

## **Energie- und Stoffflussbilanzen von Gebäuden : Stand der Forschung und Perspektiven**

Prof.Dr. Niklaus Kohler - ifib - Universität Karlsruhe (TH)

### **Einleitung :**

Das gesellschaftliche Interesse an Energieproblemen hat sich in den letzten 10 Jahren eindeutig von der Energieknappheit zu Umweltbelastung, zur Bedrohung der Gesellschaft durch mögliche Veränderungen des Klimas, verlagert. Zusätzlich zum Endenergiebedarf für die Nutzung wurden der Primärenergiebedarf, der CO<sub>2</sub> Ausstoß und eine Vielzahl anderer Belastungen der Umwelt zu neuen Bewertungskriterien.

Es ist offensichtlich, dass dem Bauen durch den Endenergiebedarf für Gebäudeheizung, durch die baulichen Stoffflüsse und durch die direkte Auswirkung auf das lokale und regionale Klima in diesem Zusammenhang eine große Bedeutung zukommt.

Die Reaktion von Architekten auf diese gesellschaftlichen Prozesse ist entsprechend ihrer Arbeits- und Organisationsform, sehr vielfältig.

Eine Verunsicherung führt zu Abwehr die oft gepaart ist mit der Betonung des wirtschaftlichen "Realismus". Es ist jedoch offensichtlich, dass diese Antworten angesichts des Ausmaßes der Probleme nicht hinreichen. Eine steigende Anzahl jüngerer Architekten erhoffen sich, aus diesen diffus erfassten Herausforderungen eine neue architektonische Formensprache ableiten zu können. Eine weitere Gruppe hat sich sehr lautstark definitiv der Baubiologie und dem Ökologischen Bauen verschrieben und legt sich selbst z.T. strikte Regeln der Baustoffauswahl auf. Welchen Einfluß diese Maßnahmen auf die Umweltbelastung von Gebäuden und Gebäudebeständen haben, ist nicht eindeutig festzulegen.

Die Architekturdebatte und die Werbung werden auf jeden Fall zunehmend geprägt von "ökologischen" Schlagwörtern. Baustoffe werden als "ökologisch" bezeichnet, Fassaden und Dächer werden aus ökologischen Gründen begründet und neue Niedrigentropiegebäude tragen angeblich zur CO<sub>2</sub> Reduktion bei. Wettbewerbe werden ökologisch bewertet und sogar die High Tech Architektur soll uns seit kurzem mit viel Glas, rostfreiem Stahl, komplexen Verbundmaterialien und Photovoltaik, auf jeden Fall laut ihren international erfolgreichen Promotoren, im letzten Moment noch vor der drohenden Klimakatastrophe retten. Es ist für den praktizierenden Architekten heute sehr schwierig, sich in dieser Situation zurechtzufinden und eine längerfristige Strategie festzulegen.

Der Beitrag ist der Versuch einer grundsätzlichen Betrachtung der Umweltbelastung durch den Bauprozess. Anhand des Standes der Forschung, soll versucht werden einige längerfristige Tendenzen zu identifizieren und mögliche Strategien für Architekten abzuleiten.

### **Zum Stand der Forschung :**

#### **Systemökologie :**

Im Anschluß an die Energieforschung wird seit einigen Jahren versucht die Methoden der wissenschaftlichen Ökologie auf den Betrachtungsgegenstand Bauwerk anzuwenden. Die dabei eingesetzten Energie- und Stoffflussbilanzverfahren stammen aus der Systemökologie, die ein Teil der Ökologie als "Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt" [E.Haeckel] darstellt. Die moderne Systemtheorie, heute vor allem aus Elektronik, Datenverarbeitung, Logistik und Management bekannt, ging aus der Erforschung und Modellierung von Ökosystemen in den 20 iger Jahren hervor.[DEL92],[LOT25].

