

Planungsbegleitende Ökobilanzierung für nachhaltige Gebäude

Barbara Jörg, e7 Energie Markt Analyse GmbH, Wien, Österreich

Maria Popp, bauXund Forschung und Beratung GmbH, Wien, Österreich

Bernhard Herzog, M.O.O.CON GmbH, Wien, Österreich

Kurzfassung

Bauherren treffen schon in den frühen Planungsphasen sensible Richtungsentscheidungen und legen damit die ökologischen, thermisch-energetischen und ökonomischen Auswirkungen eines Gebäudes langfristig fest. Dem Aspekt der Baustoffökologie wird momentan oft nicht jene Beachtung geschenkt, die ihm von der Bedeutung her zukommen müsste. Dies liegt vor allem daran, dass für den Zeitraum der frühen Planungsphase keine Werkzeuge und Tools am Markt vorhanden sind, mit denen die ökologischen Auswirkungen eines Gebäudes beurteilt werden können. Daher arbeiten bauXund, M.O.O.CON und e7 seit 2011 an einem geförderten Forschungsprojekt zur Entwicklung eines planungsunterstützenden Prognosetools zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen von Gebäuden. Auf Basis eines im Team entwickelten, aggregierten ökologischen Gebäudemodells kann mit Hilfe von in einer Datenbank hinterlegten Ökoindikatoren eine rasche Berechnung der ökologischen Auswirkung von Gebäuden durchgeführt werden. Wegen des Fehlens eines entsprechenden Tools ist diese integrierte Beratungsdienstleistung zurzeit nicht am Markt verfügbar. Das Projekt bewirkt daher einen deutlichen Innovationsvorsprung, der für die stärkere Verbreitung ökologischen Bauens wesentlich ist.

Keywords: Ökobilanz, nachhaltiges Bauen, Lebenszykluskosten, integrale Planung

1. Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Bereits in der frühen Planungsphase von Gebäuden stehen Bauherren und Architekten vor einer Fülle von Entscheidungen, die nicht nur das architektonische Konzept betreffen, sondern auch bereits im Wesentlichen die thermisch-energetische, ökologische und ökonomische Qualität des Gebäudes langfristig festlegen. In ökonomischer und energetischer Hinsicht bieten e7 und M.O.O.CON bereits mittels eines selbst entwickelten Lebenszykluskostentools Beratung für Bauherren an. Nachhaltige Gebäude stellen neben der ökonomischen und energetischen Optimierung jedoch u.a. auch hohe Anforderungen an die Gebäudeökologie und den Komfort. Für die stärkere Verbreitung nachhaltigen Bauens ist daher ein umfassender Beratungsansatz erforderlich, bei dem auch das Thema

Gebäudeökologie in die Beratung integriert wird. Als bestimmender ökologischer Faktor wird heute oft der Energieausweis als Entscheidungsgrundlage für ein Bauvorhaben herangezogen. Weitere ökologische Aspekte wie die Ökologie der Baustoffe und schädliche Emissionen im Bau und im Gebäudebetrieb sowie Wartungsintensität (und deren jeweilige Umweltbelastung) und Lebensdauer erhalten derzeit leider keine ausreichende Aufmerksamkeit. Dieser Aspekt wird jedoch zunehmend bedeutend. So wurde zum Beispiel für „Haus der Zukunft“-Projekte errechnet, dass durch die Minimierung von Grauen Energien (Energieverbrauch für die Herstellung der zur Errichtung verwendeten Baustoffe) durch Optimierung der Baustoffe eine Menge von CO₂-Äquivalenten eingespart werden kann, die jenen der Gebäudebeheizung von mehreren Jahrzehnten (bei Passivhausstandard bis zu 120 Jahren) entspricht.

In der frühen Planungsphase stehen jedoch keine Methoden und Tools zur Verfügung, um die ökologische Gebäudequalität zu bewerten (siehe Abb. 1).

