

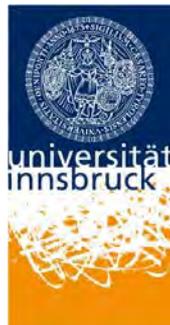
Anja DZIEN

**Abstract der Diplomarbeit**

**SENSITIVITÄTSANALYSE DES ÖGNI  
NACHHALTIGKEITZERTIFIZIERUNGSSYSTEMS UNTER  
BERÜCKSICHTIGUNG DER INTERNEN ZUSAMMENHÄNGE  
DER BEWERTUNGSKRITERIEN**

eingereicht an der

LEOPOLD-FRANZENS-UNIVERSITÄT INNSBRUCK  
FAKULTÄT FÜR BAUINGENIEURWISSENSCHAFTEN



zur Erlangung des akademischen Grades

**DIPLOM-INGENIEURIN**

Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften  
Arbeitsbereich für Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Tautschnig, Dekan der Baufakultät

Innsbruck, 09.08.2011

## **1.1 Beweggründe / Motivation**

Im Sinne des Zeitgeistes eines umweltschonenden Umgangs mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen erlangt der Begriff der Nachhaltigkeit stetig wachsende Bedeutung im Bauwesen. Dies zeigt sich bei Bauprojekten insbesondere durch den interdisziplinären Umgang mit den Themen Energieverbrauch, Nachnutzung, Recycling, Art der Baustoffe etc. zur Umsetzung ökonomischer und ökologischer Ziele schon ab der Planung.

In Österreich wurde durch die Gründung der „Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI)“ im Jahr 2009 ein wichtiger Schritt in Richtung einer objektiven Bewertung der Nachhaltigkeit eines Bauprojektes gesetzt. Diese Gesellschaft beschäftigt sich mit der transparenten Gebäudebewertung zur Zertifizierung von Immobilienprojekten im Hinblick auf deren Nachhaltigkeit auf Basis des deutschen Modells der DGNB als Bewertungssystem, welches an die österreichische Normung angepasst wurde. Es gibt in Österreich noch ein weiteres Nachhaltigkeitslabel ÖGNB, welches jedoch weniger verbreitet als das der ÖGNI ist.

Die Bewertungsmethoden der ÖGNI, wie auch die vergleichbaren Systeme vieler anderer Länder, bauen auf einem Punktesystem auf, welches beim Erfüllen der geforderten Kriterien Erfolgspunkte je nach Erfüllungsgrad vergibt. Diese Herangehensweise ist bisher die am weitesten fortgeschrittene Möglichkeit, Gebäude untereinander vergleichbar zu zertifizieren.

Die Frage, wie nachhaltig ein mittels der derzeit zur Verfügung stehenden Bewertungssysteme zertifiziertes Gebäude tatsächlich ist, ist gewissermaßen noch ungeklärt, weshalb die Weiterentwicklung der Zertifizierungssysteme anhält. Was jedoch bei allen Arten der Bewertung noch nicht, beziehungsweise nur untergeordnet berücksichtigt wird, ist das Zusammenspiel der Bewertungskriterien untereinander. Diese interne Vernetzung und die daraus resultierenden Zusammenhänge bergen jedoch entscheidende Vorteile, denn so könnte sich durch die sinnvolle Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse ein hoher Kosten-Nutzen-Faktor ergeben. Vor allem aber soll durch diese Bewertung die Beantwortung der Frage, wie nachhaltig ein zertifiziertes Gebäude wirklich ist, erleichtert und ermöglicht werden, da auf diese Weise das System und nicht nur einzelne Systemglieder analysiert und bewertet werden.