Die Umwelt besteht nach H. Odum [ODUH83] aus "Organismen, chemischen Zyklen, Wasser, Luft, Menschen, Maschinen, Boden, Städte, Wälder, Seen, Flüsse, Teiche, Ozeane; alle sind verbunden durch Energieflüsse die Stoff- und Informationsflüsse beinhalten". Die Umwelt kann mit einer Systemsprache beschrieben werden, die im wesentlichen auf der Energie Fluß Sprache beruht. Die Energiesprache wurde gewählt, weil dadurch Systeme dargestellt werden können bei denen alle Zustandsänderungen von Energieumwandlungen begleitet werden. Diese Energiesprache verfolgt die Energieflüsse von der exogene Quellen (Sonne) über Speicher und

verschiedene Umwandlungsphasen bis zur endgültigen Umwandlung in Wärme (Wärme Senke). Odum hat eine grafische Sprache zur Darstellung von solchen Systemen geschaffen. [ODUE71] Sie wurde später von H. Odum erweitert auf Geld- und Informationsflüsse. [ODUH71] Die Zusammenhänge zwischen Ökonomie und Ökologie sind auch von anderen Wissenschaftler aus dem Bereich der Thermodynamik [PRI71] und der Wirtschaftswissenschaften [ROE71] untersucht worden. Andere Forscher haben die Zusammenhänge zwischen internen und externen (sozialen) Kosten untersucht [KAP51] und damit die Grundlage für die heutigen Definitionen der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Nachhaltigkeit geliefert.

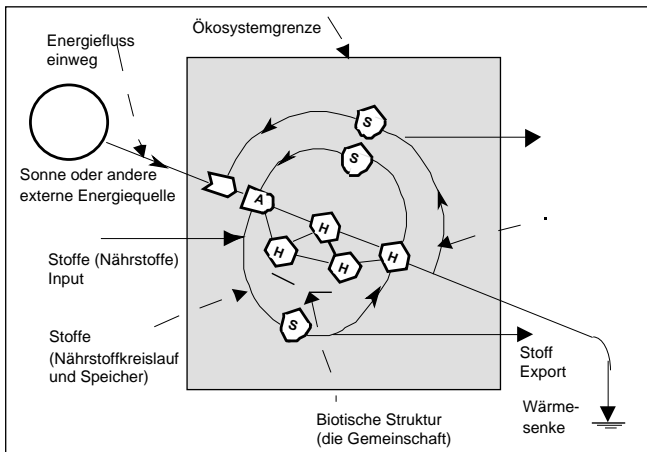


Abb. 1 : Darstellung eines Ökosystems nach Odum. Die wesentlichen Bestandteile sind : Systemgrenzen, Umwandlungsprozesse, Zeitkonstanten, Energie- und Stoffflüsse sowie Energiesenken. [ODU83]

### Produktmodelle :

Es ist offensichtlich, dass sich der Bauprozess im weitesten Sinne in solche Systeme einordnen lässt und konsistent beschrieben werden kann. Die wesentlichen Merkmale dieses Ansatzes sind der Beschrieb von Gebäuden während ihrer Lebensdauer als komplexe (und redundante ) Überlagerung von Stoff- Energie- Geld und Informationsflüssen. Der Planungsprozess ist in diesem Zusammenhang ein komplexer Informationsfluss. [KOH91]. Bewertete Energie- und Stoffflussbilanzen werden oft auch als "Ökobilanzen" bezeichnet, wobei dieser letzte Begriff sehr verschieden genutzt wird.

