

Building Performance Evaluation:

Quantifizierung des Nachhaltigkeitspotentials von Gebäuden durch die Analyse der Nachhaltigkeitsindikatoren

Univ.Ass. Dipl. –Ing. Dr. Iva Kovacic

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung, TU Wien, Österreich

Abstract

Die Gebäude zählen zu den wichtigsten Energieverbrauchern und Emissionen-Verursachern: 40% des Gesamt-EU-Energieverbrauchs wird auf das Heizen und Kühlen von Gebäuden aufgewendet, 20% der CO₂-Emissionen innerhalb Österreichs entstehen durch den Gebäudebetrieb (Koepl, 2008). Da die relativ kurze Planungsphase die Gebäudeperformance während der lang andauernden Betriebsphase determiniert, ist die Entwicklung von Planungsunterstützenden Methoden für lebenszyklische Qualitätsoptimierung und Evaluierung der Gebäude dringend notwendig. Die herkömmlichen Evaluierungsmethoden berücksichtigen oft nur die einzelnen Teilaspekte, wie z.B. Heizenergieverbrauch, der Belüftungs-, Kühlungs- und Beleuchtungsenergiebedarf wird oft vernachlässigt. Die Anwendung solcher Methoden in der Planungsphase ist oft mit einer Reihe von aufwendigen Software-Tools verbunden.

Dieses Paper untersucht und analysiert die aktuellen Probleme des nachhaltigen Planungs- und Bauprozesses. Eine schon in den frühen Planungsphasen einsetzbare Evaluierungsstrategie mit systemischem Ansatz wird vorgestellt. Dabei werden die lebenszyklischen Zusammenhänge der ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Nachhaltigkeitsindikatoren analysiert und evaluiert. Zwei energieeffiziente Bürogebäude werden durch die Anwendung der Strategie an die Nachhaltigkeits-Effizienz evaluiert und mit einem Standardgebäude verglichen.

Keywords: Nachhaltiges Bauen, Energieeffizienz, Gebäudeeffizienz, Indikatoren

Problemstellung

Als die größte Herausforderung für Architektur und Bauwesen des neuen Millenniums gilt die Realisierung von flexiblen und anpassungsfähigen Gebäuden unter verschärften Anforderungen an Klimaschutz und Energieoptimierung.

Die jetzige Entwicklung zeigt aber das Gegenteil: die CO₂-Emissionen und der Energieverbrauch sind seit 1990 anstatt der von Kyoto angestrebten Minimierung um 13% sogar um 15% gestiegen (Koepl, 2008). Langfristig betrachtet soll der prognostizierte Energiebedarf bis 2050 um 100-120% steigen, bei gleichzeitiger Anforderung die CO₂-Emissionen um 60-90% zu minimieren (Ahammer, 2008).

Die Maßnahmen zur Sicherung der Nachhaltigkeit sind also dringend fällig, die Umsetzung wird durch einige essentielle Probleme wesentlich erschwert. In der Immobilienwirtschaft ist die Konfiguration des Immobilienmarktes – Stichwort „Investor-Architektur“ - als eines der Hauptprobleme zu nennen. Die Investoren sind weitgehend an möglichst niedrigen Herstellungskosten und höchstmöglichen Renditen interessiert, da das Gebäude als Ware zum Weiterverkauf gehandelt wird. Vordergründig stellt sich die Frage, wie energieeffiziente Gebäude für die Investoren von Interesse und somit folglich von Profit sein könnten, da die durch innovative Technologien und Konstruktionen erhöhten Herstellungskosten langen Amortisationsperioden unterworfen sind.

Building Performance Evaluation – dynamoB^{sd} Strategie

Evaluierung der Gebäudeeffizienz im Sinne der Nachhaltigkeit wird oft mit der Bilanzierung der einzelnen Aspekte wie z.B. Heizenergiebedarf oder Emissionen verwechselt. Dieser Ansatz entspricht jedoch nicht dem holistischen, lebenszyklusorientierten Konzept der Nachhaltigkeit (Hermann et al, 2001), da das Gebäude nicht als komplexes System evaluiert wird. Die **dynamoB^{sd}**- Evaluierungsstrategie ist ein Beispiel für die lebenszyklusorientierte Qualitätsoptimierung von Gebäuden, die schon in frühen Planungsphasen einsetzbar ist, wobei die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Gebäudeeigenschaften und deren Auswirkungen auf die ökologische, ökonomische und soziale Umwelt analysiert werden. (Kovacic, 2008).

