



**CARSTEN LAUSBERG**  
**PATRICK KRIEGER**

# Entscheidungsunterstützungssysteme in der Immobilienwirtschaft

**Carsten Lausberg<sup>1</sup>, Patrick Krieger<sup>2</sup>**

## **ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNGSSYSTEME IN DER IMMOBILIENWIRTSCHAFT**

Arbeitspapier Nr. 1/2022

März 2022

Dieser Text ist die deutsche, leicht veränderte Übersetzung dieses Buchkapitels:

Lausberg, C. & Krieger, P. (2021). Decision Support Systems in Real Estate: History, Types and Applications. In: *Decision Support Systems: Types, Advantages and Disadvantages*, ed. F. J. Roberts, 1-77. Hauppauge/NY: Nova.

Die Veröffentlichung der deutschen Fassung wurde freundlicherweise vom Nova Verlag gestattet. Weitergabe nur zur persönlichen Nutzung!

© Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY 11788-3619, USA

### **Herausgeber:**

Campus of Real Estate e.V. an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen  
Parkstr. 4, 73312 Geislingen

Homepage: [www.campus-of-real-estate.de](http://www.campus-of-real-estate.de) und [www.hfwu.de/immobilienwirtschaft](http://www.hfwu.de/immobilienwirtschaft)

### **Autor:innen:**

<sup>1</sup> Prof. Dr. Carsten Lausberg, Professor für Immobilienwirtschaft, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Kontakt: [carsten.lausberg@hfwu.de](mailto:carsten.lausberg@hfwu.de), Tel. 0 17 17 18 17 66

<sup>2</sup> Technische Universität Berlin

**Vorgeschlagene Zitierweise:** Lausberg, C., Krieger, P.: Entscheidungsunterstützungssysteme in der Immobilienwirtschaft. Campus of Real Estate, Arbeitspapier 1/2022. Geislingen 2022.

## Zusammenfassung

Dieses Arbeitspapier befasst sich mit Entscheidungsunterstützungssystemen, die in der Immobilienbranche eingesetzt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den sogenannten modellgetriebenen Entscheidungsunterstützungssystemen (EUS), d. h. Systemen, die das menschliche Entscheidungsverhalten modellieren und Menschen helfen sollen, bessere Entscheidungen zu treffen.

Nach einer Einführung über Entscheidungen, Entscheidungsfindung und Entscheidungsunterstützung in der Immobilienwirtschaft, wird in Abschnitt 2 die historische Entwicklung von EUS im Allgemeinen skizziert. Zu Beginn hatten die Systeme nur ein Ziel oder ein Kriterium im Fokus, später entstanden EUS für mehrere Ziele oder Kriterien, die heute Standard sind. Seit einiger Zeit kann man von einer dritten Generation sprechen, bei der das menschliche Verhalten in die Gestaltung des Systems einbezogen wird. Dies ist ein wichtiger Entwicklungsschritt für EUS, um die an sie gestellten Anforderungen, insbesondere Effektivität, Kognition und Benutzerakzeptanz, zu erfüllen.

In Abschnitt 3 werden die verschiedenen Arten von EUS vorgestellt. In der Literatur lassen sich viele Klassifizierungen finden; wir folgen hier der gängigen Einteilung nach der Art der Unterstützung, wonach EUS durch Modelle, Kommunikation, Daten, Dokumente oder Wissen getrieben sein können. Modellgetriebene EUS wie Scoring und Analytic Hierarchy Process (AHP) werden im Detail besprochen.

Nicht alle Arten von EUS werden in der Immobilienwirtschaft angewendet, und es gibt auch nicht für alle Immobilienaktivitäten EUS, wie die in Abschnitt 4 vorgestellte umfangreiche Untersuchung zeigt. Die Schlussfolgerung in Abschnitt 5 ist etwas ernüchternd, da die meisten der bisher entwickelten EUS kaum für komplexe Immobilienentscheidungen geeignet sind, sondern nur für bestimmte Teilaufgaben.

Der Beitrag schließt mit einem Ausblick, in dem wir aufzeigen, wo die Grenzen traditioneller EUS in der Immobilienwirtschaft liegen und in welche Richtungen die Forschung und Entwicklung von verhaltensorientierten EUS gehen könnten.

**INHALTSVERZEICHNIS**

INHALTSVERZEICHNIS .....	2
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	3
TABELLENVERZEICHNIS.....	3
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	4
1. EINFÜHRUNG.....	5
2. GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG.....	9
2.1. Erste Generation.....	13
2.2. Zweite Generation.....	17
2.3. Dritte Generation .....	20
3. TYPEN.....	24
3.1. Klassifizierungssysteme.....	24
3.2. Modellgetriebene EUS.....	27
4. ANWENDUNGEN.....	33
5. BEWERTUNG UND FAZIT .....	51
LITERATURVERZEICHNIS .....	56

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Beispiele für Entscheidungshilfen, die in der Immobilienbranche üblich sind...	6
Abbildung 2:	Historische Entwicklung von Entscheidungshilfen aus Sicht der Entscheidungstheorie .....	10
Abbildung 3:	Historische Entwicklung von Entscheidungshilfen aus der Sicht der Wirtschaftsinformatik .....	11
Abbildung 4:	Das DuPont-Schema als Beispiel für ein Ein-Ziel-System .....	14
Abbildung 5:	Das Modell der optimalen Kapitalallokation nach der Portfoliotheorie .....	15
Abbildung 6:	Die BCG-Matrix als Beispiel für die Darstellung eines Entscheidungsproblems.....	16
Abbildung 7:	Die Balanced Scorecard für strategisches Performancemanagement .....	18
Abbildung 8:	Risk Web .....	19
Abbildung 9:	Ausgewählte MADM-Methoden.....	28
Abbildung 10:	Ausgewählte MODM-Methoden.....	30
Abbildung 11:	Immobilienlebenszyklus.....	34

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Ausgewählte Einteilungen von EUS .....	25
Tabelle 2:	Charakterisierung der EUS-Typen nach Power (2001).....	26

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AHP	Analytic Hierarchy Process
AI	Artificial Intelligence
ANP	Analytic Network Process
BCG	Boston Consulting Group
BI	Business Intelligence
BIM	Building Information Modeling
BOR	Behavioral Operations Research
COPRAS	Complex Proportional Assessment
DA	Decision Aid
DSS	Decision Support System
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité
ERP	Enterprise Resource Planning
EH	Entscheidungshilfe
EUI	Entscheidungsunterstützungsinstrument
EUS	Entscheidungsunterstützungssystem
EVA	Economic Value Added
FM	Facility Management
FMCDM	Fuzzy Multiple Criteria Decision Making
GIS	Geographisches Informationssystem
HANS	Housing Analysis System
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
LGD	Loss Given Default
MADM	Multiple Attribute Decision Making
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
MCDA	Multiple Criteria Decision Analysis
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
MCPL	Multiple Cue Probability Learning
MIS	Managementinformationssystem
MIVES	Integrated Value Model for Sustainable Assessments
MODM	Multiple Objective Decision Making
MOORA	Multi-Objective Optimization on The Basis of Ratio Analysis
MOPSO	Multiobjective Particle Swarm Optimization
OCR	Optical Character Recognition
OLAP	Online Analytical Processing
OR	Operations Research
PD	Probability of Default
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations
RICS	Royal Institution of Chartered Surveyors
ROCE	Return on Capital Employed
ROI	Return on Investment
SAS	Statistical Analysis System
SAW	Simple Additive Weighting
SDSS	Spatial Decision Support System
STEM	Step Method
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation
VIKOR	Multi-criteria Optimization and Compromise Solution

## 1. EINFÜHRUNG

Die Immobilienbranche ist nicht das bevorzugte Feld der Entwickler von Entscheidungsunterstützungssystemen (EUS) und EUS sind nicht die bevorzugten Instrumente von Immobilienmanagern. Dies mag daran liegen, dass die betroffenen Vermögenswerte zu heterogen, die Entscheidungen zu komplex und die Entscheidungsträger zu konservativ sind. Und doch findet man, wenn man genau hinschaut, viele Beispiele für EUS in der Immobilienwirtschaft. Ihre Zahl hat in den letzten Jahren aufgrund der wachsenden Datenbestände, des technologischen Fortschritts und der Erkenntnisse über das menschliche Verhalten zugenommen. Ein weiteres Wachstum ist wahrscheinlich, wenn Softwareentwickler besser verstehen, wie Entscheidungen in der Immobilienbranche getroffen werden, Immobilienmanager technische Entscheidungshilfen besser akzeptieren und mehr Forscher daran arbeiten, beide Seiten zusammenzubringen. Dieser Artikel möchte einen Beitrag zur letzten Aufgabe leisten, indem er einen Überblick über den Stand der Entwicklung von EUS in der Immobilienwirtschaft gibt.

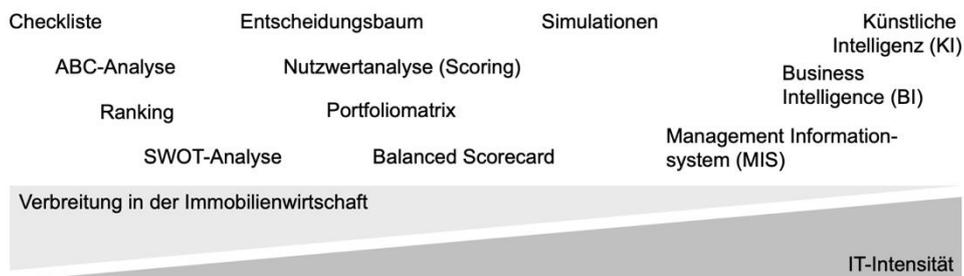
Bevor wir in die Tiefe gehen, ist es notwendig, einige Schlüsselbegriffe zu definieren. In einem Forschungsgebiet, das von vielen Disziplinen beackert wird, ist es besonders wichtig, sich um eine klare Sprache zu bemühen.

Eine mögliche Definition von **Entscheidung** lautet: „eine Wahl, die man trifft, nachdem man über mehrere Möglichkeiten nachgedacht hat“. Diese Definition aus dem Cambridge Wörterbuch hilft bei komplexen Entscheidungen, wie sie für Immobilien typisch sind, nur bedingt weiter. Anders als bei spontanen oder stereotypen Entscheidungen ist hier nämlich die Auswahl eingebettet in vor- und nachgelagerte Schritte, die bei der Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen mit bedacht werden müssen – im Gegensatz zu spontanen oder stereotypen Entscheidungen. Es ist daher meistens besser, den Begriff **Entscheidungsfindung** (synonym: das Entscheiden) zu verwenden: „Ein Entscheidungsprozess, der die Problemidentifikation, die Auswahl der Kriterien, die Erarbeitung der Lösungsalternativen, die Identifizierung der besten Alternative anhand der spezifizierten Kriterien, die Planung der Umsetzung sowie die Überprüfung des Ergebnisses umfasst.“ (Krieger und Lausberg 2021, 2f.)

Immobilienwirtschaftliche Entscheidungsprozesse können sehr komplex und langwierig sein. Treiber der Komplexität sind u. a. die Zahl der Entscheidungsfaktoren und der Beteiligten. Bei größeren Projektentwicklungen können diese durchaus dreistellig werden, was die begrenzte menschliche Kapazität zur Informationsverarbeitung und Problemlösung klar übersteigt. Deshalb benötigt der Mensch **Entscheidungsun-**

**terstützung**, d. h. Maßnahmen zur Verbesserung der menschlichen Entscheidungsfindung, von einfachen Ablaufdiagrammen bis zu komplexen Prozessmodellen, von Handlungsanweisungen bis zu Trainingsprogrammen, von Checklisten bis zu Instrumenten mit eingebauter künstlicher Intelligenz (KI) (Krieger/Lausberg 2020). Wenn dazu ein Werkzeug im weiteren Sinne eingesetzt wird, z. B. ein Schema oder ein Computersystem, nennen wir das Entscheidungsunterstützungsinstrument (EUI) oder Entscheidungshilfe (EH). Das klammert z. B. Trainings und Prozessdiagramme aus. Ein **Entscheidungsunterstützungsinstrument** ist ein Werkzeug, das den Menschen bei der Entscheidungsfindung unterstützt. Ein paar Beispiele hierfür sind in Abbildung 1 aufgeführt, sie werden in den Abschnitten 2 und 3 dieses Beitrags näher erläutert. Die Abgrenzung ist zum Teil schwierig, weil heutzutage alles durch Computer unterstützt werden kann, selbst eine einfache Checkliste. Spätestens bei Simulationen ist jedoch der Einsatz von Computern unabdingbar.

**Abbildung 1: Beispiele für Entscheidungshilfen, die in der Immobilienbranche üblich sind**



Man kann davon ausgehen, dass die Verbreitung der EH und die Intensität, mit der hierfür Informationstechnologie (IT) eingesetzt wird, in einem reziproken Verhältnis zueinander stehen, was in der Abbildung durch die beiden grauen Dreiecke angedeutet wird.<sup>1</sup>

Ein **Entscheidungsunterstützungssystem** (EUS, DSS) ist nach Power et al. (2011) ein computergestütztes Informationssystem, das die Effektivität des Nutzers beim Treffen komplexer Entscheidungen erhöht. Daraus ergeben sich drei zentrale Anforderungen an EUS: Erstens müssen sie „computergestützt“ sein, d. h. in Form einer Software entwickelt worden sein. Ein reines Entscheidungsmodell, das auch im Kopf durchgerechnet werden kann, zählt also nicht dazu. Zweitens müssen sie „effektiv“ sein. Darunter verstehen wir, dass ein mittels EUS erzielt Ergebnis besser sein soll als eines, das ohne EUS zustande kommt

<sup>1</sup> Das soll nicht heißen, dass es sich um eine Kausalbeziehung handelt oder das Verhältnis immer so sein muss. Formen künstlicher Intelligenz (KI) beispielsweise sind schon in vielen weit verbreiteten Anwendungen wie Internetsuchmaschinen enthalten. KI-Reinformen dagegen, z. B. Neuronale Netzwerke, sind zur Unterstützung bei der Lösung immobilienwirtschaftlicher Entscheidungsprobleme sehr wenig verbreitet.

(Lausberg und Krieger 2021). Mit anderen Worten, ein EUS soll die Entscheidungsqualität erhöhen. Drittens müssen EUS für „komplexe Entscheidungen“ geschaffen sein, also solche, in denen es z. B. viele Entscheidungsfaktoren gibt oder in der sich die Entscheidungssituation ständig verändert (Funke 2012). Das verlangt von den Systemen, dass sie ein Modell zur Abbildung der verschiedenen Entscheidungselemente wie Ziele, Entscheidungsfaktoren, Verbindungen und Restriktionen enthalten. Computergestützte Systeme, die nicht die Verbesserung der Entscheidungsqualität als Ziel haben (sondern nur z. B. die Steigerung der Effizienz) oder die kein Entscheidungsmodell beinhalten (sondern nur z. B. Informationen entscheidungsgerecht aufbereiten) bezeichnen wir als EUS im weiteren Sinne.

Wie wir noch zeigen werden, gibt es viele Arten von EUS mit sehr unterschiedlicher IT-Intensität und Verbreitung. Entsprechend wären Immobilien-EUS in Abbildung 1 in einem breiten Bereich rechts von der Mitte einzuordnen.

Abschließend soll noch der Begriff **Immobilienwirtschaft** definiert werden. Nach einer engen, international üblichen Definition gehören zur Immobilienbranche die Unternehmen und privaten Personen, die helfen Immobilien zu bewirtschaften, zu verwalten und zu vermitteln. Diese Definition schließt viele Akteure aus – erstens solche, die für die Entwicklung, Planung und Erstellung sowie den Abriss zuständig sind, also v. a. Bauunternehmen und Architekturbüros. Zweitens werden solche Unternehmen ausgeklammert, die Dienstleistungen entlang des Lebenszyklusses von Immobilien erbringen, z. B. Finanzierungs-, Kapitalanlage-, Bewertungs- und Beratungsleistungen. Wir verwenden in diesem Beitrag die weite Definition, die diese Bereiche einschließt. Ein Immobilien-EUS ist daher ein computergestütztes Informationssystem, das die Effektivität des Nutzers beim Treffen komplexer immobilienwirtschaftlicher Entscheidungen erhöht.

Die Forschungsfrage, die wir in diesem Beitrag beantworten wollen, lautet: Welche EUS stehen Entscheidern in der Immobilienwirtschaft heute zur Verfügung? Zur Beantwortung der Frage haben wir eine ausführliche Literaturanalyse durchgeführt, um zunächst die geschichtliche Entwicklung zu erklären und die vorhandenen Typen zu systematisieren. Anschließend haben wir Literaturdatenbanken und das Internet durchsucht, um in der Praxis einsetzbare und bereits eingesetzte EUS zu finden.

Unsere Motivation ist, die Lücke zu schließen, die nach unserer Wahrnehmung zwischen der Immobilienbranche und anderen Industrien hinsichtlich des Einsatzes von EUS besteht, um so letztlich einen Beitrag zur Steigerung der Entscheidungsqualität zu leisten. Die Lücke ist vermutlich zum großen Teil auf die Besonderheiten von Immobilienanlagen

zurückzuführen. Diese sind u. a. einzigartig, unteilbar, illiquide, langfristig und kapitalintensiv, mit hohen Transaktions- und Suchkosten verbunden und managementintensiv (für einen detaillierten Vergleich siehe Trippi 1990). Das macht Immobilienentscheidungen komplex, unstrukturiert und damit herausfordernd für den Einsatz von EUS.

## 2. GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG

Um die historische Entwicklung der immobilienwirtschaftlichen EUS zu verstehen, empfiehlt es sich, sie aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, mindestens aus Sicht der Entscheidungstheorie, der (Wirtschafts-)Informatik und der Immobilienwirtschaft bzw. -forschung.<sup>2</sup>

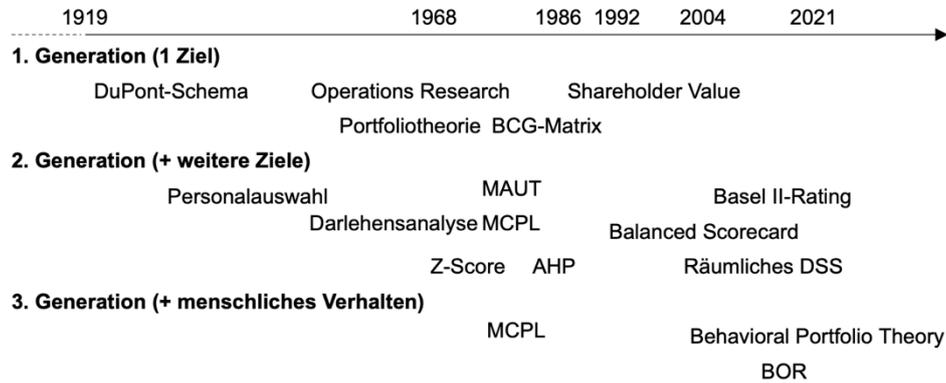
### **Entscheidungstheorie**

„Managerial decision theory deals with the choices a manager should make in an ideal world (normative approach), does make in the real world (descriptive approach) or should make in the real world (prescriptive approach).“ (Lausberg und Krieger 2021, S. 1; für einen detaillierten Vergleich siehe Bell et al. 1988) Diese drei Ansätze haben ihre Wurzeln in der neoklassischen Mikroökonomie (normativ), den Verhaltenswissenschaften (deskriptiv) und der Verhaltensökonomie (präskriptiv). In der Geschichte der Entscheidungstheorie sind viele Entscheidungshilfen entwickelt worden, und zwar in drei Generationen, die in Abbildung 2 dargestellt und im nächsten Abschnitt erläutert werden. „At first, decisions were analysed with regard to a single monetary target variable such as value, gain or return. This turned out to be too simplistic for most practical applications. Later, target systems were created, which also included non-monetary, qualitative goals such as the market position of a company. This required incorporating the preferences of the decision-makers because the best alternative could not be calculated on the basis of quantitative data only. Even later, insights from psychology and other disciplines were used to understand the preferences and integrate human behaviour in the models.“ (Lausberg und Krieger 2021, 1f.)

---

<sup>2</sup> Andere Sichtweisen wie die der Spieltheorie oder der Organisationslehre werden hier nicht ausgeführt, weil eine komplette Darstellung der Entscheidungstheorie nicht das Ziel dieses Beitrags ist. Die Darstellung der geschichtlichen Entwicklung ist schon deswegen unvollständig.

**Abbildung 2: Historische Entwicklung von Entscheidungshilfen aus Sicht der Entscheidungstheorie**

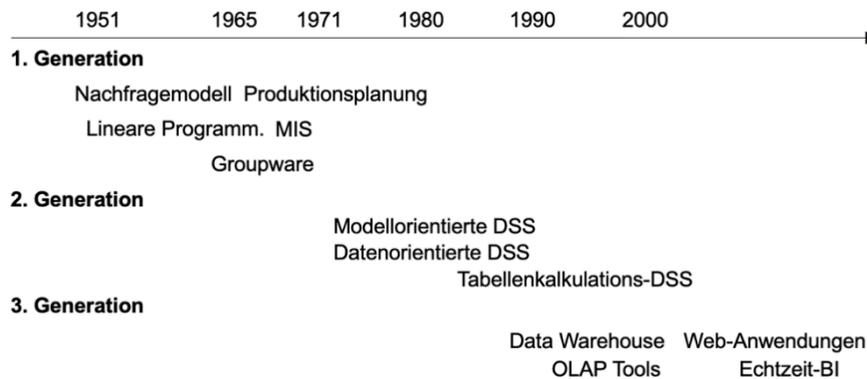


Die Einteilung in Generationen ist nicht ganz stimmig, weil die früheren Generationen nicht aussterben und sich die Generationen mischen. So werden auch heute noch Entscheidungsinstrumente verwendet und neu entwickelt, die auf nur ein Ziel ausgerichtet sind, und so gibt es Methoden des Operations Research (OR) auch für Mehrzielsysteme. Ferner gibt es je nach Sichtweise andere Einteilungen von Generationen, zum Beispiel die ökonometrisch geprägte von Brans (1996).

### **Informatik**

Die Entwicklung aus der Perspektive der (Wirtschafts-)Informatik wurde an anderer Stelle bereits ausführlich dargestellt, z. B. von Daniel J. Power in seinen Büchern und auf seiner Website [dssresources.com/](http://dssresources.com/). Laut Power (2013, S. 7-11) lassen sich die Ursprünge von EUS bis ins Jahr 1951 zurückverfolgen, als Lyons Tea Shops eine Software entwickelte, die anhand von Wettervorhersagen die Nachfrage nach bestimmten Waren bestimmen konnte. Mitte der 1960er Jahre wurde das erste Videokonferenzsystem erfunden, das später zu Gruppen-EUS führte, und es wurden Experimente im Bereich der Produktionsplanung durchgeführt, die zu Managementinformationssystemen (MIS) führten; siehe Abbildung 3.

