

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 92 (1974)
Heft: 37: Mensch, Technik, Umwelt

Artikel: Ökonomie und Ökologie im Hochbau
Autor: Bittig, B.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72450>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

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

nun darum, die an den Symposien aufgeworfenen Fragen in den Alltag zu übertragen, in die Schulen, in die Politik und in die Massenmedien.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist noch am Anfang

Aber auch die stets neu festgestellte Differenz in Sprache, Auffassung und Betrachtungsweise der Zukunft, Differenz zwischen Ökologen und Ökonomen, zwischen Technikern und Biologen sollte überwunden werden können durch verbesserte Zusammenarbeit zwischen diesen heute noch weit auseinanderliegenden Disziplinen.

Interdisziplinäres Denken und Arbeiten soll jedoch keinesfalls ein Ersatz sein für die heute noch mehr als früher notwendige Spezialisierung, Vertiefung in irgendein Fachgebiet, wie es leider oft im falschen Sinne verstanden wird, wenn das Wort interdisziplinär zur Sprache kommt.

Interdisziplinäre Schulung ist vielmehr unbedingt notwendig, um zu verhindern, dass einzelne Forschungsrichtun-

gen sich auf Ziele richten, die vielleicht für diese eine Forschungsrichtung an sich interessant und wertvoll wären, im Ganzen gesehen, aber uns allen mehr Schaden als Nutzen bringen können. Interdisziplinäres Denken ist also im Grunde genommen ein erster Schritt zu einer einmal viel umfassenderen Forschungsethik oder -moral (oder wie man es dannzumal nennen mag).

Interdisziplinäre Arbeit ist denn auch oft an diesen Symposien gefordert worden, bedingt aber eine Umschulung, vielleicht sogar Umstrukturierung an unseren Hochschulen. Interdisziplinäre Forschungsarbeiten sind unbedingt notwendig, und zwar vorwiegend deshalb, um unseren künftigen Generationen ein Wissen und Erkennen vorlegen zu können, das einer «*unité de doctrine*» und nicht einer Kontroverse zwischen Naturwissenschaftler und Techniker/Ökonom entspricht.

Adresse des Verfassers: *Eduard H. Schoch*, dipl. Ing. ETH, SIA, Haus Uldauna, 6047 Kastanienbaum.

Ökonomie und Ökologie im Hochbau

Von Dr. B. Bittig, Bern

DK 577.4

Vorwort

Die umweltbedrohenden Ungeister, die wir Zauberlehrlinge gerufen haben – wie werden wir sie wieder los? So gut gemeinte, wie eifrig bis übereifrig betriebene Aufklärung hat uns die Schadenfolgen drastisch vor Augen gestellt. Die Bereitschaft zur Umweltrettung ist allenthalben motiviert worden, Reparables soll gutgemacht und noch Schlimmeres verhütet werden. Doch die Versuchung ist nicht von der Hand zu weisen, dass nur Symptome bekämpft werden, weil wir sie vordergründig sehen und mit uns geläufigen Mitteln technisch angehen können. Seltener nur finden wir zur Besinnung auf die primär vegetativen Grundlagen des innerhalb natürlicher Prozesse verlaufenden Lebens. Die Sicht auf die grösseren Zusammenhänge unseres planetarischen Lebens, deren Störung oder gar Zerstörung zur Menschheitskatastrophe führen muss, ist uns vielfach verloren gegangen. Wir sehen vor Bäumen nicht mehr den Wald.

1. Einleitung

Es ist ein Kennzeichen unserer Zeit, dass die grösseren Zusammenhänge unsere Lebens wieder vermehrt erforscht werden. Vor allem die Jugend wendet sich in zunehmendem Masse vom Spezialistentum ab. In diese übergeordnete Fragestellung fallen auch die Beziehungen Ökonomie-Ökologie. Das Spannungsfeld Ökonomie-Ökologie gehört in den Bereich des Umweltschutzes. Für den Techniker ist Umweltschutz primär ein technisches Problem. Es geht ihm dabei vor allem um die Probleme der Entsorgung, das heisst um die möglichst schadlose Beseitigung der festen, flüssigen und gasförmigen Abfallstoffe unserer Zivilisation. Im weiteren zählt der Techniker auch noch die Probleme der Lärmbekämpfung zum Umweltschutz. Ein weniger beachtetes Gebiet des Umweltschutzes ist der Einsatz zugunsten der Erhaltung unserer natürlichen und kulturellen Umwelt. Die bereits während Jahrzehnten vom Natur- und Heimatschutz mit grossem Einsatz erbrachten Bemühungen auf diesem Gebiet sind bis vor wenigen Jahren von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet geblieben. Es bedurfte grosser publizistischer Aufmachungen von Ergebnissen der Umweltforschung, um auch diesen Bereich der Umweltdiskussion in Gang zu setzen. Zu erwähnen ist insbesondere die Publikation von *D. Meadows* [10].

Einleitend lässt sich also feststellen, dass der Umweltschutz die Problembereiche Wasser, Luft, Lärm und Land-

Vom Walde her aber kommt unser Autor. Seinen Darlegungen liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die aus der Ökologie hervorgehenden Gesetzmässigkeiten und Grundsätze auf soziologische, technische und wirtschaftliche Aufgaben in umfassender Wechselbeziehung sinnvoll übertragen werden müssen.

Umweltplanung und Lebensqualität verbindet Dr. B. Bittig sodann mit der den Architekten und Ingenieuren noch eher wenig vertrauten Übertragung ökologischer Erkenntnisse auf den Hochbau (anhand einer Typologie der Gebäudearten) und auf die Landschaftsgestaltung. Die ökologischen Forderungen werden mit ökonomischen Erfordernissen in Beziehung gesetzt, dabei wird besonders auf spezifische Gegebenheiten und Probleme im Hochbau eingegangen. Mit seinem Beitrag gibt uns der Verfasser zugleich ein Vademekum, das dem Leser in Fragen des Umweltschutzes nützliche Hilfe bieten kann.