Die neuen Systemgrenzen sind zeitlich der Lebenszyklus und räumlich die Entnahmestelle von Ressourcen aus der Natur, resp. die Rückgabe von Emissionen in verschiedenen Formen an die Natur. Der dynamische Charakter dieses Vorgangs benötigt ein Beschrieb von Gebäuden nicht (nur) als statische Objekte, sondern als Prozess (Bauprozesse, Nutzungsprozesse, Alterungsprozesse, Erneuerungsprozesse, Entsorgungsprozesse etc.). Viele dieser Prozesse werden heute bereits in der Planung beschrieben (z.B. Baubeschriebe, Ablaufpläne, instationäre Energiesimulationen, Erneuerungsszenarios etc.). Viele Teile fehlen jedoch und vor allem besteht kein konzeptuelles Gesamtsystem in dem sich alle Formen der Prozesse konsistent einbinden lassen. Dieses Problem ist nicht bauspezifisch . [GRA86] Der Produktmodellansatz, als Antwort, wird in der Industrie und neuerdings auch im Bauwesen verfeinert. [BJÖ92]. Das *Produktmodell* ist der Versuch, alle ein bestimmtes Produkt betreffenden Informationen in einem Modell nachzubilden. Mit *Produktdatenmodell* wird der Versuch bezeichnet, möglichst alle ein Produkt betreffenden Informationen (Anm.: ein Gebäude ist hier mindestens ein Teil dieses Produktes, wenn nicht das Produkt selbst.) in einer gemeinsamen (Daten-)Struktur abzubilden, um spezifische Produktmodell-Eigenschaften einheitlich in einem einzigen kohärenten Datenmodell zu beschreiben. Ein *Produktdatenmodell* unterstützt alle Phasen, die ein Produkt (hier: Gebäude) durchläuft: Entwurf, Planung, Konstruktion, Bau, Nutzung, Erneuerung und Entsorgung . Ein vollständiges *Produktdatenmodell* ist damit ein Idealfall, der in der Theorie für die Praxis angestrebt wird. [HE195].

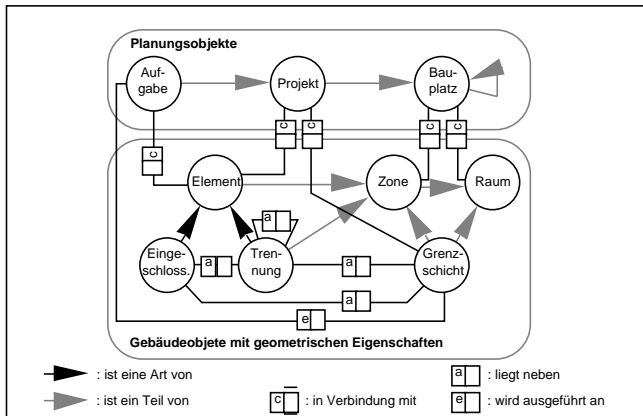


Abb. 2 Produktmodell für die Simulation von Erneuerungsprozessen

### Energierrelevante Umweltbelastung :

Die Energieforschung hat sich bis jetzt vor allem auf den Nutzenergiebedarf beschränkt. Die Solarforschung hat im weitesten Sinn die Grundlagen für die Modellierung des dynamischen Verhaltens von Gebäuden und Anlagen geliefert. Die Verbindung von Mess- und Simulationstechniken sind die wichtigsten Mittel der Erkenntnis. Sie werden heute zunehmend in die Phase der Planung und des Betriebes von Gebäuden übergeführt und sind nicht mehr im Zentrum der Forschung. Die Erforschung und vor allem industrielle Entwicklung von Energieumwandlungstechnologien, im besonderen Verbrennung, Wärmerückgewinnung, Wärmekraftkopplung und direkte Umwandlung von Solarstrahlung in Elektrizität haben beträchtliche Fortschritte gemacht. Die Mikroelektronik hat auf dem Gebiet MSR (Messen, Steuern, Regeln) enorme Leistungssteigerungen und gleichzeitige Verbilligungen gebracht. Das Problem besteht heute darin, dass all diese Forschungsergebnisse ( und oft schon am Markt existierenden Produkte) nicht richtig und vollständig in die bestehenden Planungsprozesse eingebracht werden können.

