

# Nachhaltige Gebäudeoptimierung – Ein systemischer Ansatz

**Helmuth KREINER<sup>\*)</sup> & Alexander PASSER**

TU Graz - Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie

<sup>\*)</sup>[helmuth.kreiner@tugraz.at](mailto:helmuth.kreiner@tugraz.at)

**Kurzfassung:** Die Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden basiert heute zunehmend auf den Ergebnissen von Gebäudezertifizierungen. Die Qualitäten eines Gebäudes werden dabei durch sogenannte Nachhaltigkeitskriterien beschrieben welche in den heute am Markt zur Verfügung stehenden Gebäudezertifizierungssystemen sehr unterschiedlich berücksichtigt werden.

Aufgrund des in frühen Planungsphasen verbundenen Aufwands resp. fehlender geeigneter Methoden zur Abschätzung der ganzheitlichen Auswirkungen von Planungsalternativen erfolgt in der derzeitigen Planungspraxis die Beurteilung von Planungsalternativen auf Basis von einzelnen Gebäudequalitäten. Wechselbeziehungen zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen bleiben oft unberücksichtigt was oft zu einer nur teilweisen Abschöpfung des Optimierungspotentials oder im schlechtesten Fall zu einer Verschlechterung der Gebäudequalität aus ganzheitlicher Sicht führen kann.

Der gegenständliche Beitrag zeigt die beispielhafte Anwendung eines systemischen Ansatzes auf Basis der Methode der Gebäudezertifizierung zum Aufzeigen der Zusammenhänge von umweltbezogener Qualität und Endenergiebedarf sowie deren Einfluss auf das Gesamtergebnis einer Gebäudebewertung.

**Keywords:** Nachhaltiges Bauen, Gebäudezertifizierung, Systemischer Ansatz, Wechselbeziehungen

## 1 Hintergrund

In den letzten 20 Jahren haben sich verschiedene Gebäudezertifizierungssysteme am Markt positioniert. Die Qualitäten eines Gebäudes werden dabei durch sogenannte Nachhaltigkeitskriterien beschrieben [3]. Am internationalen Markt haben sich Zertifizierungssysteme wie LEED<sup>1</sup>, BREEAM<sup>2</sup> oder DGNB<sup>3</sup> etabliert, als nationale Zertifizierungssysteme stehen in Österreich neben dem Gebäudezertifizierungssystem der DGNB/ÖGNI<sup>4</sup> das ÖGNB<sup>5</sup>-Zertifizierungssystem sowie das klima:aktiv-Haus Zertifizierungssystem zur Verfügung. Gemäß dem europäischen Gebäudebewertungskonzept des CEN/TC 350 [8] werden neben ökonomischen, ökologischen und sozio-funktionalen Aspekten (d.h. den drei klassischen Säulen der Nachhaltigkeit) auch technische und funktionale Qualitäten eines Gebäudes bewertet.

Eine Gegenüberstellung der o.a. Zertifizierungssysteme zeigte, dass das Bewertungssystem der DGNB/ÖGNI – vor allem im Hinblick auf die Berücksichtigung von technischen und funktionalen Aspekten – die Nachhaltigkeit von Gebäuden entsprechend den Anforderungen des europäischen Normungskonzeptes bereits umfassend berücksichtigt und zudem ein Benchmark basierendes Bewertungssystem darstellt [7, 19]. Dies ist – gerade im Zuge von Optimierungsprozessen in frühen Planungsphasen – von Bedeutung, um mögliche Zielkonflikte infolge der Optimierung der Energieeffizienz auf andere Gebäudequalitäten rechtzeitig identifizieren und aus ganzheitlicher Sicht bewerten zu können. D.h. um ein gutes Bewertungsergebnis resp. eine hohe Gebäudequalität

---

<sup>1</sup> US-Amerikanisches Zertifizierungssystem für Gebäude. LEED ist die engl. Abk. für *Leadership in Energy and Environmental Design*

<sup>2</sup> Britisches Zertifizierungssystem für Gebäude. BREEAM ist die engl. Abk. für *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

<sup>3</sup> Abk. für *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*

<sup>4</sup> Abk. für *Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft*

<sup>5</sup> Abk. für *Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*

erzielen zu können, ist daher eine frühe und ausgewogene Berücksichtigung von allen Nachhaltigkeitsqualitäten im Planungsprozess von besonderer Bedeutung.