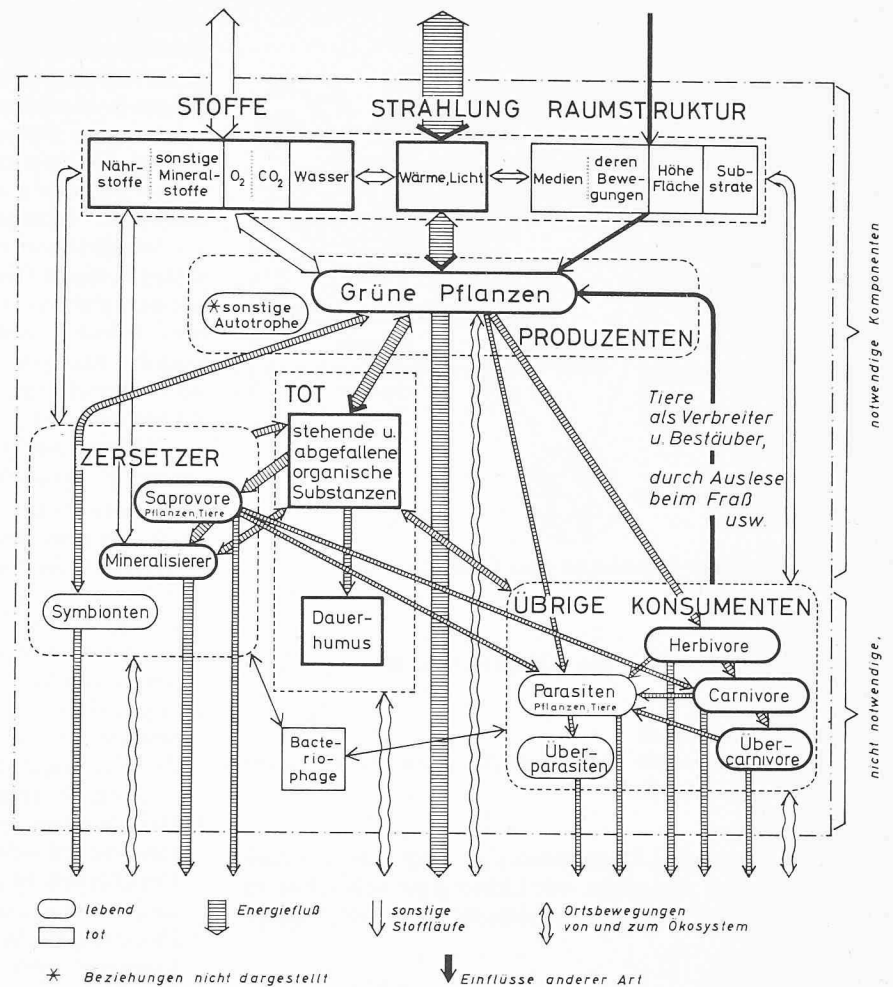
G. R.

schaft umfasst. Es gilt nun, von folgenden Ergebnissen der Umweltforschung Kenntnis zu nehmen:

- Der Raum auf unserem Planeten ist nicht vermehrbar. Dementsprechend sind auch die Vorräte an nichterneuerbaren Rohstoffen beschränkt. Es muss damit haushälterisch umgegangen werden. Das haushälterische Umgehen mit knappen Gütern wird auch Wirtschaften genannt. Die Ökonomie als Wissenschaft befasst sich mit den damit zusammenhängenden Problemen.
- Der Mensch ist und bleibt ein Teil der Natur. Eine Beherrschung der Natur ist nicht möglich, da die Kenntnisse über ihren Aufbau und der sich in der Natur vollziehenden Funktionen äusserst unvollständig sind. Die Ökologie erforscht diese Zusammenhänge.
- Die Weltbevölkerung nimmt stetig zu. Sie wird sich voraussichtlich bis zum Jahre 2010 verdoppeln [1]. Dadurch werden die bereits erkannten Probleme unserer Umwelt laufend verschärft. Wenn auf dem Bevölkerungssektor nicht bald eine Änderung eintritt, sind katastrophale Auswirkungen unabwendbar. Nebst der Ernährungsfrage muss auch das Wohnproblem erwähnt werden.

Die politischen Auswirkungen der Umweltschutzbewegung sind auf zwei Ebenen feststellbar. Einerseits versucht ein

Bild 1. Modell eines vollständigen Ökosystems



zunehmender Teil der Bevölkerung, sich umweltgerecht zu verhalten, wobei allerdings die Werbung es vielfach gut versteht, die ideelle Motivation der Bevölkerung für rein kommerzielle Zwecke zu missbrauchen. Andererseits hat als Folge der Umweltschutzbewegung ein allgemeiner Demokratisierungsprozess bei Entscheidungen über öffentliche Bauvorhaben stattgefunden. Dieser zwingt Behörden und Planer, auf die Bedürfnisse der Allgemeinheit und der Umwelt in vermehrtem Masse Rücksicht zu nehmen.

Für den Praktiker stellt sich bei Umweltproblemen sofort die Frage, ob vorgeschlagene Umweltverbesserungsmassnahmen auch wirtschaftlich vertretbar seien. Es liegt in der Zielsetzung der nun folgenden Ausführungen, dieser Frage bei der ökologisch orientierten Analyse des Hochbaues nachzugehen. Vorerst müssen aber noch einige Klarstellungen über die Ökologie gemacht werden.