Seit Anfang der 80 iger Jahre beschäftigt das Problem der vergegenständlichten Energie (von Baustoffen wie von Gebäuden) die Forschung. [KOH87]. Es stellten sich dabei Probleme der Systemgrenzen und Berechnungsmethoden. Die Primärenergiedefinition war nie eindeutig. Die Datenbasis für verschiedene Baustoffe ließ immer zu wünschen übrig, aber es war möglich allgemeine Aussagen (mit Fehlerabschätzung) über das Verhältnis von Nutzenergie zu vergegenständlichter Energie für Gebäude während ihrer Lebensdauer zu machen. Die Beschäftigung mit der Umweltbelastung die durch Energiebereitstellung, Energieumwandlung und Herstellungsprozesse verursacht wird, haben neue wissenschaftlich anerkannte Bilanzierungsmethoden geschaffen, die heute die Primärenergiemethodik als veralteter Ansatz erscheinen lassen. Im weiteren muß festgestellt werden, dass die in verschiedenen Bauteilkatalogen, Werbepublikationen etc. enthaltenen Werte zu vergegenständlichter Primärnergie, oder grauer Energie meist auf veralteten Grundlagen und nicht klar definierten Systemgrenzen beruhen und ihnen keine wissenschaftliche Bedeutung mehr zukommt. Sie werden ersetzt durch kohärent erhobene Sachbilanzen, die mit einheitlichen Vorstufendaten hochgerechnet werden. [KOH94] [ÖIB95]

Die Umwelteinwirkungen durch Energiebereitstellung und andere Energieumwandlungsprozesse (z.B. Verbrennung, Transportprozesse, chemische Verfahren aller Art) werden zur Zeit auf zwei prinzipiell verschiedene Art untersucht. Zum einen durch die sog. Prozesskettenanalyse, also einer verfahrenstechnisch orientierten Methode, die fortlaufend jeden Produktionsschritt hinterfragt bis zur Entnahme von Ressourcen aus der Natur. [FRI95] Diesen auch als bottom up bezeichneten Methoden stehen makroökonomische Verfahren gegenüber (sog. top down Ansatz), die über die wirtschaftlichen Verflechtungsmatrizen die Stoffströmen und Emissionen Geldflüssen zwischen die wirtschaftlichen Sektoren zuordnen. Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile, interessant ist deshalb der Versuch die beiden Ansätze zu verknüpfen und so eine durchgehende Mikro- und Makromodellierung zu ermöglichen. Darauf aufbauend können dann gesamtgesellschaftliche Stofffluss Szenarios simuliert werden. Dieser Versuch wird z.Z. im Rahmen einer Studie im Auftrag

der Enquête Kommission des Bundestages zum Schutz von Mensch und Umwelt zum Thema "Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen" unternommen. [EQK96] Die detaillierte Erfassung der Stoff-, Energie- und Geldströme im Bauwesen beruht auf der Verknüpfung von Vorstufendaten (Ökobilanzen von Baustoffen und Bauprozessen) mit traditionellen Leistungsbeschrieben. Aus diesen Leistungsbeschrieben werden dann Kostenelemente (z.B. 1 m<sup>2</sup> Dach) gebildet. Ganze Gebäude werden aus Elementkatalogen zusammengesetzt und zum Schluß können sie zu Gebäudebeständen aller Art hochgerechnet werden. Dieser Ansatz ist im weiteren auch die Grundlage für die Entwicklung von Planungswerkzeugen, die sich später in die von Planern heute verwendeten Arten des Beschriebes von Gebäuden (Leistungsbeschriebe, CAD Pläne etc.) integrieren lassen. Dadurch wird es möglich diese Berechnungsvorgänge im Hintergrund der Planung konstant automatisch mitlaufen zu lassen und in jedem Planungsstadium über Angaben zu Kosten, Energiebedarf und Umweltbelastung zu verfügen. [KOH95c], [HEI95]. Siehe dazu auch die Projektliste am Ende des Beitrags.

