

Zeitschrift: Werk, Bauen + Wohnen

Herausgeber: Bund Schweizer Architekten

Band: 80 (1993)

Heft: 6: Neue Prämissen - andere Formen = Nouvelles prémisses - autres formes = New premises - different forms

Artikel: Taktik und Mittel "dauerhaften Bauens" : ein Überblick über Forschungsresultate

Autor: Stahel, Walter R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-60864>

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: 14.01.2026

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

Taktik und Mittel «dauerhaften Bauens»

Ein Überblick über Forschungsresultate

Sogenanntes «ökologisches Bauen» ist im doppelten Sinn missverständlich. Erstens suggeriert es, dass Probleme, die auf politischer und wirtschaftlicher Ebene liegen, mit baulichen Mitteln gelöst werden könnten. Zweitens sind das Bauen und der Bauprozess nicht mit einem organischen Kreislauf zu vergleichen.

Der folgende Beitrag – der Sache näherstehend – untersucht Taktiken, Strategien und Mittel dauerhaften Bauens und fasst in prägnanter Form Forschungsresultate der letzten zehn Jahre zusammen.

Vue d'ensemble sur les résultats des recherches

Ce qu'on appelle «construction écologique» est un double malentendu. Premièrement, cela suggère que les problèmes se situant au niveau politique et économique pourraient être résolus par des moyens appartenant au bâtiment. Deuxièmement, bâtiment et processus de construction ne sauraient se comparer à un cycle organique.

L'article qui suit étudie de plus près les stratégies, tactiques et moyens d'une «construction durable» et résume sous une forme condensée les résultats des recherches effectuées lors des dix dernières années.

An Overview of the Results of Research

The expression “ecological architecture” is misleading in two senses. Firstly, it suggests that problems on a political and economical level can be solved by architectural means, and secondly, architecture and the architectural process cannot be compared to an organic cycle.

The following article draws somewhat closer to the problem and investigates the tactics, strategies and methods of durable architecture and provides a concise summary of research into the issue over the past ten years.

*Dipl. arch. ETH,
Institut für Produktdauer-Forschung /
Institut de la Durée, Genf

Korrosion von Kupfer unter verschiedenen Luftverschmutzungsbedingungen

Corrosion du cuivre dans différentes conditions de pollution atmosphérique

Corrosion of copper under the influence of various kinds of air pollution

Quelle: Kucera, Vladimir, Swedish Corrosion Institute (1986); in: The Nordic Council's International Conference on Air Pollution

«Dauerhaftes Bauen» ist ein Ausdruck, der innerhalb eines vielfältigen und vernetzten Bezugssystems gesehen werden muss, wobei die folgenden Faktoren beispielhaft aufgezählt sind, das heisst sie sind weder vollständig, noch werden sie alle bei jeder Baute eingesetzt werden können:

- ein Entwerfen für Dauerhaftigkeit (Beispiel: das Lloyd's-Gebäude in London), das heisst eine Baugestaltung mit eingebauter Anpassbarkeit an künftige technische und Nutzungsänderungen;
- ein Konstruieren für das Unbekannte (negatives Beispiel die Gotthard-Autobahnbrücke bei Wassen), das heisst unter Anwendung von Risikomanagementprinzipien wie eingebaute Redundanz sowie Fehler-toleranz und Selbstschutz gegenüber Nutzern und Natur;
- ein Entwerfen und Bauen für Demontage statt Abbruch (historische Beispiele: Burgen und Tempel aus Steinquadern), um Komponenten wieder- und weiterverwenden zu können;
- eine Materialwahl unter Berücksichtigung des stofflichen Recyclings, um die Baumaterialien nach der Demontage vollständig zurückgewinnen und möglichst

auf dem qualitativ gleichen Anwendungsniveau weiterverwenden zu können (Bauwertstoffrecycling);

- ein Bauen ausgerichtet auf Ressourcenschonung und Energieverbrauchsminimierung «von der Wiege zurück zur Wiege», das heisst unter anderem eine Berücksichtigung der «ECUP-Kennzahl» (Energy Capital per Unit of Performance, oder Energieaufwand, inbegriffen Transport und Recycling, pro Anforderungseinheit) verschiedener Baumaterialien;
- eine Ressourcen- und Energieschonung durch Optimierung der Produkt- und Nutzungsdauer auf System-, Produkt- und Komponentenebene, erleichtert unter anderem durch eine Verwendung von standardisierten, austauschbaren Komponenten in einem Modulsystem.