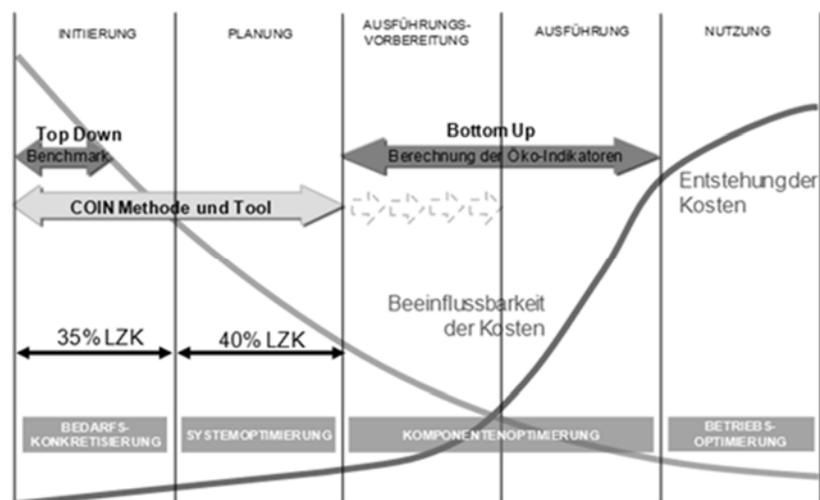


Abb. 1: Anwendungsbereich des entwickelten Tools

Die üblichen Berechnungsprogramme gehen von einem *Bottom-up* Ansatz aus. D.h., das Gebäude muss hinsichtlich der Gebäudegeometrie und der Bauteileigenschaften bekannt sein, um Ökokennzahlen zu berechnen. Das geht frühestens im Vorentwurf und erfordert einen hohen Zeitaufwand, welcher für Variantenuntersuchungen oft zu hoch ist. Somit werden die Ökoindikatoren erst nach der Planungsoptimierung im Vorentwurf ermittelt. Zu spät, um noch in die Planung eingreifen zu können. Üblicherweise werden diese Tools erst ab der Ausführungsvorbereitung eingesetzt, wo die wesentlichen Entscheidungen zum Gebäude bereits getroffen wurden, und somit die Eingabe einfach erfolgen kann.

Erfahrungswerte und Benchmarks sind *Top-Down* Kennwerte und gehen auf das individuelle Gebäude nicht ein. Daraus ableitend ist eine Methode und ein Tool erforderlich, um von der Projektidee bis zum Entwurf die Gebäudeökologie realitätsnah abschätzen zu können. Dort ist der größte Hebel um auf die Gebäudequalitäten Einfluss zu nehmen.

Um diese Lücke zu füllen, arbeiten bauXund, M.O.O.CON und e7 seit 2011 an einem geförderten Forschungsprojekt zur Entwicklung eines planungsunterstützenden Prognosetools zur Forcierung ökologischer Gebäude.

2. Forschungsziele

Ziel dieses Projektes ist, durch die Entwicklung dieses Tools Bauherren eine rasche Entscheidungshilfe zu bieten, um ab der Projektinitiierung sowie in der frühen Planungsphase eines Bauvorhabens mit annehmbarem Aufwand belastbare Aussagen über die ökologischen Auswirkungen eines Gebäudes treffen zu können. Somit wird es erstmalig möglich, in Planungsprozessen die Themen der ökonomischen und der thermisch-energetischen Optimierung gemeinsam mit dem Thema der ökologischen Baustoffoptimierung mit vertretbarem (und damit finanzierbarem) Aufwand anzubieten und damit effektiv zu nachhaltigeren Bauweisen beizutragen.

3. Methodischer Aufbau

Um die Vorteile einer schnellen Ermittlung der ökologischen Auswirkungen der Top-Down-Methode mit den Nutzen der Genauigkeit der Bottom-Up-Methode zu vereinen, galt es, einen neuen Ansatz zu finden. Dabei wurde auf den Entscheidungsfindungsprozess in der Planungsphase detailliert eingegangen.