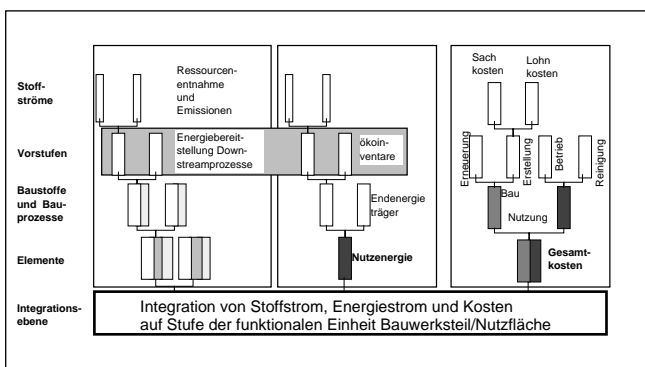


Abb.3 Modellierung der Energie- Stoff und Geldflüsse eines Gebäudes

### Bewertungsprobleme :

Die zentralen Bemühungen in der Forschung betreffen zur Zeit Bewertungsprobleme. Angesichts der Vielfältigkeit der Umwelteinwirkungen durch das Bauen (und die Nutzung der existierenden Gebäude), scheint es nicht möglich und sinnvoll eine einzige Bewertungsgröße anzustreben. [HEI92] Die Probleme der Optimierung stellen sich deshalb in neuer Form. Der traditionelle Optimierungsansatz, der das Kosten-Nutzenverhältnis optimiert, ist in diesem Zusammenhang nicht anwendbar. Die sog. Multicriteria Descision Methods entpuppen sich ihrerseits als technokratische Rauchvorhänge, die die Probleme mehr verdecken als klar machen. Versuche mit umfassenden Expertensystemen stoßen schnell auf Grenzen auf Grund der großen realen Datenmengen in Gebäuden. Die jetzigen Versuche konzentrieren sich auf assistierende Funktionen, die erlauben einen mehrdimensionalen Lösungsraum zu definieren und dann festzustellen, ob sich eine Lösung in diesem Lösungsraum befindet, resp. wo auf Grund von Referenzwerten und analysierten Standardlösungen, Änderungen vorgenommen werden müssen um in diesen Lösungsraum zu gelangen.

### Ressourcenverbrauch

Für die Bewertung der Emissionen (output) verursacht durch Bau- und Nutzungsprozesse gibt eine Anzahl von anerkannten Bewertungsmethoden.[SET91,93]. Die Bewertung des Stoffeintrages d.h. der Ressourceninanspruchnahme ist wesentlich weniger fortgeschritten. Diese Bewertung kann nicht einfach aus Gebäudeeigenschaften abgeleitet werden, sie hat nur einen Sinn im Bezug zu den gesamtgesellschaftlichen Stoffflüssen. Die starke Entwicklung der Stoffflüsse (sowohl in Form von Energie- als auch von Baustoffflüssen) prägen das Bauen der letzten 250 Jahre. Nach dem zweiten Weltkrieg hat eine zusätzliche Ausweitung stattgefunden, die Hochkonjunkturphase 1952 - 1973 hat in vielen Ländern zu einer Vervielfachung der Konsumgüter und praktisch zu einer Verdoppelung des gesamten Gebäudebestandes geführt. Es entstand dadurch ein riesiges Zwischenlager .

Es stellt sich die Frage, ob die Stoffflüsse an sich Indikatoren für den Ressourcenverbrauch und die Umwelteinwirkungen sind. Wenn man dabei die Unterscheidung zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie macht, ist dies sicher der Fall für die Energie. Zusätzlich zum absoluten Wert des Baustoffflusses interessiert natürlich als zusätzliches Kriterium, ob die Baustoffe selbst recycelt sind oder sich am Ende ihrer Lebensdauer recyceln lassen. Ganz abgesehen von der Tatsache, dass es sich bei praktisch allen Recyclingvorgängen um downcycling handelt, muß ein Unterschied gemacht werden, zwischen der effektiven heutigen Verwendung von recyceltem Material und der Möglichkeit eines Recycling in 10, 50 oder 100 Jahren. Nur die heute effektiv verwendeten Anteil von Rezyklaten können in die Berechnung als sichere Kriterien aufgenommen werden.