Aufgrund des in frühen Planungsphasen verbundenen Aufwands resp. fehlender geeigneter Methoden zur Abschätzung der ganzheitlichen Auswirkungen von Planungsalternativen erfolgt in der derzeitigen Planungspraxis die Beurteilung von Planungsalternativen auf Basis von einzelnen Gebäudequalitäten. Wechselbeziehungen zwischen den Nachhaltigkeitsdimensionen bleiben oft unberücksichtigt was oft zu einer nur teilweisen Abschöpfung des Optimierungspotentials oder im schlechtesten Fall zu einer Verschlechterung der Gebäudequalität aus ganzheitlicher Sicht führen kann. Die Einhaltung der seitens der Entscheidungsträger definierten Nachhaltigkeitsziele (wie Reduktion des Endenergiebedarfs oder Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen bei gleichzeitiger Reduktion der Lebenszykluskosten) ist dann nicht mehr hinreichend gegeben. Die Steuerung der Nachhaltigkeit in frühen Planungsphasen bedarf daher einer Methode, mit welcher die o. e. Wechselbeziehungen systemisch erfasst und mit Hilfe der Methode der Gebäudezertifizierung bewertet werden können [6].

## 2 Systemtheoretischer Ansatz

Durch die Anforderung der multikriteriellen Bewertung im Zuge von Nachhaltigkeitsbewertungen gewinnen systemische Ansätze in Form des Systems Engineering oder der Baukybernetik auch in der Bauwirtschaft zunehmend an Bedeutung [1,5,18,20]. Unterschiedliche systemtheoretische Ansätze zur Beschreibung systemischer Zusammenhänge von Nachhaltigkeitskriterien werden beispielsweise in Dzien [2], Thomas & Köhler [17] oder Schneider [16] vorgestellt.

Für eine systemische Analyse und in weiterer Folge Optimierung eines Gebäudes aus ganzheitlicher Sicht ist jedoch - neben der Berücksichtigung der systemischen Zusammenhänge - der Einfluss der oft variierenden Anforderungen und Ziele der Entscheidungsträger (Stakeholder) von besonderer Bedeutung. Erste Ansätze in Richtung einer systemischen Analyse resp. Optimierung werden beispielsweise in Hafner [4] oder Wittstock [21] vorgestellt.

Der hier angewandte systemtheoretische Ansatz sieht die Planung eines Gebäudes und dessen Qualitäten als ein offenes, dynamisches System [vgl. dazu 15]. Der Aspekt *Dynamik* entsteht durch die Lebenszyklusperspektive und die Interaktion der Nachhaltigkeitskriterien, der Aspekt *Offenheit* ist in diesem Zusammenhang mit den oft divergierenden Zielvorgaben der Entscheidungsträger assoziiert.

