

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 110 (1992)
Heft: 9

Artikel: Ökobilanzen und Elementkostengliederung: die Anwendung der Elementkostengliederung bei der Erstellung von Energie- und Stoffbilanzen für Gebäude
Autor: Kohler, Niklaus / Lützkendorf, Thomas / Holliger, Markus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77866>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ökobilanzen und Elementkostengliederung

Die Anwendung der Elementkostengliederung bei der Erstellung von Energie- und Stoffbilanzen für Gebäude

Energetische und zunehmend auch ökologische Kriterien im Sinne einer ganzheitlichen Beurteilung von Auswirkungen auf Mensch und Umwelt werden verstärkt in Entwurfs- und Planungsprozesse als entscheidungsbildend oder -beeinflussend herangezogen. Dabei soll die energetische und ökologische Bewertung – ergänzend zu den Kosten – in die bekannten Methoden der Aufwand/Nutzen-Abschätzung sowie der Variantenwahl integriert werden. Hierzu erweist sich die vorhandene Struktur der Objektbeschreibung für eine Kostenermittlung auf der Basis der Elementkostengliederung (EKG) des CRB als besonders geeignet.

Methode der Elementkostengliederung

In der schweizerischen Bauwirtschaft bildet die vom CRB entwickelte Elementkostengliederung eine wesentliche

VON NIKLAUS KOHLER,
LAUSANNE,
THOMAS LÜTZKENDORF,
WEIMAR, UND MARKUS
HOLLIGER, LAUSANNE

Grundlage für die Kostenermittlung und -überwachung im Hoch- und Tiefbau [1]. Sie wird auf vergleichbare Art und Weise in mehreren Ländern Europas angewendet und beruht jeweils auf einer Beschreibung des Gebäudes bzw. der baulichen Anlage in Form von *funktionsbezogenen* Einheiten – den Elementen. Mit diesen Elementen werden alle zur Realisierung notwendigen Bauleistungen und Materialmengen beschrieben. Sie dienen, bausteinartig zusammengesetzt und in ihrer Genauigkeit der jeweils erreichten Entwurfsphase angepasst, der Objektbeschreibung und Kostenermittlung. Im Unterschied zur leistungsbezogenen Herangehensweise über die Ermittlung notwendiger Mengen an Bauleistungen ist das Vorgehen auf der Basis funktionsbezogener Einheiten besonders auch für die frühen Phasen des Entwurfsprozesses geeignet. Dieser funktionsbezogene Aufbau der Elementkostengliederung macht sie geeignet, auch die Baumaßnahmen während der Nutzungsphase des Gebäudes im Sinne von Instandhaltung, Instandsetzung, Sanierung, Umbau und Restaurierung zu beschreiben sowie kostenseitig zu planen und zu überwachen. Aktuelle Aktivitäten des *Impulspro-*

gramms *Bauerhaltung und Erneuerung* sind darauf gerichtet, die vorhandene Systematik der Elementkostengliederung um eine Elementgliederung für Erneuerung und Unterhalt zu ergänzen [2].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Elementkostengliederung ein erprobtes und bereits verbreitetes Arbeitsinstrument darstellt. Es ist geeignet, ein Bauwerk in frühen Phasen des Entwurfs zu beschreiben und die Entwurfsvariante hinsichtlich des zu erwartenden finanziellen Aufwandes für Errichtung und künftig auch für bauseitigen Unterhalt zu beurteilen.

Erfordern neue Bewertungskriterien neue Arbeitsmittel?

Neben den Aufgaben im Bereich Funktion und Gestaltung und der Lösung konstruktiver, technologischer, organisatorischer und rechtlicher Fragen wird im Entwurfsprozess der Planer und Architekten jeweils eine begründete Auswahl von Vorzugsvarianten aus der Vielfalt der technisch machbaren Lösungen erforderlich. Neben der Kontrolle auf Einhaltung vorgegebener Funktionsanforderungen standen in der Vergangenheit Wirtschaftlichkeitskriterien, meist reduziert auf den finanziellen Investitionsaufwand, im Vordergrund. Das gewachsene bzw. nun stärker zum Ausdruck kommende Verantwortungsgefühl der Planer und Architekten im Sinne einer Interessenvertretung nicht nur des Bauherren sondern auch der Nutzer, der Gesellschaft und der Umwelt führte zu einer Erweiterung von Bilanzkreis und Bewertungskriterien. Zum einen werden verstärkt Aufwand und Auswirkungen einer baulichen Variante während ihrer gesamten Phasen wie Herstellung, Nut-