Dauerhaftigkeit

Dauerhaftigkeit ist der Teil einer wirtschaftlich-technischen Strategie der Abfallvermeidung und Rohstoffschonung (inklusive Energieeinsparung), der selbst für Experten nicht offensichtlich ist.

Langlebigkeit (oder Dauerhaftigkeit) ist auch eine der drei Eigenschaften, die notwendig sind, um gemäss dem EG-Verordnungsentwurf vom 21. Februar 1991 das neue EG-Umweltzeichen zu erlangen.

Was ist denn «Dauerhaftigkeit» im Bauwesen? Langlebigkeit bei Bauten, und dazu zählen Konstruktionen im Hochbau wie im Tiefbau, kann verschiedene Ursachen haben:

- Nützlichkeit (Beispiele: Leuchtturm, Römerbrücke);
- Schönheit (Beispiel: Villen der Gründerzeit);
- allgemeine Funktion zum Beispiel als Dach (das alte Schlachthaus von Tony Garnier, dem ersten modernen französischen Architekten und Stadtplaner, in Lyon).

Langlebigkeit vor allem bei Komponenten ist oft auch «nur» Ideenreichtum und Phantasie:

- Bauabschränkungen auf dem Hauptbahnhof Zürich aus Eichenschwellen, die zwischen Eisenbahnschienen «eingeklemmt» werden;
- Baustellensignalständer aus Altreifen, die mit Beton gefüllt sind.

Mit anderen Worten: Wieso ein Gut zu Abfall wird oder eine Baute zu Bauschutt, hat mit dem Bau wenig, mit der Baugestaltung und den Gestaltern sehr viel zu tun.

Fehlende Dauerhaftigkeit

Ebenso schwierig ist es, fehlende Langlebigkeit zu definieren:

- der Cypress Freeway in San Francisco, eine zweistöckige Autobahn, welche unter Missachtung der Bau-regeln für erdbebensichere Bauten im Zentrum einer bekannten Erdbebenzone gebaut wurde, hatte von Anfang an nur eine Lebenserwartung «auf Zeit»;

a 0 ppm NO₂ 1,3 ppm SO₂

b 3,0 NO₂ 0 SO₂

c 3,0 NO₂ 1,3 SO₂

Corrosion attack on copper in air containing SO₂ and/or NO₂ at 90 % relative humidity (18).

- die Autobahnbrücke in Wassen, mit ihrer berühmten Pendelstütze, die im Wind pendelte, nachdem die Reuss das Fundament unterspült hatte, ist ein weiteres Beispiel für fehlende Dauerhaftigkeit, die nichts mit dem verwendeten Material (Eisenbeton) zu tun hat, sondern mit der Konzeption, unter anderem mit Risikomanagement.

Langzeitdesign

Eine Definition von Langzeitdesign könnte sich demzufolge auf eine oder mehrere der folgenden Faktoren stützen:

- gebaut, um voraussehbaren Gefahren zu widerstehen;
- anpassbar an künftigen technischen Fortschritt (Beispiel: Sitz von Lloyd's in London);
- anpassbar an künftige Änderungen der Nutzeranforderungen;
- Einfachheit im Konstruktionsdetail, einfache Reparierbarkeit, möglichst wartungsfrei (Beispiel: portugiesischer Sonnenschirm).

