

Zeitschrift: Heimatschutz = Patrimoine
Herausgeber: Schweizer Heimatschutz
Band: 95 (2000)
Heft: 3

Artikel: Wie umweltverträglich sind Gebäude? : Die Ökobilanz bringt es an den Tag
Autor: Lalive D'Epinay, Annick
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-175907>

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: 22.01.2025

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



Bild Titelseite: Neben den massiven Bauteilen sind vor allem die Haustechnik und der Innenausbau an der Umweltbelastung von Gebäuden beteiligt. (Bild Keystone)

Ce sont surtout, outre le gros œuvre, les installations techniques et les aménagements intérieurs qui contribuent à augmenter la charge sur l'environnement (photo Keystone).

Die Ökobilanz bringt es an den Tag

Wie umweltverträglich sind Gebäude?

von Annick Lalive d'Épinay, Dr. sc.nat., dipl.Arch. ETH, Zürich

Seit einigen Jahren wird das umweltgerechte Bauen vermehrt gefördert. Nationale Programme wie «Energie 2000» wurden lanciert, die unter anderem eine rationelle Energienutzung in Gebäuden unterstützen. Denn Analysen haben gezeigt, dass Gebäude die Energie- und Stoffflüsse eines Landes stark beeinflussen. Die kürzlich erschienene Dissertation der Autorin dieses Beitrages über «Die Umweltverträglichkeit als eine Determinante des architektonischen Entwurfs» bestätigt das. Im Folgenden fasst sie deren wichtigsten Ergebnisse zusammen.

In einer Studie für Deutschland (alte Bundesländer) konnte gezeigt werden, dass der Input in den Bausektor (Hochbau und Tiefbau) 575 Mio. Tonnen Material pro Jahr beträgt. Der jährliche Output aus dem Bausektor beziffert sich auf 65 Mio. Tonnen pro Jahr, was zu einer jährlichen Lagervergrößerung von ca. 510 Mio. Tonnen Material beiträgt. Die Bereitstellung von

Raumwärme für das Jahr 1990 betrug in Deutschland 30 % des totalen Endenergieverbrauchs. (Griesshammer und Buchert 1996).

Sinkende Belastung

Vor allem die Energiesparmassnahmen, die sich in strengeren Grenzwerten

und in neuen Planungsrichtlinien niederschlugen, haben zur Reduktion des Energiebedarfs von Gebäuden beigetragen. Die durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit einer Aussenwand hat sich in den letzten 50 Jahren von 1.1 W/m²a auf ca. 0.2 W/m²a verringert. Damit konnte die Umweltbelastung von Gebäuden, besonders unter Berücksichtigung der langen Le-

bensdauer, massiv reduziert werden. Zudem ist das Bewusstsein gewachsen, baubiologische und ökologische Kriterien in die Auswahl von Materialien zu integrieren. Natürliche Baustoffe und solche mit verbesserten Herstellungsprozessen werden vermehrt in Gebäuden eingesetzt.

So bestehen heute verschiedene Checklisten und Instrumente, die dem Planerteam das umweltgerechte Bauen erleichtern sollen (SIA D0152, 1998). Ein solches Instrument ist die Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse (siehe Kasten). Die Ökobilanz ermöglicht es, ein Gebäude sehr umfassend über seinen gesamten Lebenszyklus betrachtet zu bewerten. Zudem können in einer Ökobilanz der Material- und der Energiebedarf simultan optimiert werden, was als grundsätzliches Anliegen vorausgesetzt wird. Meist wird sie zum Vergleich von Gebäuden oder Planungsvarianten oder zur internen Verbesserung eines Gebäudes angewandt.