Zur systemischen Optimierung von Gebäuden sind demnach bei einer ganzheitlichen Betrachtung im Wesentlichen sechs Modellschritte erforderlich [7]. Eingangs erfolgt die Analyse der Wechselbeziehungen der Bewertungskriterien in Anlehnung an das Sensitivitätsmodell Vester [18] um die wesentlichen „Stellschrauben“ der Bewertungskriterien identifizieren zu können. Für den Planungsprozess selbst, ist neben der Kenntnis möglicher Interaktionen der Bewertungskriterien aber vor allem die Kenntnis über den Einfluss verschiedener Planungsalternativen von Bedeutung, d.h. die Beantwortung der Frage nach dem Einfluss der Einzelmaßnahme auf die Gesamtbewertung. Dafür muss in einem nächsten Schritt eine semi-quantitative Erstbewertung des zu untersuchenden Gebäudes durchgeführt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung können nun die generellen Optimierungspotentiale je Bewertungskriterium erfasst und auf Basis der Ergebnisse der quantitativen Bewertungsmethoden LCCA<sup>6</sup> und LCA<sup>7</sup> wichtige Einflussgrößen (in Form von Baugewerken) dargestellt werden. Nachdem nun sowohl die systemische Eignung zur Optimierung eines Bewertungskriterium (auf Basis der Vester-Analyse) als auch das quantitative Optimierungspotential (auf Basis der semi-quantitativen Gebäudebewertung) bekannt sind, werden in einem nächsten Schritt geeignete Optimierungsmaßnahmen zusammengestellt. Für die projektspezifische Systemanalyse erfolgt in einem nächsten Schritt die qualitative Modellierung und Visualisierung der Ursache- und Wirkungszusammenhänge infolge der einzelnen Optimierungsmaßnahmen. Damit sind die systemischen Wechselbeziehungen infolge der Maßnahmen bekannt und kann das systemische Optimierungspotential des Gebäudes je Maßnahme dargestellt werden. Um schlussendlich den Anforderungen unterschiedlicher Stakeholder bestmöglich

---

<sup>6</sup> engl. Abk. für *Life Cycle Cost Analysis*

<sup>7</sup> engl. Abk. für *Life Cycle Analysis*

Folge zu leisten, müssen in einem finalen Schritt die ausgewählten Maßnahmen unter Berücksichtigung der technischen und funktionalen Eigenschaften zu sinnvollen Ensembles kombiniert werden. Durch die nunmehrige Kenntnis über die systemischen Einflüsse der Optimierungsmaßnahmen sind mögliche Zielkonflikte bekannt und können im Zuge des Optimierungsprozesses berücksichtigt werden.

### 3 Anwendungsbeispiel

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Büro- und Verwaltungsgebäude in Graz. Das Bürogebäude wurde im Zuge einer Generalsanierung des zugehörigen Gebäudekomplexes neu errichtet. Für die semi-quantitative Bewertung wurde das Nutzungsprofil *Neubau-Büro und Verwaltungsgebäude* [9] der ÖGNI herangezogen. Tab.1 zeigt die Bewertungskriterien und deren Gewichtung bezogen auf die ÖGNI-Gesamtbewertung, welche der Studie zu Grunde gelegt wurden.

Tabelle 1: Angewandte Nachhaltigkeitskriterien in Anlehnung an ÖGNI [9]

LCA	Lebenszyklusanalyse (Okobilanz)	13,5%
SB6	Risiken für die lokale Umwelt	3,4%
SB8	Nachhaltige Ressourcenverwendung Holz	1,1%
SB14	Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	2,3%
SB15	Flächeninanspruchnahme	2,3%
LCCA	Lebenszykluskostenanalyse	13,5%
SB17	Drittverwendungsfähigkeit	9,0%
SB18	Thermischer Komfort im Winter	1,6%
SB19	Thermischer Komfort im Sommer	2,4%
SB20	Innenraumhygiene	2,4%
SB21	Akustischer Komfort	0,8%
SB22	Visueller Komfort	2,4%
SB23	Einflussnahmemöglichkeiten des Nutzers	1,6%
SB24	Gebäudebezogene Außenraumqualität	0,8%
SB25	Sicherheit und Störfallrisiken	0,8%
SB26	Barrierefreiheit	1,6%
SB27	Flächeneffizienz	0,8%
SB28	Umnutzungsfähigkeit	1,6%
SB29	Öffentliche Zugänglichkeit	1,6%
SB30	Fahrradkomfort	0,8%
SB31	Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität	2,4%
SB32	Kunst am Bau	0,8%
SB33	Brandschutz	4,5%
SB34	Schallschutz	4,5%
SB35	Wärme- und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle	4,5%
SB40	Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion	4,5%
SB42	Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit, Demontagefreundlichkeit	4,5%
SB43	Qualität der Projektvorbereitung	1,3%
SB44	Integrale Planung	1,3%
SB45	Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung	1,3%
SB46	Nachweis der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	0,9%
SB47	Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung	0,9%
SB48	Baustelle/Bauprozess	0,9%
SB49	Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation	0,9%
SB50	Qualitätssicherung der Bauausführung	1,3%
SB51	Systematische Inbetriebnahme	1,3%