**Abbildung 3: Historische Entwicklung von Entscheidungshilfen aus der Sicht der Wirtschaftsinformatik**



*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Power (2013, S. 8)*

Der Beginn der zweiten Generation war gekennzeichnet durch die Unterscheidung zwischen MIS für gut strukturierte Entscheidungen und EUS für unstrukturierte Entscheidungen. Anfang der 80er Jahre wurden EUS als eine Klasse von Informationssystemen mit Unterklassen wie datenorientierte und modellorientierte Systeme für Zwecke wie Finanzmodellierung und Strategieentwicklung akzeptiert. Mitte der 1980er Jahre kamen Personalcomputer auf, die den Anwendungsbereich und die Möglichkeiten der Rechentechnik erheblich erweiterten. Es entstanden neue Klassen von EUS, wie z. B. kalkulationsorientierte Systeme, die es Benutzern ohne Programmierkenntnisse ermöglichten, auf einfache Weise Daten zu analysieren und Entscheidungen zu modellieren. Dies ist eines der Merkmale der dritten Generation, die auch heute noch Bestand hat. Weitere Meilensteine in der EUS-Geschichte waren die Erfindung und Verbreitung von Data Warehousing, Online Analytical Processing (OLAP) Tools sowie webbasierten Anwendungen. Heutzutage ermöglicht Business Intelligence (BI) Software den Entscheidungsträgern die Analyse von Daten in Echtzeit. Dies hebt die Entscheidungsfindung auf eine neue Ebene, zumindest in Bereichen, in denen die Analyse großer Mengen sich ständig ändernder Daten von entscheidender Bedeutung ist. (Power 2013, S. 8-13)

### **Immobilienwirtschaft**

Eine Darstellung der immobilienwirtschaftlichen Sicht auf EUS sollte mit drei einflussreichen Artikeln amerikanischer Wissenschaftler beginnen: Ende der 1980er Jahre stießen Gregory B. Northcraft und Margaret A. Neale grundsätzliche Überlegungen zum immobilienwirtschaftlichen Entscheiden an, begann Julian Diaz III eine Forschungsreihe dazu, wie Entscheidungen bei Immobilienbewertungen getroffen

werden und veröffentlichte Robert R. Trippi einen Überblick über computergestützte Systeme zur Unterstützung von Immobilienentscheidungen (Diaz, III 1990; Trippi 1989; Northcraft und Neale 1987). Zu dieser Zeit waren in der Immobilienbranche schon manche EUS im Einsatz, z. B. Spreadsheet-Modelle für Investmentanalysen (für einen Überblick siehe Trippi (1990)). Die meisten von ihnen hatten einen recht engen Fokus auf die Auswahlphase im Entscheidungsprozess bzw. auf einzelne Aufgaben mit geringer Komplexität und zeitlicher Bindung (Trippi 1990, 52f.). Die von Trippi entwickelte Software hatte dagegen den Anspruch, dem Top Management bei strategischen Entscheidungen zu helfen (Trippi 1989, S. 48). In der Folgezeit zeigte sich der technische Fortschritt selbstverständlich auch in der Immobilienbranche, wo z. B. OLAP-Tools im Portfoliomanagement schnell Verbreitung fanden. Viele Anwendungen sind aber über den Status von Prototypen nicht hinausgekommen (für einen aktuellen Überblick über Immobilien-EUS siehe Abschnitt 4). Das liegt nach unserer Überzeugung weniger an der Komplexität der Entscheidungen, sondern vielmehr daran, dass die meisten immobilienwirtschaftlichen Entscheidungen menschliche Entscheidungen sind. Zum Beispiel entscheiden in vielen großen Wohnungsunternehmen mit moderner IT-Ausstattung immer noch Mitarbeiter und nicht Computersysteme, ob eine Mieterhöhung erfolgt oder nicht. Die Entscheidung ist zwar sehr einfach nach mathematischen und juristischen Regeln zu modellieren, doch da Immobilien soziale Systeme sind, in denen Menschen wohnen und arbeiten, müssen viele nicht-ökonomische Faktoren bedacht werden. Ein anderes Beispiel sind Akquisitionentscheidungen. Im Vergleich zur Mieterhöhung zeigt sich hier regelmäßig ein anderes Phänomen, nämlich die Abweichung des tatsächlichen Entscheidungsverhaltens vom Normverhalten, beispielsweise weil ein Entscheider seiner Intuition mehr vertraut als rationalen Entscheidungsregeln. Unserer Meinung nach ist der menschliche Faktor daher das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zu anderen Branchen wie der produzierenden Industrie. Die zitierten Artikel von Northcraft/Neale und Diaz haben das Feld für Verhaltensforschung in der immobilienwirtschaft geöffnet. Seitdem wurden einige Fortschritte erzielt, aber man ist noch weit entfernt davon, den menschlichen Faktor bei immobilienwirtschaftlichen Entscheidungen entschlüsselt zu haben.

Wir konzentrieren uns in diesem Abschnitt auf die entscheidungstheoretische Perspektive, weil der dazu gehörende Begriff der Entscheidungsmodelle am umfassendsten ist. Bei einer Verengung auf Computersysteme läuft man Gefahr, Hilfsmittel auszublenden, die ursprünglich nicht als solche entwickelt wurden, aber heutzutage selbstverständlich mit Computerunterstützung laufen, z. B. Portfoliomodelle; bei einer Orientierung an der immobilienwirtschaftlichen Sichtweise würde man außer Acht lassen, dass viele EUS branchenunabhängig sind.

## 2.1. Erste Generation

In der traditionellen, neoklassischen Betriebswirtschaftslehre war lange Zeit das Gewinnziel dominierend. Das heißt, es wurde davon ausgegangen, dass für ein Unternehmen die Maximierung des absoluten oder relativen Gewinns, also der Rendite, immer das höchste Ziel darstellt. Das entsprach den Vorstellungen vom rational handelnden Investor und war sehr praktisch, weil sich betriebswirtschaftliche Probleme so klar definieren und mathematisch präzise lösen ließen. In der Praxis war diese Dominanz vermutlich nie gegeben. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts zeigten immer mehr empirische Untersuchungen (z. B. von Kaplan et al. (1958)), dass Unternehmen in Wirklichkeit meistens mehrere Ziele verfolgen – und dass der Gewinn oft gar nicht dazu gehört. Hinzu kam, dass neue Managementmethoden eingeführt wurden, die explizit von mehreren Zielen ausgingen, z. B. „Management by objectives“ (Drucker 1954) und heterodoxe Denkrichtungen die Dominanz des neoklassischen Paradigmas unterminierten (z. B. Rothschild (1947)). Das führte zu den heute vorherrschenden Mehrzielsystemen, die im Abschnitt 2.2 beschrieben werden.

Dennoch wurden ab der zweiten Hälfte des 20. Jhd. bis heute vor allem unter den Begriffen Management Science und OR noch Einzielsysteme entwickelt. Sie haben ihre Berechtigung sowohl auf der Gesamtunternehmensebene, wenn sich eine Unternehmung einem Ziel unterwerfen möchte, als auch auf der operativen Ebene, wenn es um die Optimierung bestimmter Kennzahlen geht. Im Folgenden sollen ein paar der bekanntesten vorgestellt werden.

Eine sehr einfache Zielfunktion lautet, die Gesamtkapitalrendite (ROI), also den Return auf das eingesetzte Kapital, zu maximieren. In Formelschreibweise:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Gesamtkapital}} \rightarrow \text{Max!}$$

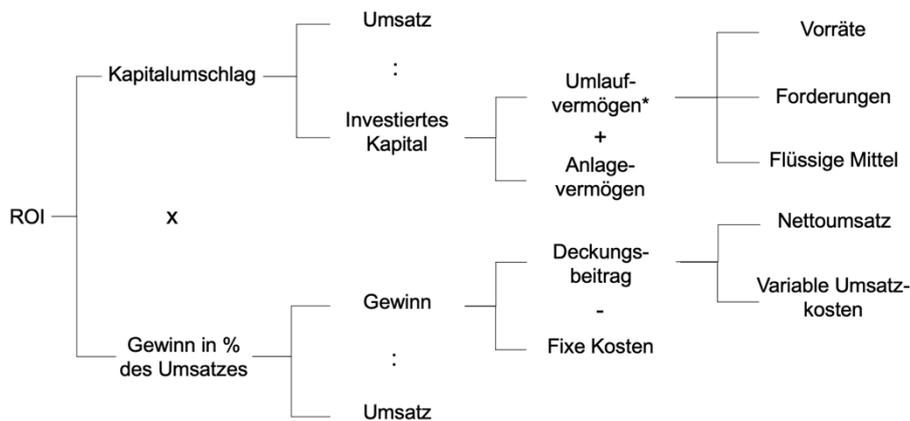
Dies ist noch kein Entscheidungsunterstützungsinstrument, dafür braucht es Anhaltspunkte zu den Alternativen, z. B. ob der ROI durch eine höhere Umsatzrendite oder einen schnelleren Kapitalumschlag gesteigert werden soll. Dazu kann man die obige Formel auffächern:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Umsatz}} \cdot \frac{\text{Umsatz}}{\text{Gesamtkapital}} = \text{Umsatzrendite} \cdot \text{Kapitalumschlag} \rightarrow \text{Max!}$$

Das war die Grundidee des sog. DuPont-Schemas, das der Analyse der Profitabilität dient und 1919 in dem gleichnamigen Konzern einge-

führt wurde (Laitinen 1999, S. 80). Heute ist es vermutlich das bekannteste betriebswirtschaftliche Kennzahlenschema. Es ist hierarchisch aus Ex-post-Kennzahlen aufgebaut, die sich aus dem Oberziel ROI-Maximierung ableiten. Das Schema hat sich über die Jahrzehnte weiterentwickelt, beispielsweise als die Eigenkapitalrendite in den 1970er Jahren wichtiger wurde und als in den 1980er Jahren das Shareholder Value-Konzept aufkam. Heute sind als Zielgrößen z. B. ROCE (Return on Capital Employed) oder EVA<sup>®</sup> (Economic Value Added) bekannt, die darauf zurückgehen. Auch gibt es Versuche, das Schema zu einem Ex-ante-Modell zu transformieren, das Entscheidungen besser unterstützt als ein reines Analysewerkzeug (Laitinen 1999)

**Abbildung 4: Das DuPont-Schema als Beispiel für ein Ein-Ziel-System**



*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Davis (1950, S. 7)*

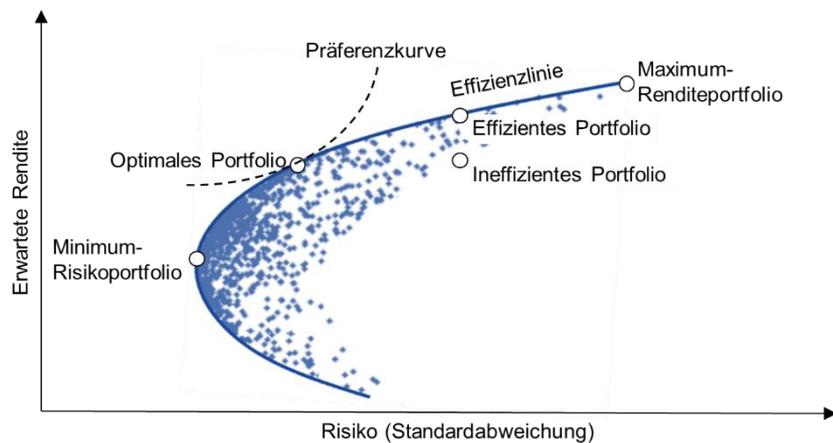
In der Immobilienwirtschaft sind solche Schemata mit den notwendigen Anpassungen auch im Einsatz. Eine typische Anpassung besteht darin, den Haupthebeln mehr Beachtung zu schenken, bei bestandshaltenden Immobiliengesellschaften ist das v. a. das Anlagevermögen.

Zeitlich zwischen dem DuPont-Schema und dem Shareholder Value-Ansatz kam das OR auf. Beim OR geht es darum, Entscheidungen mit quantitativen Methoden vorzubereiten. Hierfür wurden seit den 1960er Jahren viele Anwendungen entwickelt, vor allem für betriebswirtschaftliche Funktionen wie Produktion und Logistik. In der Immobilienbranche ist OR bis heute nahezu unbekannt. Allenfalls in Randbereichen wie der Optimierung der Flächennutzung oder bei Überschneidungen zu anderen Branchen wie Logistik, gibt es hierzu Veröffentlichungen.

Eine der wichtigsten Korrekturen des reinen Gewinnziels war die Einbeziehung der Unsicherheit bzw. des Risikos. Die neoklassische Theorie hat dazu einige Entscheidungsmodelle hervorgebracht, das bekannteste dürfte das Modell zur Portfolioauswahl von Harry Markowitz

(1952) sein, das in zahllosen Lehrbüchern zu diesem Thema beschrieben und abgebildet wird.

**Abbildung 5: Das Modell der optimalen Kapitalallokation nach der Portfoliotheorie**



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an <https://financetrain.com/lessons/modern-portfolio-theory/> (Zugriff am 10.06.2021)

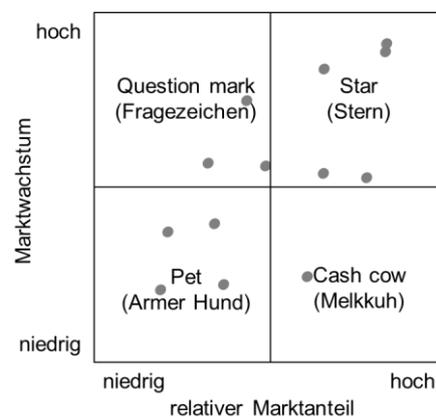
Danach kann man die optimale Zusammensetzung eines Portfolios aus der Rendite und der Standardabweichung der verfügbaren Assets, den Kovarianzen dieser Assets sowie der Risiko-Rendite-Präferenz des Anlegers ermitteln. Das optimale Portfolio ist das, bei dem sich effiziente Linie und die höchstmögliche Präferenzkurve berühren. Bei näherem Hinsehen wird deutlich, dass hier nicht zwei Ziele optimiert werden, sondern das Verhältnis von Rendite zu Risiko zum neuen Ziel wird, so wie es auch z. B. die Sharpe Ratio, der Z-Score oder der Variationskoeffizient als Kennzahlen ausdrücken.

Obwohl die Portfoliotheorie für Wertpapiere erdacht wurde und strenge Prämissen aufstellt, hat man das Modell schon sehr häufig auf Immobilienportfolios angewendet. Mit begrenztem Erfolg, denn es hat sich gezeigt, dass die Übertragung auf Immobilien problematisch ist und zu falschen Ergebnissen führen kann (Viezer 2010). Das liegt u. a. daran, dass die Volatilität kein angemessenes Risikomaß für Immobilien ist (Lausberg et al. 2020).

Zwei Ziele zu einem zusammenzufassen, ist eine häufig genutzte Möglichkeit die Komplexität von Entscheidungen zu reduzieren. Dadurch ergeben sich neue Gelegenheiten der Darstellung, Analyse und Lösung von Entscheidungsproblemen. Ein gutes Beispiel dafür sind Matrixdarstellungen, beispielsweise die Vier-Felder-Matrix der Beratungsgesellschaft Boston Consulting Group (BCG). Der Matrix liegt die Vorstellung zugrunde, dass neue Produkte einen typischen Lebenszyklus durchlaufen, in dem sie sich idealerweise zu Stars entwickeln. Ist diese Position erreicht, ergibt sich für eine Unternehmung daraus das Ziel, die

Position zu halten, z. B. indem Werbemaßnahmen zur Sicherung des Marktanteils ergriffen werden. Ferner sollte eine Unternehmung ein ausgewogenes Produktportfolio anstreben, in dem genügend Produkte in allen Lebenszyklusphasen vorhanden sind. (Reeves et al. 2014)

**Abbildung 6: Die BCG-Matrix als Beispiel für die Darstellung eines Entscheidungsproblems**



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an <https://www.bcg.com/about/our-history/growth-share-matrix> (Zugriff am 10.06.2021)

Die BCG-Matrix und die ähnliche 9-Felder-Matrix von McKinsey wurden schon häufig auf Immobilienportfolios angewendet (z. B. von Bone-Winkel 1994, Kołodziejczyk et al. 2019). Die 1:1-Übertragung scheitert wie bei dem Modell von Markowitz an den zugrundeliegenden Prämissen und den Besonderheiten von Immobilienanlagen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Modelle für die Immobilienwirtschaft gar nicht nützlich wären. Einerseits können sie so weit umgebaut werden, dass sie einigermaßen passen (siehe Abschnitt 2.3), andererseits können sie als „engine of enquiry“ (Viezer 2010) dienen, also zur Überprüfung der mit anderen Methoden gewonnenen Einsichten.

Die genannten Matrizen sind aus einem weiteren Grund gute Repräsentanten der ersten Generation von EH. Es handelt sich um Instrumente, die nicht aus der (neoklassischen) Wissenschaft, sondern aus der Praxis stammen. Im Laufe der Zeit haben sich viele solcher Verfahren und Entscheidungsmodelle gebildet, z. B. Kosten-Nutzen-Analyse, Delphi Methode und SWOT-Analyse (strengths, weaknesses, opportunities and threats). Sie haben speziell in der Immobilienbranche eine hohe Bedeutung, weil „real estate is not a number crunching exercise but is a series of problem solving opportunities which interface practical tools of applied social science with every major issue of our time [...]“ (Grasskamp 1976, S. 27)

Viele der bisher beschriebenen Entscheidungsmodelle bedürfen wegen ihrer Einfachheit keiner technischen Unterstützung. Aber natürlich

hat die Digitalisierung hiervor keinen Halt gemacht, so dass es heute auch für die einfachsten Entscheidungsunterstützungsinstrumente Computerprogramme gibt, z. B. für die Durchführung einer SWOT-Analyse. Beispiele dafür werden im Abschnitt 4 gegeben. Ferner wurden Entscheidungsaspekte in andere Arten von Software integriert, z. B. in (Immobilien-)Portfoliomanagementsysteme und Managementinformationssysteme, die aber nicht Gegenstand dieses Beitrags sind. Beide Arten kann man als EUS i. w. S. bezeichnen.

## 2.2. Zweite Generation

Wie oben erwähnt, verfolgen Unternehmen meistens mehrere Ziele parallel, die sich ergänzen, aber auch in Konflikt zueinander stehen können. Wichtige weitere betriebswirtschaftliche Ziele sind z. B. Umsatz und Marktanteil als quantifizierbare Ziele oder Reputation und Sicherung der Unabhängigkeit als qualitative Ziele. Hinzu kommen außerökonomische Ziele, z. B. ökologische und soziale Nachhaltigkeit, ferner Ziele der Menschen in der Organisation, z. B. angenehmes Betriebsklima und Karriere, die ebenfalls nicht unbedingt mit den Zielen der Organisation übereinstimmen.

Die Mehrzielsysteme haben sich, soweit man das noch zurückverfolgen kann, zuerst in der Personalauswahl etabliert. Mitte des 20. Jahrhunderts verbreiteten sich auf diesem Gebiet Scoringverfahren, die zu dem Zeitpunkt im Erziehungswesen schon eine lange Tradition hatten. Schnell wurde die Scoringmethode auch für andere betriebswirtschaftliche Aufgaben eingesetzt, z. B. für die Auswahl zwischen konkurrierenden Projekten oder die Kreditprüfung (Lausberg und Krieger 2021).

Bis heute ist das Kreditwesen ein wichtiger Treiber von Scoringsystemen. Wichtige Impulse kamen z. B. durch den sog. Z-Score von Altman (1968) und die einheitliche Systematik zur Messung von Kreditausfallwahrscheinlichkeiten mittels Rating durch das Baseler Komitee für Bankenaufsicht („Basel II“).

Hier werden auch die Abgrenzungsschwierigkeiten der Generationen deutlich. An erster Stelle geht es bei Banken nur um ein einziges Ziel, nämlich die Ja-/Nein-Entscheidung über die Kreditvergabe richtig zu treffen. Das ist im Kern eine Vorhersage über die Ausfallwahrscheinlichkeit und den für diesen Fall zu erwartenden Schaden, was wiederum so ein komplexes Vorhaben ist, das seine Zuordnung zur 2. Generation sinnvoll erscheint.

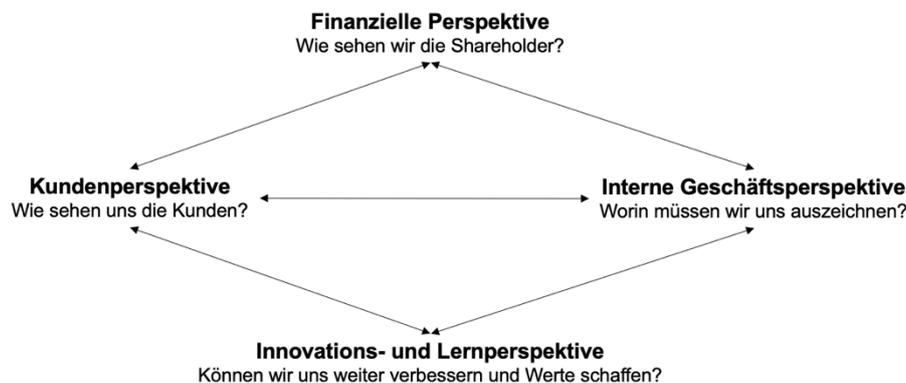
Eine ähnliche Abgrenzungsproblematik zwischen der 1. und 2. Generation besteht bei den Modellen, die der Erwartungsnutzentheorie entstammen. Hier gibt es sowohl normative als auch deskriptive Varianten, sowohl mit einem als auch mit mehreren Zielen. Ein Beispiel ist die Mul-

tiattributive Nutzentheorie (MAUT). Bei einem MAUT-Modell errechnet sich der Nutzen einer Entscheidungsvariante aus der Summe der gewichteten Teilnutzen aller ihrer Attribute. Der Entscheider sollte dann die Variante wählen, die den höchsten Nutzen aufweist. Das ist bei den anderen Modellen aus der Familie der MCDM-Verfahren (Multiple Criteria Decision Making, siehe Abbildung 9) ähnlich. Nach Stewart (1992) kommt es dabei nicht darauf an, dass der maximale Nutzen ein einziges Ziel verkörpert, sondern dass die Kriterien vielfältig und unpräzise sind: „The key philosophical departure point defining Multiple Criteria Decision Making (MCDM) as a formal approach to types of problem solving (or mess reduction), lies in attempting to represent such imprecise goals in terms of a number of individual (relatively precise, but generally conflicting) criteria.” (Stewart 1992, S. 569)

Während die MCDM-Verfahren rationales Verhalten unterstellen, ist das beim Multiple Cue Probability Learning (MCPL) nicht der Fall. Hier akzeptiert man, dass Menschen zwar analytisch vorgehen wollen und sich z. B. an Attributen (Cues) und Wahrscheinlichkeiten orientieren können, dass sie aber aufgrund ihrer kognitiven Beschränkungen dabei auch Fehler machen und intuitiv handeln („quasi-rational“) (Slovic et al. 1977, S. 11–13).

Nicht alle Mehrzielsysteme streben eine eindeutige Lösung für Entscheidungsprobleme an. Bei der Balanced Scorecard von Kaplan/Norton beispielsweise werden die Attribute (Perspektiven) gleichberechtigt nebeneinandergestellt. Das mag für manche Entscheider frustrierend sein, für andere dagegen ermöglicht der Einsatz eines solchen Instruments eine der Wirklichkeit entsprechende, ganzheitliche Unternehmensführung, die nicht auf Finanzkennzahlen begrenzt ist.

