

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107 (1989)
Heft: 36

Artikel: Schadstoffe im Bauwesen: Ansatzpunkte einer Neuorientierung
Autor: Schwarz, Jutta
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77161>

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: 22.02.2026

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

Schadstoffe im Bauwesen

Ansatzpunkte einer Neuorientierung

Prominente Persönlichkeiten der ETH und des öffentlichen Lebens haben sich in den letzten Jahren für eine Neuorientierung in der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren und Architekten ausgesprochen. Aus der Sicht der Praxis veröffentlichte eine Arbeitsgruppe des SIA kürzlich eine Broschüre mit dem Titel «Anforderungsprofile für Ingenieure und Architekten in der Praxis» [1]. In nächster Zukunft geht es darum, sich zu überlegen, wie die Ziele, unter Einbezug der höheren technischen Schulen, der Fachverbände und Arbeitgeber, erreicht werden sollen. Der folgende Artikel setzt die begonnene Diskussion fort. Er zeigt aufgrund der heutigen Schadstoffsituation im Bauwesen, wo für die umweltrelevanten Zielvorgaben der SIA-Arbeitsgruppe Ansatzpunkte und Hemmnisse für eine Neuorientierung liegen und welche Denk-, Lern- und Urteilsfähigkeiten zu fördern sind, damit Architekten und Ingenieure die gestellten Anforderungen in der Praxis erbringen können.

Bei den Bestrebungen nach Neuorientierung geht es vordergründig um die Frage, wie die Zusammenarbeit zwi-

VON JUTTA SCHWARZ,
ZÜRICH

schen Bildungsstätten und Unternehmen der Wirtschaft verbessert werden kann. Dass es dieser Fragestellung überhaupt bedarf, ist Ausdruck des verbreiteten Unbehagens über das Verhältnis des heutigen technisch mächtigen Menschen zum Zustand seiner Umwelt, einem Zustand, der sich in lebensnotwendigen Bereichen zunehmend verschlechtert. Aus diesem Malaise ergibt sich ein wachsendes Bedürfnis nach Neuorientierung. So ist es kein Zufall, dass auf Initiative von Wirtschaftsstudenten der Hochschule St. Gallen rund 50 namhafte Wirtschaftsunternehmen im März dieses Jahres beschlossen, die Schweizerische Vereinigung für ökologisch bewusste Unternehmensführung (Ö.B.U.) zu gründen. Ihr Modell zielt darauf ab, alle Unternehmensbereiche und -ebenen gleichzeitig auf den Unternehmenserfolg und die Erfordernisse des Umweltschutzes auszurichten, in der Erkenntnis, dass angesichts der drohenden Umweltprobleme die Rahmenbedingungen immer härter werden und langfristig nur jene Unternehmen überleben können, die sich einen ökologischen Produktionsvorsprung erarbeitet haben. Diese allmähliche Neuorientierung der Wirtschaft im Umgang mit der natürlichen Umwelt und ihren Ressourcen wird für angehende Architekten und Ingenieure eine zentrale Stellung einnehmen.

Schadstoffe im Bauwesen

Architekt und Ingenieur sind von Bau-schadstoffen nie direkt betroffen. Die Gesundheitsrisiken tragen andere für sie, nämlich

- der künftige Bewohner oder Benutzer des Hauses in Form von Wohngiften,
- der Bauhandwerker, der die ausgewählten Materialien auf der Baustelle verarbeitet,
- der Fabrikarbeiter des Baustoffherstellers, der aus giftigen oder schädlichen Rohstoffen ein fertiges Baumaterial oder eine Bauchemikalie herstellt und
- die Leute der Abbruchfirmen, die meistens unter Zeitdruck ein Gebäude abbrehen und den Schuttberg in Mulden verladen, ungeachtet der gesundheitsgefährdenden Stäube und Partikel.

Wirkung und Risiko von Wohngiften

Von den Schadstoffkategorien des Bauwesens sind Wohngifte heute in der Öffentlichkeit am bekanntesten (Bild 1). Als typische Schadstoffquellen sind vor allem die grossflächig verwendeten Materialien bei Gips-, Schreiner- und Malerarbeiten, die Boden- und Wandbeläge sowie Wärmedämmstoffe in Betracht zu ziehen.