Beim untersuchten Gebäude ergab sich aus der quantitativen Analyse ein Optimierungspotential hinsichtlich der Gewerke „Fassadenbau“ und „Technische Gebäudeausstattung“. Die durchgeführte Vernetzungsanalyse [vgl. 18] ergab für die Bewertungskriterien 35 (in Tab. 1 als Steckbrief 35, Abk.

SB35 dargestellt, welcher die thermische Qualität der Gebäudehülle beschreibt) sowie 10 und 11 (repräsentierend den Primärenergiebedarf als Teil der LCA-Bewertung) eine entsprechende Eignung für die Optimierung. Aus den Bereichen *Gebäudehülle* sowie *technische Gebäudeausrüstung* wurden in Summe 25 Optimierungsvarianten identifiziert und den in Abb.1 dargestellten Optimierungsmaßnahmen zugeordnet [7]:

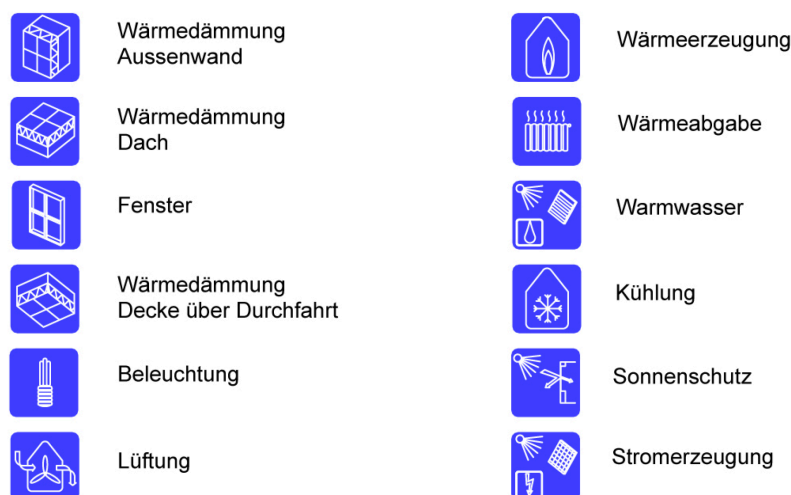


Abbildung 1: Untersuchte Optimierungsmaßnahmen [7]

Aufgrund der aktiven und kritischen Systembeeinflussung [vgl. 18] der zu optimierenden Bewertungskriterien, wurde eine projektspezifische Systemanalyse durchgeführt und die Ursache- und Wirkungsketten für die o. a. Maßnahmen identifiziert. Zur Darstellung des Einflusses der Zielvorstellungen unterschiedlicher Projektakteure wurden anschließend die o. a. Maßnahmen resp. deren Planungsvarianten in 10 Szenarien kombiniert. Abhängig vom Verwendungszweck der Immobilie und den angenommenen Zielpräferenzen der Stakeholder ergeben sich die Szenarien wie folgt (Abb.2):

Szenario	Akteur	Optimierungsziel	Ergebnisindikator
1	Investor≠Eigentümer	Kurzfristige Rendite	ErKo
2	Eigentümer - real		-
3	Nutzer 1	Kurz- bis mittelfristige Reduktion der Betriebskosten	HWB
4	Nutzer 2	Langfristige Reduktion der Betriebskosten bei Komfortsteigerung	HWB
5	Öffentlichkeit 1	Langfristige Reduktion des energetischen Ressourcenverbrauchs	EEB
6	Öffentlichkeit 2	Langfristige Reduktion der Umweltwirkungen	ZEG-LCA
7	Investor=Eigentümer	Reduktion der Nutzungskosten	ZEG-LCCA
8	Eigentümer=Nutzer	Erhöhung des Nutzens und Reduktion der Lebenszykluskosten	Nutzen
9	Öffentlicher Investor	Optimierung von LCA und LCCA	LCCA+LCA
10	Nachhaltigkeitsberater	Höchster Gesamtzieleerreichungsgrad nach ÖGNI	GZEG