Risikomanagement

Der zentrale Faktor dieser Betrachtungsweise ist der Faktor «Zeit»; da wir die Zukunft nicht kennen, können wir auch nicht in einer deterministischen Weise dauerhafte Bauten entwerfen, aber wir können Bauten in einer Art gestalten, dass sie eine Chance haben, die Zukunft zu erleben. Eines der Schlüsselinstrumente dazu ist das bekannte Wissen des Gebietes Risikomanagement. Es lehrt uns:

- vorausschauendes Denken, das heißt Gestaltung für das Ungewisse, gemäß dem anerkannten Grundsatz «Schadenverhütung ist immer wirtschaftlicher als Schadenbehebung»;
- Vermeiden unnötiger Komplexität;
- die Suche nach einer langfristigen Wirtschaftlichkeit;
- ein Verständnis für Langzeitqualität;
- eine Materialwahl, welche unter anderem auch in der Zukunft den natürlichen Elementen widerstehen wird (zum Beispiel Korrosion, Abb. S. 42) und dem künftigen Entsorger keine unlösbar Probleme aufgeben wird.

Wie hängt Langlebigkeit mit Energie zusammen?

Einer der Ausgangspunkte unserer Forschungsarbeiten im Jahre 1975 war eine Studie für die EG-Kommission mit dem Titel «Das Potential, Energie durch Facharbeit zu ersetzen» (Walter R. Stahel 1977/1981). Die Schlussfolgerung dieser Studie war, dass jede Verlängerung der Nutzungsdauer eines Produktes durch Wiederverwendung, Reparatur, Wiederinstandsetzung und technologisches Hochrüsten einer solchen Substitution von Energie durch Arbeit entspricht, aber auch die Substitution einer linearen Struktur durch Kreisläufe

bedeutet, sowie schliesslich eine Substitution von zentraler Fertigung durch örtliche Dienstleistungen zur Folge hat. Diese Folgerungen haben zudem Gültigkeit auf System-, Produkt- und Komponentenebene.

Am Beispiel eines durchschnittlichen Gebäudes wurde aufgezeigt, dass drei Viertel des gesamten «grauen» Energiekapitals – aber nur 25% der Arbeit – in der Tragstruktur enthalten sind, während das Verhältnis beim Innenausbau gerade umgekehrt ist. Die Renovation eines Gebäudes erlaubt somit die Erhaltung von 75% des ursprünglichen Energiekapitals mit einem Arbeitsaufwand vergleichbar dem Arbeitsaufwand bei einem Neubau.

Die Studie hatte ausserdem auch die Wirtschaftlichkeit der Langlebigkeit (im Sinne einer durchschnittlichen Einsparung beim wiederinstandgesetzten Produkt von rund 40%, verglichen mit dem Preis eines vergleichbaren neuen Produktes) gezeigt.

Eine spätere Studie unseres Institutes (Börlin 1987) mit dem Titel «Wirtschaftliche Strategie der Dauerhaftigkeit» umfasst eine Reihe von Fallstudien über verschiedene Firmen (unter anderem im Bauwesen), welche heute schon auf dem Gebiet der Dauerhaftigkeit Forschungen anstellen.

Mit Bezug auf die Diskussion der Schadstoff- und Ökobilanzen möchte ich an die relative Konstanz des Ressourcenaufwandes in der Fertigung und Entsorgung von Wegwerf-beziehungsweise Langzeitgütern erinnern (das heißt der Ressourcenaufwand ist relativ unabhängig von der Lebensdauer einer Baute). Dies bedeutet, dass eine dynamische Bilanzierung den Einbezug des Faktors Zeit verlangt: Schadstoffaufkommen oder Energieverbrauch pro Nutzungsjahr ist die massgebende Zahl! Um ein Beispiel zu geben: Eine Schadstoffbilanz der Materialien einer Römerbrücke hätte vielleicht gezeigt, dass marginale Verbesserungen während des Baus möglich gewesen wären. Der Einbezug der Zeit (rund 2000 Jahre) zeigt aber die Relativität dieser marginalen Verbesserung verglichen mit der «Energieeinsparung», die aus der Dauerhaftigkeit resultiert (ursprünglicher Energieaufwand dividiert durch die 2000 Nutzungsjahre).