Eingebaute Platten, aufgetragene Kleber oder ausgestrichene Lacke, Farben und Holzschutzmittel geben einen grossen Teil ihrer Giftgase nach wenigen Tagen oder Wochen ab. Diese Feststel-

lung ist unbestritten, beleuchtet aber nur die relativ unproblematischen Folgen einer Situation, bei der schadstoffbelastete Materialien auf der Baustelle verwendet werden. Das Verhängnisvolle ausgasender und ausdünstender Schadstoffe liegt vielmehr darin, dass immer ein Rest übrigbleibt, der sich nicht «weglüften» lässt. Die Restschadstoffe verteilen sich allmählich über den gesamten Wohn- und Arbeitsbereich und lagern sich an allen Gegenständen wie Tapeten, Wandputz, Teppichen, Vorhängen, Möbelstücken, Büchern und Akten ab. Daraus entsteht ein Luftgemisch aus vielen verschiedenen Schadstoffen in z.T. sehr geringer Konzentration.

Dieses Problem wird überlagert von den unterschiedlichen gesundheitlichen Risiken durch Kurz- und Langzeitbelastungen. Nach vorherrschender Meinung von Toxikologen sind Wohngifte von ihrer akuten, augenblicklichen Wirkung her gesehen für einen gesunden Menschen nicht gefährlich, sondern lästig. Die Reizwirkungen, um die es sich meistens handelt, verschwinden, sobald die Ursachen beseitigt sind bzw. der Mensch mit den Wohngiften nicht mehr in Kontakt ist.

Anders verhält es sich mit den Langzeitbelastungen. Ihre Wirkungen treten schleichend auf, werden erst nach längerer Zeit erkennbar und lassen sich wegen der toxischen Gesamtsituation, in der sich heute jeder Mensch durch die Vielzahl von Umweltgiften befindet, nur schwer oder gar nicht vorhersehen. Darin liegt das Heimtückische und Bedrohliche der vielen hundert Schadstoffe, die erst seit wenigen Jahren von der Baustoffindustrie verwendet werden. Bei der schädigenden Wirkung von Wohngiften geht es also in erster Linie um die zunächst völlig *unspekulären Fälle*, die nicht nach dem Schema «Ursache beseitigt – Schaden behoben» ablaufen.

Um die vielfältigen Wirkungen von Wohngiften als *Risiko* zu erfassen, muss man von einem grundlegenden Zusammenhang zwischen der Wohnumwelt und der Befindlichkeit des Menschen ausgehen. Unabhängig davon, wo die Kette auslösender Störfaktoren aus der Umwelt beginnt, sei es durch Schadstoffe der Aussenluft, durch Giftstoffe in der Nahrung oder durch Verunreinigungen der Innenluft: Immer wenn Wohngifte mit im Spiel sind, werden *sämtliche Symptome einer*

Krankheit oder eines Unbehagens verstärkt und verschlimmert. Es wäre deshalb ein Fehlschluss, anzunehmen, dass Wohngifte als Einzelgifte wirken. Das Wohngiftisiko entsteht aus der Summe sehr vieler Teilrisiken, die einzeln betrachtet, sofern sie überhaupt bekannt sind, meistens nur einen kleinen Anteil ausmachen. Doch dürfen gerade solche Teilrisiken weder bagatellisiert noch vernachlässigt werden.

Fazit

Bauverantwortliche und Gesetzgeber müssen diesen Zusammenhang in Rechnung stellen, wenn der Mensch am Arbeitsplatz und zu Hause in Zukunft besser vor den Folgen von Schadstoffen aus Baumaterialien geschützt werden soll. Das «Anforderungsprofil» des SIA zielt in diese Richtung; im Kommentar heisst es:

- Der Ingenieur und Architekt SIA ist bereit, die mit seiner Stellung und seinen Aufgaben verbundene Verantwortung zu übernehmen und zu tragen. Er handelt im Bewusstsein seiner Verantwortung nicht nur gegenüber seinem Auftraggeber, sondern gegenüber allen Beteiligten und Betroffenen und gegenüber der Umwelt [1].

