knappheit an verfügbaren Daten zu unzuverlässigen Indizes.

Als dritter Ansatz wird in der Literatur oft die Konstruktion hedonischer Preisindizes als Antwort auf die Defizite der beiden anderen Indexarten erwähnt<sup>7</sup>. In der traditionellen mikroökonomischen Analyse wird normalerweise von homogenen Gütern ausgegangen<sup>8</sup>. Büroflächen sind aber sehr heterogen, was sich insbesondere durch die Standortgebundenheit äussert. So werden z.B. für eine ansonsten identische Bürofläche im Zentrum der Stadt Zürich weitaus höhere Mieten verlangt als an einem peripheren Standort. Auch in der Mikrobetrachtung unterscheiden sich Büroflächen erheblich, z.B. bezüglich des Ausbaustandards, der Größe und dem Alter. Offensichtlich wird daher, dass Vergleiche von Mietpreisen für Büroflächen nur sinnvoll sind, wenn die unterschiedlichen Standort- und Qualitätsmerkmale berücksichtigt werden. Der hedonische Ansatz als theoretisches Konzept eignet sich gut, heterogene Güter vergleichbar zu machen.

Die Grundidee hedonischer Modelle besteht darin, ein Gut -in diesem Fall eine Büroimmobilie -als Bündel von Eigenschaften betrachten. Danach lässt sich der Preis eines Objektes aus einer Linearkombination von mit impliziten Preisen bewerteten Eigenschaften wie z.B. Liegenschafts- und Lagemerkmale des Objekts, herleiten<sup>9</sup>. Als konkretes Beispiel kann ein linearer Zusammenhang zwischen dem Mietpreis  $p$  und den Merkmalen  $x$  einer Bürofläche unterstellt werden.

$$(1) \quad p = f(x_1, \dots, x_N)$$

Basierend auf dieser funktionalen Beziehung können die hedonischen Mietpreise  $h_n$  definiert werden als

$$(2) \quad h_n = dp / dx_n = df(x_1, \dots, x_N) / dx_n, \text{ für } n = 1, \dots, N,$$

wobei  $h_n$  aus der Regression geschätzte Koeffizienten sind. Hedonische Preise zeigen also an, wie stark sich der Mietpreis der Bürofläche ändert, wenn sich eine ihrer Eigenschaften um eine Einheit verändert. Demnach bilden sich die Preise oder Mieten für Immobilienobjekte als Summen der erworbenen einzelnen Eigenschaften wie z.B. Lage oder Ausbaustandard. Dies erlaubt es, die heterogene Anlageklasse Immobilien in homogene Eigenschaften zu separieren und gleichzeitig den Einfluss auf den Wert eines Objektes zu bestimmen<sup>10</sup>. Für die Bildung hedonischer Indizes wird das ökonomische Modell für einen bestimmten Zeitraum unter Verwendung der Variablen zur Bestimmung der Objekteigenschaften sowie z.B. einer Zeit-Dummy-Variablen geschätzt. Die sich ergebende Zeitreihe zeigt den durchschnittlichen qualitätsbereinigten Wertzuwachs oder die Mietpreisveränderung der berücksichtigten Büroimmobilien an<sup>11</sup>. Als signifikantes Hindernis beim Einsatz hedonischer Methoden wird in der Literatur die Datenverfügbarkeit genannt. Da für die Indexkonstruktion nicht nur Informationen über (Miet-)Preise von Büroimmobilien, sondern auch deren Merkmalseigenschaften verfügbar sein müssen, können hedonische Indizes oft nicht, oder ungenügend stabil geschätzt werden.<sup>12</sup>



## Stand der Forschung

Die Forschung über hedonische Mietpreismodelle konzentriert sich auffällig stark auf Untersuchungen im angloamerikanischen Raum, dies nicht zuletzt dank der besseren Datenverfügbarkeit und Datenqualität. Als erste umfassende Studie mit detaillierten Informationen zur Berechnung hedonischer Mietpreise kann wohl die Studie von Clapp zu Beginn der 80er Jahre gesehen werden<sup>13</sup>. Clapp nutzte die hedonische Methode, um den Einfluss der Lage einer Büroimmobilie in Los Angeles auf den Mietpreis anhand eines Datensamples von 105 Bürogebäuden zu identifizieren. Als abhängige Variable verwendete er die durchschnittliche Angebotsmiete für ein ganzes Bürogebäude. Unter den 16 unabhängigen Variablen waren die Größe, das Alter, die Anzahl Stockwerke, die Luftqualität, die Distanz zur nächsten Schnellstrasse, die Distanz zum Zentrum, die benötigte Zeit für den Arbeitsweg der Mitarbeiter und das Vorhandensein interner Parkplätze statistisch signifikant. Insbesondere erwies sich die Entfernung zum Arbeitsplatz der jeweiligen Mitarbeiter als bedeutend. Er leitete daraus ab, dass eine kürzere Distanz zum Arbeitsplatz die Bereitschaft erhöht, für tiefere Löhne zu arbeiten. Unter den Lagemerkmalen erwies sich die Distanz zum Zentrum als einflussreichster Faktor der Mietpreisbestimmung. Zahlreiche, vor allem angloamerikanische Studien, folgten der Arbeit von Clapp.<sup>14</sup>

Einige wenige Studien sind seit Beginn des neuen Jahrtausends auch in Deutschland erschienen. So versuchte etwa Nitsch den Wertbeitrag der Lage von Bürogebäuden zu Mietpreisen in München zu isolieren<sup>15</sup>. Dem Autor standen die Angebotsmieten von 46 Gebäuden mit Gebäudeeigenschaften und Lagemerkmalen zur Verfügung. Mit vier verschiedenen Lagemerkmalen<sup>16</sup> sowie vier Gebäudevariablen gelang es Nitsch, 86 Prozent der Variation der Mieten zu erklären. Ebenfalls die Stadt München als Gegenstand der Untersuchung hat Heyser in seiner Dissertation untersucht<sup>17</sup>. Er verwendete einen Datensatz mit Angebotsmieten<sup>18</sup> und 30 erhobenen Objekt- und Lagevariablen. Der Autor nutzte Faktorenanalysen, um eventuelle Multikollinearitäten der unabhängigen Variablen zu entdecken. Zusätzlich bildete Heyser verschiedene Cluster, welche innerhalb von München Submärkte definierten. Regressionsanalysen wurden jeweils für den Gesamtmarkt wie auch für die Cluster berechnet. Als signifikante Variablen für den Gesamtmarkt stellten sich der Stellplatz, die Distanz zum Flughafen und Marienplatz, die Bürodichte, das Vorhandensein eines Doppelbodens, Gebäudetechnik, Weissbier- und Kaffeepreis als Proxy für die Umgebungsattraktivität, Entfernung zur U-Bahn und das Gebäudealter heraus.

In neueren Studien haben Forscher die Anwendung hedonischer Analysen weiter entwickelt, um Mietpreis- oder Preisindizes für Immobilien zu konstruieren. Indizes z.B. basierend auf der durchschnittlichen jährlichen Miete in einem Büromarkt weisen die inhärente Schwäche auf, dass nicht jedes Jahr dieselben Objekte mit denselben Objektqualitäten Eingang in den Index finden. Hedonische Indizes korrigieren diese jährlichen Differenzen, indem sie einen konstanten Preisqualitäts-Index erzeugen, der einen Vergleich von verschiedenen Zeitpunkten zulässt. Zum bisherigen Forschungsstand im Bereich der hedonischen Indizes lassen sich zwei Aussagen treffen: Erstens beziehen sich die Forschungsarbeiten spezifisch für den Büromarkt hauptsächlich auf den amerikanischen Raum, und zweitens setzt sich die grosse Mehrheit der Studien mit Wohneigentum auseinander. Hedonische Indexkonstruktionen für Büromärkte wurden erst sehr wenige durchgeführt<sup>19</sup>. Die möglicherweise jüngste und umfassendste Studie aus dem europäischen Raum stammt von Kempf<sup>20</sup>. Er untersuchte die fünf wichtigsten Büromarktstandorte in Deutschland und konstruierte mit einem umfassenden Datensatz von mehr als 22'000 Mietverträgen hedonische Mietpreisindizes der wichtigsten Büromarktstandorte Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg und München.