Der Baustoffinput in den Bausektor in den meisten europäischen Ländern wird z.Z. auf ca. 2,5 Mio t /Jahr EW geschätzt. Demgegenüber steht ein jährliches Bauschutttaufkommen von 0,5 Mio t /Jahr EW (von dem z.Z. nur lediglich ca. 5 % recycelt werden). Der Ausbau des Gebäudebestandes als Zwischenlager geht also unvermindert weiter. Aus diesem Grund kommt heute vor allem dem ersten Kriterium (effektiv recycelte Baustoffe) eine Bedeutung zu. [KOH95]

### Strategien :

Man kann also zusammenfassend feststellen, dass die Berechnung von Energie- und Stoffflüssen die notwendige, wenn auch nicht ausreichende Grundlage der Abschätzung der Umweltbelastung durch den Bauprozess darstellt. Der einzige Weg, sich in Richtung einer Kreislaufgesellschaft zu bewegen, besteht heute darin, möglichst wenig neue Baustoffe zu verwenden, d.h. möglichst wenig neue Ressourcen aus der Natur zu entnehmen. Angesichts dieser Tatsache müssen wir uns prinzipiell die Frage der Notwendigkeit von neuen Gebäuden stellen. Viele der Probleme, die durch die Erstellung von Gebäude gelöst werden, können auch durch andere Maßnahmen, die weniger umweltbelastend sind, gelöst werden. Anstelle eines neuen, zusätzlichen Krankenhauses kann der Heimpflegedienst stark erweitert werden. Dadurch würden nicht nur Ressourcen gespart, es würde auch eine ganze Anzahl von sozialen und beschäftigungspolitischen Probleme gelöst. Die systematische Erneuerung und Umnutzung treten so längerfristig an die Stelle des Neubaus. Die Notwendigkeit von Strategien Bewirtschaftung des Gebäudebestandes ist im übrigen durch eine Vielzahl anderer Faktoren (Überangebot von Büroräumen, Demographische Entwicklung, schlechter baulicher Zustand von Teilbereichen des Bestandes etc.) gegeben.

Es ist schwierig sich heute die Größenordnungen der kommenden notwendigen Veränderungen vorstellen zu können. Aus Sicht der globalen Umweltbelastung kann stark vereinfacht von einer Funktion von Bevölkerungswachstum, Bedürfnisse und Ökologischer Effizienz der Bedürfnisbefriedigung ausgegangen werden. [BRU87][SPE87][REE92][MAR95]. Eine weltweite Projektion über die nächsten 20 bis 30 Jahre zeigt, dass sich bei einer starken Erhöhung der Bevölkerung, einer erhöhten Befriedigung der Grundbedürfnisse (Nahrungsmittel, Schutz, Krankheit) für die gesamte Menschheit die globalen Bedürfnisse um Faktoren 5 bis 10 erhöhen werden. Wird versucht während der gleichen Periode die Umweltbelastung z.B. um die Hälfte zu reduzieren um so Treibhauseffekt, Ozonschichtzerstörung etc. aufzuhalten, so verbleibt als einzige Maßnahme eine Erhöhung der ökologischen Effizienz in der Bedürfnisbefriedigung (Landwirtschaft, Produktion, Dienstleistung, Gebäude etc.) um einen Faktor 5 bis 10. Diese Schlußfolgerungen werden von den meisten Forschern auf diesem Gebiet geteilt. Ein Blick auf die Entwicklung der Umweltbelastung von Gebäuden und vor allem Gebäudebeständen zeigt, dass sich unsere Bestrebungen z.Z. immer noch unterhalb eines Faktors 1 bewegen. [MAR95]. Ganz abgesehen von einer unsinnigen Verwendung des Begriffes "ökologisch" (z.B. "ökologische Wolkenkratzer", "ökologische Haustechnik", die im übrigen oft Beispiele betrifft, die eine wesentlich höhere Umweltbelastung als vergleichbare durchschnittliche Gebäude verursachen), können längerfristig nur radikal verschiedene Ansätze zu einer spürbaren Entlastung der Umwelt führen.