Auf dem bestehenden Wissen zu Gebäudeaufbauten, Öko-Indikatoren, Berechnung von Energieverbräuchen etc. wurde ein aggregiertes ökologisches Gebäudemodell gebildet, das ein rasches Abschätzen der ökologischen Auswirkung ermöglicht. Dabei wurden in einem ersten Schritt virtuelle Gebäudevolumensmodelle entwickelt, welche mit unterschiedlichen Baustandards – z.B. Massivbau/Leichtbau, Band-Loch-Fassade/Glas-Doppelfassade, Ausstattungsstandard einfach/hoch sowie unterschiedlichen Ausstattungen der HLK versehen wurden. Dadurch konnten für die unterschiedlichen Modellgebäude Massenbilanzen für einzelne Baumaterialien erhoben werden, welche mit Ökobilanzen versehen wurden.

Die Bildung von Fotooxidation ist neben der Klimarelevanz die wichtigste Umwelt-Schadwirkung durch Vorgänge bei der Produktion von Baustoffen und bei baurelevanten Prozessen (insb. Transporte) während der Bau- bzw. Abrissphase. Die Beeinflussbarkeit dieser Größe durch Planungsvorgänge ist insbesondere durch Vorgaben zur Minimierung von Lösungsmittlemissionen durch entsprechende Produktauswahl, ganz besonders aber auch durch die Minimierung von transportbedingten Emissionen (Kohlenwasserstoffe, Stickoxide) gegeben. So können bei ökologischer Planung beträchtliche Mengen an Ethen-Äquivalenten (Maß für die Bildung bodennahen Ozons) eingespart werden, und dies auch durch Festlegungen im frühen Planungsstadium.

Zwei Größen, die im Tool nicht berücksichtigt werden, sind das Eutrophierungspotential EP und das Ozonerstörungspotenzial ODP. Das Eutrophierungspotenzial war vor Jahrzehnten eine enorm wichtige Größe, hat aber aufgrund des flächendeckenden Ausbaus kommunaler und betrieblicher Kläranlagen im heutigen mitteleuropäischen Kontext nur mehr eine vernachlässigbare Relevanz. Die Frage der Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht, die im ODP abgebildet wird, bildet zwar ein existenzielles Umweltproblem auf unserem Planeten ab, die Beeinflussbarkeit der Ozonerstörung durch Materialauswahl und Design im Rahmen einer Gebäudeplanung ist jedoch exakt null: Alle im Baubereich in der Vergangenheit eingesetzten ozonerstörenden Substanzen (FCKW, HFCKW) sind mittlerweile seit Jahrzehnten weltweit verboten. Den einzigen noch verbliebenen gebäudebezogenen Einfluss stellt die Art des Ausbaus und der Entsorgung von in der Vergangenheit eingebauten (H)FCKW-geschäumten Materialien im Zuge von Sanierungen oder Abriss dar. Es erscheint notwendig und sinnvoll, im Zuge der Beratung auf diesen Umstand und auch die gesetzlichen Erfordernisse und Risiken hinzuweisen, die Art der Entsorgung von Bestandmaterial ist aber außerhalb der gegenständlichen Ökobilanz-Systemgrenzen.

Nach der Analyse, welche Materialien bzw. Bauteile den größten ökologischen Impact haben, wurden sie wiederum soweit aggregiert, dass in frühen Planungsentscheidungen nur wenige Eingaben zu tätigen sind, um eine Berechnung durchzuführen und damit Systementscheidungen (z.B. Konstruktionsarten) getroffen werden können.