Die **dynamoB^{sd}** Strategie basiert auf zwei bestehenden Evaluierungs-Werkzeugen:

- *Modell der Ströme*: Überlagerung der unterschiedlichen, durch den Lebenszyklus der Gebäude stattfindenden Flüsse: Material und Energie, Kapital (Investitionen, Re-Investitionen und Profite) und Information (Kohler, 1999)
- *Nachhaltigkeitsindikatoren*: standardisiertes System der Messinstrumente der Agenda 21 (UNCED in Rio de Janeiro, 1992), die “Pyramide der Nachhaltigkeit” als Balance

zwischen ökonomischen, ökologischen, sozio-kulturellen und institutionellen Interessen messbar machen und parametrisieren (Valentin & Spangenberg, 2000).

Die Primärstruktur der **dynamoB^{sd}** -Indikatoren basiert auf den Indikatoren des Deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen sowie der Agenda 21 und bemisst folgende Teilaspekte:

- *Ökologie*: Baubedarf, Schutz von Bauland, Schutz von Wasser/Grundwasser, Emissionsschutz, hohe Dauerhaftigkeit, Umwelt- und Gesundheitsverträgliche Baustoffe, rationeller Energieverbrauch, Reduktion des Ressourcenverbrauchs (BMBW, 2001)
- *Ökonomie*: Herstellungskosten, Folgekosten (Heizen, Kühlen, Lüftung, Beleuchtung, Instandhaltung, Inspektion, Wartung, Reinigung), Funktionalität, formale Kriterien, Konstruktion–Technologie, Wirtschaftskraft und Wettbewerbsfähigkeit
- *Sozio-kulturelle Aspekte*: Urbane Identität, individuelle Bedürfnisse, soziale Stabilität und Gerechtigkeit (Steinhauer, 2001)

Das parametrische Modell der **dynamoB^{sd}** Strategie jedoch reflektiert die ambivalente Natur des Gebäudes, als Komposition der tangiblen und intangiblen Eigenschaften:

Die tangible Eigenschaften sind die quantitativen, messbaren Daten:

- Ökologische: Energie- und Ressourcenverbrauch, und
- Ökonomische: Investitionen, Folgekosten, Profite

Die intangiblen Eigenschaften sind die qualitativen, daher schwer messbaren Daten, sowie formelle, kulturelle und funktionale Aspekte.

Zur präziseren Bemessung der tangiblen und insbesondere intangiblen Eigenschaften wurden eigene Strategie-spezifische Indikatoren entwickelt, wie z.B. Fungibilität, Adaptierbarkeit, Imagewert der Immobile usw. (Kovacic, 2006).

Beide tangiblen und intangiblen Eigenschaften werden gleichwertig durch die Skalen-Bewertung evaluiert:

0 - 1 schwach; 1 - 2⁵ durchschnittlich; 2⁵ - 3⁵ gut; 3⁵ - 4⁵ sehr gut; 4⁵ - 5 exzellent.

Die tangiblen Daten werden mit einem Benchmark- und/oder Ziel-Wert verglichen und dementsprechend benotet, die intangiblen Daten werden mit Ja/Nein-Antworten bzw. Skalierung beschrieben. Die Evaluierung resultiert mit dem absoluten Wert:

dem Nachhaltigkeits-Faktor: *S_d*, der die Nachhaltigkeitseffizienz eines Gebäudes ausdrückt.

Case Study

Durch die steigenden Anforderungen der EU an die Minimierung der nationalen CO₂-Emissionen und Treibhausgase (Pöll, 2008) sowie die gereiften und im Bereich des Wohnbaus getesteten Niedrigenergie- und Passivhaus-Technologien steigt auch zunehmend das Interesse der Developer und Investoren an energieeffizienten Gebäuden (Lang, 2006).

Die aktuellen Problemstellungen der energieeffizienten Büroimmobilien wurden anhand der Case-Study der zwei energieoptimierten Bürogebäuden in Wien, *ENERGYbase* und *Haus der Forschung (HdF)*, analysiert und evaluiert.