## Bisherige Studien auf dem Prüfstand

Viele bisher durchgeführte Studien mangeln an genügend grossen Stichproben. So sollte als Minimalvoraussetzung sichergestellt sein, dass mehr Vertragsdaten oder Angebotsmieten vorhanden sind als unabhängige Variablen im entsprechenden Modell. Ursache dafür ist einerseits die erschwerte Zugänglichkeit vertraulicher Business-Daten oder das gänzliche Fehlen von Datenbeständen zu Miettransaktionen im Bürosektor. Die Datenverfügbarkeit sowie auch die Datenqualität sind regional sehr unterschiedlich. In den USA können im Gegensatz z.B. zu Deutschland und der Schweiz Immobilientransaktionen über entsprechende Behörden eingesehen werden. In der Schweiz gibt es bis anhin keine Einrichtungen, die Daten von mehreren Büromarktbeteiligten zu Angebots- oder Transaktionsmieten mit entsprechenden Gebäude- und Lageinformationen zur Verfügung stellen<sup>21</sup>. Die Datenknappheit führt in etlichen Studien auch dazu, dass Indizes nur auf aggregiertem Niveau, z.B. als Zusammenschluss der wichtigsten Büromarktstandorte eines Landes, statistisch aussagekräftig berechnet werden konnten. Dieses Vorgehen setzt voraus, dass die hedonischen Preise zwischen verschiedenen Städten als konstant taxiert werden resp. innerhalb eines (Länder-)Marktes keine Submärkte bestehen. Interessant wäre aber fest zu stellen, ob regionale Submärkte die Einflussfaktoren von Büromieten anders bewerten.

Die Wahl der korrekten Modellspezifikation und somit die Messung der impliziten Preise von verschiedenen Attributen wird in vielen Studien diskutiert. Die hedonische Theorie per se liefert keine Anweisungen, welche funktionale Form des ökonomischen Modells am besten geeignet ist. Die Wahl der Form bestimmt aber massgebend die Interpretation der einzelnen Koeffizienten. Grundsätzlich unterscheiden sich hedonische Funktionen darin, ob Variablen in der Regression logarithmiert werden oder nicht. Die lineare Form belässt sowohl den Mietpreis als auch die unabhängigen, erklärenden Variablen in ihrer ursprünglichen Form. In der so genannten Double-Log-Funktion erscheinen alle Variablen als natürliche Logarithmen, wobei bei Semi-Log spezifizierten Funktionen entweder die abhängige oder die unabhängigen Variablen transformiert werden. Diese drei Funktionen sind in hedonischen Modellen dominant, unabhängig vom Untersuchungsgegenstand. Oft wird bei der Wahl der funktionalen Form ein pragmatischer Ansatz gewählt. Aufgrund a priori definierten

Erwartungen über die Vorzeichen und das Ausmass der Koeffizienten wird das theoretisch konsistenteste und ökonomisch plausibelste Modell mit der stärksten Erklärungskraft verwendet.

Näher zu diskutieren ist die Verwendung von Angebotsmieten oder Transaktionsmieten als abhängige Variable im Regressionsmodell. Etliche der in den letzten dreissig Jahren publizierten Studien basieren auf Angebotsmieten. Einige Autoren versuchten mit unterschiedlichen Methoden, effektive Transaktionsdaten einzubeziehen. Für und wider der Verwendung von Angebotsmieten in statistischen Modellen gibt es unterschiedliche Argumente. Sicherlich sind Angebotsmieten am einfachsten erhältlich, da es öffentliche Informationen sind. Zudem haben Glascock u. a. die Stabilität von Angebotsmieten gegen Transaktionsmieten gemessen und ein sehr starker Zusammenhang zwischen beiden Variablen festgestellt. Daraus wird geschlossen, dass Angebotsmieten ein angemessener Proxy für tatsächlich erzielte Mieten sind<sup>22</sup>. Dem entgegen kann das Argument aufgeführt werden, dass Angebotsmieten reine Informationen auf der Angebotsseite darstellen, somit auch Wunschvorstellungen und Ausgangspunkt für Verhandlungsstrategien der Vermieter reflektieren, und daher nicht zwingenderweise tatsächliche Transaktionen zwischen Vermieter und Mieter repräsentieren. Weiter ermöglichen Angebotsmieten kein genaues Bild über aktuelle Marktkonditionen und Informationen über Marktwerte der Büroimmobilien. Zudem können Angebotsmieten in spezifischen Marktsituationen wie z.B. Büroimmobilienmärkte mit Überangebotssituation irreführend sein - neue errichtete Bürogebäude können unter diesen Umständen nicht die Höhe der Angebotsmieten erzielen, da potentielle Mieter mehr Einfluss auf die Mietpreise haben.<sup>23</sup>

### Fazit und Ausblick

In der Literatur herrscht weitgehend Übereinstimmung, dass der ökonometrische Ansatz, basierend auf einer hedonischen Schätzung gut geeignet ist, verlässliche (Miet-)Preisindizes zu konstruieren<sup>24</sup>. Die hedonische Regression ist eine etablierte statistische Methode, welche für den Immobilienmarkt schon seit ungefähr vierzig Jahren verwendet wird. Sie wird vorwiegend bei der Bewertung von Wohneigentum eingesetzt; Studien im Rahmen von Untersuchungen der Büroflächenmärkte sind bis anhin nur wenige durchgeführt worden. Der wesentliche Grund dafür liegt in der meist ungenügenden Datenverfügbarkeit. Entweder ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Transaktionsdaten im Betrachtungszeitraum grundsätzlich zu klein oder relevante Informationen zu einzelnen Einflussfaktoren sind nicht vorhanden.

Da die Objektlage eine zentrale Einflussgröße auf den Mietpreis darstellt, können in Zukunft anhand GIS-basierter Daten verbesserte Lageparameter entwickelt werden, die möglichst zuverlässig Mietpreisschwankungen zwischen verschiedenen Standorten der Bürogebäuden erklären können. Zudem scheint die Berücksichtigung räumlicher Beeinflussungseffekte die Aussagekraft der hedonischen Modelle erhöhen zu können. Dazu müssen Methoden der so genannten „Spatial Analysis“ zur Anwendung kommen, bei welcher die gegenseitige Abhängigkeit von Büroimmobilien als Funktion ihrer räumlichen Lage zueinander modelliert wird<sup>25</sup>. Die Grundidee dahinter ist die Folgende: Während bei der klassischen Modellierung von Büromietpreisen nur solche Daten als erklärende Variablen Berücksichtigung finden, die in bzw. an einer betreffenden Beobachtungseinheit (z.B. Entfernung der Bürofläche zur nächsten Schnellstrasse oder zum Stadtzentrum) erhoben wurden, werden bei der Spatial Analysis zusätzlich Größen aus benachbarten Büroimmobilien herangezogen, da diese oftmals Aussagekraft für die interessierende Bürofläche besitzen. Diese räumlichen Abhängigkeiten werden über sog. Spatial-lag- oder Spatial-error-Prozesse abgebildet, bei denen die Interdependenz durch die zusätzliche Berücksichtigung der abhängigen Variable oder des Fehlerterms benachbarter Einheiten modelliert wird<sup>26</sup>. Die Berücksichtigung von Spatial Analysis in hedonischen Mietpreismodellen ist aufwändig und bedarf GIS-basierter Daten, welche aus Vertraulichkeitsgründen höchstens in aggregierter Form zugänglich sind, nicht aber auf der benötigten Stufe des Einzelobjektes. Faktisch ist also auch die Berücksichtigung von räumlichen Beeinflussungseffekten und somit die grundsätzliche Güte hedonischer Modelle von der Datenquantität und -qualität abhängig. Um die Aussagekraft hedonischer Mietpreismodelle aber in Zukunft zu verbessern, muss der Lagemodellierung eine hohe Bedeutung zukommen.