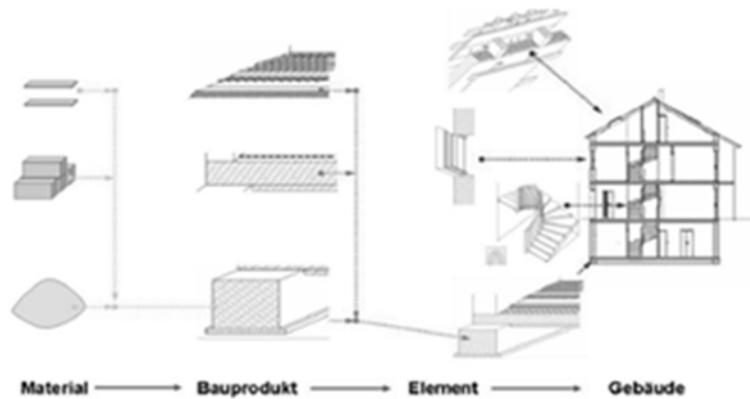


Abb. 3: Erforschung der optimalen Position zur Auswahl der Gebäudeelemente

Alle anderen Daten können auf Basis dieser Eingaben automatisch durch Rechenalgorithmen errechnet werden. Die Algorithmen wurden aus Planungsregeln für Bürogebäude, gesetzlichen Regelungen zum Brandschutz, Arbeitsstättenrichtlinien und jahrelanger Erfahrung aus diversen Projekten abgeleitet. In der Initiierungsphase erfolgt die Eingabe über ein vereinfachtes Raum- und Funktionsprogramm, in den frühen Planungsphasen wird auf Basis der vorhandenen Abmessungen laut Architekturplan gearbeitet.

Parallel wurde jener Ansatz, der bei der Entwicklung des ersten LZK-Tools von M.O.O.CON und e7 angewendet wurde, auf Tauglichkeit der Ökobilanzierung analysiert. Bei der Entwicklung des LZK-Tools ging man davon aus, dass auf Gebäudeebene die wesentlichen Entscheidungen in der Hauptnutzung getroffen werden. Z.B. für Bürogebäude ist das die Büronutzung. Weitere Bereiche des Gebäudes wie Kernflächen, Seminarraum, Kantine etc. spielen bei den Richtungsentscheidungen in einer frühen Planungsphase nur eine untergeordnete Rolle. Auf Basis dieser Einschätzung wurden Planungselemente auf unterschiedlicher Detailierungsebene definiert. Je nach Einfluss des Nutzungsbereiches erfolgte eine Aggregation der Planungselemente auf unterschiedlicher Ebene.

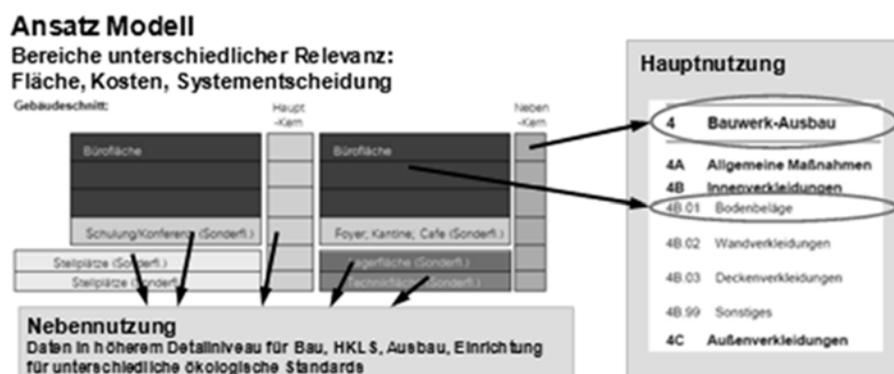


Abb. 4: Datentiefe nach Relevanz der Kosten bzw. der ökologischen Auswirkungen

Dabei wurde erkannt, dass beide Herangehensweisen – die Aggregation der einzelnen Materialien zu Systemen und der Herangehensweise des LZK-Tools über Element-Aggregation einer Hauptnutzung – zu ähnlichen Ökobilanz-Ergebnissen kommen. Deshalb wurde im weiteren Projektverlauf angestrebt, dass es eine Schnittstelle zwischen dem bestehenden LZK-Tool und dem neuen Ökobilanzierungs-Tool geben soll, um sowohl ökonomische als auch ökologische Ergebnisse getrennt oder auch gekoppelt zu erhalten.