Tab. 1: ENERGYbase

<i>Eckdaten:</i>		
Erdgeschoss + 4 frei vermietbare Obergeschosse		
1 Untergeschoss mit 65 Garagenstellplätze		
Fassade: gefaltete Glasfassade im Süden, Elementierte Holzfertigteile im Norden		
Photovoltaikanlage an der Südfassade	400	m ²
Solarzellen am Dach	300	m ²
<i>Flächen (Kochwalter, 2007):</i>		
BGF (Bruttogeschossfläche)	11.400	m ²
BRI (Bruttorauminhalt)	42.750	m ³
Nutzflächen oberirdisch:	7.500	m ²
- Fachhochschule	1.300	m ²
- Laboratorien	1.000	m ²
- Büros (flexible Einheiten von 250 – 1.400 m ²)	5.200	m ²
<i>Kosten (Kittel, 2007):</i>		
Errichtungskosten:	14,5 Mill.	€
Bauwerkskosten:	12,8 Mill.	€
€/m ² BGF	1124	€/m ²
Förderung	2 Mill.	€
Geschätzte Zusatzkosten für innovative Technologien	2 Mill.	€
LCC (Lebenszykluskosten) für Heizen, Kühlen, Beleuchtung	18.000	€/a
<i>Energieverbrauch – Emissionen (Rauhs, 2008):</i>		
Heizenergiebedarf	12	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Heizung (Strom) Erdpumpe - per m ² BGF	3,03	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Kühlung und Lüftung (Strom) - per m ² BGF	8,51	kWh/m ² a

Energieverbrauch für Beleuchtung (Strom) - per m ² BGF	7,9	kWh/m ² a
---	-----	----------------------

ENERGYbase ist das erste in Passivhaus-Standard errichtete Wiener Bürohaus und wurde im Sommer 2008 in Betrieb genommen. Das „mixed-use“ Konzept beherbergt die Fachhochschule für Erneuerbare Energien im Erdgeschoss und vier frei vermietbare Geschosse. Das Energiekonzept basiert auf der Bauteilaktivierung durch die Erdwärme.

Tab. 2: HdF

<i>Eckdaten (Mascha, 2007)</i>		
Erdgeschoss als Gemeinschaftszone+ 6 Obergeschosse, Dachgeschoss		
Fassade: Alu-Compound Lochfenster Fassade		
Untergeschoss: Haustechnik, Archive		
<i>Flächen:</i>	8.500	m ²
BGF oberirdisch	1.500	
BGF unterirdisch	31.000	m ³
BRI oberirdisch	7.500	m ²
Nutzfläche	350	Personen
Arbeitsplätze		
<i>Kosten:</i>		
Errichtungskosten:	13,5 Mill.	€
Bauwerkskosten:	11,2 Mill.	€
€/m ² BGF	1120	€/m ²
Förderung:	0	€
<i>Energieverbrauch - Emissionen:</i>		
Heizenergieverbrauch – per m ² BGF	30	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Kühlung und Lüftung (Strom) - per m ² NF	12	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Beleuchtung (Strom) – per m ² NF	8	kWh/m ² a
CO ₂ Emissionen	23	kg/m ² a

HdF ist der neue Standort der Forschungsförderungsgesellschaft und wurde 2006 in Niedrigenergie-Standard errichtet. Ziel der Planung war die höchstmögliche Energieeffizienz bei gleichzeitigem maximalen Komfort beim Arbeitsplatz zu erreichen (Mascha, 2007).

Das Gebäude wurde ohne Förderungen als Standard-Marktimmoblie errichtet.

Das Heizen und Kühlen des Gebäudes erfolgt durch die Bauteilaktivierung.

Evaluierung der Nachhaltigkeitseffizienz anhand der Case Study

Die Evaluierung und der Effizienzvergleich von ENERGYbase und HdF erfolgten durch die Applikation der **dynamoB^{sd}**-Evaluierungsstrategie. Die Ergebnisse dieser wurden mit der Effizienz eines Standard-Bürogebäudes (SBG) verglichen, einem Markt-konformen Bürogebäude. Die Evaluierung resultierte mit folgenden Ergebnissen:

Tab. 3: Ergebnisse der Evaluierungsstrategie

<i>Potential:</i>	<i>ENERGYbase</i>	<i>HdF</i>	<i>Standard</i>
Ökonomie	3,20	3,33	2,30
Ökologie	4,51	4,01	1,14
Sozio-kulturell	3,93	4,59	2,62
Total Sd	3,88	3,98	1,71

Die Gesamteffizienz der beiden energieoptimierten Gebäude im Sinne der Nachhaltigkeit kann als *sehr gut* bezeichnet werden; wobei der **Sd**-Faktor der Standard-Gebäude nur mit *durchschnittlich* bezeichnet werden kann.