### Schlußfolgerungen :

Die Frage nach der Umweltbelastung durch das Bauen wirft also eine Reihe grundsätzlicher Fragen nach dem Sinn des Bauens an und für sich auf. Sie könnte in diesem Sinne Ausgangspunkt einer neuen Auffassung von Technik und Architektur werden, die sich, und das ist wohl neu, weder an technischen Lösungen, noch an architektonischen Formen orientiert. Auf

gesellschaftliche Forderungen hat die technische Gemeinschaft bis jetzt mit neuen Technologien und die Architekten mit neuen Formen geantwortet. Die ökologische Herausforderung kann mit diesen Mitteln nicht beantwortet werden; im Gegenteil wir müssen verhindern, dass neue Technologien und Formen uns die Sicht auf die wesentlichen Probleme verstellen. Es zeigt sich, dass gesamtgesellschaftlich nur die intensive Erhaltung und die optimale Nutzung des Gebäudebestandes mittelfristig zu einer Entlastung der Umwelt führen können. Dadurch wird der Gebäudebestand prinzipiell zur wichtigsten und schlussendlich einzigen möglichen Ressource. [KOH95b] Die konzeptuellen Auswirkungen dieser Tatsache sind kaum untersucht worden.

**Bibliographie :**

- [BJÖ92] BJÖRK, B-C: A conceptual model of spaces, space boundaries and enclosing structures. in Automation in Construction. Elsevier, Amsterdam, Vol.1No.3. p 193-214
- [BRU87] World commission on Environment and Development ("Brundtland Committee"). Our Common future. Oxford Univ. Press. 1987
- [DEL92] DELEAGE, J.P. : Histoire de l'Ecologie. Paris 1992
- [EQK96] Studie für die Enquête Kommission des Bundestages zum Schutz von Mensch und Umwelt "Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen". durchgeführt von einer Arbeitsgruppe von Instituten der Universitäten Karlsruhe, Dortmund, der Fachhochschule Kiel, des Forschungszentrum Karlsruhe (ITAS) und der IWU. 1996.
- [FR195] Frischknecht et al : Ökoinventare für Energiesysteme. ETHZ- ESU. Bern BEW 1995.
- [GRA86] GRABOWSKI, H; PÄTZHOLD, B; RUDE, S : Entwurfsmethoden auf der Basis technischer Produktmodelle. in : VDI Berichte Nr. 610.1. VDI Verlag 1986
- [HEI92] HEIJUNGS, R. et al (1992): "Environmental life cycle assessment of products; Guide and Backgrounds (Vol. I +II)"; National Reuse of Waste Research Programme (NOH), CML, Leiden,
- [HEI95] Heitz, S; Barth, B; Eiermann, O; Hermann, M; Kukull, E: Life cycle models of buildings. In EuroplA'95. 5th. International Conference on the Application of Artificial Intelligence to Architecture and Civil Engineering. Hermes, Paris 1995.
- [KAP51] Kapp, W. (1951), The social costs of private enterprise, Harvard, 1951
- [KOH87] KOHLER N: Energy Consumption and Pollution of Building Construction. ICBEM87. International Congress on building energy management. EPFL-Lausanne 1987.
- [KOH87] KOHLER, N : Global Energy Cost of Building Construction and Operation. IABSE Proceedings P-120/87. IABSE Periodica 4/1987, Zürich.
- [KOH91a] KOHLER, Niklaus; LUETZKENDORF, Thomas : Energie- und Schadstoffbilanzen von Niedrigenergiegebäuden. Schlussbericht Forschungsprojekt BEW. EPFL-LESO 1991.
- [KOH91b] KOHLER, N : Life cycle costs of buildings. in : Buildings and the Environment. Proc. of the Forum at the University of British Columbia. Vancouver BC. March 1991.
- [KOH94] KOHLER N et al : Energie und Stoffbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer .Schlussbericht Forschungsprojekt BEW. Ifib - Universität Karlsruhe 1994
- [KOH95a] KOHLER, N. Life cycle models of buildings. EuroplA'95. European Lyon
- [KOH95b] KOHLER N : Simulation von Energie- und Stoffflüssen von Gebäuden und Gebäudebeständen. Tagung : Das Denkmal als Altlast ? Auf dem Weg in die Reparaturgesellschaft? Universität Dortmund . 11/12. Okt. 1995
- [KOH95c] KOHLER, N; KLINGELE, M : Ökobilanzierung im Bauwesen. BBauBl. Heft 8. Aug. 1995
- [LOT25] Lotka A.J.(1925): Elements of mathematical biology, New York, 1925
- [LOV79] LOVELOCK, J.E.: Gaia. A new look at life on earth. Oxford 1979.
- [MAR95] MARTEN de JONG, T.: The existing environmental perception inhibits contemplating effective solutions in the ecological crisis. In "IEA - Future buildings Forum" May 1995.
- [ODUE71] Odum E.P.(1971). Fundamentals of Ecology Philadelphia 1971
- [ODUH71] Odum H.T.: Environment, power and society. New York 1971
- [ODUH83] Odum H.T. (1983): System Ecology, New York, 1983
- [ODUH87] Odum H.T.; Pillet G.: Energie, écologie, environnement. Geneva 1987
- [ÖIB95] IFIB-HAB Weimar-ETHZ ESU: Ökoinventare von Baustoffen. Universität Karlsruhe -1995
- [PRI86] Prigogine, I; Stengers, I : La nouvelle alliance. Paris, Gallimard 1986.
- [REE92] REES, W.E: Appropriated Carrying Capacity: Ecological Footprints and the Built Environment. in Intern. Research Workshop Buildings and the Environment. Cambridge Univ. 1992
- [ROE71] Georgescu Roegen, N: The entropy law and the economic process. Cambridge Ma. 1971
- [SET91] SETAC : A Technical Framework for Life Cycle Assessment,
- [SET93] SETAC : A conceptual framework for Life-Cycle Impact Assessment, 1993. [SPE87] SPETH, J.C. Can the world be saved ?. Ecological economics. Vol 1 , p.289-302