**Abbildung 7: Die Balanced Scorecard für strategisches Performancemanagement**



*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kaplan und Norton (1992, S. 72)*

Ein für Immobilien wichtiges Merkmal der zweiten Generation ist die Integration von multikriteriellen Entscheidungsmodellen in geographische Informationssysteme (GIS) oder – seltener – das Hinzufügen der

räumlichen Dimension zu MCDM-Systemen. Dafür entstand schon in den 1980er Jahren der Begriff räumliches Entscheidungsunterstützungssystem (engl. Spatial Decision Support System, SDSS) (Peterson 1993). Für immobilienwirtschaftliche Anwendungen ist diese Verbindung naheliegend, da jedes Grundstück einen Raumbezug hat und geographische Aspekte wie die Entfernung zum Stadtzentrum oder die Infrastruktur an einem Standort zu ihrer Beurteilung außerordentlich wichtig sind. Laut einer aktuellen Literaturanalyse ist in den letzten Jahren die technologische Entwicklung von GIS so weit fortgeschritten, dass die Einbindung von Entscheidungsunterstützungsmerkmalen problemlos möglich bzw. schon selbstverständlich ist (Ferretti 2020).

Auch die Behandlung von Risiken ist in der 2. und 3. Generation anders. Anstatt die Unsicherheit über die Entscheidungsalternativen in Form von isolierten Risikokennzahlen auszudrücken oder mit der erwarteten Rendite zusammenzuwerfen, wurden hier andere Wege beschritten. Manche Methoden sind relativ simpel (wie Sensitivitäts- und Szenarioanalysen, auf die in Abschnitt 2.3 eingegangen wird), andere hoch komplex (wie Fuzzy-MADM, die in Abschnitt 3.2 vorgestellt werden) – siehe Stewart und Durbach (2016) für einen Überblick. Analog zur Balanced Scorecard gibt es auch Systeme, in denen verschiedene Risikokennzahlen nebeneinander gestellt werden wie das RiskWeb von Blundell et al. (2005) in Abbildung 8.



Wie bei den Entscheidungsunterstützungsinstrumenten der ersten Generation wurden auch für die der zweiten Generation einerseits Spezialsoftwares geschaffen, andererseits wurden Entscheidungsmodelle in

andere Arten von (Management-)Software aufgenommen. Zu der ersten Kategorie zählen z. B. Applikationen zur Durchführung von MCDM-Verfahren, aber auch Systeme mit KI, die ohne Computerunterstützung gar nicht möglich wären.

### **2.3. Dritte Generation**

Die dritte Generation unterscheidet sich von den ersten beiden darin, dass sie nicht nur akzeptiert, dass Menschen eigene Ziele haben, die sich von denen der Organisation unterscheiden können, sondern sie bezieht diese Ziele sowie das Verhalten und die Eigenarten von Menschen explizit mit ein. Das fassen wir unter dem Oberbegriff Behavioral Operations Research (BOR) zusammen, das definiert werden kann als: „the study of the effects of psychology, cultural, cognitive, and emotional factors on our thinking and action with the use of (advanced) analytical methods and/or models to solve complex problems, support perplexing decisions and improve our ever-changing organizations” (Kunc 2020, S. 7). Wie der Name BOR nahelegt, liegen die Wurzeln des BOR im betriebswirtschaftlichen OR und in der verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorie. Anders als die Abbildung 2 suggeriert, gab es zwischen diesen Strömungen schon immer Verbindungen, z. B. haben auch Psychologen wichtige Beiträge zur Entwicklung von MAUT-Verfahren geleistet (Slovic et al. 1977, 21ff.).

Im Kern geht es beim BOR darum, tatsächliches menschliches Problemlösungsverhalten und EUS zusammenzubringen (Kunc 2020, S. 7). Dazu wird der Schwerpunkt auf eine Modellbildung unter Anwendung prozessorientierter Forschungsmethoden gelegt, wozu beispielsweise Fallstudien und die Aktionsforschung gehören (Kunc 2020, 3ff.). Kunc weist darauf hin, dass bei BOR drei Verhaltensweisen untersucht werden: „behavior in models, behavior with models and behavior beyond models“ (Kunc 2020, S. 8). Bei der ersten Art wird untersucht, welche Auswirkungen das menschliche Verhalten auf die Entscheidung haben kann. Bei der zweiten Art stehen Modelle zur Entscheidungsfindung im Zentrum, bei denen Informationen verwendet und verarbeitet werden. Zu berücksichtigen ist, dass Entscheidungsträger oftmals nicht alle verfügbaren Informationen verwenden und die Berechnungen, welche zu ihren Entscheidungen führen, vereinfachen. Hierzu gehören auch Änderungen der kognitiven Funktionen und die Auswirkungen der Verwendung eines Modells auf das Verhalten einer Gruppe. Als dritte Art gibt es noch das Verhalten jenseits von Modellen. Hierbei wird der Einfluss auf die Entscheidungen nach Anwendung der Modelle bewertet, so dass das Modell beispielsweise dazu beitragen kann, Routinen, Regeln oder Verfahren in eine Organisation einzubetten (Kunc 2020, 8ff.).

Ein wichtiges Thema im BOR ist, wie Manager ihre Unternehmen in dynamischen Umgebungen effektiv führen können. Dazu kann die Systemdynamik-Modellierung verwendet werden. Dies ist im Bereich der strategischen Planung eine verbreitete Modellierungsmethode, allerdings haben bestehende Studien bisher kaum berücksichtigt, wie sich die Modellierungsprozesse auf das Verhalten der Entscheidungsträger auswirken (Kunc 2020, 15f.). Kunc beschreibt weiter, dass BOR die Kompetenzen und Fähigkeiten der Entscheidungsträger verbessern kann, indem beispielsweise ähnliche Modelle in unterschiedlichen Kontexten angewendet werden. Damit können die Auswirkungen einzelner Verhaltensaspekte untersucht werden. Des Weiteren sollten auch bekannte Techniken zu Biases und Heuristiken genutzt werden, um Verhaltensprobleme in und mit Modellen zu berücksichtigen (Kunc 2020, 20). Wenn diese sog. Debiasing-Maßnahmen, z. B. die bekannte Consider-the-opposite-Strategie (Mussweiler et al. 2000), in ein EUS eingebaut werden, können sie zu einer rationaleren Entscheidungsfindung führen.

BOR stellt eine Brücke zwischen Operations Research und Behavioral Economics her, zu dessen Prämissen es gehört, dass Anleger nicht immer rational handeln und nicht primär nach Nutzenmaximierung streben (Momen 2020, S. 41). BOR unterscheidet sich zudem vom traditionellen Operations Research hinsichtlich der Portfoliodiversifikation und der Einbeziehung von Risiken. Auf diese beiden Merkmale soll kurz eingegangen werden, da sie für immobilienwirtschaftliche Anwendungen besonders wichtig sind.

- Das Prinzip der Diversifizierung wurde zuerst von Markowitz (1952) formal gefasst und stellt den Grundgedanken der von ihm begründeten Portfoliotheorie dar. Sie unterstellt rationales Verhalten und ist damit für die praktische Anwendung nur bedingt geeignet. Das liegt u. a. daran, dass Menschen Schwierigkeiten haben, Kovarianzen und Wahrscheinlichkeiten richtig zu interpretieren und daher getrennte „Mental Accounts“ für unterschiedlich geartete Investments anlegen. Dies wurde zunächst von Tversky und Kahneman experimentell und später von anderen empirisch belegt (Tversky und Kahneman 1981; Jorion 1994). Als Ausweg wurde durch Shefrin und Statman die Verhaltensportfoliotheorie (Behavioral Portfolio Theory) entwickelt (Shefrin und Statman 2000). Die Verhaltensportfoliotheorie ist wie eine Pyramide strukturiert, in der jede Ebene definierte Ziele beinhaltet. Auf der untersten Ebene sollen finanzielle Katastrophen verhindert werden (z. B. mittels Staatsanleihen oder Core-Immobilien), auf der obersten geht es darum, die Rendite zu maximieren (z. B. mittels Lotterielosen oder opportunistischen Immobilieninvestitionen) (Shefrin und Statman 2000, S. 141).

Um das menschliche Verhalten bei der Portfoliodiversifikation zu berücksichtigen, kann man laut Momen einzelne Elemente oder die Struktur der Portfoliomodelle verändern (Momen 2020, S. 42). Bei den Elementen besteht eine Möglichkeit darin, ein Risikomaß wie den Conditional Value at Risk zu verwenden, das dem menschlichen Risikoempfinden besser entspricht als die von Markowitz propagierte Volatilität. Bei der Struktur schlägt Momen u. a ein Modell vor, um unterschiedliche Mental Accounts zu verbinden (Momen 2020, 50ff.).

- Das zweite Unterscheidungsmerkmal ist die Berücksichtigung von Unsicherheit bzw. Risiken. Dem BOR liegt ein grundsätzlich anderes Risikoverständnis zugrunde als das in den Abschnitten 2.1 und 2.2 beschriebene, neoklassisch geprägte. Dies ist in erster Linie der Prospect Theory von Kahneman/Tversky zuzuschreiben, nach der Menschen nicht nur risikoavers, sondern auch verlustavers handeln (Kahneman und Tversky 1979). Daraus ergeben sich gravierende Konsequenzen für das Risikomanagement, z. B. die Notwendigkeit alternative Risikomaße wie den Maximalverlust anzuwenden. Erwähnenswert ist auch die Erkenntnis, dass die Unsicherheit in einer Entscheidungssituation so groß sein kann, dass die Schätzung von Eintrittswahrscheinlichkeiten nicht sinnvoll scheint. Wenn die Unsicherheit ein Niveau erreicht hat, bei dem Wahrscheinlichkeiten selbst mit sorgfältiger Problemstrukturierung schwer zu verstehen und zu quantifizieren sind, spricht man von Ungewissheit. In diesem Fall ist es besser, die Unsicherheit anhand von Szenarien zu modellieren (Durbach und Stewart 2020, 76ff.).

Auch können Szenarien eingesetzt werden, um strategische Entscheidungen zu erleichtern und ein besseres Verständnis kausaler Zusammenhänge zu erhalten (Durbach und Stewart 2020, 80f.). Allerdings können Szenarien durch Heuristiken beeinflusst und biased sein. Darum ist das Szenario, wenn man es in BOR-Modellen verwendet, „a dimension of concern to be taken into account by decision-makers“ (Durbach und Stewart 2020, S. 87).

Die Anwendung von BOR ist aufgrund der Komplexität der Thematik nur mit Computerunterstützung sinnvoll. Hier zeigt sich allerdings, dass es bei der Berücksichtigung von Verhaltensaspekten noch großen Forschungsbedarf gibt, so dass bislang nur experimentelle Softwares entwickelt wurden. Greasley und Owen haben dazu einen Rahmen entwickelt, der als Orientierung für die zukünftige Softwareentwicklung

nützlich sein kann (Greasley und Owen 2016). Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Erkenntnis, dass der Einsatz technischer Hilfsmittel nur begrenzt weiterhilft. Dies kann man gut an den Heuristiken und Verzerrungen erkennen. Grundsätzlich kann man zum Debiasing entweder den Entscheidungsträger oder die Entscheidungssituation modifizieren (Soll et al. 2015). Zur Änderung des Entscheiders wurden verschiedene Strategien entwickelt, u. a. technologische Strategien wie beispielsweise der Einsatz von EUS. Die sind aber alleine oft nicht ausreichend, es bedarf auch motivationaler Strategien, die größere Anstrengungen des Entscheidungsträgers erreichen wollen und kognitiver Strategien, bei denen die kognitiven Fähigkeiten des Entscheidungsträgers optimiert werden (Lausberg und Dust 2017, 334f.). Für den Erfolg eines EUS sind dabei drei Merkmale entscheidend: die Gewährleistung der Effektivität, die Kognition des Nutzers und dessen Interaktion mit dem System sowie die Erfahrung des Anwenders (Krieger und Lausberg 2021, S. 16).

### 3. TYPEN

#### 3.1. Klassifizierungssysteme

Die EUS-Forschung hat unzählige Klassifikationen hervorgebracht, ein paar davon sind in Tabelle 1 aufgeführt. Holsapple und Whinston (1996) beispielsweise unterscheiden nach der Art wie die Daten in einem EUS gespeichert oder verarbeitet werden. Nach ihrer Unterteilung gibt es EUS, die auf einer Tabellenkalkulation basieren, ferner datenbank-, text-, lösungs- und regelorientierte EUS sowie zusammengesetzte EUS. Nach dieser Einteilung ist das in Organisationen sicherlich am weitesten verbreitete EUS das im Microsoft Office-Paket enthaltene Tabellenkalkulationssystem Microsoft Excel (Statista 2021), für das viele immobilienwirtschaftliche Anwendungen verfügbar sind. Dieses System hat u. a. die Vorteile, dass es leicht erlernbar ist, weltweit auf unterschiedlichsten Feldern eingesetzt wird und es beliebig komplexe Erweiterungen erlaubt, welche praktisch von allen Mitarbeitern in allen immobilienwirtschaftlichen Organisationen bedient werden können.

Alle Systeme haben spezifische Vor- und Nachteile. Die Speicherung von Daten in einem tabellenorientierten EUS beispielsweise ist einfach für die Nutzer, solange die Datenmenge klein ist. Bei größeren Datenmengen ist eine relationale Datenbank von Vorteil, die wiederum nicht sehr benutzerfreundlich bei Rechenaktionen ist. Viele EUS erlauben nur die Auswertung strukturierter Daten, während ein textbasiertes EUS auch unstrukturierte Texte analysieren kann. Demgegenüber ist es mit einem lösungsorientierten EUS möglich, die Daten zu verarbeiten, so dass numerische Fragestellungen gelöst werden können. Im Gegensatz dazu kann ein regelbasiertes EUS die Entscheidungen eines menschlichen Entscheidungsträgers unterstützen, indem es Empfehlungen auf der Grundlage vordefinierter Regeln ausspricht. Die verbundenen EUS sind Hybridsysteme, die mindestens zwei der beschriebenen Kriterien erfüllen.

**Tabelle 1: Ausgewählte Einteilungen von EUS**

Author	Criterion	Classification	Features
Bhargava und Power 2001, S. 230	Mode of assistance	Model-driven DSS	"use formal representations of decision models and provide analytical support using the tools of decision analysis, optimization, stochastic modeling, simulation, statistics, and logic modeling"
		Communication-driven DSS	"rely on electronic communication technologies to link multiple decision makers who might be separated in space or time, or to link decision makers with relevant information and tools"
		Data-driven DSS	"help managers organize, retrieve, and synthesize large volumes of relevant data using database queries, OLAP techniques, and data mining tools"
		Document-driven DSS	"integrate a variety of storage and processing technologies to provide managers document retrieval and analysis"
		Knowledge-driven DSS	"can suggest or recommend actions to managers"
Haettenschwiler 2001	User relationship	Passive DSS	aid the process of decision-making without producing explicit suggestions or solutions
		Active DSS	generate explicit suggestions/solutions
		Cooperative DSS	allow the decision-maker to modify, complete, or refine the decision suggestions/solutions generated by the system
Holsapple und Whinston 1996	Orientation	Text-oriented DSS	store text-based data that can afterwards be accessed, utilized, and evaluated by the decision-maker
		Database-oriented DSS	store data in a structured way in a (relational or multidimensional) database so that it can be combined and retrieved in various ways
		Spreadsheet-oriented DSS	store data in files, which consist of spreadsheets that are easy to use for creating, viewing, and modifying the knowledge
		Solver-oriented DSS	help to analyze and solve numerical problems such as optimization and forecasting
		Rule-oriented DSS	give a recommendation based on a set of rules that mimic the decision-making behavior of a human expert
Hackathorn und Keen 1981	Recipients	Compound DSS	hybrid system that combines two or more the above mentioned structures
		Personal Support	support only one user
		Group Support	support groups of users
		Organizational Support	support an organization as a whole

*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mir et al. (2015, S. 405)*

Weitere taugliche Unterscheidungen stammen von Haettenweiler (nach dem Kriterium der Beziehungen zum Anwender) sowie Hackathorn und Keen (nach dem Kriterium der Art der Empfänger). Im Folgenden wird die Einteilung nach der Art der Unterstützung (englisch „Mode of assistance“) von Bhargava und Power (2001) bzw. Power (2001) verwendet, auf die in der EUS-Literatur sehr häufig Bezug genommen wird. Siehe dazu Tabelle 2.

Danach gibt es fünf Arten: erstens die dokumentengetriebenen EUS, bei denen der Schwerpunkt auf der Unterstützung der Bereitstellung von Dokumenten für die Entscheidungsträger gelegt wird. Typische Funktionalitäten von Systemen dieser Klasse sind Ad hoc-Suche, Scanning, Text-Mining und Analyse (Power 2013, 44f.). Beispiele sind Dokumentenmanagementsysteme und virtuelle Datenräume, die in den letzten Jahren in Teilen der Immobilienbranche zu unverzichtbaren Werkzeugen geworden sind. Obwohl nicht alle auf dem Markt befindlichen Softwares die Bezeichnung EUS verdienen, trifft dies auf einige der führenden Systeme sicher zu. Der virtuelle Datenraum Drooms beispielsweise verfügt über ein Modul, das mit Hilfe von KI und optischer Zeichenerkennung (OCR) wichtige Informationen in Mietverträgen und anderen Texten identifiziert, was dem Einzelnen nach Angaben des Herstellers hilft, schnellere und bessere Entscheidungen zu treffen (Drooms 2021).

**Tabelle 2: Charakterisierung der EUS-Typen nach Power (2001)**

	Keywords	Other names	Platform	Methods	Examples
<b>Document-Driven DSS</b>	document databases, document retrieval, document analysis	/	Client/server systems, web	search methods, storage and processing methods and technologies	search engines
<b>Communications-Driven DSS</b>	communications, collaboration, groupware	/	client/server systems, web	network technologies	chats software, document sharing, online collaboration, net-meeting systems
<b>Data-Driven DSS</b>	manipulation of a time-series of data, query a database, historical data	Retrieval-Only DSS Business Intelligence	mainframe system, client/server systems, web	data warehouse, on-line analytical processing (OLAP)	Executive Information Systems (EIS), Geographic Information Systems (GIS)
<b>Model-Driven DSS</b>	model manipulation, simulation, optimization, rule (expert) models, analyze decisions, multi-criteria, decision tree	Model-oriented, Model based, Computationally oriented DSS	stand-alone PCs, client/server systems, web	optimization and analytical methods, operational research methods (quantitative methods)	choosing between many options ("the best" alternative: "the best" meal, "the best" car), scheduling,
<b>Knowledge-Driven DSS</b>	expert knowledge (expertise), knowledgebase, knowledge engineering, knowledge discovery	Knowledge based DSS, Expert system	stand-alone PCs, client/server systems, web	intelligent decision support methods, data mining, artificial intelligence methods, knowledge discovery methods, heuristic methods	medical diagnosis, equipment repair, investment analysis, financial planning, vehicle routing, production control and training

*Quelle: Nižetić et al. (2007, S. 3)*

Kommunikationsgetriebene EUS unterstützen typischerweise die asynchrone und/oder die synchrone Kommunikation zwischen den beteiligten Personen. Typische Funktionalitäten sind Dokumenten- und Bildschirmübertragung, Umfragen und die Möglichkeit der Aufzeichnung von Besprechungen. Zu dieser Klasse gehören Chat-Softwares, Document Sharing-Lösungen und Video-gestützte Online-Besprechungsräume (Power 2013, S. 41). Beispiele für solche Systeme

sind Microsoft SharePoint und Google Workspace, welche um Funktionen für die Immobilienwirtschaft erweitert werden können.

Für viele Entscheidungen spielen Daten eine zentrale Rolle. Unterstützt ein System schwerpunktmäßig die Verarbeitung von Daten, handelt es sich um ein datengetriebenes EUS. Typische Funktionalitäten dieser Systeme sind Ad-hoc-Datenfilterung, Warn- und Auslösefunktionen, Datenmanagement sowie Berichte (Power 2013, 42f.). Zu dieser Klasse gehören Business Intelligence-Systeme, beispielsweise DeltaMaster (Bissantz & Company GmbH 2018), das einige Immobilienunternehmen einsetzen, oder der von Valverde (2011) entwickelte Prototyp eines Risikomanagementsystems.

Werden dagegen formale Beschreibungen von Entscheidungen oder Entscheidungsmodelle verwendet, handelt es sich um ein modellgetriebenes EUS. Typische Funktionen dieser Systeme sind die Wahl zwischen mehreren Alternativen, ferner What-If-Analysen, Szenarioanalysen, Berücksichtigung von historischen Daten und Rückwärtsanalysen, um von einem geplanten Ergebnis zurück zu planen (Power 2013, S. 48). Beispiele für modellgetriebene EUS werden in den Abschnitten 3.2 und 4 vorgestellt.

Das wissensgetriebene EUS ist für Power (2001) die fünfte Art. Sie bietet den Entscheidern Unterstützung bei der Wissensgenerierung und -bereitstellung. Diese Systeme bieten u. a. die Möglichkeit, Fragen zu stellen und sich die Gründe für eine Entscheidung erklären zu lassen. (Power 2013, S. 46). Als Beispiel hierfür sei ein System genannt, das auf Basis von Fachliteratur und Experteninterviews den Reifegrad des Risikomanagements von Bauunternehmen erkennen und Vorschläge zu dessen Steigerung machen kann (Zhao et al. 2016).

### **3.2. Modellgetriebene EUS**

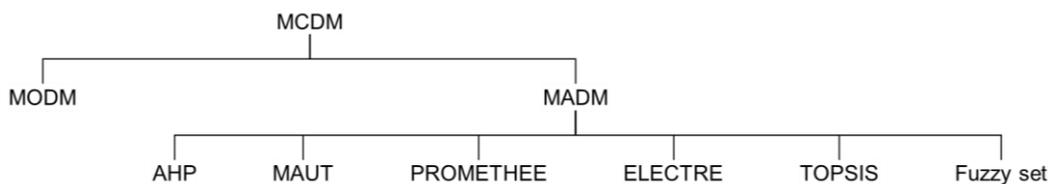
Bei komplexen Entscheidungen erreichen Menschen naturgegebene Grenzen, die u. a. durch die begrenzte Informationsverarbeitungskapazität des Gehirns bedingt sind. Um die daraus entstehenden Entscheidungsfehler und -schwächen auszugleichen, wurden Entscheidungsmodelle ersonnen, die den Menschen bei der Entscheidungsfindung helfen sollen. Die MCDM-Modelle (Synonym: Multiple Criteria Decision Analysis, MCDA) lassen sich grob einteilen in Multiple-objective decision making (MODM) und Multiple-attribute decision making (MADM).

Diese beiden Arten unterscheiden sich zum einen hinsichtlich der verwendeten Variablen und zum anderen darin, ob die Alternativen vorgegeben sind. Bei MODM werden stetige Variablen eingesetzt, das heißt numerische Werte, welche in einer unendlichen Anzahl vorliegen können. Weil die Modelle dazu Funktionen mit Vektoren verwenden, bezeichnet man sie auch als Vektoroptimierungsmodelle (Schuh 2001, S.

9). Die Alternativen sind bei den MODM-Methoden nicht vorgegeben. Es wird somit versucht, mittels mathematischer Berechnungen Lösungsalternativen zu entwickeln und anschließend die optimale zu finden.