Ist Energie ein Problem im Bauwesen?

Energiebilanzen von Baumaterialien

Das Energieproblem ist zuerst ein sehr komplexes Berechnungsproblem. Wie oben erwähnt sind diese Modelle beinahe immer statische Modelle, welche das zu erwartende Resultat (aus der gewählten Bauweise oder den gewählten Baumaterialien resultierende Lebensdauer der Baute) kaum in Betracht ziehen.

Amerikanische Studien der Energiebilanz von Baumaterialien der siebziger Jahre haben klar gezeigt, dass vor allem der Anteil der «indirekten» grauen Energie (rund 42%) nicht unterschätzt werden dürfen.

Literaturhinweise
Stahel, Walter R., und Reday, Geneviève (1976/1981), Jobs for Tomorrow, The Potential for Substituting Manpower for Energy; Commission of the European Community / Vantage Press, New York, N.Y. (in ETH-Hauptbibliothek)
Börlin, Max und Stahel, Walter R. (1987), Wirtschaftliche Strategie der Dauerhaftigkeit, Betrachtungen über die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten als Beitrag zur Vermeidung von Abfällen; Bankverein Heft Nr 32, Schweizer Bankverein Basel (jede SBV-Filiale)
Confino, François (1980), actes de FACT 79, Forum Architecture, Communication, Territoire; Editions Georgi, 1813 Saint-Saphorin/Suisse
Giarini, Orio und Stahel, Walter R. (1989), The Limits to Certainty, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht /NL

Studien, welche ich am Battelle-Institut in Genf für die Battelle-Stiftung in den USA über den Zusammenhang zwischen Energiekapital und Materialfestigkeit durchführte, haben zur Berechnung von ECUP-Zahlen (Energy Capital per Unit of Performance) für verschiedene Materialien geführt. Die Folgerungen dieser Studien haben, kurz gesagt, gezeigt, dass unsere Vorfahren, die nicht über unbeschränkte Energien verfügten, bereits die Materialien mit den tiefsten ECUP-Zahlen verwendeten: auf Druck belastete Ziegelsteine und Naturstein sowie Holz.

Energiebilanzen von Gebäuden

Die Studien der siebziger Jahre haben es uns auch erlaubt, Größenordnungen des Energieverbrauchs von Gebäuden zu erkennen. Dabei zeigte sich, dass:

- die «graue» Energie über einen Zeitraum von 50 Jahren einen relativ kleinen Anteil am Gesamtenergieverbrauch eines typischen Gebäudes hatte (10–20%);
- die variablen Faktoren, wie Tragkonstruktion aus Stahlbeton oder Stahl und teure oder billige Vorhangsfassade, einen sehr kleinen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch eines Gebäudes hatten.

Dabei muss berücksichtigt werden, dass im Falle eines Tiefbaus oder eines Nullenergiehauses, bei denen die (HKL-)Energie während der Nutzung gegen Null geht, diese Unterschiede entsprechend an Bedeutung gewinnen.

Energiekennzahlen verschiedener Konstruktionsarten

Weitere Studien der siebziger Jahre beschäftigten sich auch mit dem Einfluss der Konstruktionsart eines

Gebäudes auf das «graue» Energiekapital. Dabei zeigte sich, dass

- die Geschosszahl und die Konstruktionsart bei Hochhäusern einen grossen Einfluss auf den Materialaufwand pro Quadratmeter (und damit das Energiekapital) hat;
- die Konstruktionsart bei Bauten bis zu zwölf Geschossen jedoch nur einen (im Vergleich mit den Vorteilen eines dauerhaften Bauens) relativ kleinen Einfluss auf das Energiekapital hat (Abb. untenstehend).