2. Was ist Ökologie?

Wie einleitend bereits kurz erwähnt wurde, handelt die Ökologie vom Aufbau und von der Funktionsweise der Natur. Einerseits wird versucht, Ökosysteme zu erforschen und zu beschreiben, andererseits erlauben die schon vorliegenden Forschungen Rückschlüsse zu ziehen über die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf die Natur. Es waren deshalb auch Ökologen, welche die Menschheit zuerst über alarmierende Zustände in gewissen Ökosystemen aufmerksam machten. Ein Ökosystem ist ein Raum-Zeit-Gefüge, in dem Lebensgemeinschaft und nichtlebende Umgebung integriert sind [15, S. 46].

Die Lebensgemeinschaft umfasst alle Populationen eines bestimmten Gebietes, währenddem die nichtlebende Umgebung

als Ganzheit der Umweltbedingungen, unter denen die Lebensgemeinschaft bestehen kann, verstanden wird [13].

Ohne auf die zahlreichen Forschungsergebnisse der Ökologen eintreten zu wollen, kann doch festgehalten werden, dass es dem Menschen nie gelingen wird, die Natur zu beherrschen. So ist es der Kybernetik trotz intensiver Anstrengungen noch nicht gelungen, grössere Zusammenhänge in der Natur befriedigend zu beschreiben, da letztlich jedes vom Menschen beeinflusste oder genutzte Ökosystem offen ist, das heisst offene Regelkreise aufweist. Wenn aber ein Beschreiben komplexer Ökosysteme nicht gelingt, wie soll dann eine Steuerung durch den Menschen möglich sein? Selbst unter der Annahme, die Wissenschaft vermöchte dieses Problem in den nächsten Jahrzehnten zu lösen, haben die Ergebnisse der Umweltforschung [4, 10, 14] sowie die jüngsten Ereignisse auf unserem Planeten wie Energiekrise, Hungersnöte u.a.m. eindeutig gezeigt, dass die Zeit nicht mehr reicht, um auf allfällige grundlegende neue Erkenntnisse zu warten. Auch muss vor einer allzu einseitigen Wissenschaftsgläubigkeit gewarnt werden.

Aus diesen Ausführungen ist zu schliessen, dass eine Besinnung der Menschheit auf ihre natürliche Grundlage das beste Mittel ist, um die Umweltprobleme der nächsten Jahre anzugehen. Es ist deshalb angezeigt, die von der Ökologie in der Natur beobachteten Gesetzmässigkeiten und Grundsätze überall dort auf den Menschen zu übertragen, wo Beziehungen zwischen Mensch und Natur bestehen und eine Übertragung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse soziologisch sinnvoll erscheint.

Wie ist nun die Natur organisiert? Darüber gibt Bild 1 Auskunft (aus [2], S. 3).

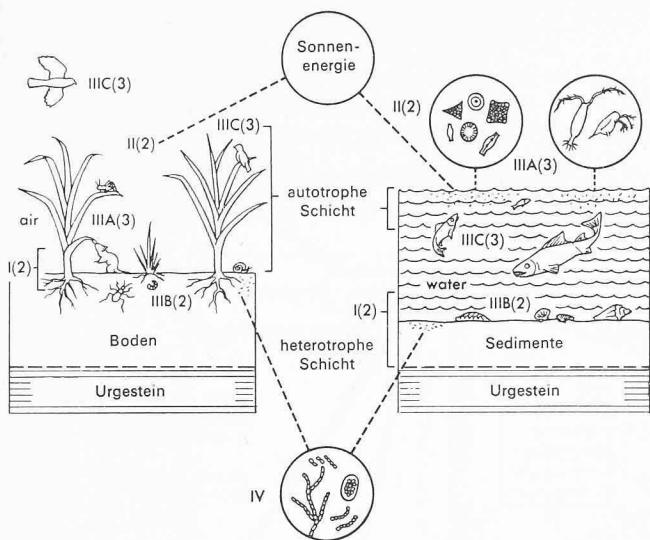


Bild 2. Vergleich der Grobstruktur eines Land-Ökosystems

Ein Ökosystem hat vier Hauptbestandteile (vgl. auch Bild 2 aus [12], S. 17):

1. Abiotische Substanzen

Diese umfassen die Grundelemente sowie die anorganischen Substanzen der Erde.

2. Produzenten

Diese autotrophen Organismen sind fähig, aus anorganischen Substanzen zusammen mit Lichtenergie sich selbst zu ernähren (der Begriff autotroph bedeutet «sich selbst ernährend»).

3. Konsumenten

Diese Organismen sind heterotroph, das heisst, sie ernähren sich von anderen Organismen.

4. Zersetzer

Es handelt sich um heterotrophe Organismen, meist Bakterien und Pilze, welche die komplexen Moleküle des toten Protoplasma zerlegen, teilweise aufnehmen oder ausscheiden.

Die Verbindung der meisten Komponenten eines Ökosystems erfolgt über die Energie. Die wesentlichste Energieform ist dabei die Strahlungsenergie. Die Energie in einem Ökosystem geht gemäss dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik letztlich in Wärme über. Zu beachten ist, dass innerhalb eines Ökosystems keine Energiespeicherung eintritt, sondern dass der Energiefluss nur verzögert wird. Die Pflanzen setzen nur einen kleinen Teil der einfallenden Energie in chemische Energie um; der Grossteil geht als Atmungswärme wieder direkt aus dem Ökosystem ins Weltall zurück. Die von Pflanzen und Tieren gebundene Energie wird letztlich beim Zersetzungsprozess freigesetzt. Wie aus dem Energiefluss in Bild 1 ersichtlich ist, durchläuft die Energie keinen Kreislauf.

