



Doctoral Thesis

Die Umweltverträglichkeit als eine Determinante des architektonischen Entwurfs

Author(s):

Lalive d'Épinay, Annick E.

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003896452> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 13610

Die Umweltverträglichkeit als eine Determinante des architektonischen Entwurfs

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktorin der Naturwissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von
Annick Eléonore Lalive d'Épinay
Dipl. Arch. ETH
geboren am 14. April 1969
von Fribourg, FR

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. K. Hungerbühler, Referent
Prof. Dr. P. Baccini, Korreferent
Prof. Dr. V. M. Lampugnani, Korreferent

Zürich, 2000

Zusammenfassung

Gebäude belasten die Umwelt über ihren gesamten Lebenszyklus: Bei der Herstellung, in der Nutzungsphase und bei der Entsorgung verursachen sie einen hohen Ressourcenverbrauch und Energiebedarf. Um eine nachhaltige Entwicklung gewährleisten zu können, muss das umweltverträgliche Bauen gefördert werden. Deshalb muss die Umweltanalyse von Gebäuden in jeden Entwurfsprozess als eine der Determinanten einfließen. Dazu braucht es geeignete Instrumente.

Die vorliegende Arbeit geht davon aus, dass umweltverträgliches Bauen eine Frage des sinnvollen und sparsamen Umgangs mit Material und Energie. Umweltverträgliche Gebäude können nur mit einer simultanen Optimierung von Material- und Energiebedarf erstellt werden. Die Arbeit ging folgenden Fragen nach: Sind Ökobilanzen geeignet, um Gebäude abzubilden? Wie beantwortet die Ökobilanz Fragen des architektonischen Entwurfs? Wird sie benötigt oder reichen andere Indikatoren? Wird sie der Umweltproblematik von Gebäuden gerecht? Welche Anpassungen oder Ergänzungen wären dabei notwendig und machen diese Sinn?

Mit Hilfe des in dieser Arbeit entwickelten Instruments *EcoCheck* konnte ein konkretes Fallbeispiel (Bürogebäude „Stahlrain“) öko-bilanziert werden. Das Gebäude zeichnet sich durch eine ansprechende Architektur und durch einen niedrigen Energiebedarf in der Nutzungsphase aus. Die Resultate der Ökobilanz zeigen, dass für Gebäude mit niedrigem Energiebedarf (und nur dann!) die Herstellungs- und Entsorgungsphase ebenso relevante Beiträge zur

Umweltbelastung des gesamten Gebäudes über eine Lebensdauer von 80 Jahren ausmachen wie die Nutzungsphase (in UBP: 22% und 35%; in Öko-Indikator 95: 41% und 30%). Es wird ersichtlich, dass die Umweltbelastungspunkte vor allem die Entsorgung und energiebedingten Emissionen stark gewichten. Beim Öko-Indikator 95 wird die Herstellung der Metalle wegen der starken Gewichtung der Schwermetalle als relevant eingestuft. Die Studie hat gezeigt, dass sich die Ökobilanz durchaus für ein Erfassen der Umweltbelastung durch Gebäude eignet, dass sie jedoch aufwendig und kompliziert durchzuführen ist.

Um die Tauglichkeit der Methode im Entwurf zu testen, wurden drei Fragestellungen aus den frühen Planungsphasen simuliert: Die Frage nach der Form des Baukörpers, jene der Wahl der Hauptbaumaterialien und die Frage der Dämmungsstärke der Fassade. Die Ergebnisse der Simulationen haben gezeigt, dass sich die Ökobilanzmethodik für die Frage der Dämmungsstärke, wo eine simultane Optimierung von Energie- und Materialbedarf durchgeführt wurde, gut eignet. Für die Abschätzung der Umweltbelastung der Hauptbaumaterialien und insbesondere für die Belastung durch die Gebäudeform wären jedoch Kennwerte notwendig, die einen Top-down-Ansatz (analog zur Kostenrechnung) ermöglichen würden. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich Ökobilanzen zur Abschätzung der Umweltbelastung dann besser eignen als einfache Indikatoren wie zum Beispiel Primärenergiebedarf, wenn relativ präzise Kenntnisse zu Material und Energie vorhanden sind. Es kann jedoch auch festgestellt werden, dass in Ökobilanzen die stofflichen Wirkungen neben den energetischen Wirkungen (eines Materials) meist vernachlässigbar erscheinen (Ausnahme: Wirkungen aus Entsorgungsprozessen). Deshalb erscheint es sinnvoll, die stofflichen Wirkungen in Form von zusätzlichen Kriterien auszudrücken.