### Literaturverzeichnis

- Anselin, L.: Spatial Econometrics. In: T.C. Mills und K. Patterson (Hrsg.): Palgrave Handbook of Econometrics: Volume 1, Econometric Theory, Basingstoke, (2006), S. 901-969.
- Bender, A.R.; Gacem, B.; Hoesli, M.: Construction d'indices immobiliers selon l'approche hédoniste. In: Finanzmarkt und Portfolio Management (1994), Nr. 8, S. 522-534
- Can, A.; Megbolugbe, I.: Spatial Dependence and House Price Index Construction. In: Journal of Real Estate Finance and Economics 14 (1997), Nr. 1, S. 203-222
- Clapp, J.M.: The Intrametropolitan Location of Office Activities. In: Journal of Regional Science 20 (1980), Nr. 3, S. 387-399
- Degi: Deutsche Gesellschaft für Immobilienfonds. Version: 2006. Online: [www.degi.com](http://www.degi.com)
- Desyllas, J.: When Downtown Moves: Isolating, Representing and Modelling the Location Variable in Office Rents / Bartlett School of Graduate Studies, University College London, 1998
- Dunse, N.; Jones, C.: A Hedonic Price Model of Office Rents. In: Journal of Property Valuation and Investment 16 (1998), Nr. 3, S. 297-312
- Fahrländer, S.: Hedonische Immobilienbewertung, Universität Bern, Diss., 2006

- Fisher, J.D.; Geltner, D.M.; Webb, R.B.: Value Indices of Commercial Real Estate: A Comparison of Index Construction Methods. In: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 9 (1994), Nr. 2, S. 137–164
- Glascocock, J.L.; Jahanian, S.; Sirmans, C.F.: An Analysis of Office Market Rents: Some Empirical Evidence. In: *Real Estate Economics* 18 (1990), Nr. 1, S. 105–119
- Hodgson, D.J.; Slade, B.A.; Vorkink, K.P.: Constructing Commercial Indices: A Semiparametric Adaptive Estimator Approach. In: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 32 (2006), Nr. 2, S. 151–168
- Kempf, S.: *Development of Hedonic Office Rent Indices for German Metropolitan Areas*, European Business School, Dissertation, 2008.
- Loderer, C.; Jörg, P.; Pichler, K.; Roth, L.; Zraggen, P.: *Handbuch der Bewertung*. Bd. 2. Zürich: Verlag Neue Zürcher Zeitung, 2002
- Triplett, J.E.: The Economic Interpretation of Hedonic Methods. In: *Survey of Current Business* 66 (1986), Nr. 1, S. 36–40
- Maurer, R.; Pitzer, M.; Sebastian, S.: *Konstruktion transaktionsbasierter Immobilienindizes: Theoretische Grundlagen und empirische Umsetzung für den Wohnungsmarkt in Paris*, Goethe University Frankfurt am Main, 2001
- Mills, E.S.: Office Rent Determinants in the Chicago Area. In: *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association* 20 (1992), Nr. 2, S. 273–287
- Nitsch, H.: Pricing Location: A Case Study of the Munich Office Market. In: *Journal of Property Research* 23 (2006), Nr. 2, S. 93–107
- Oven, V.A.; Pekdemir, D.: Office Rent Determinants Utilising Factor Analysis - A Case Study for Istanbul. In: *Journal of Real Estate Finance and Economics* 33 (2006), Nr. 1, S. 51–73
- Paelinck, J. H. P.; Klaassen, L.H.: *Spatial Econometrics*, Farnborough, 1979
- Rosen, S.: Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. In: *Journal of Political Economy* 82 (1976), Nr. 1, S. 35–55
- Webb, R.B.; Fisher, J.D.: Development of an Effective Rent (Lease) Index for the Chicago CBD. In: *Journal of Urban Economics* 39 (1996), Nr. 1, S. 1–19
- Webel, K.: *Hedonische Preisindizes für Immobilien in Nordrhein - Westfalen*, Universität Dortmund, Master Thesis, 2003

**Autor:** Stefan Hunziker, MScBA, Dozent und Projektleiter am Institut für Finanzdienstleistungen Zug IFZ mit Forschungsschwerpunkten Risikomanagement/Immobilienmanagement. Lehrtätigkeit an der Hochschule Luzern im Bereich Management Accounting, Controlling und Risikomanagement. Stefan Hunziker ist zudem Studienleiter MAS Controlling am IFZ und Verfasser zahlreicher Publikationen zu den Themenfeldern Risikomanagement, Interne Kontrollsysteme und Finanzmanagement.

#### Fußnoten:

- 1) Vgl. Oven u. Pekdemir (2006), S. 52.
- 2) Vgl. Hodgson u. a. (2006), S. 12 ff.
- 3) Vgl. Maurer u. a. (2001), S. 1.
- 4) Vgl. Degi (2006).
- 5) Vgl. Bender u. a. (1994), S. 525.
- 6) Vgl. Hodgson u. a. (2006), S. 151.
- 7) Vgl. z.B. Fisher u. a. (1994).
- 8) Vgl. Fahrländer (2006), S. 16.
- 9) Vgl. Loderer u. a. (2002), S. 1152.
- 10) Vgl. Maurer u. a. (2001), S. 3.
- 11) Vgl. Degi (2006).
- 12) In Deutschland existieren einige hedonische Immobilienpreisindizes zumindest für Wohnimmobilien, so z.B. der Hypoport-Index und der vdp-Index. Für einen deutschen Mietpreisindex von Büroflächen wird auf Kempf (2008) verwiesen.
- 13) Vgl. Clapp (1980).
- 14) Vgl. z.B. Glascock u. a. (1990), Mills (1992), Dunse u. Jones (1998).
- 15) Vgl. Nitsch (2006).
- 16) Lagevariablen sind Distanz zum Flughafen, Zeit zur Erreichung der nächsten öffentlichen Verkehrsanbindung, Distanz zum Marienplatz und Dummy-Variable ob das Gebäude innerhalb eines 1-Kilometerradius vom Marienplatz liegt; dies weil die Mietpreise in der Nähe des Marienplatz überproportional steigen.
- 17) Vgl. Heyser (2006).
- 18) Die Größe des Datensamples ist unbekannt.
- 19) Vgl. z.B. Hodgson u.a. (2006) und Webb u. Fisher (1996).
- 20) Vgl. Kempf (2008).
- 21) In Deutschland ist die Datenlage aber grundsätzlich sehr gut (Vgl. Mietdatenbank von IPD GmbH Wiesbaden).
- 22) Vgl. Glascock u.a. (1990).
- 23) So geschehen in Berlin Mitte der 90er Jahre, vgl. dazu Desyllas (1998).
- 24) Vgl. Can u. Megbolugbe (1997), S. 203.
- 25) Paelinck u. Klaassen (1979), S. 6.
- 26) Vgl. z.B. Anselin (2006), S. 901-969.

# Die Einschätzung des gestaltbaren Raums in mengentheoretischer Sprache

von

Prof. Dipl. oec. Rolf Kyrein  
Dipl.-Math. Constantin Wittenmeier

## 0 Zusammenfassung

Bei der Planung eines Projektes ist es wichtig, möglichst genau den Rahmen des Gestaltungsraumes einzuschätzen, in dem ein Projekt realisiert werden kann. Wird er zu groß eingeschätzt, kann das Projekt daran scheitern, dass es z. B. unwirtschaftlich, rechtliche Bestimmungen verletzend, technisch undurchführbar oder etwa ökologisch unvertretbar ist. Wird er dagegen zu klein eingeschätzt, wird Potential verschenkt, da mit der unnötigen Einschränkung des Möglichen auch die Einschränkung des Bestmöglichen einhergeht. In diesem Artikel beschreiben wir dieses Problem in der Sprache der Mengentheorie.