Mangelnde Detailkenntnisse und fehlende Arbeitsinstrumente

Ein Baufachmann, der hinsichtlich schadstoffbelasteter Baumaterialien verantwortungsbewusst handeln will, ist in der Regel überfordert, wenn er im grossen und ständig wechselnden Marktangebot schadstofffreie Materialien von solchen unterscheiden soll, die erheblich mit Schadstoffen belastet sind. Allgemein anerkannte Qualitätskriterien gibt es für diesen Zweck noch keine. Doch das «Anforderungsprofil» sieht vor:

- Der Ingenieur und Architekt hat ein ausgesprochenes Verantwortungsbewusstsein in bezug auf Qualität und Sicherheit [1].

Verantwortungsbewusstsein allein hilft bei der Lösung der Schadstoffprobleme nicht weiter, denn die Meinungen über den Stellenwert von Schadstoffen und Wohngiften laufen diametral auseinander. Es gibt namhafte Stimmen, die behaupten, es sei noch nie so gesund gebaut worden wie heute, und es gibt besorgte, nicht weniger namhafte Stimmen, die behaupten, *Wohnen macht krank*. Das Thema Schadstoffe, die zu Wohngiften werden, steht im Kreuzfeuer der Fachmeinungen und muss im Rahmen eines gesellschaftlichen Lernprozesses angegangen werden. Neu, aber charakteristisch für den Prozess-

	Materialzyklus (Zeitachse)				
	Baustoff-Herstellung	Bauprozess	Wohnen Haus-nutzung	Umbau Umnutzung Sanierung	Abbruch Entsorgung End-lagerung
1. Wohngifte • Normalnutzung • Brandfall			betr: Bewohner Benutzer		
2. Arbeitsstoffe	betr: Werk-Arbeiter (Fabrik)	betr: Bauhand-werker (Baustelle/ Werkstatt)		betr: Bauhand-werker (Baustelle/ Werkstatt)	betr: Abbruch-u. Werk-Arbeiter (KVA/ Deponie)
3. Umweltgifte	betr: Boden Wasser Luft Klima	betr: Boden Wasser Luft Klima		betr: Boden Wasser Luft Klima	betr: Boden Wasser Luft Klima

Bild 1. Schadstoff-Kategorien im Bauwesen

verlauf wird sein, dass *Fachwissen und Laienverständnis* gleichermaßen eingebracht werden müssen.

Niemand ist heute in der Lage, kompetent und treffsicher zu beurteilen, ob ein von der Toxikologie bezeichneter Schadstoff, der in einem Baumaterial in einer bestimmten Konzentration enthalten ist, im fertigen Gebäude zum erwarteten Immissionspegel führt und ob dieser Pegel für den Benutzer des Hauses ein Gesundheitsrisiko darstellt. Dieser gordische Knoten lässt sich nur lösen, wenn medizinische Erfahrungen, chemisch-toxikologische Kenntnisse, baufachliches Wissen und schliesslich der gesunde Menschenverstand zusammenspielen.

Fazit

Das Thema «Schadstoffe im Bauwesen» bietet sowohl für die Ausbildung von Ingenieuren und Architekten als auch für die Berufsverbände zur Bereitstellung von Arbeitsinstrumenten Ansatzpunkte für eine grundsätzliche Neuorientierung, denn Verunreinigungen der Raumluft durch Gebäudematerialien lassen sich wirksam und mit vertretbarem Aufwand nur an der Quelle bekämpfen, d.h. durch *emissionsbegrenzende Baumassnahmen* während des Bauprozesses, unter Verwendung schadstofffreier oder schadstoffarmer Bauprodukte.

Schadstoffproblematik als neue Dimension

Das Gemeinsame von Schadstoffen des Bausektors besteht darin, dass sich meistens nur der Anfang der entstandenen Probleme fixieren lässt. Schwer über-

blickbar ist hingegen die Dimension der Problematik in bezug auf übergeordnete Systeme. Doch im «Anforderungsprofil» heisst es:

- Der Ingenieur und Architekt ist dank seiner Bildung befähigt, komplexe (technische) Probleme ganzheitlich und fachübergreifend anzugehen. Er vermag Zusammenhänge aller Art zu erkennen und aufzuzeigen und seine Problemlösungen in die übergeordneten Systeme (wirtschaftliche, gesellschaftliche, ökologische usw.) sinnvoll einzugliedern [1].

Mit einer Situationsskizze von den drei wichtigsten Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen des Bausektors sollen die neuen Dimensionen der Schadstoffproblematik und die sich stellenden Aufgaben angedeutet werden. (Bild 2 zeigt, in welchen Phasen des Materialzyklus Schadstoffwirkungen auftreten).