Herstellung, Nutzung und Entsorgung wichtig

In der vorliegenden Studie wurde eine möglichst vollständige Ökobilanz des Bürogebäudes «Stahlrain» der Metron Architekten in Brugg AG erstellt. Das Gebäude zeichnet sich durch eine ansprechende Architektur und durch einen relativ niedrigen Energiebedarf aus. Es ist ein dreigeschossiger Betonbau mit Dachterrasse und Sockelgeschoss mit vorgehängter Eternitfassade. Die erstellte Bilanz umfasst alle Herstellungsprozesse, eine angenommene Lebensdauer von 80 Jahren und alle Entsorgungsprozesse. Nur einzelne Materialien des Innenausbau und die Transport- und Baustellenprozesse wurden vernachlässigt.

Die Resultate der Bilanz (siehe Abb. 1 und Tab. 1) zeigen, dass für energetisch optimierte Gebäude – und nur für solche! – die Umweltbelastung, die aus der Herstellungs- und Entsorgungsphase der Baumaterialien erfolgt, genauso wichtig ist wie die Belastung aus der Nutzungsphase (Energiebedarf). In der Nutzungsphase bewirkt der Strombedarf die grösste Umweltbelastung, obwohl ein Schweizer Strommix gewählt wurde (viel Wasserkraft). Mit einem europäischen Strom-

mix (viel Kohlekraftwerke) würde die Bilanz noch extremer ausfallen. Es ist also nicht der Energiebedarf für die Wärmeerzeugung, der die Bilanz dominiert. Dies ist eine sehr wichtige Erkenntnis, da die Tendenz im Baubereich dahin geht, dass oft auf Kosten eines erhöhten Strombedarfs der Wärmebedarf gesenkt wird.

Beton, Holz oder was?

In der Herstellungs- und Entsorgungsphase lässt sich die Betonbauweise leicht erkennen: Der Beton macht alleine 54 % des gesamten Gebäudegewichts aus und stellt damit in den beiden Phasen die grösste Umweltbelastung dar. Es wird ersichtlich, dass der Rohbau schon nur durch seine Ausmasse umweltbelastend ist. Umso wichtiger ist eine solide, dauerhafte und flexible Konstruktion, die sich an spätere Bedürfnisse anpassen lässt und tatsächlich 80 Jahre hält. Hier weist ein Betonbau einen Vorteil gegenüber den etwas fragileren Holzbauweisen auf, bei welchen die korrekte Konzeption und die fachmännische Ausführung (Vordach als Wetterschutz, kein Steigwasser usw.) die Lebensdauer der Konstruktion kritisch beeinflussen.

Neben den massiven Bauteilen des Rohbaus sind vor allem auch die haustechnischen Anlagen und der Innenausbau (Farben, Schaumglas, Gips, Alu) massgebend an der Umweltbelastung des Gebäudes beteiligt. Diese Materialien sind nicht wegen der eingesetzten Menge, sondern wegen ihrer spezifischen Materialeigenschaften

Abb. 1 Prozentualer Beitrag der Phasen des Gebäudelebenszyklus zum Gesamtergebnis

- Herstellung ■
- Nutzung □
- Entsorgung ◻

Tab. 1 Anteile der einzelnen Prozesse oder Elemente an der Umweltbelastung des Gebäudes

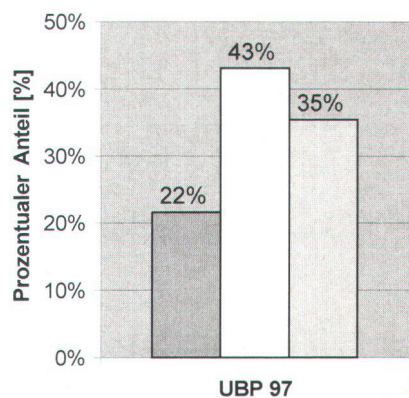
	Grösster Anteil	Zweitgrösster Anteil	Drittgrösster Anteil
Herstellungsphase	Beton PC 300: 19%	Alu-Konstruktion: 15%	Stahl niedriglegiert: 12%
Nutzungsphase	Strom CH Import: 69%	Erdgas: 25%	Erdöl: 6%
Entsorgungsphase	Beton PC 300: 62%	Gips: 14%	Zement: 4%

umweltschädigend. Einerseits benötigen sie teilweise viel Energie zur Herstellung, andererseits sind ihre Bestandteile (z.B. Schwermetalle, Schwefel) nachteilig.