In Kapitel 1 definieren wir ein geeignetes mengentheoretisches Modell. Innerhalb dieses Modells unterscheiden wir zwischen dem tatsächlichen Gestaltungsraum und dem geschätzten Gestaltungsraum. Wir unterscheiden zwei Arten, in denen diese Räume voneinander abweichen können. Wir nennen sie "Raum des Scheiterns" und "Raum des ungenutzten Potentials". Mit diesen Abweichungen befassen wir uns in Kapitel 2 und stellen fest, dass die Einschätzung des gestaltbaren Raumes genau dann erfolgreich ist, wenn sowohl der Raum des Scheiterns als auch der Raum des ungenutzten Potentials leer ist.

In Kapitel 3 nehmen wir den interdisziplinären Ansatz bei der Einschätzung des Gestaltungsraumes in das mengentheoretische Modell auf. Indem wir die am Projekt beteiligten Disziplinen als Mengen repräsentieren, können wir den Gestaltungsraum als mengentheoretischen Schnitt über dieses Mengensystem schätzen.

Wie wirkt sich das Fehlen einer beteiligten Disziplin auf die Schätzung des Gestaltungsraumes aus? Diese Frage ist Gegenstand von Kapitel 4. Setzen wir voraus, dass sich die Informationen einer Disziplin nicht aus den Informationen der übrigen beteiligten Disziplinen ableiten lassen, ist unser System von Disziplinen also insbesondere irreduzibel, so folgt, dass sich der Raum des Scheiterns mit jeder Disziplin, die fehlt, vergrößert.

## 1 Mengentheoretisches Modell

**Definition 1.0.1** Mit  $P$  bezeichnen wir die Menge aller denkbaren Entwürfe des zugrunde liegenden Projektes. Hierbei ist der Ausdruck "denkbar" wörtlich zu nehmen, d.h. die Elemente von  $P$  sind alle Gestaltungen, die das Projekt in der Phantasie der Planenden annehmen kann, zunächst ohne jede Einschränkungen durch reale Kriterien. Nicht jedes "denkbare" Projekt ist auch realisierbar. Wir müssen also davon ausgehen, dass die Menge der realisierbaren Entwürfe eine Teilmenge von  $P$  ist, die echt in  $P$  enthalten ist, die also kleiner als  $P$  ist. Diese Teilmenge repräsentiert den Gestaltungsraum. Wir nennen diese  $R$ . Bei einem Projekt hoher Komplexität kennen wir den Gestaltungsraum  $R$  nicht genau. Deshalb kann  $R$  nur geschätzt werden. Wir gehen also von einer weiteren Menge, dem geschätzten Gestaltungsraum  $R_G$  aus.

Die Differenzmenge  $R \setminus R_G$  besteht aus den Entwürfen, die realisierbar sind, aber nicht als realisierbar eingeschätzt werden. Wir bezeichnen sie mit dem Buchstaben  $U$  und nennen sie den Raum des ungenutzten Potentials.

Die Differenzmenge  $R_G \setminus R$  besteht aus den Entwürfen, die als realisierbar eingeschätzt werden, aber nicht realisierbar sind. Dies sind die scheiternden Entwürfe. Wir bezeichnen diese Menge mit dem Buchstaben  $S$  und nennen sie den Raum des Scheiterns.



**Zusammenfassung:**

$P$  Menge aller denkbaren Entwürfe  
(Entwurfsraum)

$R$  Menge aller realisierbaren Entwürfe  
(tatsächlicher Gestaltungsraum)

$R_G$  Menge aller als realisierbar eingeschätzten Entwürfe  
(geschätzter Gestaltungsraum)

$U = R \setminus R_G$  Menge aller realisierbaren, aber als nicht realisierbar eingeschätzten Entw.  
(Raum des ungenutzten Potentials)

$S = R_G \setminus R$  Menge aller als realisierbar eingeschätzten, aber nicht realisierbaren Entw.  
(Raum des Scheiterns)

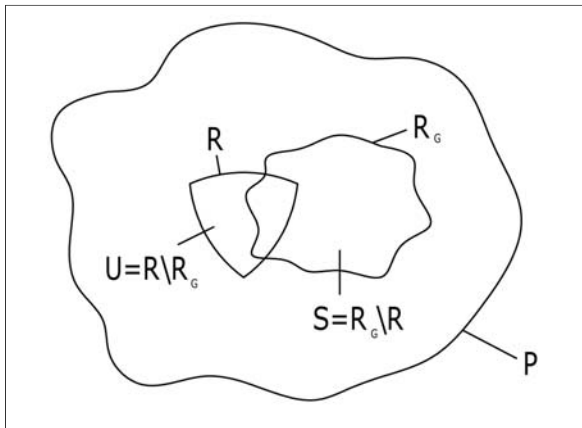


Abbildung 1

**2 Erfolgreiche Einschätzung des gestaltbaren Raums**

**2.1 Erfolgreiche Einschätzung des gestaltbaren Raums:**  $U = \square$  und  $S = \square$

**Satz 2.1.1** Die Einschätzung des gestaltbaren Raums ist genau dann erfolgreich, d.h.

wenn die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:  $R = R_G$

(i) Der Raum des Scheiterns ist leer:  $S = \square$

(ii) Der Raum des ungenutzten Potentials ist leer:  $U = \square$

**Beweis:** Dies folgt aus den drei mengentheoretischen Äquivalenzen:

$$R_G \setminus R = \square \iff R_G \subseteq R \tag{1}$$

$$R \setminus R_G = \square \iff R \subseteq R_G \tag{2}$$

$$R_G = R \cup (R \setminus R_G) \cup R_G \cup R \quad (3)$$

## 2.2 Fehlerarten

Welche Fehler können beim Einschätzen von R gemacht werden? Nach dem letzten Satz gibt es drei Arten der Fehleinschätzung:

### 2.2.1 Fehler: $S \neq \square$ und $U = \square$ , Folge: Das Projekt droht zu scheitern

Das heißt, dass alle tatsächlich realisierbaren Entwürfe auch korrekt als realisierbar eingeschätzt wurden ( $U = \square$ ), aber dass Entwürfe als realisierbar eingeschätzt wurden, die es nicht sind ( $S \neq \square$ ). Wenn sich ein solcher, nicht realisierbarer, aber als realisierbar eingeschätzter Entwurf, also ein Element von  $S$ , während der Projektplanung durchsetzt, wird das Projekt scheitern.

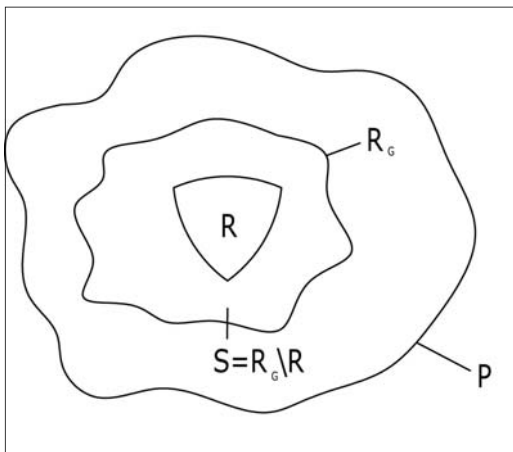


Abbildung 2: Der geschätzte Gestaltungsraum  $R_G$  ist zu groß geraten, überragt  $R$ . Scheitern droht.