Der Stoff als materieller Träger der Energie wird hingegen in Kreisläufen ausgetauscht. Im Gegensatz zur Energie kann er mehrmals die Leben/Umwelt-Einheit durchlaufen und von demselben Organismus ausgenutzt werden ([15], S. 43). Der bedeutendste ist der Kohlenstoffkreislauf. Das Kohlendioxyd der Luft wird in der Photosynthese zu chemisch energiereichen Kohlenstoffverbindungen umgewandelt. In der Nahrungskette werden diese Verbindungen von einem Organismus zum anderen übertragen. Dabei benötigen die einzelnen Organismen 50 bis 90% der chemischen Energie für die eigene Atmung [5]. Der Kreislauf wird bei der Atmung durch die Abgabe von Kohlendioxyd an die Umgebung geschlossen.

Eine umfassende Darstellung eines örtlichen Stoffkreislaufes gibt Bild 3. Aus diesem Wald-Ökosystem ist ersichtlich,

wie einerseits eine biogene Anreicherung sowohl beim Pflanzenaufbau als auch bei der Humusbildung eintritt, andererseits ist die Mineralisation, also die Zerlegung organischer Verbindungen in anorganische aufgezeigt.

In einem Ökosystem können aber die qualitativen Beziehungen die quantitativen auch stark überwiegen. Es sei nur an die Bedeutung von Pflanzensamen und ihr Gewichtsverhältnis zur Mutterpflanze erinnert.

Wesentlich ist auch das Zusammenspiel einzelner Komponenten in einem Ökosystem. Ökosysteme sind zur Hauptsache in einem stabilen Gleichgewicht. Sie haben die Fähigkeit, bei einer Störung wieder zum Gleichgewicht zurückzupendeln (negative Rückkoppelung). Werden jedoch gewisse Schwellenwerte überschritten, so erfolgt ein Zusammenbruch (positive Rückkoppelung).

Welches sind nun die Erkenntnisse aus diesen Ausführungen? Es lassen sich daraus folgende *Schlüsse* ziehen:

1. Der Mensch kann die Natur nicht beherrschen. Er hat sich, wie seit dem Bestehen der Menschheit, in die natürlichen Kreisläufe der Natur einzuordnen. Die heute allgemein feststellbare Umweltverschmutzung sollte als Beweis für eine Unmöglichkeit der Beherrschung der Natur genügen.
2. Gesetzmässigkeiten der Natur, wie sie von der Ökologie erforscht werden, sollten weitgehend auch auf die Organisation und das Leben des Menschen übertragen werden, insbesondere bei allen Berührungspunkten mit der Natur. Solche sind Landwirtschaft, Rohstoffgewinnung, Wasserversorgung, Abfalldeponie usw.
3. Das Freisetzen grosser Energiemengen durch den Menschen kann die Umwelt beeinflussen oder sogar zerstören. Grosse Unsicherheit herrscht insbesondere bezüglich den klimatischen Auswirkungen von starken Abwärmekonzentrationen. Eine energetische Beschränkung des Menschen auf minimale Energieverwendung ist deshalb angezeigt.
4. Der Stoffkreislauf der Natur ist die Voraussetzung für die Ernährung des Menschen. Störungen des Stoffkreislaufs durch Biozide und anorganische Verunreinigungen zerstören langfristig die physische Lebensgrundlage der Menschheit, da die meisten Stoffkreisläufe auch mit der Nahrungskette verbunden sind.
5. Werden Ökosysteme genutzt, müssen die Schwellenwerte der negativen zur positiven Rückkoppelung beachtet werden. Bei Zerstörung lokaler Ökosysteme müssen auch die Auswirkungen auf andere Systeme berücksichtigt werden.
6. Für den Menschen sind auch optische Eindrücke von Landschaften für das Wohlbefinden bestimmend. Landschaftliche Veränderungen durch den Menschen müssen deshalb dieser Wechselbeziehung ebenfalls Rechnung tragen.

3. Hochbau und Ökologie

Methodische Ansätze

Aus der Sicht der Umweltplanung müssen im Zusammenhang mit Fragen der Lebensqualität folgende Bereiche betrachtet werden ([9], S. 26):

1. Sozioökonomische Grundlage (Bevölkerung, Wirtschaft)
2. Raumbezogene Aufgaben (Wohnen, Freizeit, zentrale Einrichtungen, gewerbliche Wirtschaft)
3. Umweltstruktur (Verkehr, Ver- und Entsorgung, Gebäude und Raum, Landschaft)

Obwohl dem sozioökonomischen Bereich absolute Priorität eingeräumt werden muss, können die folgenden Ausführungen nicht in diesen weiten Rahmen hineingestellt werden. Der folgende Ansatz geht deshalb von einer *funktionellen Betrachtung der natürlichen Gegebenheiten* aus. Aus diesem Grunde werden die ökologischen Probleme des Hochbaus mittels Kreislaufbetrachtungen, Fragen über Lebensdauer, Anpassungsfähigkeit und Baustoffe angegangen.



Buech bei Mühleberg BE. Optimale Eingliederung neuer Wohnbauten in ein bestehendes Ortsbild. (Photo: P. Aebi)

von der Industrie abgegebenen Schadstoffen aber praktisch zu vernachlässigen. Aus gesellschaftlichen Gründen wäre es wünschenswert, die industrielle Produktion so sauber zu führen, dass eine Vermischung von Arbeitsplätzen mit Wohngebäuden möglich würde.

Büro- und Verwaltungsgebäude

Allgemein vermehrt beachtet werden sollte das Wohlbefinden der in diesen Gebäuden arbeitenden Menschen. Diese Forderung umfasst mehr Individualität, Einflussmöglichkeiten des einzelnen auf Besonnung, Heizung und Lüftung, individuelle Möblierung der Büroräume usw.

Bei diesen Arten von Gebäuden sollte die Errichtung von Bauten mit hoher Lebensdauer möglich sein. Allerdings ist das Problem der Fassadengestaltung bei den Büro- und Verwaltungsgebäuden meist nicht gelöst, werden doch aus Werbegründen Renommierfassaden errichtet, welche optisch rasch veralten und deshalb einen Neubau schon nach einigen Jahrzehnten nach sich ziehen.