Steckbrief Asbest

Nach der am 1. Januar dieses Jahres in Kraft getretenen gesetzlichen Regelung darf die Industrie ab 1995 kein Asbest mehr verwenden; bei Hochbauprodukten soll die vollständige Umstellung bereits bis 1990 vollzogen sein. Das Zeitalter des Asbests als Werkstoff geht damit zu Ende. Die Ersatzstoffe sind entwickelt, und die Terminpläne für die stufenweise Ablösung durch asbestfreie Produkte und Technologien liegen vor. Dennoch ist das Schadstoffproblem Asbest noch lange nicht erledigt. Die Gründe:

- Tausende von Quadratmetern asbesthaltiger Bodenbeläge sind in den nächsten 10 Jahren zu ersetzen und müssen entsorgt werden.

	Materialzyklus (Zeitachse)				
	Baustoff-Herstellung	Bau-prozess	Wohnen Haus-nutzung	Umbau Umnutzung Sanierung	Abbruch Entsorgung End-lagerung
1. Wohngifte			Lösungs-mittel Asbest?		
2. Arbeitsstoffe	Asbest	Lösungs-mittel Asbest		Lösungs-mittel Asbest	Asbest
3. Umweltgifte	FCKW	Lösungs-mittel FCKW	FCKW?	Lösungs-mittel FCKW	Asbest

Bild 2. Wichtigste Einzelschadstoffe im Bausektor

- Tausende von Gebäuden haben Fasadens- und Dachabdeckungen aus Asbestzement, die in den nächsten Jahrzehnten saniert werden. Empirische Untersuchungen der Fraunhofer-Gesellschaft belegen eindeutig, dass AZ-Platten in der Aussenluft auf Dauer nicht beständig sind und korrodieren. Die Autoren fordern deshalb für die Festlegung von immissionsbegrenzenden Werten, dass die bei Verwitterung freiwerdenden, inhalierbaren Fasern auch dann als kanzerogen zu bewerten sind, wenn sie in Verbindung mit Zementkörnern auftreten [2].
- Einige tausend Kilometer Trinkwasserrohre aus Asbestzement liegen als Teil des Leitungsnetzes noch im Boden. Heute wird befürchtet, und es gibt ernstzunehmende Anzeichen dafür, dass Asbestfasern vom Leitungswasser herausgelöst werden und über das Trinkwasser in den menschlichen Körper gelangen.

Fazit

Obwohl Asbest heute nur noch in wenigen neuen Baumaterialien vorkommt, hinterlässt der einst universell verwendete Werkstoff *enorme Altlastenprobleme*, die uns die gleichen schwerwiegenden Gesundheitsrisiken verursachen wie die Verarbeitung von Neumaterial. Hinzu kommt, dass asbesthaltiger Bauschutt nicht als normales Muldengut entsorgt werden darf; entsprechend gesicherte Deponien sind indessen nicht vorhanden.

Steckbrief FCKW

Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) enthalten ein Umweltgefährdungspotential, das in seinen Konsequenzen nicht überblickbar ist. Die Gase werden erst nach ca. 100 Jahren restlos abgebaut sein und wirken in die-

ser Zeit als Umweltgifte. Dennoch fällt das FCKW-Problem durch die Mäassen der geltenden Gesetzgebung, denn

- FCKW sind weder akut giftig noch explosiv, noch entflammbar; sie gelten deshalb beim direkten Kontakt mit dem Menschen als unbedenklich und fallen nicht unter das Giftgesetz oder die Arbeitsschutzgesetze;
- FCKW sind bei der Smogbildung im erdnahen Bereich, also in den uns unmittelbar umhüllenden Luftschichten, in nur geringem Masse beteiligt. Deshalb belegt sie die Luftreinhalteverordnung des Umweltschutzgesetzes mit unverhältnismässig grosszügigen Grenzwerten. (Unser Luftreinhaltungskonzept stellt auf die lufthygienische Belastung eines Stoffes und hauptsächlich auf seine akute Giftigkeit ab.)

Die Schweiz produziert selber keine FCKW, verbraucht aber ca. 6000 t pro Jahr. Der Bundesrat kündigte an, bis 1995 den Verbrauch um mindestens 90% zu reduzieren. Davon wird auch der Bausektor betroffen, denn fast ein Drittel der FCKW-Belastung entfällt heute auf Schaumstoffe, die vor allem als Wärmedämmung im Baugewerbe verwendet werden.