Unterschiede des Tools zu bereits bestehenden Planungsinstrumenten

Derzeit liegen im deutschsprachigen Raum mehrere unterschiedliche Tools vor, die zu einer Optimierung der Bauprozesse in ökologischer und ökonomischer Hinsicht beitragen sollen. Nach umfassenden Recherchen und vielen Gesprächen mit den Entwicklerfirmen dieser Tools ist jedoch davon auszugehen, dass das in diesem Forschungsprojekt entwickelte Tool bisher nicht verfügbar ist und somit einen klaren Innovationsvorsprung darstellt.

Die meisten bestehenden bzw. in Entwicklung befindlichen Tools führen eine Nachhaltigkeitsbewertung einzelner Elemente (z.B. Heizkessel, Außenwand) durch. Entscheidungen, welches grundsätzliche Gebäudekonzept für eine Weiterentwicklung ausgewählt wird (z.B. in einem Architekturwettbewerb), können aber mit diesen Tools nicht unterstützt werden, da diese zu aufwändig für diese Planungsphase sind. Besonders in dieser Phase werden aber entscheidende Weichenstellungen für eine hohe bzw. geringe Nachhaltigkeit des Gebäudes gelegt.

Die am Markt befindlichen bzw. in Entwicklung befindenden Tools arbeiten auf zwei unterschiedlichen Vorgangsweisen:

- Bottom Up: Die meisten Tools zu Bewertung der Nachhaltigkeit berechnen die ökologischen Auswirkungen von den einzelnen Materialien bis hin zu den detaillierten Auswirkungen des Gesamtgebäudes (z.B. Energiebedarf). Dies erfordert einerseits einen aufgrund der Detailliertheit sehr hohen Eingabeaufwand, andererseits sind die Daten in dieser Genauigkeit weder in der Initiierungs- noch in der frühen Planungsphase vorhanden. Eine rasche Simulation verschiedener Varianten – wie es in einem Iterationsprozess bei einem integralen Planungsansatz notwendig ist – ist daher nur mit hohem Aufwand möglich.

- Top Down: Der andere Teil der bestehenden Tools geht von einer Benchmarkmethode aus. D.h., Daten von bestehenden Immobilienobjekten werden gesammelt und für neu zu errichtende Objekte herangezogen. Diese Methode geht nicht auf das individuelle Projekt ein. Der Aufwand dafür ist jedoch gering.

Das in diesem Projekt entwickelte Tool schließt die Lücke zwischen den beiden Ansätzen. (siehe Abb. 1). Das Tool umfasst im Hintergrund über eine Datenbank mit Gebäudeelementen und deren ökologischen Parametern. Mit den Bauelementen und Haustechnikbestandteilen kann somit schnell eine Orientierung für den Bauherrn geben.

Derzeit findet die Programmierung des Tools statt. Dabei wird darauf geachtet, dass die Ergebnisse einerseits auf Gesamtgebäudeebene und andererseits auf Einzelelementebene dargestellt werden, um die Optimierung von Einzelkomponenten zu ermöglichen.

Wichtig ist auch die Programmierung der Schnittstellen zwischen dem bestehenden LZK-Tool und dem Ökobilanztool, um einerseits eine getrennte Vorgehensweise zu ermöglichen, aber auch ein Gesamtergebnis zwischen Ökonomie und Ökologie zu erreichen. Auch die Datenbank mit den Kosten-Parametern aus dem LZK-Tool wird eine gemeinsame Schnittstelle sein. Einerseits wird sie mit Kosten für ökologische Elemente erweitert, um auch etwaige Mehr- oder Minderkosten einer ökologischen Bauweise abbilden zu können, andererseits werden die bestehenden und neu hinzugefügten Elemente mit Ökobilanzwerten versehen. Die Datenbank umfasst bereits mehr als 1.000 Bauelemente und Haustechnikbestandteile mit Kosten- und/oder Ökobilanzkennwerten.