## **1.2 Idee / angestrebte Ziele**

Mit dieser Arbeit sollen zunächst die wesentlichsten interne Zusammenhänge des ÖGNI - Zertifizierungssystems erkannt und aufgezeigt werden, um eine Sensibilisierung für die Vernetzung solcher Bewertungssysteme zu erlangen. In einem weiteren Schritt werden die Steckbriefe anhand ihrer internen Zusammenhänge bewertet und die aus dieser Bewertung als *wirksamste* hervortretenden Kriterien ermittelt. Dies geschieht anhand einer Methode aus der Netzwerkanalyse [1], welche aus den Vernetzungen untereinander die Aktivität und Wirksamkeit der Steckbriefe ermittelt. Auf dieser Grundlage wird ein Modell entwickelt, welches sämtliche vorhandenen Zusammenhänge berücksichtigt und in weiterer Folge als *Tool* zur Erleichterung einer Zertifizierung dient, um einen effizienteren Umgang mit den Aspekten der Nachhaltigkeit durch diese internen Vernetzungen zu erreichen.

## **1.3 Fragestellung / Methodik**

Das angestrebte Ziel und die unten ausformulierten Fragen ergeben den Leitfaden bzw. die Vorgehensweise für diese Diplomarbeit.

- Welche internen Zusammenhänge der Bewertungskriterien gibt es in dem Bewertungssystem der ÖGNI?
- Welche Kriterien haben den größten Einfluss auf das System und wie kann man diese identifizieren?
- Haben die so als wirksamsten identifizierten Kriterien bei Anwendung der Sensitivitätsanalyse tatsächlich die größten Auswirkungen?
- Was bedeuten die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse für die Zukunft?
- Wie kann das erworbene Wissen genutzt werden?

## **1.4 Zusammenfassung des Inhalts**

Dieses Bewertungssystems der ÖGNI besteht aus derzeit 43 Steckbriefen die jeweils einzeln bewertet werden und den Gesamterfüllungsgrad bilden. Was jedoch häufig innerhalb der Steckbriefe vernachlässigt wird, ist das Zusammenwirken der einzelnen Kriterien untereinander und die Auswirkungen auf die Gesamtbewertung die dadurch entstehen.

Mit dieser Arbeit wurde zunächst versucht, diese internen Zusammenhänge des ÖGNI Zertifizierungssystems zu identifizieren und diese als Grundlage für die weiterführenden Untersuchungen in einer Matrix abzubilden. Die internen Zusammenhänge der Bewertungskriterien lassen sich generell in offensichtliche – also Zusammenhänge aus den Beschreibungen innerhalb der Steckbriefe (Kategorien 1 und 2) – und technisch logische – also Zusammenhänge aus der technischen Notwendigkeit oder dem logischen Verständnis (Kategorie 3) – unterteilen. Die Zusammenhänge der Kategorie 3 wurden von der Autorin selbst eingeschätzt, wohingegen die Zusammenhänge der Kategorien 1 und 2 aus den Steckbriefen klar hervorgehen.

Beispiel für einen Zusammenhang aus Kategorie 2

Nr. 35 Gebäudehülle auf Nr.18 und Nr.19 Thermischer Komfort im Winter /Sommer

Eine Verbesserung der thermischen Qualität (LEK-Wert<sup>1</sup> von kleiner als 27[-]) durch eine höherwertige Gebäudehülle verbessert automatisch den thermischen Komfort im Winter wie auch im Sommer.

Einwirkungsstufe: 3

Seite: NBV09-18 7/7

Diese Matrix ist vermutlich noch nicht gänzlich ausgereift und es werden je nach Bearbeiter andere oder zusätzliche Zusammenhänge in den Einwirkungskategorien 2 und 1 Eingang finden. Sie ist aber als erster, unkalibrierter Versuch zu verstehen, die internen Zusammenhänge der Steckbriefe des ÖGNI Nachhaltigkeitszertifizierungssystems zu veranschaulichen und programmatisch zu vernetzen.