zung, Instandhaltung und Entsorgung in die Bewertung einbezogen und Ziele des minimalen Gesamtaufwandes verfolgt, zum anderen treten neben rein finanzielle Bewertungen auch solche auf der Basis *energetischer* und *ökologischer* Kriterien. Dies resultiert aus der Tatsache, dass über den Preis die Inanspruchnahme von Ressourcen bzw. die Belastung der Umwelt nicht bzw. nicht vollständig dargestellt werden, diese Zusatzinformationen jedoch im Sinne eines umweltverträglichen und ressourcenschonenden Bauens notwendig sind und zunehmend auch von Bauherren gefordert werden.

Auf der Grundlage von Erfahrungen der Autoren ist festzustellen, dass der Versuch einer Einbeziehung energetischer Kriterien (graue Energie) in den Planungs- und Entscheidungsprozess zumindest in der Breite nicht an den methodischen Fragen und Problemen der Datenbereitstellung scheiterte, sondern am Fehlen geeigneter Instrumente und Vorgehensweisen, die sich in übliche Handlungsabläufe einpassen lassen [3], [4]. So erforderte die Ermittlung des Anteils an grauer Energie das vollständige Auflösen des Bauwerkes in Einzelmaterialien, um deren Mengen mit materialspezifischen Energiekennzahlen zu verknüpfen. Zusätzlich waren zu erbringende Leistungen im Sinne von Bau- und Transportprozessen zu erfassen und pauschal bzw. spezifisch hinsichtlich ihres Energieaufwandes zu beurteilen. Gerade in den frühen Phasen des Entwurfsprozesses, wo noch weitgehende Entscheidungsvielfalt vorliegt, waren derartige Aussagen in dieser Detailliertheit nicht bzw. nicht mit vertretbarem Aufwand ermittelbar.

Andererseits besteht in diesen Phasen ein starker Bedarf an die Entscheidungsfindung unterstützenden Informationen, haben doch die festzulegenden Entwurfsgrundlagen weitreichende Folgen [5]. Vergleichbar den materialspezifischen Energiekennwerten zur grauen Energie bilden für erste Ökobilanzen im Bereich Bauwesen Baustoffe und Baumaterialien die Grundlage. Mit ihnen soll zum einen dem Hersteller aufgezeigt werden, in welcher Prozessstufe Aktivitäten hinsichtlich Energieeinsparung, Umweltentlastung und damit letztlich auch Kostensenkung möglich oder notwendig sind, zum anderen soll jedoch auch die Auswahl umweltfreundlicher Varianten auf der Basis von Vergleichen ermöglicht werden [6]. Letzterer Teil zählt dabei zu den wesentlichen Aufgaben des Planers und Architekten.

Die Forderung nach verstärkter Berücksichtigung energetischer und ökologischer Kriterien wird von den Architekten sicher nur dann akzeptiert, wenn sich hierdurch der ohnehin schon komplexe Planungs- und Entscheidungsprozess nicht weiter kompliziert. Vielmehr muss zwingend ein geeignetes Instrument bereitgestellt werden, welches notwendige Informationen liefert, den Architekten jedoch zu Gunsten einer Erhöhung der Anzahl durchgearbeiteter Varianten entlastet. Diese Aufgabe ist mit der Schaffung neuer Strukturen und zusätzlicher Abläufe, die mit bisherigen in keinem Zusammenhang stehen, nicht lösbar. So existiert bereits heute die Aufgabe, neben noch zu qualifizierenden Problemen der Methodik, Bewertbarkeit und Datenbereitstellung bei Energie- und Stoffbilanzen für Gebäude die Grundlagen für eine breite Anwendung im Projektierungsalltag bereitzustellen. Ohnehin besteht die Forderung, energetische und ökologische Kriterien mit den finanziellen zu verknüpfen, um erst auf dieser Ebene dem komplexen Anliegen der begründeten und verantwortungsbewussten Variantenauswahl gerecht zu werden.