4. Zusammenhang der Ökobilanzierung und des Tools mit Nachhaltigkeitszertifikaten

Nachhaltigkeitszertifizierungen sind meist umfassende Kriterienkataloge - die Ökobilanzierung ist nur ein Kriterium unter vielen.

A Standort und Ausstattung				max. 200	200
A 1.	Infrastrukturqualität			max. 50	50
A 2.	Standortsicherheit und Baulandqualität			max. 50	50
A 3.	Ausstattungsqualität			max. 50	50
A 4.	Barrierefreiheit und Nutzungssicherheit			max. 50	50
B Wirtschaftlichkeit und techn. Qualität				max. 200	200
B 1.	Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus			max. 100	100
B 2.	Baustellenabwicklung			max. 30	30
B 3.	Flexibilität und Dauerhaftigkeit			max. 40	40
B 4.	Brandschutz			max. 30	30
C Energie und Versorgung				max. 200	200
C 1.	Energiebedarf			max. 75	75
C 2.	Energieaufbringung			max. 75	75
C 3.	Wasserbedarf			max. 50	50
D Gesundheit und Komfort				max. 200	200
D 1.	Thermischer Komfort			max. 50	50
D 2.	Raumluftqualität			max. 50	50
D 3.	Schallschutz			max. 50	50
D 4.	Tageslicht und Besonnung			max. 50	50
E Ressourceneffizienz				max. 200	200
E 1.	Vermeidung kritischer Stoffe			max. 50	50
E 2.	Regionalität, Recycling, Produktwahl			max. 50	50
E 3.	Ressourceneffizienz im Lebenszyklus			max. 50	50
E 4.	Entsorgung			max. 50	50
Gesamt				1.000	1.000

Hauptkriterien- gruppe	Kriterien- gruppe	Nr.	Kriterium	Punkte Kriterium		Bedeutungs- faktor	
				ist	max. möglich		
Ökologische Qualität	Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt	1	Treibhauspotenzial (GWP)	10,0	10	3	
		2	Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)	10,0	10	0,5	
		3	Ozonbildungspotenzial (POCP)	10,0	10	0,5	
		4	Versauerungspotenzial (AP)	10,0	10	1	
		5	Überdüngungspotenzial (EP)	7,1	10	1	
		6	Risiken für die lokale Umwelt	8,2	10		
		8	Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt	10,0	10	1	
		9	Mikroklima	10,0	10	0,5	
		10	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf	10,0	10	3	
		Ressourcen- inanspruchnahme und Abfallauf- kommen	11	Gesamtprimärenergiebedarf und An ei erneuerbarer Primärenergie	8,4	10	2
	14		Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen	5,0	10	2	
	15		Flächeninanspruchnahme	10,0	10	2	
	Ökonomische Qualität		16	Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus	9,0	10	3
			17	Wertstabilität	1,0	10	2
	Sozioökonomische und funktionale Qualität	Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzer- zufriedenheit	18	Thermischer Komfort im Winter	10,0	10	2
19			Thermischer Komfort im Sommer	10,0	10	3	
20			Innenraumhygiene	10,0	10	3	
21			Akustischer Komfort	10,0	10	1	
22			Visueller Komfort	8,5	10	3	
23			Einflussnahme des Nutzers	6,7	10	2	
24			Dachgestaltung	9,0	10	1	
25			Sicherheit und Störfallrisiken	8,0	10	1	
26			Barrierefreiheit	8,0	10	2	
Funktionalität			27	Flächeneffizienz	5,0	10	1
		28	Umnutzungsfähigkeit	7,1	10	2	
		29	Zugänglichkeit	10,0	10	2	
		30	Fahrradkomfort	10,0	10	1	
31		Sicherung der gestalterischen und	10,0	10	2		

Abb. 5: Auszug aus der Kriterienliste von TQB und ÖGNI

Durch die steigende Nachfrage nach Nachhaltigkeitszertifizierungen steigt auch die Nachfrage nach Ökobilanzierungen und Lebenszykluskostenberechnungen. Im Forschungsprojekt wurde diskutiert, ob das Tool gemäß eines speziellen Nachhaltigkeitszertifikats die Ökobilanz auswerfen soll. Derzeit gibt es in Österreich sechs nachgefragte Nachhaltigkeitszertifikate: GreenBuilding, klima:aktiv, TQB des ÖGNB, DGNB/ÖGNI, LEED und BREEAM.