Abbildung 2: Stakeholder Szenarien [7]

Abb. 2 zeigt die Akteure (Stakeholder), ihre angenommene Primäranforderung im Hinblick auf die Gebäudeoptimierung sowie deren zugehörigen Ergebnisindikator, nach welchem die - je nach

Szenario - geeigneten Optimierungsmaßnahmen zugeordnet werden. Das Szenario 2 repräsentiert das ausgeführte Szenario. Ein spezifischer Ergebnisindikator wurde hier nicht definiert.

## 4 Ergebnisse

Die Beurteilung des Optimierungspotentials je Szenario basiert auf einem Vergleich mit dem Referenzszenario (=Szenario 1), welches hier den baulichen Mindeststandard zur Einhaltung der Anforderungen aus der OIB Richtlinie 6 [14] (HWB\*<sup>8</sup> und KB\*<sup>9</sup>) darstellt. Im Hinblick auf das haustechnische System ist das Referenzszenario durch eine „Mindestaussattung“ gekennzeichnet und definiert das Referenzszenario daher ein „Errichtungskosten-optimiertes“ Gebäude.

Abb. 3 zeigt die Veränderung der ÖGNI-Bewertung je Bewertungskategorie (LCCA, LCA und Gesamtbewertung) im Vergleich zum Reduktionspotential des Endenergiebedarfs je Szenario bezogen auf das Referenzszenario S1.

Die Ergebnisse zeigen ein Reduktionspotential des Endenergiebedarfs in Abhängigkeit des Optimierungsszenarios zwischen 9,5% und 69,6% (Abb.3). In der Bewertungskategorie „Ökobilanz“ (LCA) [10, 11] ergibt sich ein Optimierungspotential zwischen 2,2% und 16,2% bezogen auf das Referenzszenario. Der absolute Anteil zur Verbesserung der ÖGNI-Bewertung beträgt zwischen 0,3% und 1,9 % (Abb.3). Die Ergebnisse der Bewertungskategorie „Lebenszykluskosten“ (LCCA) [12, 13] zeigen hingegen Zielkonflikte und ergibt sich – bezogen auf das Referenzszenario – eine rel. Veränderung der Zielerreichung zwischen -11,5% und 7,5%. Insgesamt verändert sich die ÖGNI-Bewertungsergebnis je Szenario in einer Bandbreite zwischen -1,4% und 0,9% (Abb.3). Unter Berücksichtigung der Wechselbeziehungen aller Gebäudequalitäten zeigt sich für die untersuchten Szenarien – bezogen auf das Referenzszenario – ein Gesamtoptimierungspotential zwischen 1,8% und 7,4%. Damit lässt sich das ÖGNI Bewertungsergebnis insgesamt zwischen 1,3% und 5,2% verbessern (entspricht der Veränderung des GZEG<sup>10</sup> in Abb.3).