Sehr bekannte Dämmstoffe mit FCKW-Treibmitteln sind Polyurethan-Hartschäume. Aus diesen Materialien gelangen FCKW in den verschiedenen Phasen des Materialzyklus (Bild 2) in die Umwelt. Ein Teil der Treibgase entweicht schon während der Herstellung der Schaumstoffmasse und der Formgebung. Beim Verarbeiten der Platten auf der Baustelle werden wiederum FCKW-Gase freigesetzt. Fachlich noch umstritten ist z.Z. die Frage, ob aus fertig montierten Hartschaumplatten weiterhin Treibgas ausdiffundiert und ob

damit der anfänglich hohe Dämmwert mit der Zeit sinkt. Die Klärung dieser Frage wird bauphysikalisch und energietechnisch weitreichende Konsequenzen für künftige Konstruktionen und Sanierungskonzepte haben.

Bei Neubauten wird die Lösung des Problems bei Innovationen liegen, die das Anforderungsprofil für Dämmstoffe grundsätzlich verändern. Architekten und Ingenieure müssen für den Dämm- und Schallschutz neue konstruktive Lösungen entwickeln, welche sich die bekannten und erprobten spezifischen Eigenschaften von nicht geschäumten Dämmstoffen (Mineralfaserstoffe, Zellulosedämmstoffe, mineralische Bläherlite) zunutze machen. Damit wird der Grundstein gelegt, um nicht nur die FCKW, sondern auch die heutigen Treibgasalternativen aus dem industriellen Prozess zu eliminieren.

Fazit

Das Gefährdungspotential der FCKW zeigt einmal mehr, dass Emissionsbegrenzungen vom Gesetzgeber nach *umfassenderen Umweltkriterien* festzusetzen sind. In diesem Zusammenhang ist auch die Frage der Umweltverträglichkeit der FCKW-Substitute höchst bedeutsam und bedarf einer Neuüberprüfung aller umweltrelevanten Aspekte.

In Anwendung des Vorsorgeprinzips sollte der Baufachmann auf FCKW-geschäumte Dämmplatten ab sofort *völlig verzichten* und mit Ersatztreibgasen geschäumte Platten nur noch für Bauten verwenden, die bereits bestehen und sich mit anderen Dämmmaterialien nicht zweckmässig sanieren lassen.

Steckbrief Lösungsmittel

Lösungsmittel sind organische Stoffe mit der Fähigkeit, Fette und fettähnliche Substanzen in Lösung zu bringen. Unter Normalbedingungen liegen sie zumeist in flüssiger Form vor. Beim Lösevorgang verändern sie weder sich selbst, noch die gelösten Moleküle. Die verschiedenen physikalischen Eigenschaften wie Dampfdruck, Siedepunkt und Flüchtigkeit sind entscheidend für den jeweiligen Anwendungsbereich.

Der Bausektor verarbeitet sehr verschiedene Stoffe auf der Basis von Lösungsmitteln, wie z.B. flüssige Boden- und Wandklebstoffe, Farben und Lacke, Voranstriche, Grundierungsmittel, Rostschutzanstriche, Haftvermittler, Imprägnierungs- und Versiegelungsmittel, Abbeizer, Fugenmörtel, Zementzusätze, Dichtungsmassen und Folienkitte. Die Lösungsmittel gelangen während der Trocknungsphase in die Raumluft und in die Umwelt.

Lösungsmitteldämpfe sind gesundheits-schädlich und umweltbelastend zugleich (Bild 2). Da es sich chemisch gesehen um sehr heterogene Stoffe handelt, sind aber die Gefahrenpotentiale unterschiedlich zu beurteilen. Die *Gesundheitsrisiken* bestehen hauptsächlich darin, dass das Einatmen zu Benommenheit, Schwindel, Kopfweh, Übelkeit, Erbrechen, in schweren Fällen zu rauschähnlichen Zuständen und Bewusstlosigkeit führt. Bei Schädigungen werden fast immer das Hirn und das Nervensystem betroffen. Wissenschaftlich umstritten ist die Frage, ob Lösemittel-Konzentrationen, wie sie beim Verarbeiten von Farben, Lacken, Klebstoffen usw. in gut belüfteten Räumen auftreten, bereits gesundheitsschädigend sind. Das betrifft in erster Linie den Bauhandwerker. Strittig ist weiterhin, ob auch bei geringer, aber langandauernder Belastung schwerwiegende Gesundheitsschäden auftreten können. Dabei geht es sowohl um den Bauhandwerker, der ständig mit diesen Stoffen arbeitet, als auch um den Bewohner, der unmittelbar nach Abschluss der Bauarbeiten in das Haus einzieht und u.U. jahrelang in lösemittelangereicherter Luft leben muss.