Die ökonomische Effizienz der beiden Gebäude sticht als der schwächste Aspekt heraus, bei dem Standard-Gebäude ist es der ökologische Aspekt.

Sd OVERALL

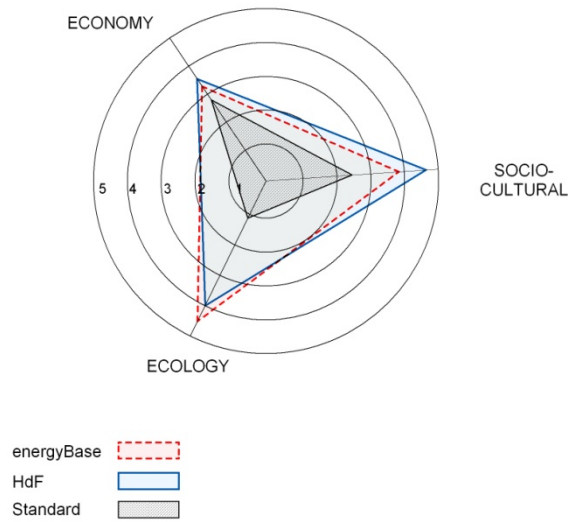


Abb. 1: Nachhaltigkeitspotential-Vergleich in Cob-Web Diagramm

Der *ökonomische Aspekt* wird als Folgendes evaluiert:

ECONOMY

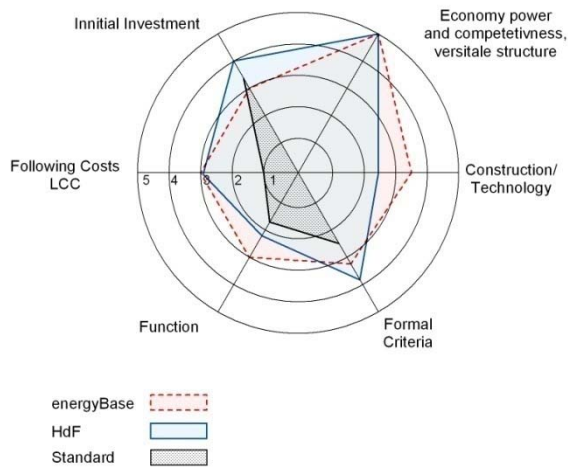


Abb. 2: Evaluierung der ökonomischen Effizienz in Cob-Web Diagramm

ENERGYbase

- Stärken:

Herstellungskosten: 1120 €/m²BGF, trotz innovativer Technologien für Energieeffizienz (SBG 1200 – 1300 €/m²BGF)

Folgekosten: Heizung, Kühlen, Beleuchtung: 18.000 €/a (SBG: 90.000 €/a) (WWF 2007)

Funktionalität: flexible Grundrisse

- Schwächen:

Profite: nur 30% der Gebäude sind vermietet, Risiko - errichtet für den freien Markt, unbekannte Mieter

Wettbewerbsfähigkeit: vorstädtische Lage, sub-optimale Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz

Haus der Forschung

- Stärken:

Finanzierung: freifinanziert, keine Förderungen

Profite: kein Risiko, bekannte Mieter

- Schwächen

Funktionalität: inflexible Grundrisse, 500 Lux-Beleuchtung wegen Reduktion des Energieverbrauchs (Mascha, 2007)

Für den *ökologischen Aspekt* gelten folgende Schlussfolgerungen:

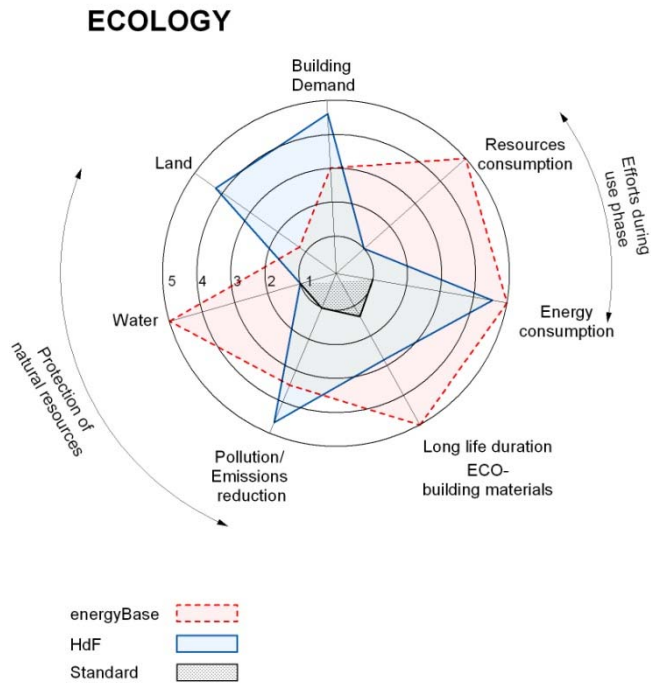


Abb. 3: Evaluierung der ökologischen Effizienz in Cob-Web Diagramm

ENERGYbase

- Stärken:

Energieverbrauch: Passiv-Haus-Standard, Heizenergiebedarf: 12 kWh/m² BGF (SBG: 90-100kWh/m²a BGF); integriertes Energiemanagement-Konzept und Nutzung der Förderungsprogramme, innovative Technologien (Grün-Puffer-Pflanzenzonen für optimiertes Raumklima, Solar Cooling) (Kittel 2007); Energie zur 100% aus erneuerbaren Quellen

Emissionsschutz: 180 Tonnen CO₂-Emission-Reduktion im Vergleich mit SBG (WWF 2007)

Umweltfreundliche und erneuerbare Materialien: Holz, recycelbare Elemente

- Schwächen:

Schutz von Bauland: hoher Verbrauch des neuen Baulands, Zersiedelungs-unterstützend

Emissionsschutz: niedriger Grad der Erreichbarkeit, Steigerung des Personalverkehrs, folglich Steigerung der CO₂-Emissionen

Haus der Forschung

- Stärken:

Energieverbrauch: Niedrigenergie-Standard, Heizenergieverbrauch: 30 kWh/m² BGFa (SBG: 90-100 kWh/m²BGF);

Stromverbrauch für Kühlen und Lüftung: 12 kWh/m² NF (SBG: 20 kWh/m²NF) und für Beleuchtung: 8 kWh/m² NF (SBG: 24 kWh/m²NF) (Mascha, 2007)

Emissionsschutz : hoher Grad der Erreichbarkeit durch öffentlichen Verkehr oder fußläufig

Schutz von Bauland: Landgewinnung - Baulücke, innerstädtisches Projekt

- Schwächen

Umweltfreundliche und Erneuerbare Materialien: keine recycelbaren Bauelemente

Beim *sozio-kulturellen Aspekt* sticht HdF durch die beste Bewertung heraus: wegen der innerstädtischen Lage, dem hohen Grad der Erreichbarkeit von Arbeitsplatz und Infrastruktur, genauso wie durch die Kreation des lebenswerten urbanen Raumes.

SOZIO-CULTURAL

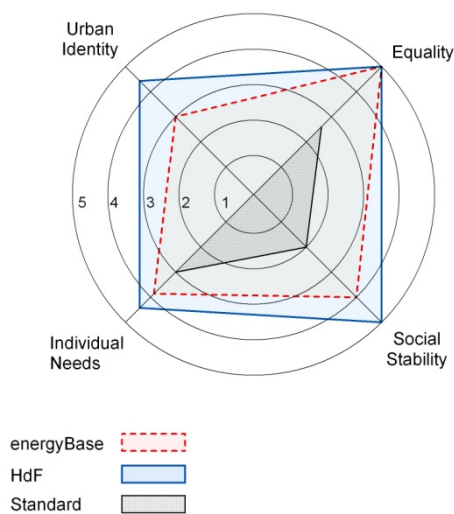


Abb. 4: Evaluierung der sozio-kulturellen Effizienz in Cob-Web Diagramm

Schlussfolgerung

Das Ziel der Evaluierung der energieoptimierten Bürogebäude war die Überprüfung der Berechtigung der Investitions-Mehrkosten für die ökologischen Belange (Energieeffizienz, innovative Technologien, ökologische Materialien) und Gegenüberstellung dieser mit den ökonomischen (Profite, Folgekosten) und sozio-kulturellen (Stadtbild, Identität, soziale Gerechtigkeit) Nachhaltigkeitsaspekten.

Während des Evaluierungs-Prozesses konnten folgende Probleme festgestellt werden:

1. Mangelhafter Daten-Zugang

Die Frage nach der erfolgreichen Amortisierung der zusätzlichen Herstellungskosten durch die Mieteinnahmen kann zu diesem Zeitpunkt nicht beantwortet werden, da die Betreiber nicht bereit sind die Daten zu veröffentlichen.