Ein Kennwerte-Katalog, genannt BUKK, wurde im folgenden skizziert. Mehrere europäische Studien konnten miteinander verglichen werden. Neben den tatsächlichen, Gebäude spezifischen Unterschieden wirkt sich die methodische Inkonsistenz stark auf die Resultate aus. Diese müssten demnach zur Bildung verlässlicher Kennwerte ausgeglichen und eliminiert werden. Bei den provisor-

schen Daten beträgt die Standardabweichung im Verhältnis zum Mittelwert zwischen 34% und 153%.

Für die Ressourcenbeanspruchung, eine stoffliche Wirkung der Materialien, wurde ein Index entwickelt. Es wurde ein Vorschlag gemacht, wie mit einem Ressourcenindex RI die Ressourcenentnahme, die Lagerung von Ressourcen im Gebäude und die bei Abbruch erfolgende Ressourcenrückgabe abgebildet werden könnte. Mit der Einführung von Zinsen zur Beurteilung der Lagerung lehnt sich der Vorschlag an ökonomische Modelle des Kreditgeschäfts.

Auch unter Einbezug eines solchen Ressourcenindex ist die Umwelt, die durch Gebäude beeinträchtigt wird, noch nicht vollständig abgebildet. Weitere Kriterien wie z.B. einer bezüglich Innenraum fehlen. In neu entwickelten Bewertungsmethoden werden nun auch Wirkungskategorien wie Landverbrauch und Lärm berücksichtigt, was begrüßenswert ist. Wichtigste Anliegen zur Verbesserung der Abschätzung der Umweltbelastung durch Gebäude sind jedoch die methodischen Angleichungen im Bereich der Gebäudesimulation (Modellierung Gebäude, Erneuerungszyklen, etc.), der Einbezug der Entsorgungsphase und insbesondere die Verbesserung der allgemein schlechten Datenlage im Bereich der Produkte und Baumaterialien. Es wäre erstrebenswert, die Datenunsicherheit oder die Vertrauensbereiche der Daten in der Auswertung angeben zu können. Für die Anwendung in den frühen Entwurfsphasen ist ein umfassender Kennwerte-Katalog notwendig.

Abstract

Buildings cause major impacts to our environment. The production, the long use phase, and the disposal of buildings provoke big energy and mass flows. To enable a sustainable development environmentally conscious buildings have to be developed. Therefore tools have to be established to assess the environmental impacts of building during the design process.

Simultaneous optimisation of material flows and energy flows is the key-figure for constructing environmentally conscious buildings. In the present study the following questions were raised: Is Life Cycle Assessment (LCA) suited to assess the environmental impact of buildings? How can LCA be implemented in the early design phase? Is it necessary to use LCA instead of other indicators? Does LCA cover the environment, which is damaged by buildings and therefore has to be protected? How should LCA be adapted to the requirements of buildings and are these adaptations suitable?

Using a tool called *EcoCheck*, which was developed in this project, a full LCA of a concrete office building was performed. The analysed office building is a modern building with a good energy performance. The results show the relevance of the production and disposal phase for buildings with low energy use during the use phase (and only then!). Assessed with the Swiss Method UBP 97 and the Eco-Indicator 95 the production phase made 22% res. 41%, and the disposal phase made 35 % res. 30% of the whole score. The UBP weight the disposal phase and energy-related emissions strongly, whereas the Eco-Indicator 95 weights the production of the metals much due to the high heavy metal emissions. The case study showed that LCA is suitable for the assessment of the environmental impact of buildings. Because of the big amount of data

needed and the complex system to be represented, the bottom-up approach is complicated and time consuming.