Das europäische GreenBuilding bewertet keine Ökobilanzen, lediglich den ökologischen Impact des Energieverbrauchs des Gebäudes. klima:aktiv und TQB bewerten den OI3-Index, TQB noch zusätzlich den Entsorgungsindex. Der OI3-Index setzt sich dabei aus dem Treibhauseffekt (GWP), dem Versauerungspotential (AP) und dem Primärenergieaufwand (PEI) für die Herstellung zusammen. Alle drei Indikatoren werden mit dem entwickelten Ökobilanzierungstool von M.O.O.CON, e7 und bauXund ausgeworfen, eine Berechnung des OI3-Index kann somit näherungsweise erfolgen.

Für DGNB/ÖGNI werden noch zusätzlich das Ozonabbaupotenzial (ODP), das Ozonbildungspotenzial (POCP) und das Überdüngungspotenzial (EP) untersucht. EP und ODP werden bewusst nicht im Tool berechnet, da EP im mitteleuropäischen Kontext kaum relevant ist und ODP durch Bauprodukte und Bauplanung völlig unbeeinflussbar ist, da alle ozonzerstörenden Stoffen im Baubereich mittlerweile seit Jahrzehnten weltweit verboten sind.

BREEAM for offices bewertet den Treibhauseffekt (GWP) der im Gebäude verwendeten Kältemittel. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations bewertet den Treibhauseffekt (GWP) und das Ozonabbaupotenzial (ODP) der im Gebäude installierten HKL-Systeme.

Die Berechnungen der Ökobilanz durch das entwickelte Tool können grundsätzlich nicht als Ökobilanzberechnung für Gebäudezertifizierungen herangezogen werden. Die Nachhaltigkeitszertifizierungen verlangen hier genaue Berechnungen nach einzelnen Gebäudekomponenten. Da diese Komponenten zugunsten einer leichteren und leistbaren Beratung für die frühe Planungsphase aggregiert wurden, sind die Ökobilanzindikatoren der Planung mit denen der Ausführungen nicht vergleichbar, da sich diese „theoretischen“ Elemente, die mit generischen Ökobilanzdaten belegt wurden, von jenen in der Bauausführung eingesetzten spezifischen Produkte natürlich unterscheiden können. Dennoch gibt das Tool dem Bauherrn in der frühen Planungsphase jene notwendige Genauigkeit und Sicherheit, ein Gebäude so zu errichten, dass er eine hohe Punktezahl bei einer Nachhaltigkeitszertifizierung bekommt.

5. Umsetzung in einer Software

Die Verknüpfung der einzelnen Bestandteile zu einem funktionierenden Gesamtool erfolgt mittels einer Software. Eine Fülle an Faktoren beeinflussen die Beziehungen und erkennen die Auswirkungen hochtechnisierter, großer, komplexer Systemkomponenten auf andere. Die Beziehungen entstanden auf Basis von Expertengesprächen mit den Datenlieferanten.

Der Softwareoberfläche sind mehrere Excel Tools und eine Datenbank mit Kosten und Ökoindikatoren hinterlegt. Die Errichtungs- und Folgekosten der aggregierten Gebäudeelemente sowie die Ökobilanzdaten in der Datenbank können unabhängig vom LZK-Berechnungsprogramm bedient und gewartet werden. Auch haben die Tools zur Berechnung der Lebenszykluskosten und der Ökobilanz Schnittstellen, sodass sie sowohl gemeinsam – aber auch getrennt voneinander – verwendbar sind.