Demgegenüber werden bei MADM diskrete Variablen verwendet, welche numerische Werte sind und zählbar vorliegen. Im Gegensatz zu den MODM-Methoden sind hier die Alternativen vorgegeben, so dass versucht wird eine Alternative als Lösungsentscheidung auszuwählen. Hierzu können unter anderem Entscheidungsbäume oder -matrizen angewendet werden. Die bekanntesten Methoden werden im Folgenden kurz vorgestellt, siehe Abbildung 9. Für eine ausführliche Übersicht siehe Wątróbski et al. (2019).

**Abbildung 9: Ausgewählte MADM-Methoden**



AHP ist die Abkürzung für „Analytic Hierarchy Process“, was bedeutet, dass eine komplexe Entscheidung in einem vorgegebenen Prozess in Einzelteile zerlegt wird, um die Analyse zu vereinfachen (Saaty 1980). Dies erfolgt in drei Schritten. Zunächst werden alle Kriterien und alle möglichen Alternativen ermittelt, beispielsweise durch ein Brainstorming. Im zweiten Schritt erfolgt die Gewichtung der Kriterien, normalerweise durch Experten. Für jedes Kriterium werden die Alternativen paarweise verglichen und bewertet. Im dritten Schritt wird dann eine Rangfolge der Alternativen erstellt. (Rajaeian et al. 2017, S. 45; Schuh 2001, S. 23) Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Entscheidung zwischen verschiedenen möglichen Standorten für eine Gewerbeimmobilie.

Im Gegensatz zu AHP findet bei MAUT kein paarweiser Vergleich statt. MAUT ist ein Ansatz, aus den Präferenzen von Menschen eine Nutzenfunktion abzuleiten und durch den Vergleich mit dem Nutzen von angebotenen Gütern die optimale Alternative zu identifizieren (Keeney und Raiffa 1976; Fishburn 1970). Dies setzt voraus, dass die Entscheidungsträger eine genaue Vorstellung vom Nutzen der Alternativen haben und auch ihre Risiko-, Rendite-, und sonstigen Präferenzen klar formulieren können. Das trifft in der Praxis regelmäßig nicht zu, weshalb man in der Praxis häufig den Nutzen aus Expertenmeinungen ableitet, beispielsweise von welchen Attributen der Nutzen einer Immobilie abhängig ist.

Eine pragmatische Variante von MAUT ist das in der Praxis sehr verbreitete Scoring. Scoring-Modelle sind häufig theoriefrei und

qualitativ, d. h. sie basieren nicht auf einer expliziten Nutzenfunktion und beschränken sich auf eine ordinale Nutzenmessung. Das muss aber nicht sein; werden höhere Anforderungen an ein Scoring gestellt, z. B. bei einem Einsatz zur Risikomessung, kann und sollte man auch theoretischen Leitlinien folgen und quantitativ arbeiten (Lausberg und Krieger 2021).

Eine weitere Methode ist PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations), bei dem die Präferenzen des Entscheidungsträgers nicht bekannt sind. Deshalb wird versucht eine Rangfolge von Alternativen basierend auf Präferenzgraden aufzustellen. Ein Präferenzgrad ist dabei eine Zahl zwischen 0 und 1 und gibt an, wie sehr eine Alternative einer anderen vorgezogen wird. Dies kann der Entscheidungsträger relativ leicht bewerten. Im Regelfall besitzen die verwendeten Kriterien eine wirtschaftliche Bedeutung, wodurch sie vom Entscheidungsträger auch relativ einfach zu definieren sind. (Brans et al. 1986; Rajaeian et al. 2017, S. 45)

ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) ist ähnlich wie PROMETHEE eine Outranking-Methode, für die der Entscheidungsträger seine Präferenzen nicht kennen muss. ELECTRE basiert auf einem paarweisen Vergleich der Alternativen, bei denen jedes Kriterium mit allen anderen Kriterien verglichen wird. Ein entscheidendes Merkmal dieser Methode ist, dass eine schlechte Leistung eines Kriteriums nicht durch gute Leistungen von anderen Kriterien ersetzt werden kann. Jedes Kriterium kann dabei unterschiedlich gewichtet sein. Als Bewertungen eines Kriteriums können beispielsweise Präferenz-, Veto- oder Gleichgültigkeitsschwellenwerte gewählt werden. (Roy 1968; Natividade-Jesus et al. 2007, 785f.)

Eine weitere MADM-Methode ist TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation). Hierbei werden die Alternativen anhand des geometrischen Abstands der Lösungen ermittelt. Die ideale Lösung ist die, die bei allen betrachteten Kriterien die besten Werte erreicht. Sie ist wie die am wenigsten ideale Lösung in der Wirklichkeit meist nicht umsetzbar. Die optimale Alternative ist die beste Kompromisslösung zwischen diesen beiden Extremen. Die gefundenen Lösungen können dann in eine Rangfolge gebracht werden. TOPSIS ermöglicht es somit, ein schlechtes Ergebnis in einem Kriterium durch ein gutes Ergebnis in einem anderen Kriterium zu neutralisieren. (Hwang und Yoon 1981; Natividade-Jesus et al. 2007, 785f.) Ein Anwendungsbeispiel ist die Wahl eines Propertymanagers. Jeder Dienstleister wird anhand der Kriterien Performance, Fachwissen, Preis und Pünktlichkeit bewertet. Der Entscheidungsträger bewertet zunächst jedes Kriterium bei jedem Propertymanager. Danach werden mittels Entscheidungsmatrizen die ideale und die am wenigsten ideale Lösung berechnet. Im Anschluss werden die Abstände zur idealen Lösung und

zur am wenigsten idealen Lösung ermittelt. Das Ergebnis ist dann eine Rangfolge der Propertymanager.

Mit der Fuzzy Set-Theorie gibt es eine MADM-Methode, welche versucht, die Unsicherheit und Unbestimmtheit mathematisch dazustellen. Dazu werden formalisierte Werkzeuge verwendet, um den Umgang mit Ungenauigkeiten bei Entscheidungsproblemen zu ermitteln. Die Bewertung basiert dabei auf einem sprachlichen Urteil der Entscheidungsträger, bei dem Unbestimmtheit und bis zu einem gewissen Grad Unsicherheit aufgrund unterschiedlicher menschlicher Wahrnehmung entstehen. Für jedes Kriterium wird dazu eine Zugehörigkeitsfunktion definiert, die der Alternative einen Wert zwischen 0 und 1 zuordnet. Je näher der Wert an 1 ist, desto höher ist die Zugehörigkeit. (Zadeh 1965; Rajaeian et al. 2017, S. 45) Ein Beispiel ist die Bewertung einer Immobilie hinsichtlich der Lage bezogen auf die Stadtmitte. Befindet sich die Immobilie genau in der Stadtmitte, wird ihr der Wert 0 zugeordnet, befindet sie sich am Stadtrand der Wert 1. Ein Wert von 0,75 gibt an, dass das Objekt näher am Stadtrand als an der Stadtmitte liegt.

In manchen EUS werden mehrere der genannten Methoden in einem System eingesetzt. Als Beispiel soll die von Natividade-Jesus et al. (2007) entwickelte Software erwähnt werden. Damit werden Entscheidungsträger (in diesem Fall Kommunen) unterstützt, um verschiedene Entwicklungsalternativen für Gebäude zu bewerten. Dieses System verwendet u. a. TOPSIS und ELECTRE (Natividade-Jesus et al. 2007).

Auch ein paar bekannte MODM-Methoden sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden – siehe Abbildung 10.

**Abbildung 10: Ausgewählte MODM-Methoden**



Die erste MODM-Methode welche vorgestellt wird, ist STEM (Step Method), welche auf der linearen Programmierung mit Hilfe einer Zielfunktion basiert. Es wird versucht das optimale Ziel durch den besten Kompromiss zu ersetzen. Dabei werden mögliche Lösungen nacheinander untersucht, wobei der Entscheidungsträger interagiert. Er soll dazu angeleitet werden gute Lösungen und die relative Bedeutung der Ziele zu erkennen. Die endgültige Entscheidung ist dann der beste Kompromiss. (Lu et al. 2007)

Dazu ein Beispiel: Beim Verkauf einer Immobilie sollen die Kaufangebote die Lösungen darstellen. In einem ersten Schritt werden die Angebote nach den Kriterien „Angebotspreis“ und „Verkaufszeitpunkt“ bewertet, um zu sehen, wie das Maximum erreicht werden kann. In einem zweiten Schritt erfolgt die Bewertung der Kriterien nach dem minimalen Ergebnis. In einem dritten Schritt wird das Minimum aus dem Maximum vom ersten Schritt berechnet und im vierten Schritt wird das Maximum aus dem zweiten Schritt berechnet. Im finalen fünften Schritt ergibt sich dann die Entscheidung (der Kompromiss) aus dem Kriterienvektor, der dem positiven Ideal am nächsten und vom negativen Ideal am weitesten entfernt ist. Dann wird der Entscheidungsträger aufgefordert, diese Lösung zu akzeptieren oder abzulehnen. Lehnt er sie ab, beginnt ein Lockerungsprozess, d. h. ein gewisses Maß an Lockerung eines zufriedenstellenden Ziels muss akzeptiert werden, um eine Verbesserung der unbefriedigenden Ziele zu ermöglichen. Wenn auch die neue Lösung den Entscheider nicht zufrieden stellt, wiederholt das System den Prozess. (Lu et al. 2007, S. 24)

Eine weitere Methode ist die Zielprogrammierung, bei der die Entscheidungsträger Ziele für jedes Kriterium setzen. Die bevorzugte Lösung ist dann die Alternative, bei der für alle Kriterien die Abweichungen von den vorgegebenen Zielen am kleinsten sind. (Lu et al. 2007, 25f.) Beispielsweise können zum Verkauf einer Immobilie die Ziele „mindestens 100.000 Euro“ und „bis Februar“ für die beiden Kriterien „Verkaufserlös“ und „Verkaufszeitpunkt“ definiert werden. Die eingehenden Angebote werden dann danach untersucht, wie nahe sie an den beiden Zielen liegen.

Die Rough Set Theory versucht unklare Beschreibungen von Objekten zu analysieren. Sie geht davon aus, dass jedes bekannte Objekt durch Attribute beschrieben werden kann. Im Gegensatz zu der, o. g. MADM-Methode Fuzzy-Set-Theorie wird keine Zugehörigkeitsfunktion verwendet, sondern es wird angegeben, ob das Objekt bei einem Kriterium zu einer Randmenge gehört. Dazu werden zunächst die Bedingungs- und Entscheidungsattribute für jedes Objekt ermittelt. Als Objekte können beispielsweise die Immobilien in einer Stadt betrachtet werden. Für diese Objekte gibt es die Entscheidungsattribute „Lage der Immobilie“ und „Größe der Immobilie“. Als Entscheidungsattribut kann der Wert der Immobilie angesehen werden. Bei der Bedingung „Lage“ kann es die Ausprägungen (Randmengen) „City“, „Cityrand“ und „Peripherie“ geben. Diese ergeben dann Entscheidungsregeln, wie zum Beispiel „Lage = City“ und „Größe > 10.000 m<sup>2</sup>“, woraus sich für den Wert der Immobilie „hoch“ ergibt. Die Entscheidungsregeln werden häufig in Wenn-dann-Form beschrieben, und mehrere Entscheidungsregeln definieren einen Entscheidungsalgorithmus. Zwischen den Bedingungs- und Entscheidungsattributen kann es Abhängigkeiten geben. Beispielsweise

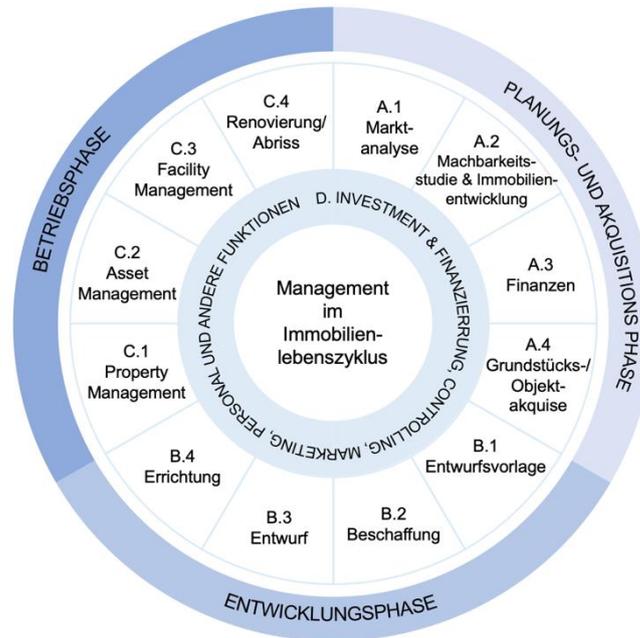
kann gelten, dass unabhängig von der Größe der Immobilie eine Lage „Peripherie“ immer bedeutet, dass der Wert der Immobilie als „niedrig“ angesehen wird. Diese Abhängigkeiten werden häufig aus Vergangenheitswerten abgeleitet, mit der dann die Entscheidungen für neue Objekte getroffen werden können. (Xu und Tao 2017)

#### 4. ANWENDUNGEN

In diesem Abschnitt soll das Ergebnis einer Literatur- und Internetrecherche vorgestellt werden, mit der die Autoren akademische und praktische EUS-Anwendungen für immobilienwirtschaftliche Tätigkeiten identifiziert haben. Der Schwerpunkt liegt hierbei wie im vorigen Abschnitt auf den modellbasierten EUS.

Unter „Anwendung“ verstehen wir einerseits akademische, zu Forschungszwecken entwickelte, i. d. R. als Prototypen vorhandene und meist in wissenschaftlichen Zeitschriften beschriebene EUS, andererseits praktische, zu gewerblichen Zwecken entwickelte und i. d. R. in Form einer Software verfügbare EUS. Dabei betrachten wir nur solche Systeme, die unmittelbar Entscheidungen unterstützen, und nicht mittelbar, wie es etwa Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme tun.

Als „immobilienwirtschaftliche Tätigkeiten“ definieren wir alle Managementfunktionen, die während des Immobilienlebenszyklusses vorkommen, exemplarisch dargestellt in Abbildung 11. Neben den Kern-tätigkeiten wie Grundstücksakquise oder Assetmanagement zählen dazu auch allgemeine betriebswirtschaftliche Tätigkeiten wie Personalmanagement oder Controlling, sofern sie immobilienwirtschaftliche Besonderheiten aufweisen.

**Abbildung 11: Immobilienlebenszyklus**

*Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an RICS (2016)*

Die Abgrenzung ist zum Teil schwierig, wie folgende Beispiele zeigen: Im Baubereich zählen wir Baustellenlogistik nicht zu unserem Forschungsfeld, Mängelmanagement dagegen schon, weil es hier Überschneidungen mit der immobilienwirtschaftlichen Kerntätigkeit Projektentwicklung gibt. Im Facility Management (FM) schließen wir die Optimierung der technischen Gebäudeausstattung aus, die Auswahl von FM-Dienstleistern aber nicht, weil es sich um eine Managementleistung handelt. Auf dem Feld der Stadtplanung betrachten wir Infrastruktur- und Verkehrsplanung nicht und beschränken uns auf immobiliennahe Tätigkeiten wie Bebauungs- und Quartiersplanung. Und schließlich lassen wir Infrastrukturbauten wie Straßen, Brücken, Häfen oder Pipelines außen vor und fokussieren auf private und gewerbliche Immobilien wie Einfamilienhäuser und Shopping Center.

Die Basis für diesen Abschnitt stellt die Literaturanalyse von Krieger und Lausberg dar (Krieger und Lausberg 2021, insb. S. 25f.). Dort wurden die englischsprachige, wissenschaftliche Literatur systematisch nach immobilienwirtschaftlichen EUS durchsucht und 40 Artikel genauer analysiert. Diese Basis haben wir nun in zwei Richtungen erweitert: Erstens haben wir den Begriff EUS weiter gefasst und die Liste der Suchbegriffe um die MADM-Verfahren ergänzt. Dazu haben wir neben einer Recherche in einschlägigen Literaturdatenbanken auch allgemeine Artikel über EUS (Burger und Malpass 2016; Elkosantini 2015; Razmak und Aouni 2015; Arnott und Pervan 2016) nach immobilienwirtschaftlichen Anwendungen durchsucht. Zweitens haben wir im Internet nach

Berichten über EUS gesucht, die in der Praxis eingesetzt werden. Dadurch ist die Zahl der identifizierten Systeme gestiegen, andererseits kann nun nicht mehr von einer vollständigen Erhebung gesprochen werden, weil nicht jedes in der Praxis verwendete EUS Spuren im Internet hinterlässt.

Alle Funde wurden den 13 immobilienwirtschaftlichen Kerntätigkeiten aus Abbildung 11 (von A.1 bis D.) zugeordnet. Zusätzlich wurde eine Kategorie „Sonstige EUS“ angelegt für Systeme, die sich keiner Tätigkeit zuordnen ließen.

### **A.1: Marktanalyse**

Die Marktanalyse ist vermutlich der Bereich im Immobilienlebenszyklus, der von der Digitalisierung am frühesten und am meisten profitiert hat. Die Beschaffung von Marktinformationen ist heutzutage nicht mehr primär eine Frage der Verfügbarkeit, sondern des Preises. Es gibt auf allen großen Immobilienmärkten unzählige Anbieter, die Marktdaten erheben, auswerten und gegen Entgelt (je nach Geschäftsmodell auch kostenlos) zur Verfügung stellen, i. d. R. über webbasierte Anwendungen mit Kartenfunktionen. Beispiele für solche Systeme sind CoStar, Real Capital Analytics und Zillow in den USA, GfK/Regiograph, RIWIS und Sprengnetter in Deutschland. Diese Systeme kann man nach der oben getroffenen Unterscheidung nicht als EUS i. e. S. bezeichnen, weil sie sich auf die Datenanalyse beschränken und kein Entscheidungsmodell beinhalten. Ebenso gehören hierzu auch Simulationsmodelle, wie z. B. Gretas<sup>3</sup> (Haeusler 2011) da diese zwar neben der Datenanalyse einen Mehrwert bei der Entscheidungsfindung bieten, jedoch keine der zuvor genannten Modelle verwenden. Wenn Entscheidungsunterstützungsfunktionalitäten wie ein Scoring enthalten sind, dann dienen sie normalerweise der Bewertung eines konkreten Standorts (siehe Abschnitt A.4). In der Literatur werden Marktanalysesysteme manchmal dennoch als EUS bezeichnet (z. B. von Tidwell und Gallimore (2014)), doch liegt das wohl nur an einer anderen Definition von EUS.

Introne und Iandoli (2014) haben ein argumentenbasiertes System zur Prognose von Trends auf dem Wohnungsmarkt entwickelt. Mit Hilfe des Systems können Belege durch das System gewichtet und aggregiert werden, um evidenzbasiertes Denken zu unterstützen. Im Rahmen ihrer Untersuchung kommen sie zum Ergebnis, dass ein argumentenbasiertes System zur Entscheidungsfindung auch von unerfahrenen Anwendern mit geringen Vorabkosten eingesetzt werden kann. Die Autoren weisen darauf hin, dass die Anwendung des Systems nicht die Art ändert, wie die Anwender über ein Entscheidungsproblem denken. Ferner kommen

---

<sup>3</sup> Quelle: <https://gretas-research.de/#> (Zugriff am 15.06.2021)

die Autoren zum Schluss, dass „decision performance [...] depends upon the ability of a user to use the tool and the performance of the belief aggregation algorithm“ (Introne und Iandoli 2014, S. 88).

Auch Forgionne hat bereits im Jahr 1996 die Prognosemöglichkeiten untersucht, indem er mit einem von einem EUS gelieferten ökonomischen Modell versucht hat, die Wohnungsversorgung der US-amerikanischen Armee vorherzusagen. Sein EUS namens HANS (Housing Analysis System) sollte die bis dahin fehleranfällige und konzeptionell fehlerhafte Segment-Wohnungsmarktanalyse ablösen. Mit dem vom System verwendeten Modell konnten die Menge, die Miete und der Marktanteil vollständig automatisiert vorhergesagt werden. Er weist daraufhin, dass dieses Modell auch für andere Bereiche angewendet werden kann. Als Beispiel gibt er die Stadtplanung an, welche die Nachfrage und das Angebot an Wohnraum versucht vorherzusagen, damit eine Planung der notwendigen Transportmittel, Kulturzentren sowie Wohn-, Industrie- und Gewerbegebiete vorgenommen werden kann. (Forgionne 1996)

Ein weiteres Beispiel beschreiben Del Giudice et al., welche sich mit der Stadtplanung beschäftigt und dazu ein Bewertungsmodell auf Basis des AHP-Verfahrens entworfen haben. Dieses Modell verwendet Schlüsselfaktoren, die die Wichtigkeit von Immobilieninvestitionen im wettbewerbsorientierten städtischen Kontext bestimmen. Sie stellen ein Forschungsdesign vor, um die Investitionsentscheidungen verschiedener auf dem Wohnimmobilienmarkt tätiger Makler zu untersuchen. Die Investitionsentscheidungen werden dabei von einer mehrdimensionalen Auswahl an Faktoren beeinflusst, inklusive ökologischer und sozialer Merkmale, die in verschiedenen territorialen Kontexten variieren können. (Del Giudice et al. 2019)

Ein von Renigier-Bilozor vorgestelltes System ist ein Beispiel für die parallele Verwendung von MODM- und MADM-Verfahren in einem EUS. Das Data Mining-System nutzt dabei die Rough Set-Theorie (MODM), um analytische Prozesse zu unterstützen und die Fuzzy-Logik (MADM) zur Reproduktion des Expertenwissens bei vage definierten Problemen. Renigier-Bilozor betont, dass die Verwendung der Rough-Set-Theorie als Analysewerkzeug eine Alternative zur herkömmlichen statistischen Analyse darstellt. Die Theorie bietet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten im Bereich des Immobilienmanagements. Damit soll die öffentliche Verwaltung unterstützt werden, um das Erreichen eines Kompromisses in einer Konfliktsituation zu erreichen. Das System nimmt dabei die Rolle eines Assistenten ein, um dem Entscheider zu helfen, die Effektivität seiner Entscheidung zu maximieren und die Entscheidungszeit zu verkürzen. Validiert wurde das System auf Grundlage von Grundbesitztransaktionen in der polnischen Stadt Olsztyn in den Jahren 2010 und 2011. (Renigier-Biłozor 2013)

## A.2: Machbarkeitsstudien und Immobilienentwicklung

Nach der Marktanalyse folgt die Immobilienentwicklung, für die typischerweise Machbarkeitsstudien angefertigt werden. Dieser Teil des Lebenszyklusses ist aufgrund der besonders komplexen Entscheidungssituation lohnend für den Einsatz von EUS. Es wundert daher nicht, dass es hierfür viele Belege in der akademischen Literatur gibt, z. B. zeigt Pommer in ihrer Dissertation, wie fast über den gesamten Projektentwicklungsprozess Entscheidungshilfen eingesetzt werden könnten (Pommer 2007). Dies geht jedoch nicht mit einem verbreiteten Einsatz von EUS in diesem Branchenteil einher, was möglicherweise daran liegt, dass der Digitalisierungsgrad in der Projektentwicklung insgesamt nicht sehr hoch ist (Lausberg und Scheer 2020). Eine Ausnahme stellt die Standortanalyse dar. Hier kommen in der Praxis häufig die im Abschnitt A.1 erwähnten Marktanalysesysteme zum Einsatz. Einige dieser Systeme haben Scoring- u. ä. Entscheidungsmodelle integriert, die Standorte nach den Präferenzen der Anwender bewerten können. Ein Beispiel dafür ist das System zur Lageanalyse von Makrolagen und Mikrostandorten des Anbieters 21st Real Estate<sup>4</sup>.