To test the effectiveness of LCA in early design phases, three decision situations have been simulated: the choice of the buildings shape, the material choice of the main building components, and the choice of the thickness of insulation. The results show a good applicability of LCA for the question about the thickness of insulation, where energy- and material-related aspects have to be optimised simultaneously and detailed information about the construction is available. However, the other decisions – situated in earlier design phases – were much more difficult to support with LCA. Characteristic values for a top-down approach would be necessary for an early environmental assessment of design alternatives. It could be proved that LCA is better suitable than simple indicators like e.g. embodied energy for situations, where detailed knowledge about materials and energy is available. Nevertheless the energy-related impacts of materials are much more important than the material-related impacts (except the impacts of disposal processes). Therefore the material-related impacts have to be addressed separately by individual criteria.

Those characteristic values could be obtained by comparison of different case studies. Therefore several European case studies have been collected and compared. The methodological differences are big and a trustworthy comparison was difficult to establish. Nevertheless a first concept of a “characteristic value catalogue” could be drawn, but the standard deviation makes about 34% to 153% of the mean value.

A concept of an indicator taking into account the resource needs (as a material-related impact) of a building was developed. This Resource Indicator (RI) stands for the depletion of resources, the long stock time of the resources during the use phase of the building, and the return of the resources to the environment at the end of the building's life. By introducing an interest rate for the use phase the concept follows economic models of credit business.

To cover the whole range of environmental problems of a building, other criteria like one for the indoor air quality must be estab-

lished. Important improvements are necessary in harmonisation of methodology (building simulation, inclusion of disposal phase), in a more comprehensive and enlarged impact assessment, and above all in improved and reliable data sets for all products and building processes. The uncertainty of data should be included in the studies systematically. To enable an environmental assessment in early design phases, a comprehensive catalogue of characteristic values based on a lot of detailed LCA is necessary.

Résumé

Les bâtiments ont un impact important sur l'environnement. Leur construction, leur utilisation et leur démolition engendrent une consommation élevée d'énergie et de matériaux. Pour garantir un développement durable, il faut encourager une construction de qualité au niveau environnemental. Cette qualité ne peut être obtenue qu'en intégrant dès l'avant-projet une véritable réflexion sur l'impact environnemental du bâtiment. Pour cela, des outils adéquats sont nécessaires.

Ce travail suppose que la construction de bâtiments respectueux de l'environnement est une question de l'utilisation rationnelle et appropriée de l'énergie et des matériaux. L'optimisation simultanée des problèmes énergétiques et du choix des matériaux est essentielle pour construire des bâtiments ayant un impact réduit sur l'environnement. Ce travail se propose de répondre aux questions suivantes: Est-ce que les Analyses de Cycle de Vie (ACV) sont appropriées pour décrire des bâtiments? Comment répondent-elles aux questions posées par l'avant-projet? Sont-elles vraiment nécessaires ou l'emploi d'autres indicateurs suffisent-ils? Est-ce que les résultats des ACV conduisent effectivement à une meilleure protection de

l'environnement tel qu'il est menacé par les constructions? Quels ajouts ou modifications seraient nécessaires?