Das gleiche Prinzip gilt für die Folgekosten für Reinigung, Wartung und Instandhaltung – die realen Daten konnten noch nicht gesammelt werden, da die Gebäude nicht lange genug im Betrieb und die geschätzten Daten nicht zugänglich sind.

2. Mangelhafte Standardisierung der Daten

Beim Vergleich der Energie- und Emissionseffizienz der Gebäude aus der Fallstudie tritt das Problem der Data-Standardisierung auf.

Die Werte wurden nicht auf der gleichen Grundlage erhalten – in einem Fall ist der Verbrauch per m² BGF, im anderen per m² NF kalkuliert. Weiters sind die Werte nicht für die einzelnen Aspekte der Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung getrennt, sondern gebündelt (siehe Tab 1. und Tab 2.), was einen objektiven Vergleich erschwert.

Der Evaluierungsprozess resultierte mit folgenden Schlussfolgerungen:

- Der ökonomische Aspekt, als der schwächste Aspekt bei beiden Gebäuden, impliziert auf den Bedarf für die nähere Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Initial-Investment und den Folgekosten und Profiten. Für die exakte Evaluierung der Kosteneffizienz der energieeffizienten Gebäude sind die Veröffentlichung der Mieteinnahmen sowie einige Jahre des Betriebs notwendig, um die repräsentativen Daten zu erhalten.
- Die evaluierten Gebäude zeigen im Betrieb oder in der Grundriss-Organisation weniger Flexibilität als die marktüblichen Core-and-Shell-Objekte (Verzögerung in der Temperierung wegen der trägen Bauteilaktivierung, Grundriss-Inflexibilität wegen der Beleuchtungsenergie-Reduktion oder überwiegend natürlichen Beleuchtung usw.) und sind deshalb schwieriger zu vermieten.
- Aus der Analyse lässt sich schließen, dass die gegenwärtigen energieeffizienten Büroimmobilien nur für bestimmte Mieter oder Investoren sowie Forschungs-Gesellschaften, geförderte Spin-Offs usw. von Interesse sind, da entweder für die Errichtung eine Förderung oder geförderte Mieter für den Erfolg notwendig sind.

Literaturverzeichnis

BMBW (2001): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Deutschland: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.)

- Hermann M. et al (2001): Integrated life cycle analysis. Universität Karlsruhe: Institut für industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 3
- Kittel, F. (2007): Gebäudeintegrierte Photovoltaik am Beispiel Energy Base.
In: *Technischer Bericht*, Wiener Wirtschaftsförderungsfonds, Wien
- Koeppl, A. (2008): Business and Buildings. WIFO. In: *Ökosoziales Forum*, Wien, 2
- Kohler, N. et al, (1999): *Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen*. Berlin, Deutschland: Springer-Verlag
- Kochwalter C.V., (2007): Brauner: Baubeginn für Energiespar-Bürohaus ENERGYBase. *Archivmeldung der Rathauskorrespondenz* 6.6.2007, Rathaus-Korrespondenz, MA53, Wien
- Kovacic, I. (2006): Building performance evaluation on “dynamical building” model – towards strategy for sustainable planning. In: M. Schrenk (Hrsg.) *“REAL CORP 2007 – To plan is not enough, 12th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society”*, Wien: CORP
- Kovacic, I. (2008): *Developing Strategies for Sustainable Planning: Building Performance evaluation in Terms of Sustainability*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller
- Lang G. (2006): 1000 Passivhäuser in Österreich – Zwischenbericht 01/2006.
In: *Technischer Bericht*, Haus der Zukunft, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- Mascha C. und Seethaler C. (2007): Haus der Forschung, Planungsgemeinschaft Neumann und Partner und Mascha & Seethaler. In: *Technischer Bericht*, Der Österreichische Baupreis 2006, Wien
- Pöll, R. (2008): EU: Lobby – Schlacht um Klimaziele. In: *Presse* 22.1.2008, 1-2.
- Rauhs, G. (2007): Interview mit I. Kovacic. Wiener Wirtschaftsförderungsfonds
- WWF (2007): ENERGYBase: Das Bürohaus der Zukunft. In: *Technischer Bericht*, Wiener Wirtschaftsförderungsfonds, Presse und Kommunikation, www.energybase.at
- Steinhauer, K. (2001): Sein oder Schein: Ein angewandtes Agenda 21 Projekt. In: *Masterthesis*, Weimar: Bauhausuniversität Weimar
- Valentin, A. und Spangenberg, J. (2000): A guide to community sustainability indicators. Wuppertal, Germany: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 383