---

<sup>1</sup> LEK Wert: *Linie Europäischer Werte* der Ö Norm B8110. Dieser Wert gibt Auskunft über den Wärmeschutz der Gebäudehülle unter Berücksichtigung der Gebäudegeometrie. Je niedriger dieser Wert ist, umso besser ist er. Bsp. Von LEK- Werten: 100 (unzureichender Wärmeschutz) 0 (Passivhausstandart)



In einem weiteren Schritt wurden die wirksamsten beziehungsweise einflussreichsten Steckbriefe durch eine Methode der Netzwerkanalyse identifiziert. Das Ergebnis der sogenannten Zentralitätenmethode ist die Rangliste jener acht Steckbriefe, die sich durch die internen Vernetzungen als die Einflussreichsten auf das Gesamtsystem ausgezeichnet haben. Das Ergebnis ist eine allgemeine Erkenntnis, auf der weitere Arbeiten aufgebaut werden können, um diese Steckbriefe noch über weitere andere Herangehensweisen zu verifizieren beziehungsweise zu überprüfen. Tabelle 23 zeigt die wirksamsten Steckbriefe die durch das Arithmetische Mittel aus der  $C_D^2$  und  $C_C^3$  ermittelt wurde und die meisten Übereinstimmungen mit den ermittelten Steckbriefen der Sensitivitätsanalyse ergeben haben.

### Wirksamsten Steckbriefe laut gemittelter Zentralitäten

Nr.	Bezeichnung	Rang
44	Integrale Planung	1
45	Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung	2
35	Energetische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	3
43	Qualität der Projektvorbereitung	4
6	Risiken für die lokale Umwelt	4
11	Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie	4
10	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	5

**Tab.1: Wirksamste Steckbriefe aufgrund der Zentralitäten**

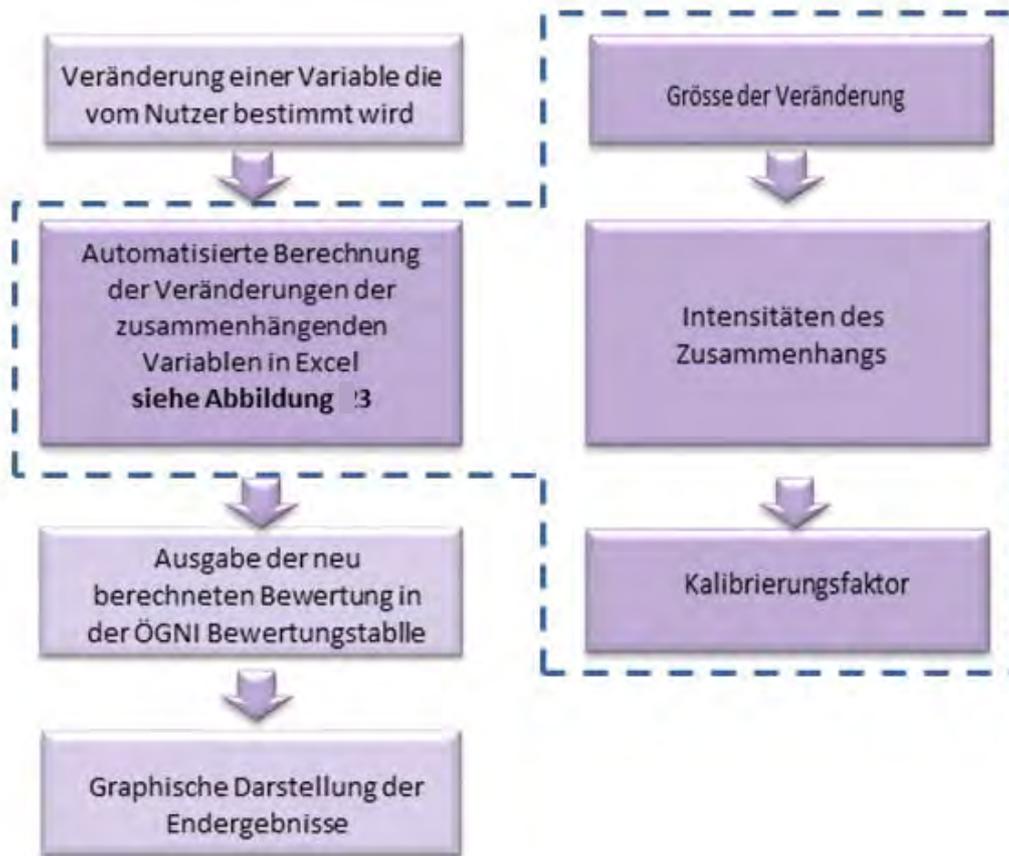
Die Art und Weise, wie die Methode der Zentralitäten aufgebaut ist, ist eine sehr effektive Form der Netzwerkanalyse. Diese könnte in weiterer Folge noch auf andere Bewertungssysteme angewandt werden, um anschließend die Zentralitätskennzahlen der verschiedenen Nachhaltigkeitszertifizierungen miteinander neutral zu vergleichen.