A l'aide de l'outil *EcoCheck* développé dans ce travail et se basant sur la méthodologie des ACV, l'immeuble de bureaux „Stahlrain“ a été analysé. Bâtiment moderne, il consomme peu d'énergie pendant son utilisation. Les résultats de l'ACV montrent que pour les bâtiments avec une faible utilisation d'énergie (et uniquement pour ceux-là!), les phases de construction et de démolition sont aussi importantes pour l'impact environnemental que la phase d'utilisation. Avec la méthode d'évaluation UBP 97, la phase de construction représente 22% de l'impact total, la phase de démolition 35%, alors qu'avec Eco-Indicator 95 (EI 95) ils représentent 41% et 30% respectivement. Cette différence s'explique par le fait que l'UBP 97 donne beaucoup de poids à l'élimination des déchets et aux émissions liées à l'utilisation d'énergie. L'EI 95 donne plutôt du poids à la production de métaux (présence de métaux lourds). L'étude a montré que l'ACV est un outil approprié pour notre problématique. Cependant, un besoin excessif de données et un système technique complexe en font une méthode compliquée et peu praticable.

Pour tester si la méthode peut être utilisée lors de l'avant-projet, trois aspects ont été simulés: la forme du bâtiment, le choix des matériaux de la structure et l'épaisseur de la couche d'isolation. Les résultats de la simulation ont montré que l'ACV se prête bien à l'analyse de l'épaisseur de la couche d'isolation, où une optimisation simultanée des questions énergétiques et du choix des matériaux est nécessaire. Par contre, pour la forme du bâtiment et le choix des matériaux de la structure, l'ACV n'est pas adéquate. Des valeurs caractéristiques pour une approche *top-down* (semblable au calcul des coûts) seraient nécessaires pour estimer l'impact sur l'environnement de ces deux points.

Les résultats ont également montré que lorsque des connaissances assez précises sur les matériaux et l'énergie existent, les ACV se prêtent mieux à l'analyse de l'impact sur l'environnement que de simples indicateurs comme l'utilisation d'énergie primaire. Il a été aussi constaté que les aspects matériels sont négligeables par rapport aux aspects énergétiques (d'un matériau) avec toutefois une excep-

tion: la phase d'élimination des déchets. C'est pourquoi une description des aspects concernant le choix des matériaux par des indicateurs supplémentaires apparaît comme une bonne solution.

Un catalogue des valeurs caractéristiques (un BUKK) est présenté dans ce travail. Une douzaine d'études européennes ont été comparées. En plus des différences spécifiques des bâtiments, les méthodes employées sont très diverses. L'inconsistance méthodique influence fortement les résultats. Il faudrait pouvoir uniformiser ces méthodes pour pouvoir obtenir des valeurs caractéristiques valables. Dans ces données provisoires, l'écart-type par rapport à la moyenne oscille entre 34% et 153%.

Pour décrire la consommation en ressources d'un bâtiment, c'est-à-dire les aspects liés aux choix des matériaux, ce travail a élaboré un indicateur de consommation de ressource (RI) qui tient compte du prélèvement des ressources, de leur stockage pendant plusieurs années dans le bâtiment et de leur récupération à la fin de vie du bâtiment. En introduisant des intérêts pour la phase de stockage, le concept suit l'exemple des modèles économiques sur le crédit.

Même en considérant cet indicateur de ressource, il manque des éléments pour décrire plus précisément l'impact du bâtiment sur l'environnement. Des indicateurs supplémentaires, par exemple un indicateur pour les conditions à l'intérieur d'un bâtiment, seraient nécessaires. Les nouvelles méthodes d'évaluation prennent en compte d'autres catégories d'analyse comme l'impact au sol et le bruit, ce qui constitue un progrès certain. Les besoins les plus importants pour améliorer l'analyse de l'impact sur l'environnement des bâtiments sont les rajustements de méthodologie pour pouvoir mieux comparer les résultats (description du bâtiment, considération de la phase de démolition, etc.), la prise en compte de la phase de récupération des matériaux et surtout une amélioration des bases de données sur les produits et les matériaux de construction. On devrait s'efforcer d'indiquer la sécurité ou le domaine de fiabilité des données dans l'évaluation. Enfin, pour analyser l'impact environnemental des bâtiments dans l'avant-projet, un vaste catalogue de valeurs caractéristiques est nécessaire.