Material- und Energiebedarf optimieren

Kommen wir zurück zur Frage des simultanen Optimierens von Energie- und Materialbedarf. Es wurde untersucht, ob es einen Punkt gibt, wo sich eine noch dickere Dämmschicht der Gebäudehülle (ohne Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Fenster) bezüglich der Energieeinsparung gar nicht mehr lohnt. Für die Simulation dieser Fragestellung wurden sechs verschiedene Varianten des Fallbeispiels «Stahlrain» gebildet. Die sechs Szenarien unterscheiden sich jeweils durch die unterschiedliche Dicke der Dämmschicht: Die Dämmstärke beträgt von 0.5 bis 10 mal die Originaldicke (Faktoren 0.5, 1, 1.5, 2, 5, 10).

In der folgenden Abb. 2 sind die Resultate der Simulation dargestellt. Einerseits konnte anhand der Dämmeigenschaften der Gebäudehülle der Energieverbrauch des Gebäudes berechnet und bilanziert werden. Andererseits wurde der Materialinput bewertet. In Abb. 2 wird ersichtlich, dass die energiebedingte Umweltbelastung analog der Funktion 1/x fällt, im Be-



reich der dicken Dämmstärken also nur noch geringfügig abnimmt. Hingegen nimmt die Belastung durch die Materialien konstant zu. Die daraus resultierende Kurve der Gesamtbelastung zeigt einen Bereich, in dem die Umweltbelastung am niedrigsten ist: bei den heute bis doppelt so dicken Dämmstärken. In diesem Bereich ist es gerechtfertigt, andere Kriterien wie z.B. Kosten oder Ästhetik prioritär zu behandeln. Die Lage des Optimums ist abhängig von den gewählten Energiesystemen (bei umweltschädigenden Systemen verschiebt sich das Optimum in dickere Dämmbereiche) und von den eingesetzten Materialien (bei umweltschädigenden Materialien verschiebt sich das Optimum in dünnere Dämmbereiche).

Diese Simulation hat die Stärken der Ökobilanz klar aufgezeigt: die simultane Optimierung des Energie- und Materialbedarfs. Auch wenn die Ökobilanz selber ebenfalls nicht umfassend ist (es fehlen Kriterien wie die Innenraumbelastung und z.B. die städtebauliche Wirkung etc.), so kann sie doch zu einem sehr guten Verständnis des Gebäudes und der umweltschädigenden Zusammenhänge führen. Sie ermöglicht ein Abwägen der verschiedenen Belastungen, so dass die Umweltverträglichkeit in den komplexen Prozess der Gebäudeplanung integriert werden kann.

Referenzen:
Griesshammer und Buchert 1996,
R. Griesshammer und M. Buchert, Nach-

Die Ökobilanz

Die Ökobilanz ist eine der am weitesten entwickelten Umweltanalysemethoden. Verschiedene Organisationen haben versucht, das methodische Vorgehen zu standardisieren (Heijungs et al. 1992; SETAC 1994; ISO 1997). Nach SETAC gliedert sich eine Ökobilanz in vier Schritte: Zieldefinition, Ökoinventar, Bewertung – aufgeteilt in Wirkungsbilanz und Bewertung – und Interpretation. In der ersten Phase wird das zu untersuchende System definiert und die notwendige Bezugsgröße bestimmt. In der zweiten Phase werden für alle Teilprozesse die Aufwendungen, d.h. der gesamte Energie- und Ressourcenbedarf und die entstehenden Emissionen, zusammengetragen (Inventar). In der dritten Phase werden diese Aufwendungen mit Hilfe verschiedener, naturwissenschaftlicher Zusammenhänge in einzelne Wirkungskategorien zusammengefasst und anschliessend bewertet. Die Bewertung dient dazu, die unübersichtliche Datenmenge des Inventars interpretieren zu können. Es gibt dafür verschiedene Wege; in dieser Arbeit wurde unter anderem die Methode «Umweltbelastungspunkte 97» (UBP 97) gewählt, die die Emissionen und Ressourcenverbräuche aufgrund ihrer Schädlichkeit gewichtet und zu Punkten zusammenfasst. In der vierten Phase werden die Resultate interpretiert.