Stark vernachlässigt wurde in den letzten Jahren, besonders aufgrund gestalterischer Überlegungen (Glasfassaden), der energetische Gesichtspunkt. Eine Verbesserung der Isolation ist ökologisch dringend wünschenswert.

Büro- und Verwaltungsgebäude sind in den letzten Jahren vor allem auch durch eine aufdringliche Architektur aufgefallen. Kollisionen bestehen insbesondere mit dem Ortsbildschutz. Hier gilt es, den Belangen der Erhaltung unserer kulturellen Landschaft die Priorität einzuräumen.

Bauten für den Handel und das Kleingewerbe

Aus ökologischer Sicht sind vor allem die neu geschaffenen Shopping-Centers abzulehnen, da sie einerseits einen sehr grossen Landbedarf aufweisen (Gebäude und Parkplätze), andererseits für die Warenverteilung schädliche Nebenwirkungen aufweisen, da für den Einkauf ein Auto benützt werden muss.

Bei Bauten für das Kleingewerbe ist insbesondere auf die Erhaltung bestehender Gewerbebetriebe zu achten. Diese gestatten eine rationelle Versorgung der umliegenden Wohnbauten mit wesentlichen Dienstleistungen. Sie sind auch aus sozialen Überlegungen erwünscht, sofern sie nicht umweltbeeinträchtigende Emissionen oder Immissionen aufweisen.

Transport- und Verkehrsgebäude

Diese Kategorie von Bauten kann vor allem durch exponierte Standorte, so zum Beispiel bei Bergstationen von Seilbahnen oder Eintönigkeit (Güterbahnhöfe), die Landschaft nachhaltig schädigen. Die Frage der Notwendigkeit dieser Bauten soll hier nicht diskutiert werden. Hingegen ist auf eine bessere Eingliederung in das Landschaftsbild zu achten.

Gebäude für das Gastgewerbe

Das Gastgewerbe muss bemüht sein, seinen Gästen Erholung und Entspannung zu gewährleisten um so den menschlichen Tätigkeitskreislauf zu schliessen. Diese Möglichkeiten können geschaffen werden durch die Wahl von der Umgebung entsprechenden Baustoffen, einer ansprechenden Innenarchitektur sowie einer architektonischen Anpassung an die übrige Umgebung. Ebenfalls sind die oft rasch wechselnden Bedürfnisse auf dem Sektor des Gastgewerbes durch flexible bauliche Gestaltungen zu berücksichtigen.

Übrige Gebäude

Die übrigen Gebäude umfassen Medizin- und Wohlfahrtsgebäude, Sportstätten, Bildungs- und Forschungsstätten, Gemeinschaftszentren, Mehrzweckhallen, Kulturstätten, Ausstellungsgebäude sowie Kultbauten. Die Anwendung von ökologischen Kreislaufbetrachtungen auf diese Gebäudearten führt zu keinen wesentlichen Aussagen, da es sich um Gebäude mit sehr spezifischen Nutzungsarten handelt. Hingegen wird bei den Baustoffen nochmals auf diese Gruppe zurückzukommen sein.

Baustoffe

Gegenwärtig stehen uns noch sämtliche bekannten Baustoffe zur Verfügung. Allerdings haben die Untersuchungen der Umweltforschung gezeigt, dass in einigen Jahrzehnten auf wesentliche Baustoffe verzichtet werden muss, da diese entweder überhaupt nicht mehr vorhanden oder dann so knapp sein werden, dass sie für Bauzwecke aus preislichen Gründen nicht mehr in Frage kommen werden. Tabelle 1 zeigt, nach wieviel Jahren bei gleichbleibenden Zuwachsraten die wesentlichsten nichtregenerierbaren Rohstoffe erschöpft sein werden.

Die Erschöpfung eines grossen Teils dieser nichtregenerierbaren Rohstoffe in den nächsten dreissig Jahren wird ungeahnte Preissteigerungen für gewisse Stoffe nach sich ziehen. Daraus kann geschlossen werden, dass auf dem Baustoffsektor in den nächsten Jahren mit wesentlichen Umschichtungen zu rechnen ist. Entsprechende Verknappungen auf dem Kunststoffsektor machen sich bereits bemerkbar.

Langfristig betrachtet wird im Hochbau in Zukunft wieder vermehrt auf die ursprünglichen Baustoffe Holz, Stein, Erde und die daraus herstellbaren Materialien zurückgegriffen werden. Es gilt heute, die Bauproduktion auf die in Zukunft vorhandenen Baustoffe auszurichten.

Tabelle 1. Nichtregenerierbare Rohstoffe (nach [10])

Rohstoffart	bekannte Reserven in Mio t (bzw. in Mio anderer Einheiten)	statistischer Index (Jahre)	mittlere jährliche Zuwachsrates des Verbrauchs (in %)	exponentieller Index (Jahre)
Aluminium	1 170	100	6,4	31
Chrom	775	420	2,6	95
Kohle	5 000 000	2300	4,1	111
Kobalt	2,18	110	1,5	60
Kupfer	308	36	4,6	21
Gold	0,011	11	4,1	9
Eisen	100 000	240	1,8	93
Blei	91	26	2,0	21
Mangan	800	97	2,9	46
Quecksilber	3,34 (Flaschen)	13	2,6	13
Molybdän	4,95	79	4,5	34
natürliche Gasvorkommen	325 (km ³)	38	4,7	22
Nickel	66,5	150	3,4	53
Petroleum	0,0523 (km ³)	31	3,9	20
Platin-Gruppe	0,0133	130	3,8	47
Silber	0,17	16	2,7	13
Zinn	4,35	17	1,1	15
Wolfram	1,32	40	2,5	28
Zink	123	23	2,9	18

4. Hochbau und Ökonomie

Abgrenzung der ökonomischen Betrachtung

Wie die vorangegangenen Betrachtungen zeigen, ist bei ökologischen Analysen des Hochbaus eine Vielzahl von Einflussgrößen zu berücksichtigen. Dabei besteht die Gefahr, dass einfache ökologische Zusammenhänge auf komplexe menschliche Interdependenzen übertragen und allenfalls Fehlschlüsse daraus gezogen werden. Diese vielfach im subjektiven Bereich verlaufenden Wertungen sollen nun auf eine allgemein anerkannte Wertgrundlage, nämlich auf die Ökonomie, zurückgeführt werden.