Unterscheiden lassen sich hier Systeme nach der logischen Reihenfolge, von der Raum- über die Stadt- bis zur Projektentwicklung. Montibeller et al. (2006) haben u. a. die Raumentwicklung untersucht und kombinieren die Szenarioplanung mit der Multi-Attribut Value Theory (MAVT), einer MADM-Methode, welche ähnlich zu der im dritten Abschnitt vorgestellten MAUT-Methode ist. Sie beschreiben den Einsatz anhand zweier Fallstudien aus Italien. In einer geht es um die Entscheidung, ob industriell und gewerblich genutzte Grundstücke für die Entwicklung von Logistik- oder Einzelhandelsimmobilien geeignet sind. Ferner soll entschieden werden, ob es möglich ist, bisher landwirtschaftlich genutzte Grundstücke umzunutzen. Sie kommen zu dem Schluss, dass der Einsatz der MAVT-Methode nur geeignet ist, wenn in allen Szenarien eine dominante Option vorhanden ist. Die Autoren weisen darauf hin, dass dies in realen Situationen eine Ausnahme bei der strategischen Entscheidungsfindung ist und insbesondere nicht für die Lageentwicklung von Grundstücken gilt. Folglich sollte jedes Szenario unterschiedliche Organisationsprioritäten beinhalten, und es darf in keinem Szenario eine klar dominierende Option geben. (Montibeller et al. 2006)

Wie bereits im dritten Abschnitt beschrieben, haben sich Natividade-Jesus et al. (2007) mit der Auswahl geeigneter Lagen für Immobilien in Portugal beschäftigt. Ein solches System muss den Anwen-

---

<sup>4</sup> Quelle: <https://www.21re.de/lageanalyse-relas> (Zugriff am 22. April 2021)

dern (Verbrauchern, Behörden, Kommunen etc.) eine flexible und benutzerfreundliche Umgebung bieten, die auf formalen Methoden mit mehreren Kriterien basiert. In ihrem System verwenden sie TOPSIS und ELECTRE. Als Ergänzung zur Entscheidungsunterstützung schlagen sie eine Erweiterung um ein GIS vor, damit die Anwender die Immobilien lokalisieren können. Die Autoren weisen darauf hin, dass das zu verwendende System effizient, effektiv und einfach zu verwenden sein muss, da eine Vielzahl von hierarchisch strukturierten Attributen vorliegt, die in Wechselbeziehungen stehen. Sie kommen zu dem Schluss, dass die verwendete Methode eine vielversprechende Vorgehensweise zur Analyse von Wohnungsmärkten ist. (Natividade-Jesus et al. 2007)

Viele weitere Beispiele zur Standortwahl für unterschiedlichste Zwecke finden sich in der Literatur (siehe z. B. Mosallaeipour et al. 2019; Aljohani und Thompson 2020; Kahraman et al. 2003; Burnaz und Topcu 2006; Lee 2014; Han und Kim 1990; McIntyre und Parfitt 1998; Haque und Asami 2014). Die Autoren verwenden zumeist MADM-Verfahren. Eine Besonderheit ist hierbei die Verwendung eines gruppenbasierten EUS zur Standortwahl durch Cebi und Kahraman (2010).

Systeme zur Projektentwicklung i. e. S. sind ebenfalls gut dokumentiert (siehe z. B. Leelarasamee 2005; Natividade-Jesus et al. 2007; Coutinho-Rodrigues et al. 2011; Li et al. 2005; Arentze et al. 1996; Padhi et al. 2015). Erwähnt werden sollen auch die Untersuchungen von Hoffmann et al. zur Standortanalyse mit Bezug zur Corporate Real Estate Management-Strategie (Hoffman et al. 1990). Amarullah und Simanjorang sowie Ashaf et al. beschreiben die Auswahl von Einkaufszentren bzw. Einfamilienhäusern mit Hilfe der AHP-Methode (Amarullah und Simanjorang 2020; Ashaf et al. 2019). Interessante Ansätze für zukünftige Anwendungen sind z. B. die Integration der Monte Carlo Simulation und die Kombination von Spatial EUS- und BOR-Systemen (Hosny et al. 2012; Haupt 1995; Ferretti 2020).

### **A.3: Finanzen**

Die dritte Kerntätigkeit ist die Finanzierung der Immobilie. Hier haben EUS eine relativ lange Tradition, wie in Abschnitt 2.2 bereits erwähnt wurde. Neben Systemen, die Unternehmen bei der Kreditvergabe oder -aufnahme unterstützen, werden in diesem Abschnitt auch Bewertungssysteme abgehandelt, weil eine Bewertung regelmäßig Voraussetzung für eine Immobilienfinanzierung ist. Die führenden Anbieter von Bewertungssoftware, z. B. Argus in USA und Sprengnetter in Deutschland, haben teilweise Scorings für einzelne Sachverhalte eingebaut, jedoch keine höherwertigen Entscheidungsmodelle. Dass das anders geht, zeigte Rossini im Jahr 2020, als er einen EUS-Prototypen vorstellte, wel-

cher mit Komponenten der künstlichen Intelligenz und insbesondere unter Anwendung von neuronalen Netzen arbeitet (Rossini 2000). Der Autor untersucht dabei, wie ein Einsatz zur Immobilienprognose möglich ist. Verwendet wurde ein regelbasiertes Expertensystem und ein Künstliches Neuronales Netzwerk, dessen Vorgehensweise dem des menschlichen Gehirns ähnelt. Daneben stellt der Autor auch noch weitere Möglichkeiten für die Anwendung von KI bei der Immobilienbewertung vor. (Rossini 2000)

Die Immobilienbewertung ist nicht nur das Feld, für das die meisten EUS entwickelt wurden (Krieger und Lausberg 2021), es ist auch das Feld, auf dem die Verhaltensökonominnen am aktivsten sind. Ein Grund dafür dürfte sein, dass sich Immobilienbewertungen gut für experimentelle Forschung eignen – man kann z. B. für die Versuchsgruppe den Bewertungsablauf oder die Bewertungstechnik ändern und den ermittelten Wert dann mit dem Wert der Kontrollgruppe vergleichen. Das hat aber bisher nicht dazu geführt, dass für Bewertungen EUS der dritten Generation, also BOR-Anwendungen auf dem Markt wären. In der Literatur wird aber über experimentelle Softwares berichtet. An der Hochschule Nürtingen-Geislingen wurde zum Beispiel untersucht, ob die Bewertungsgenauigkeit mittels eingebauter Entscheidungshilfen verbessert werden kann. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da Gutachter von Immobilien oftmals nicht erkennen, dass sie Entscheidungen treffen, sie aber gleichzeitig Software-Systeme verwenden, welche die Entscheidungsfindung nicht unterstützen. So können am Markt verfügbare Systeme zwar Informationen mit Hilfe von Finanzmodellierung, Datenanalyse oder Plausibilitätsprüfungen verarbeiten, jedoch helfen sie dem Gutachter nicht dabei zu entscheiden, welcher Datenquelle vertraut werden kann beziehungsweise welche Vergleichsdaten verwendet werden sollen (Lausberg und Dust 2017, 331f.). In einer empirischen Studie konnten Lausberg und Dust zeigen, dass mit Hilfe ihres EUS der Anker-effekt verringert und die Bewertungsgenauigkeit erhöht und somit der Gutachter in seinen Entscheidungen effektiv unterstützt werden kann (Lausberg und Dust 2017, S. 337). Ein späteres, ähnlich angelegtes Experiment erbrachte jedoch nicht so klare Ergebnisse, was auf weiteren Forschungsbedarf hinweist. (Evans et al. 2019)

Eine weitere Studie stammt von Valverde; in seinem Tool, das sich über mehrere Anwendungsgebiete erstreckt, geht es auch um die Kreditaufnahme (Valverde 1999). Brauers und Zavadskas (2011) entwickeln dagegen ein EUS für die Kreditvergabe durch Banken. Ihr System hat das Ziel, die Entscheidung so objektiv wie möglich zu machen, wozu sie drei einzelne Methoden kombinieren. Es gibt eine Fülle weiterer Vorschläge in der Literatur, die zum größten Teil MADM-Methoden verwenden (McCluskey und Anand 1999; Greer und Murtaza 2003; Kaklauskas et al. 2007; Kettani und Oral 2015; Kettani und Khelifi 2001;

Czernkowski 1990; Gonzalez und Laureano-Ortiz 1992; Kilpatrick 2011; Larraz 2011; Moore 1992; Musa et al. 2013). Ein Beispiel für die Anwendung einer MODM-Methode findet sich in der Studie von Manganelli et al. (2018). Die Studie von Bunyan Unel und Yalpir (2019) beschreibt die Prognose von Werten im Rahmen einer Bewertung von Immobilien. Belsky et al. (1998) befassen sich damit, wie man GIS als EUS in der Finanzierung grundschuldbesicherter Immobilien einsetzen kann.

#### **A.4: Erwerb von Grundstücken/Grundstücken**

Die nächste Tätigkeit im RICS-Schema des Immobilienlebenszyklusses ist die Grundstücks- und Objektakquise. Hierzu beschreiben Kilic et al. ein GIS-basiertes System zur Planung des Landerwerbs zwecks Realisierung städtischer und öffentlicher Projekte in Kroatien. Das System verwendet die PROMETHEE- und AHP-Methoden. (Kilic et al. 2018)

Lin et al. (2020) verwenden mit der FMCDM-Technik (Fuzzy Multiple Criteria Decision Making), eine auf der Fuzzy-Logik basierende Methode, um die Qualität und die Bewertung von Wohnraum von Immobilien in Einklang zu bringen. Ihr Ziel ist, dem Immobilienmakler ein Tool an die Hand zu geben, das die Koordination zwischen Verkäufer und Käufer verbessert. Der Kauf einer Immobilie ist wesentlich durch Vergleiche und Kompromisse zwischen verschiedenen Immobilienmerkmalen geprägt. Dadurch können ausgehend von der Preisstrategie Preis und Qualität überprüft werden und so zu einer Verbesserung der Vermittlungsergebnisse der Makler führen. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der Einsatz der Methode im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen die Vermittlungsleistung steigern kann. (Lin et al. 2020)

Den Einsatz von EUS bei der Investmentanalyse beschreiben Mantogiannis und Katsigiannis (2020). Sie haben ein System für den Private Rented Sector in Großbritannien erstellt, also für Privatleute, die Immobilien kaufen um sie zu vermieten. Da Immobilieninvestitionen die Berücksichtigung mehrerer qualitativer und quantitativer Kriterien sowie der unterschiedlichen, zum Teil widersprüchlichen Interessen der Stakeholder erfordern, ist ihr System breit angelegt. Zunächst wurden in einem mehrstufigen Verfahren geeignete Kriterien ausgewählt, dann wurden die nicht-finanziellen Aspekte von Experten beurteilt und die finanziellen mittels Monte-Carlo Simulation berechnet. Anschließend wurden vier reale Investitionsalternativen mit einem AHP-Modell in eine Reihenfolge gebracht. Die Verfasser kommen zum Ergebnis, dass das System den Investoren hilft, besser informierte Entscheidungen zu

treffen. Ferner betonen die Autoren, dass ihr EUS ohne große Modifikationen auch auf andere Nutzungsarten übertragen werden kann. (Mantogiannis und Katsigiannis 2020)

Ein ähnliches System zur Investmentanalyse beschreiben Otay und Kahraman (2015). Auch Hsu et al. (2014) verwenden MADM-Methoden, jedoch im Bereich der Angebotsauswahl. Wang (2005) beschreibt die Investmentanalyse für staatliche Institutionen. Im Bereich des Marketings liegt der Ansatz von Festervand et al. (2001). Schließlich seien noch zwei Studien erwähnt, welche im Rahmen der Verhandlungsunterstützung bei einem Grundstücks- oder Objektverkauf zum Einsatz kommen können (Urbanavičienė et al. 2009; Zavadskas und Kaklauskas 2009). Ein Beispiel für ein kommerzielles System zur Unterstützung von Immobilienkäufen ist ArcGIS Business Analyst<sup>5</sup> von der Firma Esri.

### **B.1: Design-Briefing**

Nach dem Abschluss der Planungs- und Akquisephase wird mit dem Entwurf begonnen. Hierunter fallen die Gestaltung eines Grundstücks, wie z. B. die Verteilung von Baumassen und Grünflächen auf einem Areal, sowie die Ausarbeitung eines Konzepts. Bei großen Projekten brauchen Projektentwickler unterschiedliche Konzepte, nicht nur für das Gebäude, sondern z. B. auch für den Verkehr, die Nutzungen oder die Vertragsgestaltung, so dass sie ihre Partner briefen oder die Baugenehmigung beantragen können.

Yepes et al. (2021) verglichen zunächst theoretisch und dann anhand einer Fallstudie verschiedene Methoden wie TOPSIS, ELECTRE und AHP, um damit die nachhaltigste Bauvariante für ein Wohnhaus zu finden. Sie kommen zum Ergebnis, dass sich die einfachsten Methoden Simple Additive Weighting (SAW) und Complex Proportional Assessment (COPRAS) gut als erste Herangehensweise zur Lösung des Problems eignen. Sie sind jedoch nicht optimal geeignet, da es quantitative, qualitative und semantische Variablen gab, die nicht optimal abgebildet wurden. Die beiden direkten Bewertungsmethoden TOPSIS und VIKOR<sup>6</sup> haben sich als sehr nützlich herausgestellt, wenn die optimale ideale und die nicht optimale ideale Lösung bekannt sind. Die Autoren weisen darauf hin, dass sich beide Methoden zur Auswahl einer Alternative innerhalb eines Pareto-Grenzwerts für ein Optimierungsproblem mit mehreren Zielen gut eignen. Demgegenüber können die beiden Outranking-Methoden ELECTRE und PROMETHEE sehr gut zur Klassifizierung von Alternativen nach Dominanzgrad durch Paare verwendet

<sup>5</sup> Quelle: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-business-analyst/overview> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>6</sup> Das Akronym stammt aus der serbischen Sprache und bedeutet Multikriterielle Optimierungs- und Kompromisslösung.

werden. Die Methoden sind zudem sehr nützlich für diskrete Probleme bei der Entscheidungsfindung mit mehreren Attributen. Die Nutzen-/Wertmethode MIVES<sup>7</sup> schließlich erzielte gute und deutlich andere Ergebnisse als die anderen Methoden, was vor allem auf die Möglichkeit der Priorisierung der Kriterien zurückzuführen ist. (Yepes et al. 2021)

In einer anderen Studie haben Adnan et al. (2015) Mieterpräferenzen untersucht. Die Autoren verwendeten die AHP-Methode, um die relative Bedeutung der Hauptfaktoren zu analysieren, die von Büromietern in Kuala Lumpur (Indonesien) ausgewählt wurden. Dazu ermittelten sie mit Expertenhilfe 26 Faktoren in vier Hauptkategorien (Standort, Vermietung, Gebäude und Finanzen). Der Einsatz der AHP-Methode führte zur Bewertung der relativen Bedeutung, die jeder Kategorie beigemessen wurde, um die unterschiedlichen Präferenzmuster aufzudecken. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass zwischen den untersuchten Sektoren (Finanzen/Bankwesen, IT & Medien, Öl & Gas) die Präferenzunterschiede für die meisten Faktoren nur geringfügig, für einige jedoch signifikant waren. (Adnan et al. 2015)

## **B.2: Beschaffung**

Mit den Informationen aus der Entwurfsphase kann die Beschaffung der erforderlichen Produkte und Dienstleistungen starten. Für die Immobilienwirtschaft lassen sich für die Beschaffung kaum Studien finden. Das könnte daran liegen, dass der Einkauf betriebswirtschaftlich gesehen sowohl zur Investition als auch zum Betrieb gerechnet werden kann. Somit decken die Abschnitt D und anderen Abschnitten genannten EUS die Beschaffung teilweise mit ab.

Erwähnt werden soll eine Studie von Phillips et al. aus dem Jahr 2007. Diese Studie befasst sich mit den Entscheidungen im Beschaffungsprozess des öffentlichen Sektors. Dieser weist viele Besonderheiten auf wie etwa die Langfristigkeit der Investitionen und die strengen Ausschreibungs- und Vergaberichtlinien. In ihrer Studie entwickelten die Autoren ein Software-Tool, welches AHP und MAUT mit einer Methode zur systematischen und wirtschaftlichen Berücksichtigung aller Kosten und Nutzen über den gesamten Lebenszyklus verbindet (Whole Life Costing). Der verwendete Ansatz stellt den Prozess zur Bewertung und Rangfolgenbildung der Auftragnehmer dar und berücksichtigt auch Präferenzen und Überzeugungen. Die Autoren schließen, dass der Unsicherheitsfaktor bei der Entscheidungsfindung über AHP und MAUT am besten berücksichtigt werden kann. Des Weiteren weisen die Autoren darauf hin, dass das System für viele andere Arten von

---

<sup>7</sup> Das Akronym stammt aus der spanischen Sprache und bedeutet Integriertes Wertmodell für Nachhaltigkeitsbewertung.

Projekten geeignet ist, wie etwa für die Vergabe von Wartungs- und Instandhaltungsaufträgen oder für Modernisierungsprogramme für Wohnsiedlungen (Phillips et al. 2007, S. 71).

Eine weitere interessante Studie hat Dörr vor kurzem veröffentlicht. Als Teil ihrer Doktorarbeit hat sie die Auftragsvergabe für Neubauten durch Non-Property Unternehmen untersucht. Die Autorin wählte für die Priorisierung der Alternativen die Methode AHP und für deren Evaluierung die Methode TOPSIS aus. Eine eigene Software wurde im Rahmen der Arbeit jedoch nicht erstellt. (Dörr 2020)

### **B.3: Gestaltung**

Die Gestaltung der Immobilie und ihrer Umgebung ist die Domäne der Architekten, Innenarchitekten und Landschaftsarchitekten. Ihre Tätigkeit besteht hauptsächlich aus dem Entwerfen und Planen und geschieht damit außerhalb der ökonomischen Sphäre, die Gegenstand dieses Beitrags ist. Für einen Überblick über die dort eingesetzten EUS sei auf Leeuwen und Timmermans (2006) verwiesen. Allerdings ist für die Immobilienwirtschaft die Betrachtung der IT-Systeme wichtig, die auf den Schnittstellen zwischen Architektur und Ökonomie eingesetzt werden. Das sind vor allem Softwares, die den Design- und Planungsprozess digitalisieren – zum Beispiel Building Information Modeling (BIM), das später von Facilitymanagern und anderen Immobilienleuten genutzt werden kann –, aber auch für die kaufmännischen Aufgaben von Architekten wie die Abrechnung von Bauprojekten. Diese Systeme unterstützen jedoch nicht primär die Gestalter, sondern ihre Auftraggeber beim Entscheiden. Eine Visualisierung von Designvarianten mittels Virtual Reality-Brille zum Beispiel kann die Effektivität und Effizienz solcher Entscheidungen erheblich steigern (Juan et al. 2021).

Einen eher klassischen Ansatz mit den bekannten EUS haben Jalaei et al. (2015) gewählt. Sie beschreiben, wie Entscheidungen im Zusammenhang mit der Fortführung oder Aufgabe vorgeschlagener Gebäude in der Konzeptphase unterstützt werden können. Eine der Herausforderungen dabei ist die optimale Auswahl von nachhaltigen Materialien, um die Anforderungen des Projekts zu erfüllen und gleichzeitig gutes Design zu gewährleisten. Mit ihrem EUS können die Designer anhand der Prioritäten und Nachhaltigkeitskriterien der Eigentümer die optimalen Bauteile für die Projekte auswählen. Hierzu wurde TOPSIS als objektive Gewichtungsmethode verwendet. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass durch die Verwendung des EUS eine optimale Alternative ausgewählt werden konnte, welche bezogen auf die Anschaffungs- und Lebenszykluskosten einen Vorteil ergab. (Jalaei et al. 2015)

### **B.4: Bauwesen**

Die Errichtung des Gebäudes beschließt die Entwicklungsphase. Für diese Phase lassen sich ebenfalls nur wenige Studien finden, denn die meisten Entscheidungen sind technischer Art und damit nach unserer Definition ausgenommen. Aber natürlich sind die Standardmethoden der Entscheidungsunterstützung auch hier anwendbar. Erwähnt sei die Studie von Brauers et al. (2008), in welcher die MOORA-Methode für den Bau und die Instandhaltung von Immobilien in Litauen beschrieben wird. Mit der MOORA-Methode wurde versucht, die Auftragnehmer objektiv einzustufen. Die Methode bestand hier aus zwei Komponenten, dem Verhältniszahlensystem und dem Referenzpunktansatz. Die Autoren fanden heraus, dass die besten Auftragnehmer nicht diejenigen mit den geringsten Kosten waren. Vielmehr war die Größe des Unternehmens sehr wichtig. Diese Studie kann auch der vorgehenden Phase B.2 Beschaffung oder der nachfolgenden Phase C.1 Property Management zugeordnet werden. (Brauers 2008)

Eine andere Aufgabe hat das EUS von Khumpaisal et al. (2010). Anhand einer Fallstudie des Großflughafen London Heathrow zeigen die Autoren, dass Analytic Network Process (ANP), eine weitere MADM-Methode, ein effektives Hilfsmittel ist, um die Risiken eines Bauprojekts zu beurteilen und so zu besseren Entscheidungen zu kommen (Khumpaisal et al. 2010).