haltige Entwicklung und Stoffstrommanagement am Beispiel Bau. Öko-Institut e.V. Freiburg, Darmstadt 1996

Heijungs et al. 1992 R. Heijungs, J.B. Guinée, G. Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes und A. Wegener Sleeswijk, Environmental Life Cycle Assessment of Products, Guide and Background. NOH National Reuse of Waste Research Programme Nr. 926, Centrum voor Milieukunde, Leiden, Oktober, 1992

ISO 1997 ISO 14040, Environmental Management – Life cycle Assessment – Principles and Framework. EN ISO 14040:1997, European Committee for Standardisation, Brüssel, Belgien.

SETAC 1994 Guidelines for Life-Cycle Assessment: A «Code of Practice». SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry - Europe), Brussels, 1994

SIA D0152 1998 P. Koch, B. Seiler, W. Ott, A. Lalive d'Épinay, D. Gilgen, H. Gugerli, Instrumente für ökologisches Bauen im Vergleich. Ein Leitfaden für das Planungsteam. Beitrag im Rahmen des nationalen Projektes IEA CBS Annex 31. SIA D0152. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 1998

Originalliteratur:

A. Lalive d'Épinay, Die Umweltverträglichkeit als eine Determinante des architektonischen Entwurfs. Dissertation ETH Nr. 13610, Abteilung für Umweltwissenschaften, ETH Zürich, März, 2000

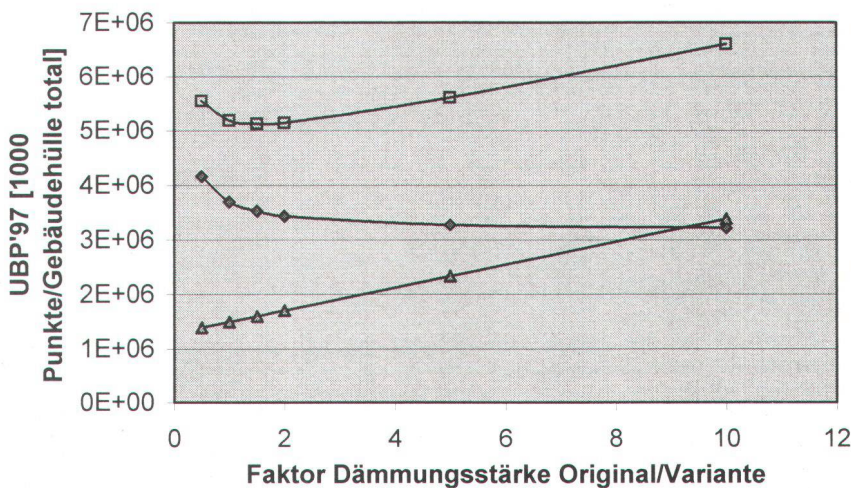


Abb. 2 Resultate der Simulation, ausgedrückt in UBP'97. Auf der X-Achse sind die Faktoren aufgetragen, mit welchen die Dämmstärke der gesamten Gebäudehülle multipliziert wurde. Faktor 1 entspricht dem Original «Stahlrain». Auf der Y-Achse ist die Umweltbelastung in UBP'97 ausgedrückt dargestellt.