Um die Vernetzungen der Parameter untereinander noch besser modellieren zu können wurde auf Basis der erarbeiteten Matrix der Zusammenhänge ein Sensitivitätsanalyse-Tool in Excel entwickelt, das vor allem Planer und Auditoren bei Ihrer Arbeit unterstützen soll. Die Grundidee dieses Modells entspricht jenem des Prinzips der virtuellen Verschiebungen in der Mechanik, bei dem durch Ansetzen infinitesimal kleiner Verschiebungen die Auswirkungen

<sup>2</sup> Die *Degree Centrality*  $C_D$  kann in gerichteten wie auch in ungerichteten Netzwerken bestimmt werden. Sie gibt die Anzahl der direkten Verbindungen (Degree) einer Variablen mit den anderen Variablen an.

<sup>3</sup> Die *Closeness Centrality*  $C_C$  berücksichtigt im Gegensatz zur *Degree Centrality* die indirekten Beziehungen und Zusammenhänge einer Variablen, über die sie mit anderen Akteuren verbunden ist. Somit kann der Informationsfluss und die Effizienz einer Variablen in einem Netzwerk mit diesem Wert ermittelt werden.

auf das gesamte System bestimmt werden können. Das entstehende Sensitivitätsmodell beruht somit auf dem gleichen Grundkonzept, in dem es die Auswirkung kleiner Veränderung auf das Gesamtsystem darstellt.



**Abb.2: Ablaufschema der Sensitivitätsanalyse**

Das Modell stellt bei jeder Veränderung eines einzelnen Steckbriefes automatisch die Auswirkung auf andere Kriterien beziehungsweise auf das gesamte System da und ermittelt den Gesamterfüllungsgrad der Zertifizierung. Das Ablauf Schema des Tools ist in Abbildung 3. Und die graphische Darstellung der Endergebnisse des Tools in Abbildung 4 dargestellt.

		IST	Veränderung	max. möglich	Nach Veränderung einer
Nr.	Steckbriefbezeichnung				
11	Gesamtprimärenergiebedarf	5	0	10	5
14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	6	4	10	10
16	Gebäudebezogenen Kosten des Lebenszyklus	5	0	10	6,2

Berechnungsmatrix

Nr.	12	14	16
12	0		
14		4	
16			0

Formel die in Feld 16/14 steht:

=WENN(\$BB\$7<>0;Rechnex(SVERWEIS(D7;\$CP\$3:\$CQ\$9;2);\$BB\$7);"")

Veränderung der Variable B um + 4 Bewertungspunkte

**Makro**  
mit Verweis, dass die Berechnung über die Zuordnung stattfinden muss

Zuordnung

Matrix der Zusammenhänge

Nr.	12	14	16
12		1	0
14	0		3
16	1	2	

Kategorie	Kalibrierungsfaktoren
-3	-0,3*x
-2	-0,2*x
-1	-0,1*x
0	0
1	0,1*x
2	0,2*x
3	0,3*x