### **C.1: Immobilienverwaltung**

Die Betriebsphase einer Immobilie beginnt im Schema der RICS mit dem Property Management. Van Reedt Dortland et al. (2012) beschreiben ein EUS für flexible Immobilienstrategien für Gesundheitsorganisationen wie Krankenhäuser, um sich an zukünftige Unsicherheiten anzupassen. Ein Beispiel für derartige Entscheidungen im Rahmen des kaufmännischen Gebäudemanagements ist, wenn eine Fachabteilung zusätzliche Fläche braucht. In diesem Fall ist zu klären, ob eine zusätzliche Investition getätigt werden soll, um z. B. ein zusätzliches Stockwerk zu bauen. Eine Alternative könnte sein, das Krankenhaus an anderer Stelle zu erweitern, was ganz andere Überlegungen nach sich zieht. Zur Beschreibung der Flexibilität und ihrer Konsequenzen für das Immobilienmanagement von Unternehmen wurde der Realloptionsansatz gewählt, ferner kam der Szenarioplanungsansatz zum Einsatz. (van Reedt Dortland, Maartje et al. 2012)

Mit dem Instandhaltungsmanagement von Immobilien haben sich Taillandier et al. (2017) beschäftigt. In ihrer Studie sollten Bauteile von Gebäuden untersucht werden, und zwar über einen begrenzten Zeitraum, mit einem begrenzten Budget und im Hinblick auf mehrere, oftmals ge-

gensätzliche Ziele wie Servicequalität, Kundenzufriedenheit und gesetzliche Vorschriften. Die Autoren haben dazu ein multiobjektives mehrdimensionales Rucksackproblem modelliert, und das Optimierungsproblem unter Verwendung der MOPSO-Methode (Metaheuristik der Multiobjektiven Partikelschwarmoptimierung) gelöst. Als Grundlage wurden die vom Entscheider erwartete Bewertung und die tatsächliche Bewertung für jede Komponente verwendet, um den Unterschied zwischen beiden Werten zu minimieren. Die Autoren weisen darauf hin, dass sie kein Gewichtungssystem verwendet haben, aber ein Gewichtungssystem oder eine komplexere Aggregationsmethode wie ELECTRE als Element der Wissensbasis in das Modell integriert werden kann. Das System wurde auf einen Gebäudebestand eines großen französischen Unternehmens angewendet. (Taillandier et al. 2017)

Der gleiche Autor hat sich (mit anderen Ko-Autoren) auch mit Entscheidungen von Wohnungsgesellschaften beschäftigt (Taillandier et al. 2014), genauer gesagt mit der Mehrjahresplanung zur Instandhaltung und Modernisierung von Gebäuden. Weitere Entscheidungen, die für das Propertymanagement typisch sind, sind zum Beispiel die Vermietung und die Auftragsvergabe an Facilitymanager. Zur Mieterauswahl haben Yau und Davis (1994) einen Prototypen für ein EUS entwickelt.

## **C.2: Assetmanagement**

Das Assetmanagement bzw. die Vermögensverwaltung ist dafür verantwortlich, dass die Immobilien- und anderen Anlagen des Eigentümers bestmöglich verwaltet werden. Es ist dem Propertymanagement übergeordnet und legt den Fokus auf das Portfolio, nicht die einzelnen Immobilien. Daher liegt es nahe, dass die meisten EUS auf diesem Gebiet das Portfoliomanagement zum Gegenstand haben. Eine frühe Studie stammt von Trippi (1989). Ein Ziel seiner Studie war zu erkennen, wie wichtige Entscheidungen zum Erwerb, zur Modifikation und zur Veräußerung von Immobilienanlagen zustande kommen und verbessert werden können. Auf dieser Basis hat er den Prototypen eines EUS entwickelt, welches er später auch kommerziell angeboten hat. In dem Artikel kommt der Autor zum Schluss, dass die Verwendung eines EUS wichtig ist, da praktisch alle potenziellen Maßnahmen wegen der langfristigen Implikationen Planungsprobleme verursachen, die im Entscheidungsprozess gelöst werden müssen. Zu den Erfolgsfaktoren bei der Entwicklung von EUS im Assetmanagement zählte Trippi das tiefgreifende Verständnis, das die Softwareentwickler für die Materie haben müssen sowie die Fähigkeit, das EUS auf einer Vielzahl von Host-Computern in kurzer Zeit betriebsbereit zu machen. (Trippi 1989) Der zweite Erfolgsfaktor ist heutzutage zu vernachlässigen, da dies eine Selbstverständlichkeit bei der Softwareprogrammierung geworden ist.

Eine Reihe von Studien befasst sich damit, wie EUS zur Performancesteigerung von Immobilienportfolios eingesetzt werden können, wozu man normalerweise ökonometrische Methoden einsetzt. Aus dem Jahr 2006 stammt eine solche Studie von Ellis und Wilson. Darin beschreiben Sie ein regelbasiertes EUS, mit dem es australischen Investoren für den untersuchten Zeitraum gelungen wäre, den Markt und zufällig zusammengestellte Portfolios zu schlagen. (Ellis und Wilson 2006). Ähnliche Studien stammen von Simoni (2011) für schweizerische und Valverde (2010) für US-Investoren.

Das Risikomanagement hat im Assetmanagement ebenfalls eine hohe Bedeutung. Forscher haben schon öfter gezeigt, dass EUS auch zur Risikoidentifizierung geeignet sind. So führten Thilini und Wickramarachchi im Jahr 2019 eine Studie in Sri Lanka durch, in der sie Risikofaktoren für die Entwicklung von Gewerbeimmobilien anhand sozialer, wirtschaftlicher, ökologischer, technologischer und politischer Kriterien analysierten. Dazu verwendeten sie den ANP. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass der Genehmigungsprozess, der Klimawandel und Naturkatastrophen die Risikofaktoren mit den größten Auswirkungen für die Entwicklung sind. (Thilini und Wickramarachchi 2019)

In einer aktuellen Studie aus dem Jahr 2021 untersuchten Gupta und Newell das Portfoliomanagement von nicht börsennotierten Immobilienfonds in Indien über ihren gesamten Lebenszyklus mit dem Schwerpunkt der Risikobewertung. Die Autoren verwendeten ebenfalls MADM-Methoden. Sie betonen, dass das Verständnis der Risikotransformation beim Immobilienportfoliomanagement über die Lebenszyklusphasen hinweg von entscheidender Bedeutung für die Formulierung von Strategien zur Risikominimierung, -übertragung und -minderung in dem jeweiligen Immobilienportfolio ist. Sie schlussfolgern, dass die Eintritts- und Geschäftsrisiken die wichtigsten Risikofaktoren in der Investitionsphase sind. (Gupta und Newell 2021)

Ein Beispiel für ein kommerzielles System ist @Risk von Palisade<sup>8</sup>. Im Kern handelt es sich um eine Software für Monte Carlo Simulationen, doch lässt sich die Produktfamilie der „DecisionTools Suite“ auch für weitere Zwecke wie Datenanalysen und Entscheidungsbäume einsetzen.

### **C.3: Facility Management**

Im Betrieb der Immobilie ist permanent das FM durchzuführen. Für diese Tätigkeit gibt es viele IT-Systeme am Markt, von denen jedoch nach unserer Internetrecherche keines zur Kategorie der EUS gehört. In

<sup>8</sup> Quelle: [https://www.palisade.com/decisiontools\\_suite/](https://www.palisade.com/decisiontools_suite/) (Zugriff am 23. April 2021)

der Literatur werden einige EUS beschrieben, die aber vermutlich Prototypen geblieben sind. Mit der Auswahl der FM-Dienstleister beschäftigt sich eine Studie von Tamosaitienė et al. aus dem Jahr 2013. Sie identifizierten eine Reihe von Bewertungskriterien, die eine erfolgreiche Auswahl garantieren sollen. Hierzu gehören das allgemeine Management, die Sicherheit, die Reinigung und die Gebäudeeigenschaften. Für ihre Fallstudie verwenden die Autoren einen spieltheoretischen Ansatz und setzen die von Zavadskas et al. (2002) entwickelte Software Levi 3.0 für multikriterielle Entscheidungsunterstützung im Baubereich ein. (Tamošaitienė et al. 2013)

Banaitiene et al. (2008) untersuchten den Lebenszyklus einer Immobilie. Die von den Autoren vorgeschlagene Methodik ermöglicht es dem Entscheider Alternativen zu entwickeln und die qualitativen und quantitativen Aspekte zu bewerten. Sie sehen dazu vier Schritte vor: Bestimmung der Gewichte der Kriterien, Bewertung der Lebenszyklusteile eines Gebäudes anhand des festgelegten Kriteriensystems, Entwurf der Alternativen des Gebäudes und Bewertung der Alternativen. Die in der Studie entwickelte COPRAS-Methode wurde im zweiten und vierten Schritt angewendet. (Banaitiene et al. 2008)

Pun et al. (2017) wendeten ein EUS mit AHP und Fuzzy Logik an, um die effizienteste Wartungsstrategie für Gebäudetechnik zu ermitteln. Ziel war u. a. die Minimierung der Ausfallzeiten. Mit ihrem System haben sie Gewichte der Kriterien hergeleitet und die Alternativen bewertet. Im Unterschied zum reinen AHP wurden hier paarweise Fuzzy-Vergleichsmatrizen verwendet. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass dem Property Manager durch Anwendung des Systems eine klare Richtung für die Formulierung verschiedener Wartungspläne im Facility Management vorgegeben werden kann. (Pun et al. 2017)

#### **C.4: Renovierung/Abriss**

Die letzte Tätigkeit im Lebenszyklus einer Immobilie ist die Renovierung bzw. – wenn diese nicht mehr lohnt – der Abriss der Immobilie. Zu dieser Phase gibt es kaum Veröffentlichungen mit Bezug zu EUS. Eine der wenigen ist die Studie von Shen et al. (2019). Darin geht es um ein System, das bei der Modernisierung von Gebäuden hilft. Wegen der Heterogenität von Immobilien ist es schwierig, die optimale Kombination von Maßnahmen zu bestimmen, zumal dort so unterschiedliche und vage Informationen wie Klimaprognosen und Lebenszykluskosten berücksichtigt werden müssen. Die Autoren haben ihre Software auf ein altes Gebäude an der University of Pennsylvania angewendet, das energetisch saniert werden musste. (Shen et al. 2019)

Ferner soll eine Studie von Nesticò und Somma (2019) genannt werden, die sich mit dem Denkmalschutz bei historischen Gebäuden beschäftigt. Darin untersuchten die Autoren vergleichend die Methoden AHP, ELECTRE, TOPSIS und VIKOR. Als Ergebnis sehen die Autoren, dass mit AHP das Problem auf die wesentlichen Bestandteile reduziert werden konnte, und das Problem effektiver gelöst werden konnte. Die Autoren betonen, dass für eine korrekte Implementierung der hierarchischen Analysealgorithmen eine strenge Auswahl der Bewertungskriterien und Unterkriterien sowie der entsprechenden Indikatoren von grundlegender Bedeutung ist. (Nesticò und Somma 2019)

### **D: Betrieb**

Bereits 1998 beschrieb Peterson einen konzeptionellen Rahmen für die Entwicklung eines unternehmensweiten SDSS für Wohnungsunternehmen. Peterson kam damals zu dem Schluss, dass Entscheidungen in der Immobilienwirtschaft erheblich von Systemen zur Unterstützung räumlicher Entscheidungen – und das sind bei Immobilien sehr viele – profitieren können (Peterson 1998). Andere Autoren beschränken sich in ihren Konzepten auf einzelne Tätigkeiten von Immobiliengesellschaften, z. B. Risikomanagement oder Marketing & Vertrieb (siehe unten). Zur gängigen Praxis sind aber weder unternehmensweite noch spezielle Systeme geworden, so dass wir auch in diesem Abschnitt überwiegend nur Prototypen als Anwendungen vorstellen können.

Zu den EUS, die mehrere Lebenszyklusstufen abdecken, zählt das oben bereits erwähnte System von Valverde (1999). Es besteht aus Teilmodellen, die einige der zentralen immobilienwirtschaftlichen Entscheidungen abdecken, zum Beispiel ob eine Immobilie verkauft oder wie sie finanziert werden soll (Valverde 1999). Einen anderen Ansatz verfolgen Zavadskas et al. (2010). Ihr System unterstützt Kaufinteressenten während des gesamten Ankaufsprozesses, u.a. bei der Verhandlung mit dem Verkäufer. Kaklauskas et al. (2013) stellen ein Lebenszyklusphasenübergreifendes Krisenmanagementmodell vor. Damit sollen Auswirkungen der Rezession auf den Bau- und Immobiliensektor erkannt und abgeschwächt werden. Dazu haben die Autoren u. a. ein Modell für die Festlegung von Prioritäten und ein Modell für die Bestimmung des Projektnutzungsgrads aufgestellt. (Kaklauskas et al. 2013)

Für das Immobilienrisikomanagement haben Lowe und Stanard schon im Jahr 1997 ein dynamisches Finanzanalysemodell vorgestellt, das eine Rückversicherungsgesellschaft tatsächlich eingesetzt hat (Lowe und Stanard 1997). Auch Valverde (2011) hat ein EUS für das Risikomanagement in der Immobilienbranche aufgebaut. Dabei handelt es sich um BI-System, über dessen Anwendung in der Praxis jedoch nichts bekannt ist.

In einer Studie aus dem Jahr 2020 entwerfen Gleißner und Oertel ein umfassendes EUS für das Risikomanagement von Immobilientransaktionen. Die Autoren betonen, dass eine quantitative Risikoanalyse und eine Risikoaggregation auf Portfolio- und Unternehmensebene erforderlich sind. Sie empfehlen unter anderem, dass ein EUS Bestandteil einer Risikomanagementeinheit in jeder Organisation sein sollte. (Gleißner und Oertel 2020) Teile Ihres Konzeptes sind bereits in den Softwares des deutschen Beratungsunternehmens FutureValue verwirklicht.<sup>9</sup>

Wie oben erwähnt, gibt es relativ viele EUS-Studien, die sich mit der Auswahl von Immobilien befassen. Ein paar Studien betrachten die Auswahlentscheidung von der anderen Seite, nämlich aus Sicht von Unternehmen, die Immobilien bestmöglich anbieten wollen (Kaklauskas und Gikys 2005; Kaklauskas et al. 2001) Erwähnt werden sollen noch Hossein et al. (2013), welche den Entwurf eines Expertensystems für Immobilienempfehlungen mit Hilfe der Fuzzy-Logik beschreiben. Die Fuzzy-Logik wird anstelle von Boolescher Logik verwendet, und das System kann die Schlussfolgerungen aus Benutzereingaben und Fuzzy-Inferenzprozessen ableiten. Zudem bilden Fuzzy-Regeln und die Zugehörigkeitsfunktionen die Wissensbasis des Systems. (Hossein et al. 2013)

### Sonstige

Neben den beschriebenen Systemen gibt es am Markt auch weitere EUS, welche nicht speziell für die Immobilienwirtschaft entwickelt wurden, sondern branchenunabhängig und für Entscheidungsprobleme aller Art eingesetzt werden können. Hierzu zählen allgemeine Statistik-, Mathematik- und Simulationsprogramme wie SAS<sup>10</sup> (Statistical Analysis System), R<sup>11</sup> und Anylogic<sup>12</sup>. Außerdem gibt es Programme wie VisiRule<sup>13</sup>, mit deren Hilfe eigene EUS entwickelt werden können, ohne eigenen Programmcode schreiben zu müssen, oder Decisi-o-rama<sup>14</sup>, eine Open-Source-Bibliothek für MAUT-Anwendungen in der Programmiersprache Python.

Eine andere Kategorie bilden Spezialsoftwares für OR, die auch für immobilienwirtschaftliche Themen eingesetzt werden können. Sie decken die ersten beiden der drei zuvor beschriebenen Generationen ab, zur dritten Generation konnten wir keine Standardsoftware finden. Die Mehrzahl scheinen Systeme zu bilden, die einfache Entscheidungshilfen

<sup>9</sup> Quelle: <http://www.futurevalue.de/> (Zugriff am 13. Juni 2021)

<sup>10</sup> Quelle: [https://www.sas.com/en\\_us/home.html](https://www.sas.com/en_us/home.html) (Zugriff am 13. Juni 2021)

<sup>11</sup> Quelle: <https://www.r-project.org/> (Zugriff am 13. Juni 2021)

<sup>12</sup> Quelle: <https://www.anylogic.com/> (Zugriff am 13. Juni 2021)

<sup>13</sup> Quelle: <https://www.visirule.co.uk> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>14</sup> Quelle: <https://github.com/j-chacon/decisi-o-rama> (Zugriff am 13. Juni 2021)

wie Entscheidungsbäumen, SWOT-Analysen oder Szenarioanalysen enthalten. Bei den Systemen der zweiten Generation scheint das Schwergewicht auf MAUT und insb. AHP zu liegen (für einen umfassenden Überblick siehe Weistroffer und Li 2016). Beispiele sind CEPA<sup>15</sup>, Mind-View<sup>16</sup>, WinDASI<sup>17</sup>, Super Decisions<sup>18</sup>, Workday Adaptive Planning<sup>19</sup>, Expert Choice Comparion<sup>20</sup>, GMAA<sup>21</sup>, Visual PROMETHEE<sup>22</sup> und AHP Priority Calculator<sup>23</sup>.

---

<sup>15</sup> Quelle: <https://economics.uq.edu.au/cepa/software> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>16</sup> Quelle: <https://www.matchware.com/swot-analysis-software> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>17</sup> Quelle: <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1199436/> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>18</sup> Quelle: <http://www.superdecisions.com/> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>19</sup> Quelle: <https://www.adaptiveplanning.com/products/scenario-planning-software-what-if-analysis> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>20</sup> Quelle: <https://www.expertchoice.com/comparion/applications/general-decision-making/> (Zugriff am 23. April 2021)

<sup>21</sup> Quelle: <http://mayor2.dia.fi.upm.es/dasg/gmaa>

<sup>22</sup> Quelle: <http://www.promethee-gaia.net/software.html>

<sup>23</sup> Unter der Internetadresse <http://bpmsg.com/ahp-online-calculator/> können damit kostenlos AHP-Modelle ausgewertet werden.

## 5. BEWERTUNG UND FAZIT

EUS haben eine lange Geschichte, die auch noch lange nicht zu Ende sein dürfte. Wie in Abschnitt 2 beschrieben, werden seit etwa 100 Jahren betriebswirtschaftliche Instrumente entwickelt, die den Menschen bei ihren Entscheidungen helfen. Man kann hier nach der Vielfalt der Entscheidungsziele drei Generationen ausmachen. Bei Systemen der ersten Generation, die auch heute noch existiert, gibt es nur ein Ziel, z. B. die Gewinnmaximierung. Diese enge Sichtweise führt zu Anwendungs- und Akzeptanzproblemen in der Immobilienwirtschaft, weil hier viele Entscheidungen komplex sind, keine mathematisch bestimmbare, optimale Lösung haben und mehrere Ziele betreffen. Bei den in der Praxis eingesetzten Kennzahlensystemen, Portfoliomodellen oder Analyseinstrumenten handelt es sich häufig um Entscheidungshilfen oder EUS i. w. S., aber nicht um EUS nach der Definition von Power et al. (2011), nach der ein solches System computerunterstützt die Effektivität des Nutzers beim Treffen komplexer Entscheidungen erhöhen muss.

Die EUS der zweiten Generation unterstützen die Nutzer beim Treffen von Entscheidungen, die mehrere Attribute haben oder bei denen mehrere Ziele parallel verfolgt werden. Im Kern handelt es sich um MADM- und MODM-Systeme, wobei es noch eine Reihe weiterer nützlicher Entscheidungshilfen und EUS gibt, z. B. die bekannte Balanced Scorecard. Die dritte Generation unterscheidet sich von den ersten beiden darin, dass das menschliche Verhalten explizit einbezogen wird. Das ist für Entscheidungen in der Immobilienbranche besonders wichtig, weil hier alle wichtigen Entscheidungen von Menschen getroffen werden und andere Menschen betreffen, v. a. die, die in den Immobilien wohnen und leben. Wir bezeichnen die Systeme der dritten Generation als BOR-EUS, denn charakteristisch ist, dass hier bekannte OR-Verfahren, z. B. Simulationen, mit bekannten B(ehavioral)-Verfahren, z. B. Debiasing, verbunden werden.

Eine vierte Generation ist bisher nicht in Sicht. Dafür ist BOR noch zu jung, zu wenig entwickelt und zu wenig praxistauglich. Und dafür befindet sich die Betriebswirtschaftslehre noch viel zu sehr im Paradigmenwechsel, wo die Ablösung des neoklassischen Paradigmas vom rationalen Entscheiden im vollen Gange, aber ein neues noch nicht in Sicht ist. Die Verhaltensökonomie, die Neuroökonomie, die Umweltökonomie und andere Ansätze haben die BWL zweifellos bereichert, kein Ansatz ist jedoch bisher in der Lage, eine ähnlich umfassende Theorie für das Entscheidungsverhalten von Individuen und Organisationen bereitzustellen. Damit fehlt den EUS auch eine klare Richtung, in die sie sich langfristig entwickeln könnten. Kurz- bis mittelfristig ist das Potenzial im Bereich BOR vermutlich am höchsten. Hier gibt es noch sehr viel zu

forschen und zu entwickeln, wie u. a. Greasley und Owen (2016) darlegen, die einen Rahmen dafür abstecken.

Zu den EUS der dritten Generation gibt es vielversprechende akademische Ansätze. Es fehlen jedoch praktisch nutzbare EUS, jedenfalls wenn man damit modellgetriebene EUS meint, auf die wir in diesem Beitrag den Fokus gerichtet haben. Wie in Abschnitt 3 erklärt, gibt es der Einteilung von Power (2001) zufolge neben den modellgetriebenen Systemen kommunikations-, daten-, dokument- und wissensgetriebene Systeme. Für alle fünf Typen gibt es Anwendungsmöglichkeiten und Anwendungsbeispiele in der Immobilienwirtschaft.

Dies war Gegenstand des Hauptteils dieses Beitrags. Wir haben in Abschnitt 4 dargelegt, dass es für den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie EUS gibt, die vielleicht nicht alle, aber alle zentralen Entscheidungen abdecken. Besonders viele Systeme gibt es für die ersten Lebenszyklusstufen Markt- und Standortanalyse, Projektentwicklung und Finanzierung. Für andere Stufen wie die Bauphase konnten wir nur wenige EUS identifizieren. Das liegt aber auch daran, dass hier technische gegenüber betriebswirtschaftlichen Entscheidungen dominieren und wir Systeme hierfür nicht betrachtet haben.

Eine weitere Erkenntnis aus unserer Forschung ist, dass die meisten vorgestellten EUS Prototypen (geblieben) sind. Es gibt zwar einige in der Praxis eingesetzte Instrumente, aber das sind zumeist EUS einfacher Art oder solche, die nicht speziell immobilienwirtschaftliche Entscheidungen mit ihren vielen Besonderheiten betreffen. Aus unseren Marktstudien, die wir in den letzten 20 Jahren angestellt haben (Lausberg und Scheer 2020; Lausberg und Krieger 2014; Lausberg 2010) wissen wir, dass die am Markt angebotenen Softwarepakete zwar bei Entscheidungen helfen, sie das aber nicht auf der Basis von Modellen tun. Ihr Fokus liegt fast immer auf dem Lösen fachlicher Probleme wie dem Analysieren von Portfolios, der Verbuchung von Mieteingängen, der Planung der Instandhaltung, der Bereitstellung entscheidungsrelevanter Informationen usw. Hier wurden in den letzten Jahrzehnten enorme Fortschritte erzielt, auch dank der alle Lebensbereiche erfassenden Digitalisierung. Dies hat jedoch nicht dazu geführt, dass immobilienwirtschaftliche Entscheidungen heute in der Regel durch ein modellgetriebenes EUS unterstützt werden. Das kann man gut am Beispiel der Machbarkeitsstudien erkennen. An sich eignet sich die Entscheidung zwischen zwei oder mehr Grundstücken hervorragend für die Modellierung, doch wenn die in diesem Teil der Branche populären Programme analysiert, stellt man fest, dass sie keine Entscheidungsmodelle beinhalten. Die Diskrepanz zwischen den Prototypen aus akademischen Studien und den Standardprogrammen der Immobilienwirtschaft ist also beträchtlich. Entscheider sind daher in der Regel gezwungen, entweder wissenschaftliche Studien zu lesen und die

Prototypen auf ihre eigenen Bedürfnisse anzupassen oder sich mit der fehlenden Entscheidungsunterstützung von Standardsoftware zufrieden zu geben. Die meisten scheinen den zweiten Weg zu gehen.