- △ Umweltbelastung aus Material
- ◆ Umweltbelastung aus Energie
- Umweltbelastung total

L'écobilan apporte une réponse à la question suivante:

Les bâtiments respectent-ils les critères écologiques ?

par Annick Lalive d'Épinay, dr. sc.nat., dipl.arch. EPFZ, Zurich

Depuis quelques années, on demande que les constructions respectent davantage les critères écologiques. Des programmes nationaux, comme « Energie 2000 » ont été lancés pour encourager l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments notamment. En effet, des analyses ont montré que les constructions avaient une forte incidence sur les flux d'énergie et de matière d'un pays. La thèse que vient de publier l'auteur du présent article sur l'importance d'analyser l'impact sur l'environnement des projets architecturaux le démontre bien. Voici quelques résultats essentiels.

Une étude effectuée en Allemagne a montré que l'input de matière dans les secteurs de la construction se chiffre à 575 millions de tonnes de matériaux par année et l'output de matière à 65 millions de tonnes, ce qui implique une augmentation annuelle de stock d'environ 510 millions de tonnes. Le chauffage de bâtiments pour l'année 1990 représente en Allemagne 30% de l'utilisation totale d'énergie

Charge moins forte

Les mesures d'économie d'énergie qui se sont traduites par des valeurs limites plus strictes et de nouvelles directives de planification ont contribué à réduire les besoins d'énergie pour les bâtiments. La conduction thermique moyenne d'un mur extérieur a diminué ces 50 dernières années: elle est passée de 1,1 W/m² à environ 0,2 W/m². Dans l'ensemble, la charge environnementale des bâtiments a été réduite. Par ailleurs, les critères écologiques prennent de plus en plus d'importance dans le choix des matériaux.

Il existe à l'heure actuelle plusieurs documents et listes de référence qui facilitent la tâche des concepteurs de bâtiments écologiques. L'écobilan, notamment, qui permet d'évaluer les flux de matière et d'énergie pendant la

construction, l'utilisation et l'élimination d'un bâtiment est utile pour opérer un choix judicieux parmi plusieurs projets ou transformer un bâtiment existant.

Un précieux outil

Un écobilan complet effectué sur un bâtiment à usage de bureau a permis d'évaluer sa charge environnementale. Le bilan effectué tient compte de toutes les étapes de fabrication, d'une durée de vie supposée de 80 ans et de toutes les étapes d'élimination. Seuls quelques matériaux d'aménagement intérieur ainsi que les transports et les chantiers n'ont pas été pris en considération. Les résultats montrent que pour les bâtiments de conception énergétique optimale – et seulement pour ceux-là – la charge sur l'environnement découlant des étapes de fabrication et d'élimination des matériaux est tout aussi importante que la charge découlant de l'utilisation. Pendant l'utilisation, la consommation de courant constitue la charge environnementale la plus importante. Ce ne sont donc pas les besoins énergétiques nécessaires à la production de chauffage qui influencent de façon prépondérante le bilan. Durant les étapes de fabrication et d'élimination, le béton représente à lui seul 54% du poids total du bâtiment et constitue donc la charge environne-



Les bureaux de la société Metron SA de Brugg se distinguent par leur architecture adaptée et une consommation relativement basse d'énergie (photo Badilatti).

Das Bürogebäude der Metron AG in Brugg zeichnet sich durch eine ansprechende Architektur und einen relativ niedrigen Energiebedarf aus. (Bild Badilatti)

mentale principale. La construction doit être solide, durable et modulable. A cet égard, le béton est plus adapté que le bois. De plus, les installations techniques et les aménagements intérieurs (peintures, plâtres, alu) participent pour une part importante à la charge environnementale en raison, non pas de la quantité de matériaux utilisés, mais de leurs composants spécifiques, parfois polluants (métaux lourds, soufre). L'écobilan permet également, grâce à des calculs de simulation, de rechercher l'épaisseur optimale de la couche d'isolation d'un bâtiment. En résumé, l'écobilan est, pour les architectes, un précieux outil d'évaluation de l'impact d'un projet sur l'environnement.