Berechnungsmatrix

Nr.	12	14	16
12	0	0	0
14	0	4	1,2
16	0	0	0

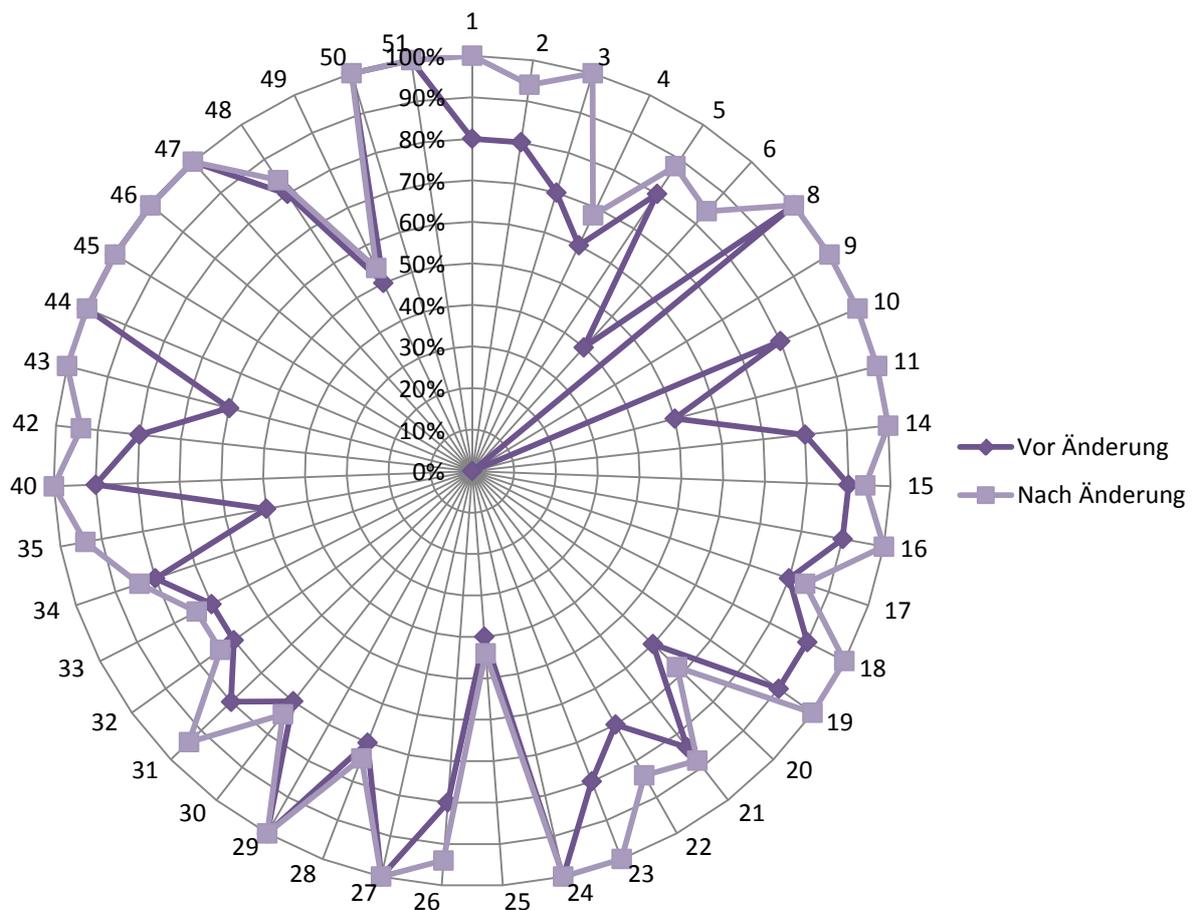
Berechnung der Veränderung.  
 $0,3 \cdot 4 = 1,2$

Summe

0 4 1,2

IST WERT + Veränderung = Wert nach der Veränderung

Abb.3: Ablaufschema der Hintergrundberechnung



**Abb. 1: Graphische Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse**

In letzten Schritt findet die Überprüfungen der als wirksamste identifizierten Steckbriefe durch die Netzwerk Analyse statt. Diese Kontrolle beziehungsweise die Validierung der einflussreichsten Steckbriefe wird durch ein einfaches Durchgehen der Steckbriefe ermittelt. Hierbei werden alle IST Zustände und alle Veränderungen auf null gesetzt, und in der Veränderungsspalte des jeweils abgefragten Steckbriefs wird eine 10 eingetragen. Die Grundidee hierbei entspricht dem Prinzip der Einflusslinien in der Baustatik.