Dies sind wichtige Erkenntnisse, die die am Anfang gestellte Forschungsfrage beantworten. Innerhalb der letzten 30 Jahre ist zweifellos viel erreicht worden, wie ein Vergleich mit dem Überblicksartikel von Trippi (1990) zeigt. Dennoch bleibt noch viel zu tun. Für den Ausblick wollen wir versuchen, zwei Fragen zu beantworten:

1. Was hemmt die Entwicklung von EUS?
2. Welche Richtung sollte die EUS-Forschung und Entwicklung nehmen, um die Entscheidungsqualität in der Immobilienwirtschaft weiter zu verbessern?

Zur ersten Frage: Die meisten immobilienwirtschaftlichen Entscheidungen und alle wirklich wichtigen, wie die über den Ankauf einer Immobilie, sind menschliche Entscheidungen. Das unterscheidet die Immobilienwirtschaft von manchen anderen Branchen, in denen die optimale Alternative häufig eindeutig mathematisch bestimmt werden kann. Bei der Planung einer Fabrik beispielsweise, einem klassischen Anwendungsfall von OR, sind zwar auch menschliche Belange wie Arbeitsschutzvorschriften zu beachten, doch geht es hauptsächlich darum, dass die Maschinen optimalen Output erbringen. Die Unterstützung durch ein EUS ist dadurch relativ einfach möglich, auch wenn die zu lösenden betriebswirtschaftlichen Probleme mathematisch sehr komplex sein können. Bei der Planung einer Immobilie dagegen ist zur Bestimmung der besten Lösung ein tiefes Verständnis für das Verhalten der Menschen in und um die Immobilie (vom Entscheider über die potenziellen Mieter bis zu den Nachbarn) erforderlich. Da das menschliche Verhalten nicht nur von Vernunft, sondern auch von Intuition, Präferenzen und Denkfehlern geprägt ist, reicht ein rationales Verhaltensmodell nicht aus – und für gute Modelle des begrenzt rationalen Verhaltens reicht das vorhandene Wissen noch nicht aus, was die Autoren als größtes Hemmnis ansehen. Technisch gesehen stoßen MADM und MODM hier an ihre Grenzen. Sie sind für manche Entscheidungen gut geeignet, jedoch nicht für solche, die zu „fuzzy“ sind. Hierfür gibt es spezielle EUS und KI-Instrumente, die die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns nachahmen. Hier können für die Zukunft noch einige Weiterentwicklungen erwartet werden. Auch dürften der allgemeine technische Fortschritt (z. B. Quantencomputing) und die steigende Benutzerfreundlichkeit von IT-Tools (z. B. bei BI-Systemen) dazu führen, dass immobilienwirtschaftliche EUS besser werden. Wir bezweifeln aber, dass sich auf der technischen Ebene der größte Entwicklungsschritt für immobilienwirtschaftliche EUS vollziehen wird, weil die Entwicklung von multiattributiven Analysemethoden jetzt schon relativ weit fortgeschritten ist (Arnott und Pervan 2016).

Stattdessen erwarten wir, dass immobilienwirtschaftliche EUS viel mehr von einer stärker verhaltensorientierten Ausrichtung von Forschung und Entwicklung profitieren werden, deren Möglichkeiten noch lange nicht ausgeschöpft sind. Dazu sehen wir folgenden Forschungs- und Entwicklungsbedarf (vgl. Krieger und Lausberg (2021, S. 22–24)), was zur Beantwortung der zweiten Frage führt. Wir halten es für wichtig, die EUS-Forschung und Entwicklung entlang der folgenden Linien voranzutreiben.

- 1) Das tatsächliche Verhalten der Entscheider näher erforschen: Dazu ist vor allem interdisziplinäre Grundlagen- und anwendungsbezogene Forschung nötig mit Beiträgen aus BWL, Psychologie, Soziologie, Neurologie und anderen Disziplinen. Ferner sollte die Forschung realitätsnäher sein, zum Beispiel mit Experten statt Studierenden als Probanden arbeiten und mit echten Immobilien statt mit ausgedachten Fällen.
- 2) Mehr über die Entscheidungsprozesse in Organisationen herausfinden: Im Rahmen eines Prozess-Audits sollten zunächst die Stellen in den Abläufen identifiziert werden, an denen Entscheidungen getroffen werden. Das ist nicht so einfach, weil den handelnden Personen oft nicht klar ist, dass es sich überhaupt um eine Entscheidung handelt. Dann müssen das tatsächliche Entscheidungsverhalten und die Entscheidungsunterstützung analysiert werden. Erst dann kann man an die Entwicklung bzw. Anpassung von EUS gehen. (Power 2013, 115ff.)
- 3) Die Entscheidungssituation realistischer abbilden: Viele EUS nehmen eine unrealistische Entscheidungssituation an. Zum Beispiel gehen sie von einer Situation der Sicherheit aus, obwohl Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung besteht, was eine Risikoberechnung nahelegt. Oder es wird Unsicherheit unterstellt, obwohl Ungewissheit herrscht, was gegen eine konventionelle Risikomessung spricht.
- 4) Die Effektivität der Systeme nachweisen: Bei vielen EUS-Prototypen von Akademikern haben wir den Eindruck, dass sie zwar eine mathematische, aber keine ökonomische Lösung für ein Entscheidungsproblem erzielen. Die Effektivität wird häufig vernachlässigt, beispielsweise inwieweit der Einsatz eines Systems Wettbewerbsvorteile schafft (Power 2013, S. 101). Das ist nur durch anwendungsorientierte, empirische Forschung zu klären.
- 5) Die vorhandenen Systeme weiterentwickeln: Ein EUS-Modell oder sogar einen lauffähigen Prototypen zu entwickeln, ist aus wissenschaftlicher Sicht schon eine große Leistung. Das reicht für den Praxiseinsatz jedoch nicht aus. Insofern wünschen wir uns, dass die Entwickler der vielen oben erwähnten Prototypen

ihre Arbeit mit Hilfe von Programmierern, Ingenieuren, Vertrieblern und anderen Experten konsequent weitertreiben. Ferner hoffen wir, dass auch die vorhandenen Standardsoftwares weiterentwickelt werden – in dem Fall um Entscheidungsunterstützungsfunktionen, um aus einer anderen Richtung das Angebot an EUS zu erweitern.

Doch Forschung und Entwicklung alleine werden nicht zu einer höheren Qualität immobilienwirtschaftlicher Entscheidungen führen. Schließlich gibt es ja am Markt schon viele Instrumente. Aber die Instrumente müssen nicht nur verbessert, sondern auch angewendet werden, und hier liegt unseres Erachtens ein weiteres zu lösendes Problem. Die Akzeptanz für OR-Methoden und damit auch für viele EUS ist in der Immobilienwirtschaft eher gering ausgeprägt. Das liegt möglicherweise an der Unkenntnis über die Möglichkeiten, vielleicht auch am Unwillen vieler Immobilienprofis, sich auf quantitative Verfahren einzulassen, sicher aber auch an der mangelnden Ausbildung auf diesem Gebiet. Hier sehen wir die Hochschul- und sonstigen Lehrer:innen in der Pflicht, das Thema Entscheidungen, Entscheidungsunterstützung und Entscheidungsunterstützungssysteme stärker in der Lehre zu verankern.

## LITERATURVERZEICHNIS

- Adnan, Yasmin Mohd; Daud, Md Nasir; Mohamed Razali, Muhammad Najib (2015): A Multi-Criteria Framework For Office Tenants' Preferences At Office Buildings. In: *International Journal of Strategic Property Management* 19 (3), S. 271–282. DOI: 10.3846/1648715X.2015.1052586.
- Aljohani, Khalid; Thompson, Russell G. (2020): A multi-criteria spatial evaluation framework to optimise the siting of freight consolidation facilities in inner-city areas. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 138, S. 51–69. DOI: 10.1016/j.tra.2020.05.020.
- Altman, Edward I. (1968): Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy. In: *Journal of Finance* 23 (4), S. 589–609.
- Amarullah, Rizki; Simanjorang, R. Mahdalena (2020): Planning Decision Support System Using Building Mall AHP (Analytical Hierarchy Process). In: *Jurnal Teknik Informatika C.I.T* 12 (1), S. 26–33.
- Arentze, Theo A.; Borgers, Aloys W. J.; Timmermans, Harry J. P. (1996): An Efficient Search Strategy for Site-Selection Decisions in an Expert System. In: *Geographical Analysis* 28 (2), S. 126–146. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1996.tb00925.x.
- Arnott, David; Pervan, Graham (2016): A Critical Analysis of Decision Support Systems Research Revisited: The Rise of Design Science. In: Leslie P. Willcocks, Chris Sauer und Mary C. Lacity (Hg.): *Enacting Research Methods in Information Systems: Volume 3*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, S. 43–103.
- Ashaf, Didit Herdiawan; Hidayat, Sutikno Wahyu; Ahmadi, Ahmadi (2019): Decision support system determines the purchase of house right using analytical hierarchy process (AHP) and borda methods. In: *International Journal of ASRO* 10 (1), S. 1–9. Online verfügbar unter <http://asrojournal-sttal.ac.id/index.php/ASRO/article/download/85/72>.
- Banaitiene, Nerija; Banaitis, Audrius; Kaklauskas, Arturas; Zavadskas; Edmundas Kazimieras (2008): Evaluating the life cycle of a building: A multivariant and multiple criteria approach. In: *Omega* 36 (3), S. 429–441. DOI: 10.1016/j.omega.2005.10.010.
- Bell, David E.; Raiffa, Howard; Tversky, Amos (Hg.) (1988): *Decision making. Descriptive, normative, and prescriptive interactions*. Cambridge, MA: Cambridge Univ. Press.
- Belsky, Eric; Can, Ayşe; Megbolugbe, Isaac (1998): A Primer on Geographic Information Systems in Mortgage Finance. In: *Journal of Housing Research* 9 (1), S. 5–31. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/24833657>.
- Bhargava, Hemant K.; Power, Daniel J. (2001): *Decision Support Systems and Web Technologies: A Status Report*. In: AMCIS 2001 Proceedings. Seventh Americas Conference on Information Systems (AMCIS). Association for Information Systems, S. 229–235.
- Bissantz & Company GmbH (2018): *Business Intelligence with DeltaMaster: Look, see, do*. Online verfügbar unter <https://cdn.bissantz.de/images/2019/11/Brochure-DeltaMaster.pdf>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

- Blundell, Gerald F.; Fairchild, Simon; Goodchild, Robin N. (2005): Managing Portfolio Risk in Real Estate. In: *Journal of Property Research* 22 (2-3), S. 115–136. DOI: 10.1080/09599910500456759.
- Brans, J. P.; Vincke, Ph.; Mareschal, B. (1986): How to select and how to rank projects: The Promethee method. In: *European Journal of Operational Research* 24(2), S. 228–238. DOI: 10.1016/0377-2217(86)90044-5.
- Brauers, Willem Karel M. (2008): Multi-Objective Contractor's Ranking by Applying the MOORA Method. In: *Journal of Business Economics and Management* (4), S. 245–255. Online verfügbar unter <https://www.ceeol.com/content-files/document-9446.pdf>.
- Brauers, Willem Karel M.; Zavadskas, Edmundas K. (2011): Multimooora Optimization Used to Decide on a Bank Loan to Buy Property. In: *Technological and Economic Development of Economy* (1), S. 174–188. Online verfügbar unter <https://www.ceeol.com/content-files/document-184404.pdf>.
- Bunyan Unel, Fatma; Yalpir, Sukran (2019): Valuations of building plots using the AHP method. In: *International Journal of Strategic Property Management* 23 (3), S. 197–212. DOI: 10.3846/ijspm.2019.7952.
- Burger, Katharina; Malpass, Jonathan (2016): Overview: Behavioral Operational Research in Practice. In: Martin Kunc, Jonathan Malpass und Leroy White (Hg.): *Behavioral Operational Research. Theory, Methodology and Practice*. London, United Kingdom: Palgrave Macmillan UK, S. 245–261.
- Burnaz, Sebnem; Topcu, Y. Ilker (2006): A multiple-criteria decision-making approach for the evaluation of retail location. In: *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 14 (1-3), S. 67–76. DOI: 10.1002/mcda.401.
- Cebi, S.; Kahraman, C. (2010): Fuzzy multicriteria group decision making for real estate investments. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering* 224 (4), S. 457–470. DOI: 10.1243/09596518JSCE874.
- Coutinho-Rodrigues, João; Simão, Ana; Antunes, Carlos Henggeler (2011): A GIS-based multicriteria spatial decision support system for planning urban infrastructures. In: *Decision Support Systems* 51 (3), S. 720–726.
- Czernkowski, Robert M.J. (1990): Expert systems in real estate valuation. In: *Journal of Valuation* 8 (4), S. 376–393. DOI: 10.1108/EUM0000000003292.
- Davis, T. C. (1950): How the DuPont Organization Appraises Its Performance. In: *Financial Management Series* (94), S. 3–11.
- Del Giudice, Vincenzo; Paola, Pierfrancesco de; Francesca, Torrieri; Nijkamp, Peter J.; Shapira, Aviad (2019): Real Estate Investment Choices and Decision Support Systems. In: *Sustainability* 11 (11), S. 3110. DOI: 10.3390/su11113110.
- Diaz, J., III (1990): How appraisers do their work: a test of the appraisal process and the development of a descriptive model. In: *Journal of Real Estate Research* 5 (1), S. 1–15.

- Dörr, Anne Sophia (2020): Sourcingentscheidungen bei Immobilienprojektentwicklungen - Optimierungspotenziale bei der Abwicklung von Neubauprojekten unter Berücksichtigung von lebenszyklusübergreifenden Wertschöpfungspartnerschaften. Doctoral dissertation. Technische Universität, Darmstadt, Germany. Online verfügbar unter 10.25534/TUPRINTS-00011889, zuletzt geprüft am 17.06.2021.
- Drucker, Peter F. (1954): *The practice of management*. New York, NY: Harper.
- Durbach, Ian N.; Stewart, Theodor J. (2020): Probability and Beyond: Including Uncertainties in Decision Analysis. In: Leroy White, Martin Kunc, Katharina Burger und Jonathan Malpass (Hg.): *Behavioral operational research. A capabilities approach*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, S. 75–91.
- Elkosantini, Sabeur (2015): Toward a new generic behavior model for human centered system simulation. In: *Simulation Modelling Practice and Theory* 52, S. 108–122. DOI: 10.1016/j.simpat.2014.12.007.
- Ellis, Craig; Wilson, Patrick (2006): Expert System Portfolios of Australian and UK Securitised Property Investments. In: *Pacific Rim Property Research Journal* 12 (1), S. 107–127. DOI: 10.1080/14445921.2006.11104201.
- Evans, Kathleen Margaret; Lausberg, Carsten; Jesse, Sui Sang How (2019): Reducing the property appraisal bias with decision support systems: An experimental investigation in the South African property market. In: *JARER* 4 (1). DOI: 10.15641/jarer.v4i1.729.
- Ferretti, Valentina (2020): Insights from an Initial Exploration of Cognitive Biases in Spatial Decisions. In: Leroy White, Martin Kunc, Katharina Burger und Jonathan Malpass (Hg.): *Behavioral operational research. A capabilities approach*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, S. 119–139.
- Festervand, Troy A.; Kethley, R. Bryan; Waller, Bennie D. (2001): The marketing of industrial real estate: application of Taguchi loss functions. In: *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 10 (4), S. 219–228. DOI: 10.1002/mcda.304.
- Fishburn, P. C. (1970): *Utility Theory for Decision Making*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Forgionne, G. A. (1996): Forecasting army housing supply with a DSS-delivered econometric model. In: *Omega* 24 (5), S. 561–576.
- Funke, Joachim (2012): Complex Problem Solving. In: Norbert M. Seel (Hg.): *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Boston, MA: Springer US (Springer reference), S. 682–685.
- Gleißner, Werner; Oertel, Cay (2020): Conceptual framework for real estate transactions. In: *JPIF* 38 (3), S. 245–262. DOI: 10.1108/JPIF-01-2020-0014.
- Gonzalez, Avelino J.; Laureano-Ortiz, Raymond (1992): A case-based reasoning approach to real estate property appraisal. In: *Expert Systems with Applications* 4 (2), S. 229–246. DOI: 10.1016/0957-4174(92)90115-9.
- Grasskamp, James A. (1976): Redefining the Role of University Education in Real Estate and Urban Land Economics. In: *The Real Estate Appraiser*, (March/April), S. 23–28.

- Greasley, Andrew; Owen, Chris (2016): Behavior in Models: A Framework for Representing Human Behavior. In: Martin Kunc, Jonathan Malpass und Leroy White (Hg.): Behavioral Operational Research. Theory, Methodology and Practice. London, United Kingdom: Palgrave Macmillan UK, S. 47–63.
- Greer, T. H.; Murtaza, M. B. (2003): Technologies To Improve The Decision-Making Process Of Real Estate Appraisers: XML, Intelligent Agents, Avms, And Web Services. In: *Journal of Business & Economics Research* 1 (6), S. 63–72.
- Gupta, Ashish; Newell, Graeme (2021): A real estate portfolio management risk assessment framework for nonlisted real estate funds in India. In: *PM* 39 (1), S. 85–106. DOI: 10.1108/PM-04-2020-0023.
- Hackathorn, Richard D.; Keen, Peter G. W. (1981): Organizational Strategies for Personal Computing in Decision Support Systems. In: *MIS Quarterly* 5 (3), S. 21–27.
- Haettenschwiler, P. (2001): Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung. In: Hansjürg Mey, Daniel Lehmann Pollheimer und Bruno Affentranger (Hg.): Absturz im freien Fall - Anlauf zu neuen Höhenflügen. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zürich, Switzerland: vdf Hochsch.-Verl. an der ETH (Publikation der Akademischen Kommission der Universität Bern), S. 189–208.
- Haeusler, Axel (2011): GRETAS - Dynamische Simulation immobilienökonomischer Raum- und Standortpotenziale. Proceedings REAL CORP. Online verfügbar unter [https://www.corp.at/archive/CORP2011\\_149.pdf](https://www.corp.at/archive/CORP2011_149.pdf), zuletzt geprüft am 17.06.2021.
- Han, Sang-Yun; Kim, Tschangho John (1990): ESSAS: Expert System for Site Analysis and Selection. In: Tschangho John Kim, Lyna L. Wiggins und Jeff R. Wright (Hg.): Expert Systems: Applications to Urban Planning. New York, NY: Springer, S. 145–158.
- Haque, Afsana; Asami, Yasushi (2014): Optimizing urban land use allocation for planners and real estate developers. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 46, S. 57–69. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2014.04.004.
- Haupt, Hermann Rocher (1995): The development of a decision support system for decisions in property development in South Africa. Master thesis. University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa. Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10210/9068>, zuletzt geprüft am 01.04.2021.
- Hoffman, James; Schniederjans, Marc; Sirmans, Stacy (1990): A Multi-Criteria Model for Corporate Property Evaluation. In: *Journal of Real Estate Research* 5 (3), S. 285–300. DOI: 10.1080/10835547.1990.12090629.
- Holsapple, Clyde W.; Whinston, Andrew B. (1996): Decision support systems. A knowledge-based approach. St. Paul, MN: West.
- Hosny, Ossama; Nassar, Khaled; Olusola, Peter Akinmoladun (2012): Decision Support System for Housing Developers in Developing Countries under Uncertain Buyer Behavior. In: *J. Manage. Eng.* 28 (3), S. 311–323. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000091.

- Hossein, Kafi Amir; Hamed, Kazemipoor; Ali, Afshar Kazemi Mohammad (2013): Design and implementation of fuzzy expert system for real estate recommendation. In: *International journal of information, security and systems management* 2 (1), S. 142–147. Online verfügbar unter [https://www.sid.ir/en/VEWSSID/J\\_pdf/1046820130106.pdf](https://www.sid.ir/en/VEWSSID/J_pdf/1046820130106.pdf).
- Hsu, Chia-Yu; Goh, Julaimin; Chang, Pei-Chann (2014): Intelligent Decision Model of House Evaluation. In: Jengnan Juang, Cheng-Yi Chen und Cheng-Fu Yang (Hg.): *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems (ICITES 2013)*, Bd. 293. Cham, Switzerland: Springer (Lecture Notes in Electrical Engineering, 293), S. 421–427.
- Hwang, Ching-Lai; Yoon, Kwangsun (1981): Methods for Multiple Attribute Decision Making. In: Ching-Lai Hwang und Kwangsun Yoon (Hg.): *Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Berlin, Germany...: Springer (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 186), S. 58–191.
- Introne, Joshua; Iandoli, Luca (2014): Improving decision-making performance through argumentation: An argument-based decision support system to compute with evidence. In: *Decision Support Systems* 64, S. 79–89. DOI: 10.1016/j.dss.2014.04.005.
- Jalaei, Farzad; Jade, Ahmad; Nassiri, Mahtab (2015): Integrating Decision Support System (DSS) and Building Information Modeling (BIM) to Optimize the Selection of Sustainable Building Components. In: *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 20 (25), S. 399–420. Online verfügbar unter [http://www.itcon.org/papers/2015\\_25.content.03302.pdf](http://www.itcon.org/papers/2015_25.content.03302.pdf).
- Jorion, Philippe (1994): Mean/Variance Analysis of Currency Overlays. In: *Financial Analysts Journal* 50 (3), S. 48–56. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/4479746>.
- Juan, Yi-Kai; Chi, Hao-Yun; Chen, Hsing-Hung (2021): Virtual reality-based decision support model for interior design and decoration of an office building. In: *Engineering, Construction and Architectural Management* 28 (1), S. 229–245. DOI: 10.1108/ECAM-03-2019-0138.
- Kahneman, Daniel; Tversky, Amos (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. In: *Econometrica* 47 (2), S. 263–292. DOI: 10.2307/1914185.
- Kahraman, Cengiz; Ruan, Da; Doğan, Ibrahim (2003): Fuzzy group decision-making for facility location selection. In: *Information Sciences* 157, S. 135–153. DOI: 10.1016/S0020-0255(03)00183-X.
- Kaklauskas, Artūras; Gikys, Mindaugas (2005): Increasing efficiency of multiple listing service systems applying web-based decision support system for real estate. In: *Journal of Civil Engineering and Management* 11 (2), S. 91–97. DOI: 10.1080/13923730.2005.9636337.
- Kaklauskas, Artūras; Zavadskas, Edmundas K.; Banaitis, Audrius; Šatkauskas, Gintautas (2007): Defining the utility and market value of a real estate: A multiple criteria approach. In: *International Journal of Strategic Property Management* 11 (2), S. 107–120. DOI: 10.1080/1648715X.2007.9637564.