Sind die aus ökologischer Sicht aufgestellten Forderungen wirtschaftlich vertretbar?

Bei der Aufstellung von ökologischen Forderungen muss auch die Realisierbarkeit beachtet werden. Im Hochbau hängt diese ab von den wirtschaftlichen Entscheidungen der am Bau interessierten Leute sowie von den durch Gesetz vorgegebenen Restriktionen. Diese letzteren umfassen alle Bauverordnungen sowie die feuerpolizeilichen Vorschriften. Die folgenden Ausführungen beschränken sich jedoch auf die wirtschaftlichen Aspekte von einzelnen Hochbauten oder Gruppen davon.

Wie in der ökologischen Einleitung gezeigt wurde, lassen sich in bezug auf den Hochbau die ökologischen Forderungen auf sechs *Teilgebiete* zurückführen. Es sind dies:

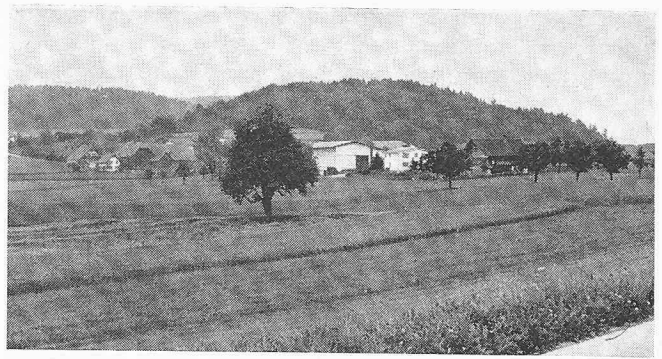
1. Natürliche Kreisläufe
2. Gesetzmässigkeiten der Natur
3. Minimale Energieverwendung
4. Umweltverunreinigung
5. Zerstörung örtlicher Ökosysteme
6. Landschaftsgestaltung.

Die Punkte 1 und 2 lassen sich mit einfachen ökonomischen Methoden nicht begründen. Auf die bis anhin verwendeten Modelle oder Berechnungsarten, wie zum Beispiel die Nutzen-Kosten-Analyse, soll hier nicht eingetreten werden.

Hingegen lässt sich die dritte Forderung nach einer *minimalen Energieverwendung* ohne weiteres auch wirtschaftlich vertreten. Die Beweisführung kann wie folgt aussehen: Allfällige Mehrkosten für eine bessere Isolation beim Bau eines Gebäudes sind so lange betriebswirtschaftlich zu rechtfertigen, als sie nicht die kapitalisierten Einsparungen an Heizkosten überschreiten. Diese betriebswirtschaftliche Betrachtung stösst dann an ihre Grenzen, wenn lange Zeiträume betrachtet werden und die wirtschaftlichen Zukunftsvorstellungen ungewiss sind. Solche Ungewissheit besteht bei den Investitionen bezüglich der Bauteuerung, der Entwicklung des Kapitalmarktes sowie bezüglich neuerer Baustoffe (Isolationsstoffe). Bei den Heizkosteneinsparungen liegt die grösste Unsicherheit bei den Kosten für die Energie, den technischen Fortschritt bei Heizanlagen sowie den erzwungenen baulichen Veränderungen der Zukunft (An- oder Umbauten, Renovationen, usw.). Gerade die gegenwärtige Energiekrise hat gezeigt, dass viele Bauherren von der irrigen Annahme gleichbleibender Heizölpreise ausgegangen sind und ihre Gebäude entsprechend schlecht isoliert haben. Die Zukunftsperspektiven lassen vermuten, dass sich gute Isolationen von Gebäuden auch bei hohen Investitionskosten langfristig bezahlt machen werden.

Die *Umweltverunreinigung* mit Abfallstoffen jeglicher Art gehört in den Bereich der volkswirtschaftlichen Betrachtung. Bei einer volkswirtschaftlichen Grenzkostenbetrachtung sollte die Umweltverunreinigung so stark vermindert werden, bis die Kosten einer weiteren Umweltverbesserung gerade dem zusätzlichen Nutzen entsprechen.

Werden Grenzkosten und Grenznutzen des Umweltschutzes sowie der Reinheitsgrad graphisch aufgetragen, so zeigt die Nutzenkurve den zusätzlichen Nutzen, welcher durch einen