Die Übereinstimmung der einflussreichsten Steckbriefe die durch Netzwerkmethode bestimmt und jenen die mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse ermittelt wurden liegt bei etwa 50%. Dies wird auf die Komplexität der internen Verbindungen zurückgeführt. Tabelle 2 zeigt die beiden Ergebnisse im Vergleich.

Nr.	Steckbriefbezeichnung	Rang gemittelter Zentralitäten	Rang Sensitiv. Analyse
17	Wertstabilität /Drittverwendungsfähigkeit		1
44	Integrale Planung	1	2
35	Energetische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	3	3
14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen		4
11	Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie	4	6
10	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	5	5
40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit des Baukörpers		5
42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit		5
45	Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung	2	
43	Qualität der Projektvorbereitung	4	
6	Risiken für die lokale Umwelt	4	

**Tab.2: Vergleich der Ermittelten Steckbriefe aufgrund der Zentralitäten und des Sensitivitätsmodells**

Tabelle 3 zeigt, die endgültig ermittelten wirksamsten Steckbriefe laut Sensitivitätsanalyse. Die dunkel Lila gefärbten Steckbriefe sind jene die auch durch die gemittelten Zentralitäten bestimmt wurden.

Nr.	Bezeichnung	Einflussfaktoren in %-Punkte auf den Gesamterfüllungsgrad	Rang
17	Wertstabilität /Drittverwendungsfähigkeit	11,70%	1
44	Integrale Planung	11,30%	2
35	Energetische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	8,90%	3
14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	6,30%	4
10	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	5,90%	5
40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit des Baukörpers	5,90%	5
42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	5,90%	5
11	Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie	5,60%	6

**Tab.3: Wirksamste Steckbriefe aufgrund des Sensitivitätsmodells**

Der größte Vorteil der im Zuge dieser Arbeit erstellten Sensitivitätsanalyse ist, dass nicht nur Veränderungen des betroffenen Steckbriefes berechnet werden sondern, dass automatisch

auch die Veränderung jener Steckbriefe berechnet werden, die aufgrund der internen Vernetzung betroffen sind.

Zur Verifizierung des gegenständlichen Sensitivitätsmodells muss dieses in einem weiteren Schritt an möglichst vielen Praxisbeispielen kalibriert werden. Je mehr Daten vorhanden sind, desto genauer und besser wird sich dieses Modell an die Realität anpassen. Diese Anpassung wird durch die Änderung der Zuordnungsformeln innerhalb der Zusammenhänge und gegebenenfalls auch durch Ergänzung oder Abänderung der Vernetzungen von statten gehen. Die Veränderungen können ohne spezielle Programmierkenntnisse sehr leicht im Modell umgesetzt werden.

Die Kombination der Sensitivitätsanalyse mit den erarbeiteten wirksamsten Steckbriefen könnte in Zukunft eine große Hilfe bei der Nachhaltigkeitszertifizierung darstellen. Einerseits durch den oben bereits dargestellten Vorteil, dass Veränderungen, die durch die interne Vernetzung entstehen, sofort erkannt und automatisch mitverarbeitet werden können, und andererseits dadurch, dass schon beim ersten Durchlauf der Zertifizierung das Hauptaugenmerk bereits auf diese „Wirksamsten“ Steckbriefe gelegt werden kann.

Insgesamt ist es wichtig, beim Thema der Nachhaltigkeit nicht nur die Einzelteile beziehungsweise Systemglieder eines Projekts zu analysieren oder zu bewerten, sondern das *Große Ganze* im Zusammenwirken zu sehen. Mit dieser Arbeit wurde ein erster Schritt in diese Richtung gesetzt. Die dabei entwickelte Sensitivitätsanalyse soll jedoch nicht dem Minimalismus bei Erlangen eines Zertifikats dienen, sondern vielmehr einem effizienteren Umgang mit dem ÖGNI Zertifizierungsmodell ermöglichen. In Zukunft sollte nach Meinung der Autorin nach bereits bei der Weiterentwicklung des ÖGNI - Zertifizierungssystems auf die Aspekte der internen Zusammenhänge eingegangen werden, um die daraus resultierenden Vorteile sinnvoll zu nutzen und die Realität besser abbilden zu können.