Die Ausgabe erfolgt in unterschiedlichen Aggregationstiefen, sodass je nach Optimierungsanspruch sämtliche, im Tool verfügbaren Daten übersichtlich sortiert und mit Grafiken versehen, betrachtet werden konnten.

Wesentliche Ausgaben sind:

- Errichtungskosten (gesamt/ nach Kostenbereichen/ nach Planungselementen)
- Nutzungskosten (gesamt/ nach Kostenart/ nach Planungselement und Kostenart)
- Bruttogeschossfläche (gesamt/ nach Nutzungsbereich/ nach Raum)
- Energieverbrauch (gesamt/ nach Verursacher (Kälte, Wärme, Beleuchtung, Arbeitsmittel, Sonstiges))
- Lebenszykluskosten über den Verlauf
- Ökoindikatoren
- Wasserverbrauch im Gebäude
- Bodeninanspruchnahme

Es können sowohl Varianten verglichen als auch Kennwerte anderer Projekte als Vergleich dargestellt werden.

6. Validierung der Ergebnisse

Für das Tool wurde ein aggregiertes ökologisches Gebäudemodell gebildet, das ein rasches Abschätzen der ökologischen Auswirkung ermöglicht. Mit diesem Modell wurden bereits Ökobilanzierungen durchgeführt. In der abschließenden Testphase werden anhand von realisierten und sich im Betrieb befindlichen Gebäuden Ökobilanzdaten mit den entsprechenden Ergebnissen aus dem Tool verglichen. Auf diese Weise werden 5 bereits realisierte Projekte untersucht und gegenübergestellt. Aus den sich ergebenden Daten können einerseits die Algorithmen der Programmierung, als auch die Kostenansätze überprüft und ggf. verändert werden.

7. Ausblick

Das Tool wurde schwerpunktmäßig für die ökologische Bewertung von Dienstleistungsgebäuden (Bürogebäude, Schulen, Pflegeheime u.ä.) entwickelt und wird Ende 2012 fertig validiert sein – in der Beratung ist es bereits jetzt anwendbar. Auch die Anwendung zur Bestandsevaluierung und Berechnung der Ökobilanz im Anwendungsfall Sanierung ist möglich. Geplant ist, die Software in den nächsten Jahren um weitere Aspekte – wie z.B. die Anwendung für Wohngebäude – zu erweitern.

Literaturverzeichnis

- BRE Global Ltd (2008): BRE Environmental & Sustainability Standard, BREEAM Offices 2008 Assessor Manual. Hertfordshire, UK: BRE Global Ltd.
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009): Das deutsche Gütesiegel nachhaltiges Bauen: Aufbau – Anwendung – Kriterien. Stuttgart, Deutschland: DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
- Ebert, T. et al. (2010): Zertifizierungssysteme für Gebäude – Nachhaltigkeit bewerten.
- Energieinstitut Vorarlberg et al.: (2010): Kriterienkatalog zum klima:aktiv haus für Dienstleistungs- und Verkaufsgebäude Version 1.4. Österreich: klima:aktiv.
- Internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. München, Deutschland: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH.
- Klopffer, W., Grahl, B. (2009): Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- König, H. et al. (2009): Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung – Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge. München, Deutschland: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH.
- ÖGNB Österreichische Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (2010): Total Quality Bauen für Dienstleistungsgebäude, TQB.2010 DL1.0, Wien, Österreich: ÖGNB.
- ÖNORM EN ISO 14040:2006 (2009): Umweltmanagement – Ökobilanz Grundsätze und Rahmenbedingungen. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO 14040:2006). Wien, Österreich: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN ISO 14044:2006 (2006): Umweltmanagement – Ökobilanz Anforderungen und Anleitungen. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO 14044:2006). Wien, Österreich: Österreichisches Normungsinstitut.
- U.S. Green Building Council (2009): LEED® for New Construction & Major Renovations. Washington, DC, USA: U.S. Green Building Council.