- Kaklauskas, Artūras; Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Kazokaitis, Paulius; Bivainis, Juozas; Galiniene, Birute; d'Amato, Maurizio et al. (2013): Crisis Management Model and Recommended System for Construction and Real Estate. In: Ngoc Thanh Nguyen, Bogdan Trawiński, Radosław Katarzyniak und Geun-Sik Jo (Hg.): *Advanced Methods for Computational Collective Intelligence*, Bd. 457. Berlin, Germany...: Springer Berlin Heidelberg (Studies in Computational Intelligence), S. 333–343.
- Kaklauskas, Artūras; Zavadskas, E. K.; Trinkunas, V. (2001): Increase of Efficiency of Property E-Commerce systems applying multiple criteria decisions support systems (8th European Real Estate Society Conference (26-29 June 2001) Alicante, Spain.). Online verfügbar unter <https://eres.architexturez.net/doc/oai-eres-id-eres2001-191>, zuletzt geprüft am 17.06.2021.
- Kaplan, Abraham D.; Dirlam, Joel B.; Lanzillotti, Robert F. (1958): *Pricing in big business: a case approach*. Washington, DC: Brookings Inst.
- Kaplan, Robert S.; Norton, David P. (1992): The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance. In: *Harvard Business Review* (January-February), S. 71–79.
- Keeney, Ralph L.; Raiffa, Howard (1976): *Decisions with multiple objectives. Preferences and value tradeoffs*. New York, NY: Wiley (Wiley series in probability and mathematical statistics).
- Kettani, Ossama; Khelifi, Karim (2001): PariTOP: A goal programming-based software for real estate assessment. In: *European Journal of Operational Research* 133 (2), S. 362–376. DOI: 10.1016/S0377-2217(00)00304-0.
- Kettani, Ossama; Oral, Muhittin (2015): Designing and implementing a real estate appraisal system: The case of Québec Province, Canada. In: *Socio-Economic Planning Sciences* 49, S. 1–9. DOI: 10.1016/j.seps.2014.12.003.
- Khumpaisal, Sukulpat; Nazali, Mohd Noor; Nisham, Zairul Musa; Ross, Andrew David (2010): An application of the analytic network process to assess risks in a mega-construction project. In: *IJAHP* 2 (2), S. 108–134. DOI: 10.13033/ijahp.v2i2.43.
- Kilic, Jelena; Jajac, Niksa; Marovic, Ivan (2018): GIS-based Decision Support Concept to planning of land acquisition for realization of Urban Public Projects. In: *Cro. Oper. Res. Rev.* 9 (1), S. 11–24. DOI: 10.17535/corr.2018.0002.
- Kilpatrick, John (2011): Expert systems and mass appraisal. In: *J of Property Inv & Finance* 29 (4/5), S. 529–550. DOI: 10.1108/14635781111150385.
- Krieger, Patrick; Lausberg, Carsten (2021): Entscheidungen, Entscheidungsfindung und Entscheidungsunterstützung in der Immobilienwirtschaft: Eine systematische Literaturübersicht. In: *Zeitschrift für Immobilienökonomie* 7 (1), S. 1–33. DOI: 10.1365/s41056-020-00044-2.
- Kunc, Martin (2020): Behavioral Operations and Behavioral Operational Research: Similarities and Differences in Competences and Capabilities. In: Leroy White, Martin Kunc, Katharina Burger und Jonathan Malpass (Hg.): *Behavioral operational research. A capabilities approach*. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, S. 3–22.

- Laitinen, Erkki K. (1999): Du pont decision support system (DSS) for expenditure budgeting. In: *International Journal of Applied Quality Management* 2 (1), S. 75–99. DOI: 10.1016/S1096-4738(99)80005-0.
- Larraz, Beatriz (2011): An expert system for online residential properties valuation. In: *Review of economics & finance* 1 (2), S. 69–82.
- Lausberg, Carsten (2010): Immobilienrisikomanagement-Software: No Risk (Management-System) – no Fun! In: *Immobilienwirtschaft* (11), 52f.
- Lausberg, Carsten; Dust, Anja (2017): Reducing the Appraisal Bias in Manual Valuations with Decision Support Systems. In: Maurizio D'Amato und Tom Kauko (Hg.): *Advances in automated valuation modeling. AVM after the non-agency mortgage crisis*. Cham, Switzerland: Springer (Studies in systems, decision and control, volume 86), S. 331–343.
- Lausberg, Carsten; Krieger, Patrick (2014): Zwei Welten, zwei Systeme – Wie lange noch? In: *Immobilienwirtschaft* (10), 84f.
- Lausberg, Carsten; Krieger, Patrick (2021): Rules for a coherent real estate risk scoring. In: *JERER* 14 (1), S. 1–18. DOI: 10.1108/JERER-01-2020-0001.
- Lausberg, Carsten; Lee, Stephen; Müller, Moritz; Oertel, Cay; Schultheiß, Tobias (2020): Risk measures for direct real estate investments with non-normal or unknown return distributions. In: *Z Immobilienökonomie* 6 (1), S. 3–27. DOI: 10.1365/s41056-019-00028-x.
- Lausberg, Carsten; Scheer, Timo H. (2020): Die Digitalisierung der Projektentwicklerbranche. Eine wissenschaftliche Marktstudie. Arbeitspapier. Campus of Real Estate, Geislingen/Steige, Germany. Online verfügbar unter [https://campus-of-real-estate.jimdo.com/app/download/7986218664/Arbeitspapier+1-2020+Lausberg+Scheer\\_Die+Digitalisierung+der+Projektentwicklerbranche.pdf?t=1609854770](https://campus-of-real-estate.jimdo.com/app/download/7986218664/Arbeitspapier+1-2020+Lausberg+Scheer_Die+Digitalisierung+der+Projektentwicklerbranche.pdf?t=1609854770), zuletzt geprüft am 01.04.2021.
- Lee, Wen-Shung (2014): A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR for the selection of location - Real Estate Brokerage Services. In: *Int. J. Info. Tech. Dec. Mak.* 13 (01), S. 197–224. DOI: 10.1142/S0219622014500333.
- Leelarasamee, Yosaporn (2005): A decision support system for income-producing real estate development feasibility analysis and alternative assessment. Doctoral dissertation. Texas A&M University, College Station, TX. Online verfügbar unter <https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/1969.1/2402/1/etd-tamu-2005A-URPL-Leelara.pdf>, zuletzt geprüft am 17.06.2021.
- Li, Heng; Yu, Ling; Cheng, Eddie W. L. (2005): A GIS-based site selection system for real estate projects. In: *Construction Innovation: Information, Process, Management* 5 (4), S. 231–241. DOI: 10.1108/14714170510815276.
- Lin, Jun-Kun; Lin, Hung-Lung; Wang, William Yu Chung; Chang, Ching-Hui; Lin, Chin-Tsai (2020): An Evaluation Model for Property-Purchasing Plans Based on a Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Model. In: *Mathematics* 8 (6), S. 860. DOI: 10.3390/math8060860.

- Lowe, Stephen P.; Stanard, James N. (1997): An Integrated Dynamic Financial Analysis and Decision Support System for a Property Catastrophe Reinsurer1. In: *ASTIN Bulletin* 27 (2), S. 339–371. Online verfügbar unter [https://EconPapers.repec.org/RePEc:cup:astinb:v:27:y:1997:i:02:p:339-371\\_01](https://EconPapers.repec.org/RePEc:cup:astinb:v:27:y:1997:i:02:p:339-371_01).
- Lu, J.; Zhang, g.; Ruan, D.; Wu, F. (2007): Multi-Objective Group Decision Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques. London, United Kingdom: Imperial College Press.
- Manganelli, Benedetto; Paola, Pierfrancesco de; Del Giudice, Vincenzo (2018): A multi-objective analysis model in mass real estate appraisal. In: *IJBIDM* 13 (4), S. 441. DOI: 10.1504/IJBIDM.2018.094981.
- Mantogiannis, Vasileios A.; Katsigiannis, Fotios A. (2020): Assessing real estate investment alternatives: a multi-criteria and multi-stakeholder decision aid tool. In: *IJAHP* 12 (1). DOI: 10.13033/ijahp.v12i1.702.
- Markowitz, Harry (1952): Portfolio selection. In: *Journal of Finance* 7 (1), S. 77–91.
- McCluskey, William; Anand, Sarabjot (1999): The application of intelligent hybrid techniques for the mass appraisal of residential properties. In: *J of Property Inv & Finance* 17 (3), S. 218–239. DOI: 10.1108/14635789910270495.
- McIntyre, Charles; Parfitt, M. Kevin (1998): Decision Support System for Residential Land Development Site Selection Process. In: *Journal of Architectural Engineering* 4 (4), S. 125–131. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0431(1998)4:4(125).
- Mir, S. A.; Qasim, M.; Arfat, Y.; Mubarak, T.; Bhat, Z. A.; Bhat, J. A. et al. (2015): Decision support systems in a global agricultural perspective - A comprehensive review. In: *International Journal of Agriculture Sciences* 7 (1), S. 403–415.
- Momen, Omid (2020): Behavioral Operational Research in Portfolio Selection. In: Leroy White, Martin Kunc, Katharina Burger und Jonathan Malpass (Hg.): Behavioral operational research. A capabilities approach. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, S. 41–58.
- Montibeller, Gilberto; Gummer, Haidee; Tumidei, Daniele (2006): Combining scenario planning and multi-criteria decision analysis in practice. In: *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 14 (1-3), S. 5–20. DOI: 10.1002/mcda.403.
- Moore, James S. (1992): A Prototype Expert Decision Support System for the Market Appraisal of the Single Family Residence. In: *Decision Sciences* 23 (6), S. 1408–1422.
- Mosallaeipour, Sam; Shavarani, Seyed Mahdi; Steens, Charlotte; Eros, Adrienn (2019): A robust expert decision support system for making real estate location decisions. a case of investor-developer-user organization in industry 4.0 era. In: *JCRE* 22 (1), S. 21–47. DOI: 10.1108/JCRE-03-2019-0019.
- Musa, A.; Daramola, O.; Owoloko, A.; Olugbara, O. (2013): A Neural-CBR System for Real Property Valuation. In: *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* 4 (8), S. 611–622.
- Mussweiler, Thomas; Strack, Fritz; Pfeiffer, Tim (2000): Overcoming the Inevitable Anchoring Effect: Considering the Opposite Compensates for Selective Accessibility. In: *Pers Soc Psychol Bull* 26 (9), S. 1142–1150. DOI: 10.1177/01461672002611010.

- Natividade-Jesus, Eduardo; Coutinho-Rodrigues, João; Antunes, Carlos Henggeler (2007): A multicriteria decision support system for housing evaluation. In: *Decision Support Systems* 43 (3), S. 779–790. DOI: 10.1016/j.dss.2006.03.014.
- Nesticò, Antonio; Somma, Piera (2019): Comparative Analysis of Multi-Criteria Methods for the Enhancement of Historical Buildings. In: *Sustainability* 11 (17), S. 4526. DOI: 10.3390/su11174526.
- Nižetić, Ivana; Fertalj, Krešimir; Milašinović, Boris (2007): An Overview of Decision Support System Concepts. In: Boris Aurer und Miroslav Bača (Hg.): Proceedings of the 18th International Conference on Information and Intelligent Systems. Varaždin, Croatia, S. 251–256.
- Northcraft, Gregory B.; Neale, Margaret A. (1987): Experts, amateurs, and real estate: An anchoring-and-adjustment perspective on property pricing decisions. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 39 (1), S. 84–97.
- Otay, Irem; Kahraman, Cengiz (2015): Worldwide Investing in Real Estate Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets. In: Proceedings of the 2015 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology. Gijón, Spain, 6/30/2015 - 7/3/2015. Paris, France: Atlantis Press (Advances in Intelligent Systems Research).
- Padhi, Sidhartha S.; Theogrosse-Ruyken, Pan; Das, Debabrata (2015): Strategic Revenue Management under Uncertainty: A Case Study on Real Estate Projects in India. In: *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 22 (3-4), S. 213–229. DOI: 10.1002/mcda.1537.
- Peterson, Kim (1993): Spatial decision support systems for real estate investment analysis. In: *International Journal of Geographical Information Systems* 7 (4), S. 379–392. DOI: 10.1080/02693799308901968.
- Peterson, Kim (1998): Development of Spatial Decision Support Systems for Residential Real Estate. In: *Journal of Housing Research* 9 (1), S. 135–156. DOI: 10.1080/10835547.1998.12091933.
- Phillips, Steve; Martin, Jim; Dainty, Andy; Price, Andrew (2007): Uncertainty in best value decision making. In: *J of Fin Man of Prop and Cons* 12 (2), S. 63–72. DOI: 10.1108/13664380780001094.
- Pommer, Alexandra (2007): Entscheidungsunterstützung in der Immobilienprojektentwicklung. 1. Aufl. Kromsdorf, Germany: VDG Weimar (Schriftenreihe Bau- und Immobilienmanagement, 6).
- Power, D. J. (2001): Supporting Decision-Makers: An Expanded Framework. In: e-Proceedings of Refereed Papers. Informing Science Conference. Krakow, Poland, June 19-22, 2001. Cracow University of Economics, S. 431–436.
- Power, D. J. (2013): Decision Support, Analytics, and Business Intelligence. New York, NY: Business Expert Press (Second Edition).

- Power, Daniel J.; Burstein, Frada; Sharda, Ramesh (2011): Reflections on the past and future of decision support systems: Perspective of eleven pioneers. In: David Schuff, David Paradice, Frada Burstein, Daniel J. Power und Ramesh Sharda (Hg.): *Decision Support. An Examination of the DSS Discipline*. New York, NY: Springer (Annals of Information Systems, 14).
- Pun, K. P.; Tsang, Y. P.; Choy, K. L.; Tang, Valerie; Lam, H. Y. (2017): A Fuzzy-AHP-Based Decision Support System for Maintenance Strategy Selection in Facility Management. In: 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). Portland, OR, 09.07.2017 - 13.07.2017: IEEE, S. 1–7.
- Rajaeian, Mohammad Mehdi; Cater-Steel, Aileen; Lane, Michael (2017): A systematic literature review and critical assessment of model-driven decision support for IT outsourcing. In: *Decision Support Systems* 102, S. 42–56. DOI: 10.1016/j.dss.2017.07.002.
- Razmak, Jamil; Aouni, Belaid (2015): Decision Support System and Multi-Criteria Decision Aid: A State of the Art and Perspectives. In: *J. Multi-Crit. Decis. Anal.* 22 (1-2), S. 101–117. DOI: 10.1002/mcda.1530.
- Reeves, Martin; Moose, Sandy; Venema, Thijs (2014): The Growth Share Matrix. The Boston Consulting Group (Perspectives). Online verfügbar unter [https://image-src.bcg.com/Images/BCG\\_Classics\\_Revisited\\_The\\_Growth\\_Share\\_Matrix\\_Jun\\_2014\\_tcm9-84453.pdf](https://image-src.bcg.com/Images/BCG_Classics_Revisited_The_Growth_Share_Matrix_Jun_2014_tcm9-84453.pdf), zuletzt geprüft am 18.05.2021.
- Renigier-Biłozor, Małgorzata (2013): Structure of a decision support subsystem in real estate management. In: *Folia Oeconomica Stetinensia* 13 (1), S. 56–75. DOI: 10.2478/fo-2013-0007.
- RICS Royal Institution of Chartered Surveyors (2016): A holistic approach to real estate. RICS Royal Institution of Chartered Surveyors. Online verfügbar unter <https://resources.rics.org/content/holistic-approach-real-estate>, zuletzt geprüft am 30.03.2021.
- Rossini, Peter (2000): Using Expert Systems and Artificial Intelligence For Real Estate Forecasting. Sydney, Australia (Sixth Annual Pacific-Rim Real Estate Society Conference 24-27 January 2000). Online verfügbar unter [http://prres.net/Papers/Rossini\\_Using\\_Expert\\_Systems\\_and\\_Artificial\\_Intelligence\\_for\\_RE\\_Forecasting.pdf](http://prres.net/Papers/Rossini_Using_Expert_Systems_and_Artificial_Intelligence_for_RE_Forecasting.pdf), zuletzt geprüft am 17.06.2021.
- Rothschild, K. W. (1947): Price Theory and Oligopoly. In: *The Economic Journal* 57 (227), S. 299–320. DOI: 10.2307/2225674.
- Roy, B. (1968): Classement et choix en présence de points de vue multiples. In: *R.I.R.O.* 2 (8), S. 57–75. DOI: 10.1051/ro/196802V100571.
- Saaty, Thomas L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process. Planning, Priority setting, Resource Allocation*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Schuh, Heiko (2001): *Entscheidungsverfahren zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Forschungsbericht*. Technische Universität Dresden, Dresden, Germany. Online verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:swb:14-1004080356265-19915>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.

- Shefrin, Hersh; Statman, Meir (2000): Behavioral Portfolio Theory. In: *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* 35 (2), S. 127. DOI: 10.2307/2676187.
- Shen, Pengyuan; Braham, William; Yi, Yunkyu; Eaton, Eric (2019): Rapid multi-objective optimization with multi-year future weather condition and decision-making support for building retrofit. In: *Energy* 172, S. 892–912. DOI: 10.1016/j.energy.2019.01.164.
- Simoni, Marvin C. (2011): A decision model for real estate portfolio valuation and optimisation. Under consideration of real estate physical characteristics. 1. ed. Bern, Switzerland, ...: Haupt (HWZ-Schriftenreihe für Betriebs- und Bildungsökonomie, 12).
- Slovic, P.; Fischhoff, B.; Lichtenstein, S. (1977): Behavioral Decision Theory. In: *Annual Review of Psychology* 28, S. 1–39. DOI: 10.1146/annurev.ps.28.020177.000245.
- Soll, Jack B.; Milkman, Katherine L.; Payne, John W. (2015): A User's Guide to Debiasing. In: Gideon Keren und George Wu (Hg.): *The Wiley-Blackwell handbook of judgment and decision making*, Bd. 2. Chichester, United Kingdom: Wiley-Blackwell, S. 924–951.
- Statista (2021): Meistgenutzte Office-Software von Büromitarbeitern in Unternehmen in Deutschland im Jahr 2020. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/77226/umfrage/internetnutzer--verbreitung-von-office-software-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 16.06.2021.
- Stewart, T. J. (1992): A critical survey on the status of multiple criteria decision making theory and practice. In: *Omega* 20 (5), S. 569–586. DOI: 10.1016/0305-0483(92)90003-P.
- Stewart, Theodor J.; Durbach, Ian N. (2016): Dealing with Uncertainties in MCDA. In: Salvatore Greco, Matthias Ehrgott und José Rui Figueira (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York, NY: Springer, S. 467–496.
- Taillandier, Franck; Abi-Zeid, Irène; Taillandier, Patrick; Sauce, Gérard; Bonetto, Régis (2014): An interactive decision support method for real estate management in a multi-criteria framework – REMIND. In: *International Journal of Strategic Property Management* 18 (3), S. 265–278.
- Taillandier, Franck; Fernandez, Christophe; Ndiaye, Amadou (2017): Real Estate Property Maintenance Optimization Based on Multiobjective Multidimensional Knapsack Problem. In: *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 32 (3), S. 227–251. DOI: 10.1111/mice.12246.
- Tamošaitienė, Jolanta; Peldschus, Friedel; Ghanem, Yaarob Al (2013): Assessment of Facility Management Candidates by Applying Game Theory. In: *Procedia Engineering* 57, S. 1145–1150. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.04.144.
- Thilini, Malka; Wickramaarachchi, Nishani Champika (2019): Risk assessment in commercial real estate development. In: *JPIF* 37 (5), S. 427–444. DOI: 10.1108/JPIF-01-2019-0002.
- Tidwell, O. Alan; Gallimore, Paul (2014): The influence of a decision support tool on real estate valuations. In: *Journal of Property Research* 31 (1), S. 45–63. DOI: 10.1080/09599916.2013.819519.
- Trippi, Robert R. (1989): A decision support system for real estate investment portfolio management. In: *Information & Management* 16 (1), S. 47–54.

- Trippi, Robert R. (1990): Decision support and expert systems for real estate investment decisions. A review. In: *Interfaces* 20 (5), S. 50–60.
- Tversky, A.; Kahneman, D. (1981): The framing of decisions and the psychology of choice. In: *Science* 211 (4481), S. 453–458. DOI: 10.1126/science.7455683.
- Urbanavičienė, Vita; Kaklauskas, Artūras; Zavadskas, Edmundas K.; Seniūt, Mark (2009): the web-based real estate multiple criteria negotiation decision support system: a new generation of decision support systems. In: *International Journal of Strategic Property Management* 13 (3), S. 267–286. DOI: 10.3846/1648-715X.2009.13.267-286.
- Valverde, R. (2010): An Adaptive Decision Support Station for Real Estate Portfolio Management. In: *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 12 (2), S. 84–86.
- Valverde, Raul (1999): A Design and Implementation of a Decision Support System for the Real Estate Industry. In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2642103.
- Valverde, Raul (2011): A Business Intelligence System for Risk Management in the Real Estate Industry. In: *IJCA* 27 (2), S. 14–22. DOI: 10.5120/3276-4458.
- van Reedt Dortland, Maartje; Voordijk, Hans; Dewulf, Geert (2012): Towards a decision support tool for real estate management in the health sector using real options and scenario planning. In: *Journal of Corp Real Estate* 14 (3), S. 140–156.
- Viezer, Timothy W. (2010): The Application of Modern Portfolio Theory to Real Estate: A Brief Survey. In: John B. Guerard (Hg.): *Handbook of Portfolio Construction*. Boston, MA: Springer US, S. 733–760.
- Wang, W. K. (2005): A knowledge-based decision support system for measuring the performance of government real estate investment. In: *Expert Systems with Applications* 29 (4), S. 901–912.
- Wątróbski, Jarosław; Jankowski, Jarosław; Ziemia, Paweł; Karczmarczyk, Artur; Ziolo, Magdalena (2019): Generalised framework for multi-criteria method selection. In: *Omega* 86, S. 107–124. DOI: 10.1016/j.omega.2018.07.004.
- Weistroffer, H. Roland; Li, Yan (2016): Multiple Criteria Decision Analysis Software. In: Salvatore Greco, Matthias Ehrgott und José Rui Figueira (Hg.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York, NY: Springer, S. 1301–1341.
- Xu, Jiuping; Tao, Zhimiao (2017): *Rough multiple objective decision making*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Yau, Chuk; Davis, Tim (1994): Using multi-criteria analysis for tenant selection. In: *Decision Support Systems* 12 (3), S. 233–244. DOI: 10.1016/0167-9236(94)90007-8.
- Zadeh, L. A. (1965): Fuzzy sets. In: *Information and Control* 8 (3), S. 338–353. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitis, A. (2010): Real estate's knowledge and device-based decision support system. In: *International Journal of Strategic Property Management* 14(3), S. 271–282. DOI: 10.3846/ijspm.2010.20.
- Zavadskas, Edmundas K.; Kaklauskas, Arturas (2009): Web-based Intelligent Decision support system for Real Estate. In: *Intellectual Economics Research Journal* 2 (6), S. 51–60.

- Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Ustinovičius, Leonas; Turskis, Zenonas; Peldschus, Friedel; Messing, Danny (2002): Levi 3.0—Multiple criteria evaluation program for construction solutions. In: *Journal of Civil Engineering and Management* 8 (3), S. 184–191. DOI: 10.1080/13923730.2002.10531275.
- Zhao, Xianbo; Hwang, Bon-Gang; Low, Sui Pheng (2016): An enterprise risk management knowledge-based decision support system for construction firms. In: *Engineering, Construction and Architectural Management* 23 (3), S. 369–384. DOI: 10.1108/ECAM-03-2015-0042.