## Tabellenverzeichnis

Tab.1: Wirksamste Steckbrief aufgrund der Zentralitäten .....	s.6
Tab.2: Vergleich der Ermittelten Steckbriefe aufgrund der Zentralitäten und des Sensitivitätsmodells.....	s.10
Tab.3: Wirksamste Steckbriefe aufgrund des Sensitivitätsmodells .....	s.10

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Matrix der internen Zusammenhänge.....	s.5
Abb.2: Ablaufschema der Sensitivitätsanalyse.....	s.7
Abb.3: Ablaufschema der Hintergrundberechnung.....	s.8
Abb. 2: Graphische Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse.....	s.9

## Literaturverzeichnis

- [1] **Jansen, Dorothea.** *Einführung in die Netzwerkanalyse.* Opladen : Leske und Budrich, 1999. 3-8100-2262-4.
- [2] **Hachtel Günther, Holzbauer Ulrich.** *Management für Ingenieure.* [Hrsg.] 2010. 1. Auflage. Wiesbaden : Management für Ingenieure, 2010.
- [3] **i3b, Skriptum Projektmanagement und Interdisziplinäres Planen 1 des. Tautschnig Arnold.** 3. Überarbeitete Neu Fassung. Innsbruck : s.n., 2010.
- [4] **Bauen, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges, [Hrsg.].** *Präsentation Nachhaltigkeit in der Retailbranche.* Düsseldorf : Euro Shop / Eco Forum, 2011.
- [5] **Ulrich, Förstner.** *Umweltschutztechnik.* 7. Auflage. Berlin Heidelberg : Springer Verlag, 2008.
- [6] **Girmscheid Gerhard, Lunze David.** *Nachhaltig optimierte Gebäude.* 1. Auflage. Berlin Heidelberg : Springer- Verlag, 2011.

- [7] <http://www.breeam.org/>. [Online] 2010.
- [8] <http://www.usgbc.org/>. [Online] 2011.
- [9] <http://www.minergie.ch/>. [Online] 2011.
- [10] [http://www.dgnb.de/\\_de/](http://www.dgnb.de/_de/). [Online] 2011.
- [11] <https://www.oegnb.net/>. [Online] 2011.
- [12] <http://www.ogni.at/>. [Online] 2011.
- [13] **Thilo Ebert, Natalie Eßig, Gerd Hauser.** *Zertifizierungssysteme für Gebäude*. Zell am See : Detail Green Book, 2010. 978-3-920034-46-1.
- [14] **Koch, Richard.** *Das 80/20 Prinzip: Mehr Erfolg mit weniger Aufwand*. Frankfurt Main : Campus Verlag, 1997. 3-593-35456-0.
- [15] **Freemann, Linton C.** Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. [Hrsg.] Elsevier Sequoia. *Social Networks 1*. 1078/79, S. 215-239.
- [16] **Hansen Derek, Shneiderman Ben, Smith Marc A.** *Analyzing Social Media Networks with Node XL*. 1. Auflage. USA : Elsevier, 2011.
- [17] **Vester, Frederic.** *Die Kunst vernetzt zu denken*. 8. Auflage. München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 2011.
- [18] **Purrer Walter, Tautschnig Arnold, [Hrsg.].** *[nach]haltig Bauen Profit ?! Für Wen? ICC 2010*. 1. Auflage. Innsbruck : s.n., 2010. Bd. Tagungsband International Consulting and Construction.
- [19] **München, Lehrstuhl für Bauphysik TU, [Hrsg.].** *Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden im nationalen und internationalen Kontext*. 1. Auflage. München : s.n., 2011. Bd. Dokumentation des Kongres.
- [20] **Müller, Michael, Fuentes Ursula, Kohl Harald, [Hrsg.].** *Der UN- Weltklimareport*. 1. Auflage. Köln : Kiepenheuer und Witsch, 2007.
- [21] **Brigitte, Werners.** *Grundlagen des Operation Research*. 1. Auflage. Berlin Heidelberg : Springer Verlag, 2010.