Energie- und Stoffbilanzen auf Basis EKG

Aus Sicht der Autoren ist die Elementkostengliederung für die in den Planungs- und Entscheidungsprozess eingeschlossene Erstellung von Energie- und Stoffbilanzen für Gebäude, die den gesamten Lebenszyklus erfassen, besonders geeignet. Dies resultiert aus folgenden Ursachen:

- Die Elementkostengliederung ist ein *erprobtes* Instrument, welches in den Planungsablauf eingeführt und durch die Architekten anerkannt ist. Sie sind mit der Beschreibung eines Gebäudes auf der Basis von Elementen vertraut.
- Eine Verknüpfung der Erarbeitung von Energie- und Stoffbilanzen mit der Ermittlung des finanziellen Aufwandes hat den Vorteil, dass alle benötigten Daten jeweils gleichzeitig vorliegen. Somit werden jeweils *Quer Vergleiche* möglich hinsichtlich der sich einstellenden Rang- und Reihenfolge beim Variantenvergleich nach finanziellen, energetischen und ökologischen Kriterien.
- Ein *Anhängen* der Erstellung von Energie- und Stoffbilanzen an die Ermittlung des kostenseitigen Aufwandes erfordert bei Vorliegen geeigneter Daten und Instrumente weder zusätzliche Planungsschritte noch neue Strukturen der Objektbeschreibung.
- Die Bereitstellung von energie- und ökorelevanten Daten auf der Ebene

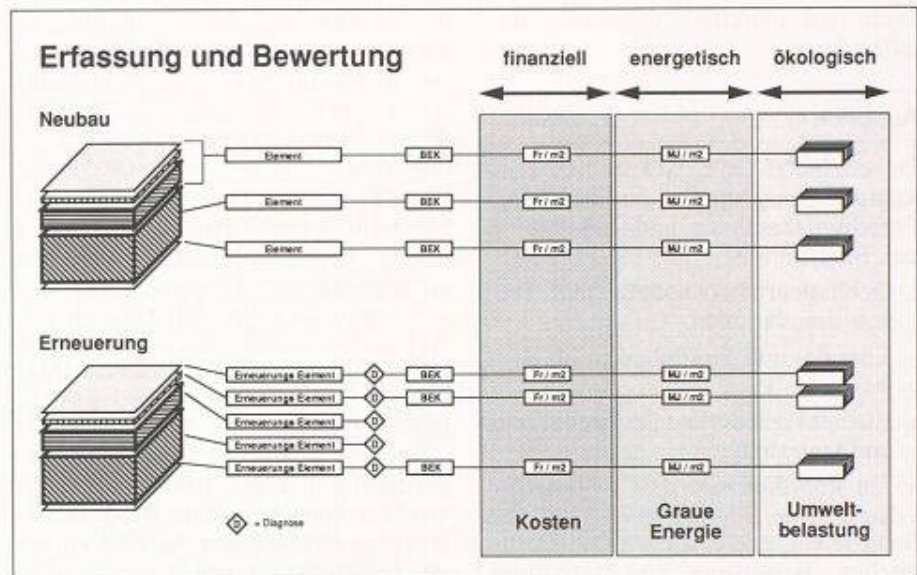


Bild 1. Demonstration der Verknüpfung einer Kostenermittlung über Elementkosten mit einer energetischen und ökologischen Bilanzierung

Element im Sinne einer realisierten Funktionseinheit im eingebauten Zustand hat den Vorteil, dass die Variantenauswahl durch den Planer auf Basis vergleichbarer Funktionseinheiten erfolgt. Die bisher übliche Entscheidung auf der Ebene Einzelbaustoff ist nicht zweckdienlich, lässt sie doch nicht alle Einflussgrößen (zusätzlich notwendige Materialien und Prozesse zur Gewährleistung einer vergleichbaren Funktion) erkennen.

Das Element (Baustoff, Komposit oder Bauteil im eingebauten Zustand) ist eine ideale *Zwischengröße*, die zunächst den Aufwand für die Errichtung als Summe der Aufwendungen zur Herstellung der Materialien über alle Vorstufen in der tatsächlich notwendigen Menge (inkl. Verluste) sowie notwendiger Transport- und Bauprozesse zulässt.