Landwirtschaftliche Siedlung Stoons, Rosshäusern-Dorf BE. Beispiel einer schlecht proportionierten und in der Farbgebung verfehlten Landwirtschaftlichen Siedlung. (Photo: P. Aebi)

höheren Reinheitsgrad entsteht. Diese Kurve kann als gesellschaftlicher Grenznutzen an sauberer Umwelt bezeichnet werden. Punkt A auf der Abszisse zeigt den Reinheitsgrad auf, wo zusätzliche Reinigungsmassnahmen keinen positiven Nutzen mehr erbringen. Dieser Reinheitsgrad muss jedoch nicht 100% entsprechen. Die Kostenkurve zeigt die zusätzlichen Kosten, die mit den Reinigungsmassnahmen verbunden sind. In Punkt B sind Optimalbedingungen erreicht. Reinigungsmassnahmen, welche über den Punkt B hinausgehen, würden mehr gesellschaftliche Kosten verursachen als Nutzen stiften. Die Schwierigkeiten bei dieser ökonomischen Betrachtung liegen bei der Nutzenkurve. So ist es fraglich, ob hier eine Kurve des zunehmenden Reinheitsgrades aufgezeichnet werden kann oder ob es sich nicht vielmehr um treppenförmige Kurvenverläufe handelt. Eine Voraussetzung für die Konstruktion dieser Nutzenkurve wäre die Kenntnis der Schadensfunktion. Diese zeigt den Zusammenhang auf zwischen den Schadstoff-Mengen und den dadurch verursachten Schäden [14]. Als Schadstoffe kommen zum Beispiel in Frage die Luftverunreinigung durch Schwefeldioxyd, die entsprechenden Schäden können ausgedrückt werden in Anzahl Krankheitstagen, Korrosionsschäden an Fassaden, Minderleistungen der Vegetation usw.

Die *Zerstörung örtlicher Ökosysteme* sowie *Fragen der Landschaftsgestaltung* lassen sich ebenfalls nur mit volkswirtschaftlichen Betrachtungen angehen. Der Schaden infolge Zerstörung örtlicher Ökosysteme lässt sich wirtschaftlich mit Opportunitätskosten berechnen.

Dies soll anhand eines Beispiels erläutert werden: Angenommen, für den Bau eines Shopping-Centers sei die Trockenlegung einer bis anhin landwirtschaftlich genutzten Ebene, welche auch streifenweise Sträucher und Bäume aufweist, verbunden. Die Absenkung des Grundwasserspiegels zieht nun eine Zerstörung der bisherigen Baum- und Strauchschicht nach sich. Die Feldgehölze sterben ab. Dadurch können sich die Schädlinge stark vermehren, da mit dem Verschwinden der vielfältigen Landschaft den natürlichen Feinden der Schädlinge die Lebensgrundlage entzogen wurde und die Nützlinge sich entsprechend vermindern oder aussterben. Der flächenmässige Ertragsausfall der Landwirtschaft wird durch Düngung und Monokulturen kompensiert. Dadurch wird jedoch ein Teil des Düngers oberflächlich abgeschwemmt.

Die gedüngten Flüsse und Seen werden zusätzlich belastet und können infolge Eutrophierung, das heisst durch übermässige Zunahme an Nährstoffen und der sich daraus ergebenden Überproduktion von organischem Material, absterben.

Die Monokulturen sind stark unkrut- und schädlingsanfällig und verlangen einen vermehrten Einsatz von Giftstoffen. Es lässt sich also folgender Kreislauf skizzieren: Ertragsausfall wird durch Düngung kompensiert, diese bewirkt Vermehrung der Schädlinge infolge Anbau von Monokulturen, Dün-

gung bewirkt auch Gewässerverschmutzung, Schädlinge müssen mittels Gift beseitigt werden, Gift kann auch in die Nahrungskette gelangen usw. Die Umweltbelastung nimmt stark zu.

Im Vergleich zwischen Verbesserung der bisherigen Detailhandelsgeschäfte und Erstellung eines Shopping-Centers sind in bezug auf das örtliche Ökosystem folgende Opportunitätskosten auszuweisen:

- Grundwasserabsenkung
- Verwendung von Pestiziden
- Düngung
- Verarmung des Bodens wegen Monokulturen
- Gewässerverschmutzung
- Immissionen des individuellen Verkehrs (Auto der Kunden und Lieferanten)
- Transportkosten der Kunden
- Bau- und Unterhaltskosten von Zufahrtswegen zu Lasten der Öffentlichkeit.

Demgegenüber sind allenfalls Mehrerträge vorhanden: Beim Shopping-Center-Besitzer über die Gewinnentwicklung, bei Strassenunterhaltfirmen für die Instandhaltung der Zufahrtsstrassen, beim Autogewerbe für vermehrte Kilometerleistungen der Kunden. Es handelt sich dabei aber ausschliesslich um private Erträge. Volkswirtschaftlich stiftet das Shopping-Center unter den obigen Annahmen keinen Nutzen.

Eine solche, allerdings nur in den Grundzügen skizzierte volkswirtschaftliche Analyse, kann Aufschluss geben über Zusammenhänge, welche für den Bauherrn unwichtig sind. Die Öffentlichkeit hingegen sollte in zunehmendem Masse versuchen, bei geplanten Grossüberbauungen solche volkswirtschaftlichen Betrachtungen anzustellen.

Von betriebswirtschaftlicher Bedeutung ist die ökologisch geforderte, längere Nutzungsdauer von Gebäuden. Wie bereits gezeigt wurde, dürften sich in den nächsten 30 Jahren verschiedene Baustoffe wesentlich verteuern, da ihre Gewinnung auf zunehmende Schwierigkeiten stossen wird. Deshalb könnten die heute noch preislich günstig vorhandenen, in Zukunft aber rasch knapp werdenden Baustoffe aus Gründen der Kapitalanlage in Gebäuden gehortet oder reichlich verwendet werden. Diese Seite des Problems kann uns im Rahmen dieser Ausführungen nicht interessieren. Hingegen ist bei dynamischen Bauvorhaben, d.h. bei solchen, welche auch in Zukunft laufend entweder im Innenausbau oder insgesamt den veränderten Entwicklungen angepasst werden müssen, eine Abstimmung auf das zukünftige Angebot von Baustoffen angezeigt. Der Investitionsentscheid müsste deshalb folgende Grössen umfassen:

- Die voraussehbaren baulichen Veränderungen sollten sich über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren erstrecken.
- Die Entwicklung des Kapitalmarktes ist vor allem in Zeiten starker Inflation eingehend zu prüfen. Ist das Fremdkapital zu einem tieferen Zinsfuß erhältlich als die Teuerungsrate und verfügt der Bauherr über eine hinreichende Liquidität, so lohnen sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht grosse und auf lange Nutzungsdauer ausgerichtete Bauvorhaben. Werden dabei noch viele Baustoffe verwendet, welche die Umwelt beim Bau oder Abbruch nicht belasten, so ist eine solche Investitionspolitik auch ökologisch vertretbar. Abgelehnt werden muss hingegen eine solche Politik aus volkswirtschaftlicher Sicht. Kapitalzinsfüsse, welche unter der Teuerungsrate bleiben, bewirken unerwünschte Umverteilungseffekte. Die Investoren können ihre Investitionen über die Entwertung der Vermögen von Kleinsparern und Rentnern finanzieren.
- Wesentlicher Beurteilungspunkt ist auch die Entwicklung auf dem Rohstoffsektor. Nebst den gegenwärtigen und zukünftigen Beschaffungsmöglichkeiten müssen auch die Unterhaltsprobleme von Hochbauten aus der Rohstoffseite beurteilt werden.

- Die bauliche Gestaltung wird ebenfalls beeinflusst durch die alternativen Benützungsmöglichkeiten von Altliegenschaften. Je unspezifischer ein Gebäude konzipiert wird, desto höher wird der Liquidationswert im Falle von anderweitiger Benützung sein. Hier sind ökologische und betriebswirtschaftliche Interessen identisch.

Allerdings lassen sich viele dieser Einflussgrössen wirtschaftlich nicht klar erfassen. Es handelt sich dabei meist um Entscheide unter Unsicherheit [11]. Trotzdem ist ein Analysieren des Bauvorhabens in dieser Richtung angezeigt, insbesondere bei Büro- und Verwaltungsgebäuden, bei Industriegebäuden sowie beim Gastgewerbe.

Das ökologische Postulat der langen Nutzungsdauer bei Wohngebäuden lässt sich wirtschaftlich ebenfalls vertreten, da das geforderte, grosszügigere Raumangebot bezüglich Raumgrösse und Raumhöhe langfristig eine bessere Vermietungschance bietet. Es liesse sich in diesem Zusammenhang ein Optimierungsmodell zwischen mutmasslichen Mietzinsentwicklungen in Funktion von der Grosszügigkeit des Raumangebotes und der damit verbundenen Mehrinvestitionskosten berechnen.

5. Schlussbemerkungen

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einzelner Bauvorhaben sind in zunehmendem Masse auch die spezifischen ökologischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Zu erwähnen sind die Entsorgungsprobleme, die Verkehrsanlage, die Energiekosten an gewissen Standorten usw. Darüber lassen sich keine allgemein gültigen Aussagen machen. Es gilt vielmehr, möglichst alle spezifischen Gegebenheiten aufzulisten und in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzubeziehen. Nichtmonetäre Grössen sind ebenfalls zu erfassen und beim Investitionsentscheid gutachtlich zu berücksichtigen.

Eine Ausrichtung des Hochbaus auf diese erweiterten ökologischen Einflussfaktoren dürfte sich in den meisten Fällen langfristig auch wirtschaftlich bezahlt machen. Allerdings sind erst Ansätze für methodische Verbesserungen vorhanden. Es sind noch wesentliche Forschungsanstrebungen nötig.

Literatur

- [1] P. R. Ehrlich und A. H. Ehrlich: Bevölkerungswachstum und Umweltkrise. Frankfurt a. M., 1972, 533 S.
- [2] H. Ellenberg: Ökosystemforschung. Berlin-Heidelberg-New York, 1973, 280 S.
- [3] H. M. Enzensberger: Zur Kritik der politischen Ökologie. «Kursbuch» 33 (1973), S. 1-42.
- [4] J. W. Forrester: Der teuflische Regelkreis. Stuttgart, 1972.
- [5] A. Gigon: Ökosysteme, deren Gleichgewicht und Störungen. Manuskript des Fortbildungskurses für Landschaftsschutz und Umweltpflege an der ETH Zürich, 20 S. Zürich, 1973.
- [6] E. Goldsmith und R. Allen: Planspiel zum Überleben. Stuttgart, 1972, 115 S.
- [7] E. Grandjean und A. Gilgen: Umwelthygiene in der Raumplanung. Luftverunreinigung/Lärm/Grünzonen/Besonnung. Thun, 1973, 334 S.
- [8] R. Keller: Bauen als Umweltzerstörung. Alarmbilder einer Un-Architektur der Gegenwart. Zürich, 1973.
- [9] G. Laage: Umwelt und Mitbestimmung. München, 1973, 158 S.
- [10] D. Meadows: Die Grenzen des Wachstums. Stuttgart, 1972.
- [11] E. Nievergelt: Ein Beitrag zur Lösung von Entscheidungsproblemen mit mehrfacher Zielsetzung. «Die Unternehmung» 25 (1971), H. 2, S. 101-126.
- [12] E. P. Odum: Ökologie, 2. Auflage. München, 1972, 161 S.
- [13] J. Schmithüsen: Allgemeine Vegetationsgeographie. Berlin, 1968.
- [14] H. Stebert: Das produzierte Chaos - Ökonomie und Umwelt. Stuttgart, 1973.
- [15] B. Stugren: Grundlagen der allgemeinen Ökologie. Jena, 1972, 223 S.

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. B. Bittig, dipl. Forsting, ETH, SIA, lic. oec. publ., Lehrbeauftragter für Umweltökonomie an der Universität Zürich, Chef der Sektion Struktur- und Wirtschaftsfragen des Eidg. Oberforstinspektorates, Postfach, 3000 Bern 14, Belpstrasse 36.