### 2.2.2 Fehler: $S = \square$ und $U \neq \square$ , Folge: Potential bleibt ungenutzt

Bei diesem Fehler, besteht das umgekehrte Problem. Zwar sind alle als realisierbar eingeschätzten Entwürfe realisierbar ( $S = \square$ ), aber es existieren realisierbare Entwürfe, die nicht als realisierbar eingeschätzt wurden ( $U \neq \square$ ). Im Planungsprozess wird versucht, im geschätzten Gestaltungsraum  $R_G$  den besten Entwurf zu bestimmen. Wird der Gestaltungsraum wie bei diesem Fehler zu klein eingeschätzt, und der beste Entwurf wird in diesem zu klein eingeschätzten Gestaltungsraum gesucht, wird der Entwurf möglicherweise schlechter als möglich ausfallen. Das Risiko dieses Fehlers: Der Entwurf wird suboptimal.

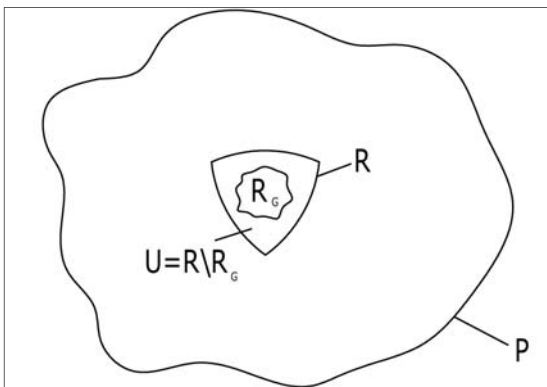


Abbildung 3: Der geschätzte Gestaltungsraum  $R_G$  ist zu klein geraten, er erfüllt  $R$  nicht ganz aus. Es entsteht ein Raum des ungenutzten Potentials.

**2.2.3 Fehler:  $S \neq \square$  und  $U \neq \square$ , Folge: Das Projekt droht zu scheitern und Potential bleibt ungenutzt.**

Dieser Fehler besteht aus der Kombination der beiden vorangegangenen Fehlern. Es werden sowohl realisierbare Entwürfe als nicht realisierbar eingeschätzt als auch umgekehrt nicht realisierbare Entwürfe als realisierbar eingestuft. Die Folge dieses Fehlers ergibt sich aus der Kombination der Folgen der vorangegangenen Fehler: Das Projekt droht zu scheitern, nämlich dann, wenn sich das nicht Realisierbare durchsetzt, außerdem bleibt Gestaltungspotential ungenutzt.

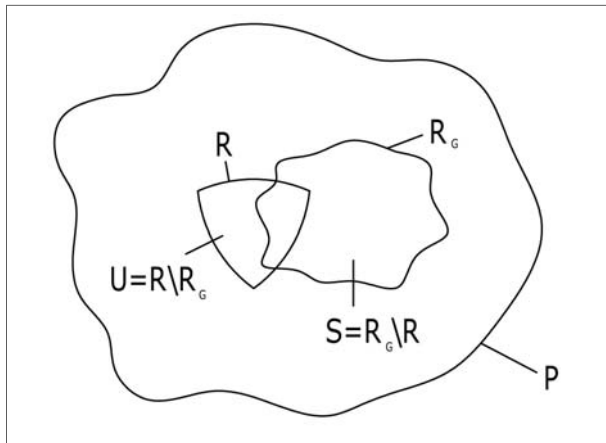


Abbildung 4: Weder ist der geschätzte Gestaltungsraum  $R_G$  im tatsächlichen Gestaltungsraum  $R$  enthalten, noch ist der tatsächliche Gestaltungsraum im geschätzten enthalten.

**3 Schätzen des Gestaltungsraumes durch den interdisziplinären Ansatz**

Ein Projekt kann z.B. scheitern, weil es unwirtschaftlich, nicht rechtskonform, unökologisch unästhetisch, technisch un-durchführbar oder mit der Stadtplanung unverträglich ist. Um während der Planung eines komplexen Projektes einschätzen zu können, ob ein Entwurf realisierbar ist oder nicht, benötigt man also viele Informationen verschiedenster Art. Da diese Informationen keine einzelne Institution liefern kann, ist es notwendig, diesen Informationsbedarf durch das Einbinden verschiedener spezialisierter Informationsquellen, verschiedener Disziplinen zu decken. Wie gewinnt man aus diesem Informationspool nun eine Einschätzung des Gestaltungsraumes? Um diese Frage zu beantworten, repräsentieren wir zunächst die verschiedenen Disziplinen in unserem mengentheoretischen Modell als Mengen.

**3.1 Disziplinen als Mengen**

Ausgangspunkt ist unsere zuvor definierte Menge  $P$  aller denkbarer Projektentwürfe. Wir stellen uns die Elemente dieser Menge aufgelistet vor:

P
Entwurf A
Entwurf B
Entwurf C
Entwurf D
Entwurf E
Entwurf F
Entwurf G
Entwurf H
Entwurf I
Entwurf J
Entwurf K
Entwurf L
Entwurf M
Entwurf N
Entwurf O
Entwurf P
Entwurf Q
Entwurf R
.
.
.

Abbildung 5: Die Elemente von  $P$  aufgelistet.

Eine Disziplin kann nun zu jedem dieser Entwürfe Informationen liefern, indem sie ihn aus Ihrer Sicht bewertet. Zum Beispiel die Disziplin Technik, indem sie Antworten auf die folgenden Fragen liefert: Wird die Gebäudekonstruktion den Belastungen standhalten? Welche technischen Hilfsmittel sind notwendig? Sind diese in dem speziellen Fall einsetzbar? usw.

Um diese Information in unser einfaches mengentheoretisches Modell aufnehmen zu können, müssen wir sie stark vereinfachen. Zu diesem Zweck gehen wir davon aus, dass sich der Beitrag einer Disziplin zu einem Entwurf darauf beschränkt, ihn als "realisierbar" oder als "nicht realisierbar" einzustufen. Wir können uns diesen Informationsbeitrag einer

Disziplin zunächst als Spalte vorstellen, die wir der obigen Auflistung der Elemente von  $P$  zur Seite stellen und in der einem Entwurf eine "1" zugeordnet ist, wenn dieser realisierbar ist, und ansonsten eine "0".

Nun definieren wir die Menge  $R_{Technik}$  als die Menge der denkbaren Entwürfe, denen eine "1" zugeordnet wurde. Somit ist  $R_{Technik}$  die Menge der aus technischer Sicht realisierbaren Projektentwürfe und somit eine Teilmenge von  $P$ .

P		Technik
Entwurf A		0
Entwurf B	///	1
Entwurf C	///	1
Entwurf D		1
Entwurf E	///	0
Entwurf F	///	1
Entwurf G		0
Entwurf H	///	1
Entwurf I		0
Entwurf J	///	1
Entwurf K	///	1
Entwurf L		0
Entwurf M		0
Entwurf N	///	1
Entwurf O		0
Entwurf P	///	1
Entwurf Q		0
Entwurf R		0
.		
.		
.		

Abbildung 6: Ein Entwurf der aus technischer Sicht realisierbar ist, ist durch eine "1" in der Spalte "Technik" gekennzeichnet, ein technisch nicht realisierbarer durch eine "0".

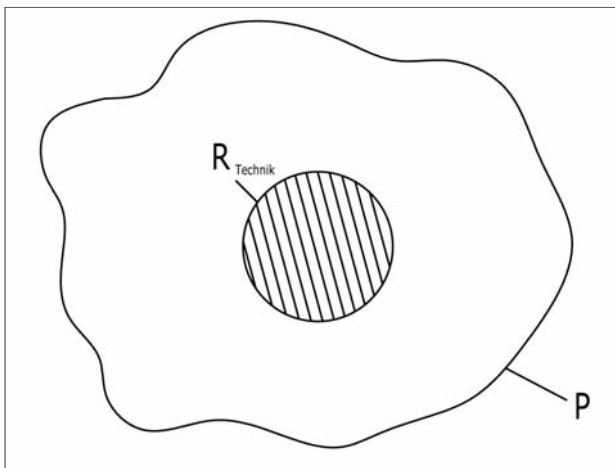


Abbildung 7: Die Einschätzung der Realisierbarkeit eines Entwurfes aus Sicht der Disziplin Technik bestimmt eine Teilmenge

$R_{Technik}$  von technisch realisierbaren Entwürfen in der Menge  $P$  aller denkbaren Entwürfe.