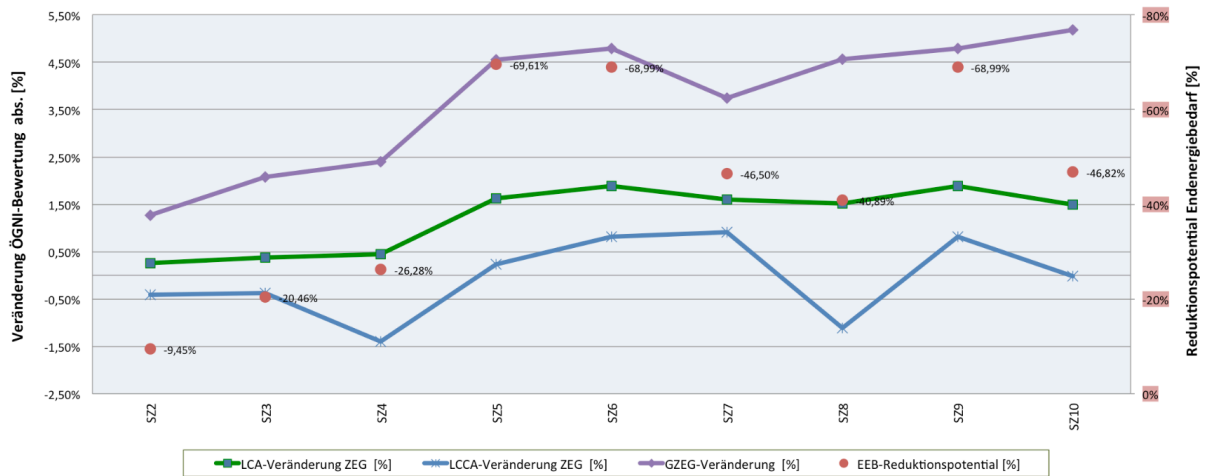


Abbildung 3: Veränderung ÖGNI-Bewertung und Endenergiebedarf je Szenario in Anlehnung an [7]

## 5 Diskussion

Szenario 5 repräsentiert im gegenständlichen Beitrag energiepolitische Zielsetzungen (wie Reduktion des Endenergiebedarfs, Installation einer energieeffizienten Gebäudeausstattung), Szenario 6 fokussiert auf umweltpolitische Ziele (wie etwa die langfristige Reduktion der Umweltwirkungen). Die Untersuchung zeigt, dass bei einer größtmöglichen Reduktion des Endenergiebedarfs gleichzeitig auch beim Ergebnisindikator LCA eine deutliche Verbesserung in der ÖGNI-Bewertung erzielt werden kann. Dies ist darauf zurückzuführen, da bei der Bewertung der LCA neben der Bewertung von Indikatoren, welche die emissionsbedingten Umweltauswirkungen (z. B. Treibhauspotential)

<sup>8</sup> Wohngebäudeäquivalenter Heizwärmebedarf für Nicht-Wohngebäude

<sup>9</sup> Außeninduzierter Kühlbedarf

<sup>10</sup> Abk. für Gesamtzielerreichungsgrad im Zertifizierungssystem der ÖGNI/DGNB

beschreiben auch Indikatoren berücksichtigt werden, welche die ressourcenbedingten Umweltauswirkungen (z. B. Primärenergiebedarf) beschreiben und diese gewichtet in der Bewertung der LCA einfließen. Dabei werden neben den herstellungsbedingten Umweltwirkungen auch die bei Gebäuden wichtigen Umweltwirkungen in der Nutzungsphase berücksichtigt.

Da sich jedoch die Höhe der Reduktion Endenergiebedarfs der Szenarien 5 und 6 nur marginal unterscheidet, ist das Szenario 6 aus ganzheitlicher Sicht, aufgrund der geringeren Errichtungskosten bei gleichzeitig deutlicher Reduktion der Lebenszykluskosten gegenüber dem Szenario 5, vorteilhafter einzustufen. D.h. auf Basis der hier angenommen Konventionen sind mit Szenario 6 sowohl umwelt- als auch energiepolitische Zielsetzungen bestmöglich erfüllt und ist bereits eine hohe Zielerfüllung der ÖGNI-Bewertung gegeben.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass die größtmögliche Reduktion von Endenergiebedarf resp. die Wahl eines Szenarios mit den geringsten Umweltwirkungen nicht zwingend zum höchsten Gesamtzielerreichungsgrad führen muss. Dies ist auf die Eingangs erwähnten Wechselbeziehungen der Bewertungskriterien zurückzuführen. Die Entscheidung, welches Szenario umgesetzt werden soll, hängt letztendlich von den Präferenzen der Entscheidungsträger ab. Der Vorteil dieses Ansatzes ist die transparente Darstellung der Auswirkungen einzelner Maßnahmen welche dem Entscheidungsträger eine Entscheidungshilfe – basierend auf einer ganzheitlichen und transparenten Vorgangsweise – bietet.