Zurück zum Faktor Zeit

Mit dem Stichwort «dauerhaftes Bauen» habe ich begonnen. Das Wort «Dauer» impliziert wieder den Faktor Zeit, oder Langzeit, und damit schliesst sich der Kreis. Zeit bedeutet Ungewissheit, und Design für dauerhaftes Bauen bedeutet Design für eine Ungewissheit, das heisst für die Zukunft (vgl. Giarini 1989). Verluste an Bausubstanz durch

- frühzeitigen Abbruch von Bauten aus Gründen einer mangelnden Anpassbarkeit an neue Nutzungen;
- Katastrophen wie der Einsturz des Cyprus Freeway, der Autobahnbrücke Wassen oder die Zerstörung der Ölplattform «Piper Alpha» in der Nordsee als Folge einer Explosion;
- den Ersatz von Gebäuden nach kurzer Nutzungszeit wegen grosser Qualitätsprobleme, zum Beispiel des Betons (ein Problem vieler Entwicklungs- und Schwellenländer wie etwa Kuwait in den achtziger Jahren);

bedeuten immer auch einen wesentlichen Verlust an «grauem» Energiekapital durch eine vorzeitige Beendigung der Nutzung. Langlebigkeit von Bauten heisst Energieeinsparung pro Nutzungsjahr, über die gesamte Nutzungszeit gerechnet. Langlebigkeit von Bauten heisst auch Abfallvermeidung pro Nutzungsjahr.

Um diesen «Bonus» des dauerhaften Bauens zu erreichen, müssen wir uns den Gesetzen der Ungewissheit beugen. Dazu zählen:

- Design für redundante Sicherheit (zum Beispiel der Verlust von einem Pfeiler bei Brücken ohne Einsturz des Bauwerks);
- Design für einfache und sichere Instandhaltung und Wartung (die regelmässigen amerikanischen Brückeneinstürze infolge unentdeckter Korrosion und mangelnder Wartung);
- eine geistige Bereitschaft des Ingenieurs und Architekten, Werke an Bedürfnisänderungen anzupassen und vor dem Zahn der Zeit zu schützen;
- eigene Bauten für künftige Demontage und Anpassbarkeit zu bauen, unter Verwendung einer Modularbauweise mit strikter Trennung von Funktionen (Tragen, Trennen, HKL und andere technische Gebäudeausrüstungen) sowie mit einer weitgehenden Berücksichtigung von genormten Komponenten und -anschlüssen.

W.St.

Spezifische Materialinvestitionen pro Geschoß in Abhängigkeit der Anzahl Stockwerke und der Konstruktionsart
Consommation spécifique de matériaux par étage selon type de structure et nombre d'étage
Specific material consumption per storey according to number of floors and type of structure

Quelle: C.U.R. report 43, economie bij ontwerpen en invoeren van betonskeletconstructies, Betonvereniging, Zoetermeer; zitiert in: Stahel, Walter R. (1980) Bilan énergétique systématique de bâtiments; in: Confino, François (ed.) actes de FACT 79, Forum Architecture, Communication, Terroire; Editions Georgi, 1813 Saint-Saphorin/Suisse

	Type 1		Type 2		Type 3	
	Concrete m ³	Steel re-inforce- ment t	Concrete m ³	Steel re-inforce- ment t	Concrete m ³	Steel re-inforce- ment t
6 floors index C	202 <u>112</u>		180 <u>100</u>		181 <u>100</u>	
8 floors index C	208 <u>116</u>		185 <u>103</u>		192 <u>106</u>	
10 floors index C index S	216 <u>120</u>	202.6 <u>130</u>	193 <u>107</u>	157.6 <u>101</u>	199 <u>110</u>	155.6 <u>100</u>
12 floors index C	224 <u>124</u>		201 <u>112</u>		204 <u>113</u>	
Structural stability through:	frames in both directions		shear walls in both directions		specially designed liftshaft unit	