**3.2 Schätzung des Gestaltungsraumes als Schnitt relevanter Disziplinen**

Genauso wie wir es im letzten Abschnitt am Beispiel der Disziplin Technik gesehen haben, erhalten wir zu jeder anderen Disziplin  $D$  für jeden Entwurf eine Bewertung 0 oder 1, je nach dem, ob er aus Sicht der Disziplin  $D$  realisierbar ist oder nicht. Betrachten wir der Einfachheit halber nur die drei Disziplinen

Technik, Wirtschaft und Recht.

Dann erhalten wir in unserer tabellarischen Darstellung zu jeder der Disziplinen eine Spalte. In der Spalte Technik können wir ablesen, ob der Entwurf aus technischer Sicht realisierbar ist, in der Spalte Recht können wir ablesen, ob er aus juristischer Sicht realisierbar ist und in der letzten Spalte, ob er aus wirtschaftlicher Perspektive realisierbar ist. Wir nehmen an, dass jede der drei Disziplinen *relevant* ist, d. h. dass ein Entwurf nur dann insgesamt realisierbar sein kann, wenn er auch aus Sicht jeder Disziplin realisierbar ist. Es können also nur Entwürfe in einer Zeile, in der nur Einsen stehen und keine Null vorkommt, realisierbar sein. Wir nehmen weiter an, dass unser System von Disziplinen *vollständig* ist, d.h. dass wir auch umgekehrt einen Entwurf, in dessen Zeile nur Einsen vorkommen, der also aus Sicht jeder Disziplin realisierbar ist, als insgesamt realisierbar einschätzen können. Welche Menge bilden nun diese Entwürfe, die aus Sicht

aller Disziplinen realisierbar sind ? Die Schnittmenge  $R_{Technik} \cap R_{Recht} \cap R_{Wirtschaft}$ . Denn sie besteht genau aus den

Elementen, die Element jeder der drei Mengen  $R_{Technik}$ ,  $R_{Recht}$  und  $R_{Wirtschaft}$  sind. Sie liefert uns eine Schätzung der Menge aller realisierbaren Entwürfe. Also setzen wir:

$$R_G = R_{Technik} \cap R_{Recht} \cap R_{Wirtschaft}$$

Unter unseren Annahmen der Vollständigkeit und der Relevanz der beteiligten Disziplinen können wir auch davon ausgehen, dass unsere Schätzung exakt ist, also dass

$R = R_G$  gilt.




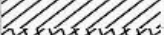








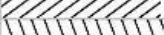



P		Technik	Wirtschaft	Recht	R_G	R
Entwurf A		0	0	0	0	0
Entwurf B		1	1	0	0	0
Entwurf C		1	0	0	0	0
Entwurf D		1	0	1	0	0
Entwurf E		0	1	0	0	0
Entwurf F		1	1	0	0	0
Entwurf G		0	0	0	0	0
Entwurf H		1	1	1	1	1
Entwurf I		0	1	0	0	0
Entwurf J		1	1	1	1	1
Entwurf K		1	0	0	0	0
Entwurf L		0	1	1	0	0
Entwurf M		0	0	1	0	0
Entwurf N		1	0	1	0	0
Entwurf O		0	1	0	0	0
Entwurf P		1	0	0	0	0
Entwurf Q		0	1	1	0	0
Entwurf R		0	0	1	0	0
.						
.						
.						

Abbildung 8: Entwürfe, die insgesamt realisierbar sind, müssen aus Sicht aller Disziplinen realisierbar sein. Elemente in  $R$  müssen also drei Einsen in einer Zeile aufweisen. Ist unser System von relevanten Disziplinen vollständig, so können wir auch umgekehrt von drei Einsen in einer Zeile auf die generelle Realisierbarkeit eines Entwurfes schließen.

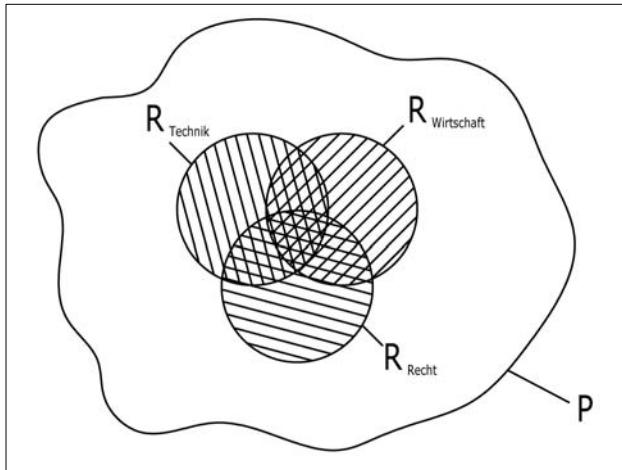


Abbildung 9: Wir schätzen den Gestaltungsraum als Schnitt der Mengen

$$R_{\text{Technik}}, R_{\text{Wirtschaft}} \text{ und } R_{\text{Recht}}$$

Wir halten nun die bereits im Text zum letzten Beispiel eingeführten Definitionen in allgemeiner Form fest.

**Definition 3.2.1** Wir nennen eine Disziplin  $D$  relevant für ein Projekt  $P$ , wenn  $R \sqcap R_G$ , d. h. wenn ein Entwurf überhaupt nur dann realisierbar sein kann, wenn er auch aus Sicht der Disziplin  $D$  realisierbar ist.

**Definition 3.2.2** Ein System  $D_1, \dots, D_n$  von Disziplinen heißt vollständig bezüglich eines Projektes  $P$ , falls

$$R_{D_1} \sqcap \dots \sqcap R_{D_n} \sqcap R$$

Ein System von Disziplinen heißt also genau dann vollständig, wenn aus der Realisierbarkeit eines Entwurfs aus Sicht der Disziplinen  $D_1, \dots, D_n$  bereits die generelle Realisierbarkeit des Entwurfs geschlossen werden kann.

#### 4 Fehlen von Disziplinen im interdisziplinären Ansatz

Aus Kapitel zwei wissen wir, dass diese interdisziplinäre Methode des Einschätzens des Gestaltungsraumes dann erfolgreich ist, wenn sowohl  $S = \square$  als auch  $U = \square$  gelten. Wie sich die Fehler  $S \neq \square$ ,  $U \neq \square$  und deren Kombination auswirken, haben wir schon in Kapitel zwei gesehen. Hier möchten wir nun eine wichtige Ursache des Fehlers

$S \neq \square$  näher betrachten. Vorher benötigen wir noch folgende Definition:

**Definition 4.0.3** Ein System von Disziplinen  $D_1, \dots, D_n$  heißt irreduzibel bezüglich eines Projektes  $P$ , falls

$$R_{D_1} \sqcap \dots \sqcap R_{D_{i-1}} \sqcap R_{D_{i+1}} \sqcap \dots \sqcap R_{D_n} \neq R_{D_1} \sqcap \dots \sqcap R_{D_n}$$

für alle  $i \in \{1, \dots, n\}$ .

Ein System von Disziplinen  $D_1, \dots, D_n$  heißt also irreduzibel, wenn für jede Disziplin  $D_i$  die Realisierbarkeit eines Entwurfes aus Sicht dieser Disziplin  $D_i$  nicht aus der Realisierbarkeit des Entwurfes aus Sicht der übrigen Disziplinen  $D_1, \dots, D_{i-1}, D_{i+1}, \dots, D_n$  geschlossen werden kann.