## 6 Resümee

Für die Auswahl des geeigneten Optimierungsszenarios ist eine ganzheitliche Betrachtungsweise unabdingbar um die Vorgaben und Ziele der Stakeholder bestmöglich erfüllen zu können. Eine ausgewogene und simultane Berücksichtigung aller Gebäudequalitäten und deren Wechselbeziehungen ist dabei ein wichtiger Aspekt für die Erzielung eines nachhaltigen Gebäudes. Die Kombination von Gebäudezertifizierung und systemischem Ansatz stellt dabei eine geeignete Methode für die Nachhaltigkeitsoptimierung von Gebäuden dar.

### Literatur:

- [1] Cole, R.J.: "Environmental Issues Past, Present & Future: Changing Priorities & Responsibilities for Building Design." In SB11 Helsinki, 2011
- [2] Dzien, A.: "Sensitivitätsanalyse des ÖGNI Nachhaltigkeitszertifizierungssystems unter Berücksichtigung der internen Zusammenhänge der Bewertungskriterien." Universität Innsbruck, 2011
- [3] Ebert, T.; Essig N.; Hauser, G.: Zertifizierungssysteme für Gebäude. Institut für internationale Architektur- Dokumentation GmbH u. CO KG - München, 2010
- [4] Hafner, A.: "Wechselwirkung Nachhaltigkeit und (Bau-) Qualität – Systemische Betrachtung des Zusammenspiels von Nachhaltigkeitsaspekten und Kriterien der (Bau-) Qualität im Sensitivitätsmodell und in der Analyse von beispielhaften Gebäuden". PhD, TU München, 2011
- [5] Hunkeler, D.J. et al.: "Environmental life cycle costing." SETAC, 2008
- [6] Kreiner, H.; Passer, A.: Interdependency of LCCA and LCA in the assessment of buildings IALCCE 2012 - Third International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, 2012, S. 8
- [7] Kreiner, H.: Zur systemischen Optimierung der Nachhaltigkeit von Gebäuden, Dissertation, TU-Graz, 2013.
- [8] ÖNORM EN 15643-1: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden - Teil 1 - Allgemeine Rahmenbedingungen, 04 2011
- [9] ÖGNI: Kriteriensteckbriefe NBV09 AUT 01 - Stand 2010-03
- [10] ÖNORM EN 15978: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der Umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode, 10 2012
- [11] ÖNORM EN ISO 14040: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, 10 2006
- [12] ÖNORM B 1801-1: Bauprojekt-und Objektmanagement - Teil1: Objektterrichtung 2009
- [13] ÖNORM B 1801-2: Bauprojekt-und Objektmanagement - Teil2: Objekt-Folgekosten 2011
- [14] Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz, 10, 2011

- [15] Schalcher, H.R.: "Systems Engineering." Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETHZ, 2008
- [16] Schneider, C.: "Steuerung der Nachhaltigkeit im Planungs- und Realisierungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden." PhD, TU Darmstadt, 2011
- [17] Thomas, E. & Köhler, A.: "Strategien zur Prävalenz von Kriteriensteckbriefen. Richtig investieren: Maßnahmen für eine DGNB Zertifizierung." Greenbuilding, 10, pp.25–27, 2011
- [18] Vester, F.: Die Kunst vernetzt zu Denken - Ideen und Werkzeuge für einen Umgang mit Komplexität. Deutscher Taschenbuch Verlag. 2008
- [19] Wallbaum H. & Hardziewski R.: Minergie und die Anderen - Vergleich von vier Labels. In: TEC21 47 (2011), S. 32-39
- [20] Wilms, F.E.P. (Hrsg.): Wirkungsgefüge, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen in der Unternehmensführung, Bern 2012
- [21] Wittstock, B.: Methode zur Analyse und Beurteilung des Einflusses von Bauprodukteigenschaften auf die Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen der Zertifizierung von Gebäuden." Stuttgart: Fraunhofer Verlag. 2012