Das Element ist gleichzeitig idealer *Ausgangspunkt* für die Abschätzung künftiger Aufwendungen im Rahmen von Unterhalt, Ersatz und Beseitigung. Aussagen zur Lebensdauer, zum Instandhaltungszyklus, zum Recyclingverhalten und zu während der Nutzung freiwerdenden Stoffen (Wohngifte) sind nicht bzw. nicht nur materialspezifisch, sondern bauteiltypisch. Eine Vielzahl dieser Eigenschaften wird beeinflusst von der Art der Kombination unterschiedlicher Materialien, von der Lage des Einzelmaterials im Element sowie von den Nutzungsbedingungen. All diese Angaben sind erst auf der Ebene Bauelement möglich.

Die Gebäudebeschreibung sowie die Bewertung mit finanziellen, energetischen und ökologischen Kriterien auf der Basis der Elementkostengliederung ist für eine *computerunterstützte* Abarbeitung geeignet und kann bereits in

frühen Entwurfs- und Planungsphasen angewendet werden. Sie stellt einen Schritt in Richtung integrierte CAD Systeme dar.

Es zeigt sich, dass mit der Elementkostengliederung wesentliche Teile einer ganzheitlichen Bewertung baulicher Lösungen auch mit energetischen und ökologischen Kriterien möglich werden. Besonders die Anteile aus

- Herstellung und Antransport von Baumaterialien
- Baustellenprozesse
- Instandhaltung, Instandsetzung, Erneuerung
- Anfall an Wohngiften
- Abbruch und Entsorgung

lassen sich so bestimmen. Nur der Anteil Nutzung und Betrieb im Sinne von Beheizen, Beleuchten und Belüften erfordert zusätzlich ein Gebäudemodell und Nutzungsszenario, für welches die bausteinartigen Elemente jedoch eine wesentliche Voraussetzung bilden.

Bei der konkreten Anpassung der Energie- und Stoffbilanzierung an die Elemente sollen jedoch auch weitere Vorteile dieser Methode hinsichtlich Analysemöglichkeiten genutzt werden. Vergleichbar dem Vorgehen bei der Kostenermittlung, wo aufbauend auf Elementen ein Auffinden und Zusammenstellen vergleichbarer Leistungspositionen intern durch Umsortieren erzeugbar ist, wird mit rechentechnischen Hilfsmitteln ein Ausweisen relevanter Verursacher bei Energieaufwand und Umweltbelastung nicht nur auf der Ebene Element, sondern auch auf der Ebene Material, Prozess, zeitlich strukturiert in den jeweiligen Lebensphasen des Bauwerkes und räumlich strukturiert nach global, national,

lokal und punktuell angestrebt und möglich.

Ausblick

Derzeit laufen am LESO der EPF Lausanne Bemühungen, vorhandene Forschungsergebnisse und -ansätze in den Bereichen

- Gebäudeproduktmodelle und Prozess-Simulationen
- Energie- und Stoffbilanzen im Bauwesen
- Elementgliederung für Erneuerung und Unterhalt

so zu koordinieren, dass angestrebte Lösungen im Bereich einer parallelen finanziellen, energetischen und ökologischen Bewertung von Gebäuden während ihrer gesamten Lebensdauer bearbeitbar und im Projektierungsalltag anwendbar werden [7]. Derzeit wird an den daten- und rechentechnischen Grundlagen für einen zur EKG-Methode kompatiblen Bauteilkatalog gearbeitet, welcher die finanzielle durch eine energetische und ökologische Bewertung ergänzen soll. *Bild 1* illustriert Vorgehen und Anliegen.

Die Laufzeit des Projektes beträgt 2 Jahre und bezieht Einrichtungen wie die ETH Zürich und die Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar mit ein. Die Koordination mit internatio-

nen Standardisierungsbemühungen, insbesondere der ISO STEP Standards für Produktdaten im Bausektor [8] sowie der konzeptionellen Gebäudemodelle, den sog. Building Product Models [9] ist ebenfalls von Anfang an vorgesehen.

Der Beitrag konzentrierte sich bewusst auf das Problem der Einordnung der energetischen und ökologischen Bewertung in den Projektierungsablauf. Auf die Darstellung daten- und bewertungsseitiger Probleme wird verzichtet und der Leser auf einen vorliegenden Bericht [5] verwiesen. Mit dem Nachweis der Eignung der Elementkostengliederung und der damit gesicherten Struktur von Daten und Bewertungsablauf ist aus Sicht der Autoren ein *erstes Teilergebnis* erreicht.

Adressen der Verfasser: *Dr. Niklaus Kohler*, Arch. EPFL-SIA; *Markus Holliger*, Arch. HTL, Laboratoire d'Energie Solaire. LESO - EPFL, 1015 Lausanne; *Dr. Ing. Thomas Lützkendorf*, Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, D-O 5300 Weimar.