Wir fragen uns nun: Was passiert, wenn Disziplinen in einem vollständigen, irreduziblen System von relevanten Disziplinen fehlen?

Die Antwort: Das System von Disziplinen wird unvollständig und es entsteht ein (nicht leerer) Raum des Scheiterns.

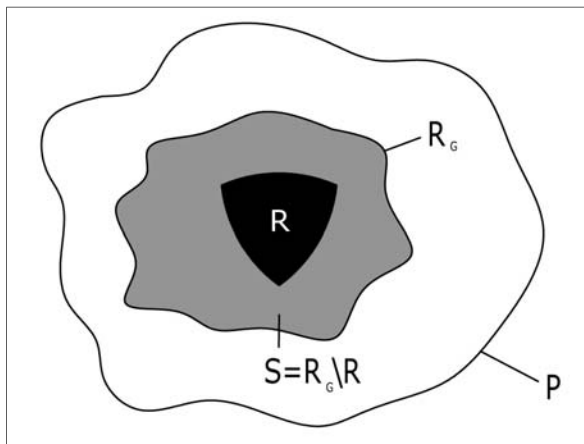


Abbildung 10: In den folgenden Abbildungen färben wir wie in dieser Abbildung den Raum des Scheiterns grau und die Menge aller realisierbaren Entwürfe schwarz.

#### 4.1 Fehlen von Disziplinen im Beispielsystem: Technik, Recht und Wirtschaft

Wir wollen dies zunächst anschaulich am letzten Beispiel verstehen. Wir nehmen also an, es bildet

Technik, Recht und Wirtschaft

ein vollständiges, irreduzibles System relevanter Disziplinen. Dass alle drei Disziplinen relevant sind, heißt, dass ein Entwurf nur dann realisierbar sein kann, wenn er auch aus wirtschaftlicher, rechtlicher und aus technischer Sicht realisierbar ist. Dass das System vollständig ist, heißt, dass jeder Entwurf der aus wirtschaftlicher, rechtlicher und technischer Sicht

realisierbar ist, auch insgesamt realisierbar ist. Wir können also annehmen, dass  $R_{Technik} \cap R_{Recht} \cap R_{Wirtschaft}$  eine korrekte Schätzung des gestaltbaren Raumes liefert also

$$R = R_G = R_{Technik} \cap R_{Recht} \cap R_{Wirtschaft}$$

gilt. Dass das System irreduzibel ist, besagt, dass aus der technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit eines Entwurfes nicht seine rechtliche Realisierbarkeit folgt, dass aus der wirtschaftlichen und rechtlichen nicht seine technische Realisierbarkeit folgt und dass aus der rechtlichen und technischen Realisierbarkeit nicht seine wirtschaftliche Realisierbarkeit folgt.

Wie wirkt sich in dieser Situation nun das Fehlen von Disziplinen auf die Einschätzung des Gestaltungsraumes aus?

#### 4.1.1 Fehlen keiner Disziplin:

$$R_G = R_{Technik} \cap R_{Recht} \cap R_{Wirtschaft}$$

Wenn alle drei Disziplinen beteiligt sind, ergibt sich für den Raum des Scheiterns:

$$S = R_G \setminus R = R_{Recht} \cap R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} \setminus R_{Recht} \cap R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} = \emptyset$$

Der Raum des Scheiterns ist leer.

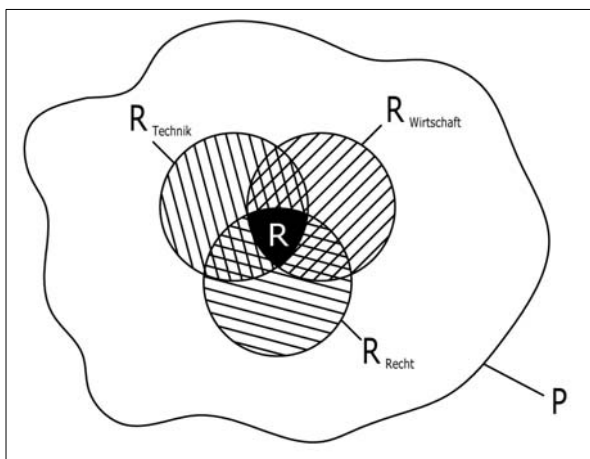


Abbildung 11: Sind alle relevanten Disziplinen des vollständigen Systems Technik, Recht und Wirtschaft einbezogen, ist der Raum des Scheiterns leer. Es ist der dunkelgraue Bereich, den man nicht sehen kann, da er "leer" ist.

$$R_G = R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft}$$

**4.1.2 Fehlen einer Disziplin:**

Was passiert nun, wenn eine Disziplin, sagen wir die Disziplin Recht fehlt ? Es werden Entwürfe schon als insgesamt realisierbar eingeschätzt, wenn sie nur aus Sicht der Disziplinen Technik und Wirtschaft realisierbar sind. Welche Entwürfe sind nun die, welche zwar als realisierbar eingeschätzt werden, es aber nicht sind ? Das sind genau die, die zwar aus der Perspektive von Wirtschaft und Technik realisierbar sind, aber nicht aus rechtlicher Sicht. Der Raum des Scheiterns ist also:

$$S = R_G \setminus R = R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} \setminus R_{Recht} \cap R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} \neq \emptyset$$

In folgenden Schaubildern ist der Raum des Scheiterns grau gekennzeichnet.

P		Technik	Wirtschaft	Recht	R_G	R
Entwurf A		0	0	0	0	0
Entwurf B	■	1	1	0	1	0
Entwurf C	▨	1	0	0	0	0
Entwurf D	▧	1	0	1	0	0
Entwurf E	▩	0	1	0	0	0
Entwurf F	■	1	1	0	1	0
Entwurf G		0	0	0	0	0
Entwurf H	■	1	1	1	1	1
Entwurf I	▨	0	1	0	0	0
Entwurf J	■	1	1	1	1	1
Entwurf K	▧	1	0	0	0	0
Entwurf L	▩	0	1	1	0	0
Entwurf M		0	0	1	0	0
Entwurf N	▧	1	0	1	0	0
Entwurf O	▨	0	1	0	0	0
Entwurf P	▧	1	0	0	0	0
Entwurf Q	▩	0	1	1	0	0
Entwurf R		0	0	1	0	0
.						
.						
.						

Abbildung 12: Entwürfe, die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht realisierbar sind, aus rechtlicher Sicht aber nicht realisierbar sind, werden nun als realisierbar eingeschätzt, da letztere Sicht nicht mit einbezogen wurde bzw. die Information der Disziplin Recht fehlt. Diese Entwürfe sind dunkelgrau gekennzeichnet und würden scheitern, sie bilden den Raum des Scheiterns.