**Projektangaben :**

Die Ausführungen beruhen auf Forschungsprojekten die am Institut für Industrielle Bauproduktion der Universität Karlsruhe durchgeführt werden in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen :

- Projekt OGIP (finanziert durch das schweizerische Bundesamt für Energiewirtschaft und das Amt für Bundesbauten ) in Zusammenarbeit mit der ESU - ETHZ, dem CRB und privaten Büros

- Projekt KOBOK (gefördert durch die Bundesstiftung Umwelt) in Zusammenarbeit mit der HAB Weimar, des Baukostenberatungsdienstes der Architektenkammer Baden Württemberg und Büros
- Projekt REGENER (ein APAS Projekt der EG-DG XII) in Zusammenarbeit mit der Ecole des Mines de Paris, INERIS (F) , WOON (NL), VTT (Finnland), Softech (I) etc.



**Angaben zum Verfasser :**

**Prof.Dr. Niklaus Kohler**  
Dr.ès.sc.techn.- Dipl.Arch.EPFL-SIA

Institut für Industrielle Bauproduktion (ifib)  
Universität Karlsruhe (TH)

Englerstrasse 7  
D 76128 Karlsruhe

tel : 0721 608 21 65  
fax: 0721 66 11 15  
email: kohler@ifib.uni-karlsruhe.de

**Curriculum vitae und Arbeitsschwerpunkte :**

Geboren 1941 in Zürich. Architekturstudium in den USA und an der Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne (EPFL). Diplom 1969. Tätigkeit in der Forschung und Entwicklung in der Fassadenindustrie. Forscher an der materialwissenschaftlichen Abteilung der EPFL. Von 1982 bis 1992 Projektleiter am Institut für Solarenergieforschung (LESO) an der Physikabteilung der EPFL. Promotion 1985 über den Gesamtenergieaufwand von Gebäuden während ihrer Lebensdauer. Von 1978 bis 1992 Mitglied der Projektleitung von mehreren Technologietransferprogrammen (Impulsprogrammen). Seit 1993 Professor an der Universität Karlsruhe. Leiter des Institutes für Industrielle Bauproduktion. Forschungsschwerpunkte : Energie- und Stoffbilanzen von Gebäuden während ihrer Lebensdauer, computerunterstützte kooperative Planung, Anwendungen von Techniken der künstlichen Intelligenz in Planung und Fertigung.

**Ban**