Literatur

- [1] SN 506 502 - Schweizer Norm : EKG - Elementkostengliederung 1991. CRB Zürich 1991.
- [2] IP-BAU: Elementgliederung für Erneuerung und Unterhalt. Provisorische Version Mai 1991.
- [3] *Kohler, N.*: Analyse énergétique de la construction, utilisation et démolition de bâtiments. EPFL, Thèse no. 623; Lausanne, 1986
- [4] *Lützkendorf, Th., Grenzdörfer, G.*: Beiträge zur Erfassung, Bewertung und Optimierung des Energieaufwandes bei Gebäuden, HAB Weimar, Dissertation A, 1985
- [5] *Kohler, N., Lützkendorf, Th., Holliger, M.*: Energie- und Schadstoffbilanzen im Bauwesen. Forschungsprojekt des BEW ref. (89) 46. EPFL-LESO, Schlussbericht 1991
- [6] *Kohler, N., Lützkendorf, Th., Holliger, M.*: Leitfaden für die Erstellung von Energie- und Stoffbilanzen, Entwurf. EPFL-LESO, November 1991.
- [7] *Kohler, N.*: Modelization of a building during its life time. Seminaire du Conseil International du Bâtiment-CIB-«The Computer Integrated Future» Eindhoven NL - Sept. 1991.
- [8] *Giellingh W.*, - General Reference Model for AEC Product Definition Data, TNO/IBBC, Delft, report B1-87-87, 1987.
- [9] *Bjoerk, B.C.*: A Unified Approach for Modelling Construction Information, to be published in Building and Environment 1991/92

Wellennutzung vor dem Durchbruch?

Schon seit vielen Jahrzehnten werden Projekte verfolgt, um die Meeresenergie zu ernten. Im Vordergrund stehen dabei Konzepte zur Nutzung der thermischen und der hydraulischen Energie. Hier wird das Augenmerk auf die letztere gerichtet, und zwar auf die Wellenenergie: Wie kann das ewige Auf und Ab der Meeresoberfläche in elektrischen Strom umgewandelt werden? - Nebst einer kurzen Übersicht über das Wesen der Wellenenergie und der in Entwicklung begriffenen Energiewandler werden nachfolgend zwei kleine norwegische Prototypen und ein englisches Grossprojekt vorgestellt.

Die Wellenenergie

Die Meereswellen werden vom Wind erzeugt. Sie enthalten sowohl kinetische als auch potentielle Energie. Die kinetische ergibt sich aus der horizontalen Wellenbewegung und der Orbitalbewegung, die potentielle aus dem Unterschied zwischen Wellenberg und Wellental. Die natürliche Wellenlinie der Tiefwasserwelle zeigt oft eine Trochoid. Doch hat im Prinzip jede Welle ihre eigene Form.

Im Sinne einer Näherung kann die in kW ausgedrückte Wellenleistung P pro Meter Wellenfront aus dem Produkt der in Sekunden gemessenen Wellenperiode T und dem Quadrat der in Metern gemessenen Wellenhöhe H berechnet werden:

$$P = TH^2$$

Das Dargebot an Wellenenergie ist recht hoch. So wurde beispielsweise für die deutsche Küste an der Nordsee eine mittlere Wellenleistung von 14 kW/m

veranschlagt und für die norwegische Küste eine solche von 24 kW/m. An anderen Orten, wie etwa im Nordostatlantik, haben langjährige Wellenmessungen gar eine mittlere Leistung von fast 100 kW/m ergeben. Die gleichen Messungen zeigten aber auch den Schwankungsbereich von Welle zu Welle im Bereich von fast 0 bis 300 kW/m, mit Extremwerten bei Sturm von

VON DANIEL L. VISCHER,
ZÜRICH

1 MW/m. Gelegentlich ist sogar mit «Killerwellen» von 10 MW/m zu rechnen.

Die Wellennutzertypen

In vielen Ländern wurde bereits eine Unzahl von Patenten eingereicht, die sich mit Wellennutzung befassen. Um die Übersicht zu erleichtern, sei hier folgende Klassifizierung vorgenommen:

Typ 1: Gelenkige Flosse und Tauchwände, d.h. Ausnützung der wellenbe-