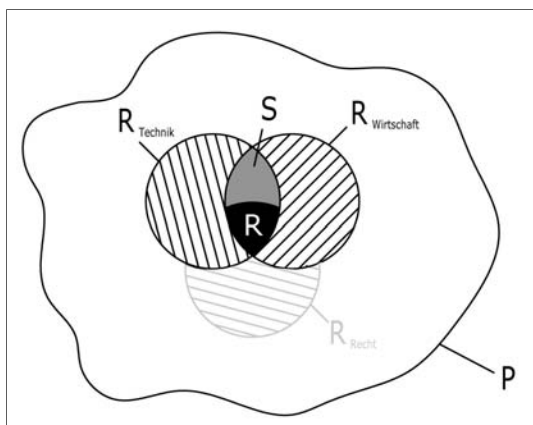


Abbildung 13: Der geschätzte Gestaltungsraum  $R_G$  (dunkelgrauer und schwarzer Bereich) überragt den (schwarz gekennzeichneten) tatsächlichen Gestaltungsraum  $R$ . Dunkelgrau gekennzeichnet ist der Raum des Scheiterns

$$R_G = R_{Technik}$$

**4.1.3 Fehlen von zwei Disziplinen:**

Wenn zwei Disziplinen fehlen, z.B.: Recht und Wirtschaft, werden Entwürfe bereits als realisierbar eingeschätzt, wenn sie aus Sicht der einen verbleibenden Disziplin, in diesem Fall aus Sicht der Disziplin Technik, realisierbar sind. Der Raum des Scheiterns:

$$S = R_G \setminus R = R_{Technik} \setminus R_{Recht} \cap R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} \neq \emptyset$$



P	Technik	Wirtschaft	Recht	R_G	R
Entwurf A	0	0	0	0	0
Entwurf B	1	1	0	1	0
Entwurf C	1	0	0	1	0
Entwurf D	1	0	1	1	0
Entwurf E	0	1	0	0	0
Entwurf F	1	1	0	1	0
Entwurf G	0	0	0	0	0
Entwurf H	1	1	1	1	1
Entwurf I	0	1	0	0	0
Entwurf J	1	1	1	1	1
Entwurf K	1	0	0	1	0
Entwurf L	0	1	1	0	0
Entwurf M	0	0	1	0	0
Entwurf N	1	0	1	1	0
Entwurf O	0	1	0	0	0
Entwurf P	1	0	0	1	0
Entwurf Q	0	1	1	0	0
Entwurf R	0	0	1	0	0
.					
.					
.					

Abbildung 14: Da Informationen der beiden Disziplinen Recht und Wirtschaft fehlen, werden Entwürfe schon als realisierbar eingeschätzt, wenn sie nur aus technischer Sicht realisierbar sind. Die dunkelgrau gekennzeichneten Entwürfe, sind die, die zwar technisch realisierbar sind, nicht aber nicht aus wirtschaftlicher oder nicht aus rechtlicher Sicht. Da die Informationen der letzten Disziplinen fehlen, werden diese trotzdem als realisierbar eingeschätzt und würden scheitern.

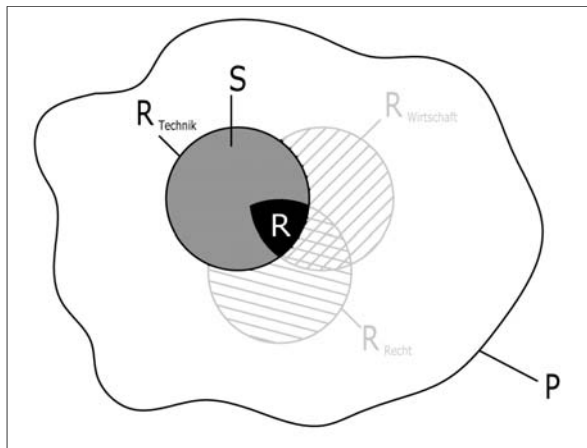


Abbildung 15: Der dunkelgrau gekennzeichnete Raum des Scheiterns hat sich abermals vergrößert.

**4.1.4 Fehlen von drei Disziplinen:**  $R_G = P$

Wenn alle drei Disziplinen fehlen, wird jeder Entwurf als realisierbar eingeschätzt. Der Raum des Scheiterns:

$$S = R_G \setminus R = P \setminus R_{Recht} \cap R_{Technik} \cap R_{Wirtschaft} \neq \emptyset$$

P	Technik	Wirtschaft	Recht	R_G	R
Entwurf A	0	0	0	1	0
Entwurf B	1	1	0	1	0
Entwurf C	1	0	0	1	0
Entwurf D	1	0	1	1	0
Entwurf E	0	1	0	1	0
Entwurf F	1	1	0	1	0
Entwurf G	0	0	0	1	0
Entwurf H	1	1	1	1	1
Entwurf I	0	1	0	1	0
Entwurf J	1	1	1	1	1
Entwurf K	1	0	0	1	0
Entwurf L	0	1	1	1	0
Entwurf M	0	0	1	1	0
Entwurf N	1	0	1	1	0
Entwurf O	0	1	0	1	0
Entwurf P	1	0	0	1	0
Entwurf Q	0	1	1	1	0
Entwurf R	0	0	1	1	0
.					
.					
.					

Abbildung 16: Da keine Informationen vorliegen, werden alle Entwürfe als realisierbar eingeschätzt. Kein nicht realisierbarer Entwurf wird korrekt als nicht realisierbar eingeschätzt.

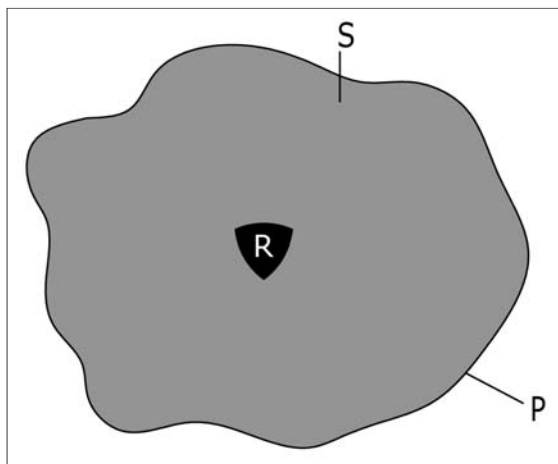


Abbildung 17: Der dunkelgrau gekennzeichnete Raum des Scheiterns ist weiter gewachsen und füllt die gesamte Menge der nicht realisierbaren Entwürfe aus.

#### 4.2 Allgemeiner Satz

Allgemein gilt folgender Satz:

**Satz 4.2.1 Voraussetzung:** Es sei  $D_1, \dots, D_n$  ein vollständiges, irreduzibles System relevanter Disziplinen.  $R_G = R_{D_1} \square \dots \square R_{D_m}$

Aussagen:

(i) Schätzt man den gestaltbaren Raum mit  $m \leq n$  Disziplinen ein, d.h. Gilt,  $R_G = R_{D_1} \square \dots \square R_{D_m}$  so ist der Raum

des Scheiterns genau dann leer ( $S = \emptyset$ ), wenn alle Disziplinen beteiligt sind, also wenn  $m = n$ .

(ii) Schätzt man den gestaltbaren Raum einmal mit  $m \leq n$  Disziplinen ein, wir setzen  $R_G$ , und schätzt man ihn ein weiteres Mal mit  $m - 1$  Disziplinen ein, wir setzen  $R_G' = R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_{m-1}}$ , so gilt für die Räume des Scheiterns

$$S = R_G \setminus R \quad \text{und} \quad S' = R_G' \setminus R$$

die Aussage

$$S \subseteq S' \iff S \neq S'$$

(Je mehr Disziplinen fehlen, desto größer ist der Raum des Scheiterns.)

**Beweis:**

Zu i):

Angenommen  $m = n$ . Zu zeigen ist  $S = \emptyset$ . Aus der Relevanz der Disziplinen  $D_1, \dots, D_n$  folgt  $R \subseteq R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_n}$ . Da das System nach Voraussetzung vollständig ist, gilt auch  $R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_n} \subseteq R$ . Es folgt  $R = R_G$  und somit  $S = R_G \setminus R = \emptyset$ .

Die Umkehrung folgt aus ii).

Zu ii):

Aus der Irreduzibilität des Systems  $D_1, \dots, D_n$  folgt, dass

$$R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_{m-1}} \cap R_{D_{m+1}} \cap \dots \cap R_{D_n} \neq R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_n}$$

und somit  $R_G' = R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_{m-1}} \neq R_{D_1} \cap \dots \cap R_{D_m} = R_G$ . Aus der Relevanz der Disziplinen folgt  $R \subseteq R_G \subseteq R_G'$  und somit

$$S = R_G \setminus R \neq R_G' \setminus R = S'$$