Bei den *Umweltrisiken durch Lösemittel* gilt das Hauptaugenmerk den flüchtigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Sie gelangen über die Aussenluft in die Atmosphäre und tragen durch verschiedene Sekundäreffekte zur Luftverschmutzung bei. Als starke Umweltgefährdung ist vor allem der Reaktionsverlauf zu werten, bei welchem unter Beteiligung der Sonneneinstrahlung sogenannte Photooxidantien entstehen, die mitverantwortlich für die Smog-Bildung sind.

Nach Berechnungen des Verbandes der Schweiz. Lack- und Farbenfabrikanten beträgt die Lösungsmittel-Emission aus Anstrichstoffen während der Trocknungsphase ca. 30 000 Tonnen pro Jahr (1986). Die Gesamtemission des Bausektors liegt indessen weit höher, weil Klebstoffe, Fugenkitte, Dichtungsmassen usw. in dieser Schätzung nicht enthalten sind. Zum Vergleich eine Berechnung des BUWAL: die gesamten Kohlenwasserstoff-Emissionen von Industrie und Gewerbe (ohne Verkehr) betrugen 1986 rund 200 000 Tonnen. Hauptverantwortlich für diese Belastung ist der Bausektor.

Organische Lösemittel lassen sich zum grossen Teil, aber nicht für alle Zwecke, durch *wässrige Systeme* ersetzen. Die Entwicklungen in der Farben- und Lackindustrie und bei den Bauklebstoffen laufen seit einigen Jahren in dieser Richtung. Für Wand- und Fassadenbeschichtungen gibt es bereits eine breite

Auswahl an lösungsmittelfreien und lösungsmittelarmen Produkten, ebenso für Boden- und Wandklebstoffe. Das Marktangebot ist für die grossflächigen Anwendungen im Innen- und Aussenbereich also weitgehend vorhanden. Hemmnisse bei der Umstellung auf schadstofffreie Produkte liegen zurzeit vor allem beim *Bauhandwerk*, wo der Lernprozess zur Anwendung und Verarbeitung dieser Materialien gerade erst begonnen hat. Die Entwicklung wird zusätzlich verzögert durch gewisse SIA- und DIN-Qualitätsnormen, die das mit der Umstellung verbundene Innovationsrisiko de facto voll dem Bauunternehmer übertragen.

Fazit

An jedem Bau werden lösemittelhaltige Chemikalien in grösseren Mengen verwendet. Diese Stoffe sind umweltbelastend und häufig auch Ursache von Wohngiften. Ein völliges Verbot kommt vor allem aus bautechnischen Gründen nicht in Frage. Die sich abzeichnende Lösung des Problems dürfte vielmehr bei einem weitgehenden Verzicht (freiwillig oder durch Abgaben erzwungen) auf stark lösemittelhaltige Produkte liegen. Architekten, Ingenieure und Bauunternehmer werden sich also hinsichtlich lösemittelhaltiger Bauchemikalien auch in Zukunft nicht in einem sicheren gesetzlichen Rahmen bewegen, sondern selber *Urteilsfähigkeit* bei der Optimierung von ökologischen, bautechnischen und wirtschaftlichen Aspekten entwickeln müssen, wenn sie verantwortungsbewusst handeln wollen.

Herausforderung an Baufachleute

Die Schadstoffproblematik ist eine Herausforderung an Baufachleute, weil sie die Ausschliesslichkeit der naturwissenschaftlichen Methodik in Frage stellt und vom Einzelnen neue Denk-, Lern- und Urteilsfähigkeiten verlangt.

Grenzen der Beweisbarkeit oder das unverständene Schadstoffproblem

Bautechniken beruhen weitgehend auf naturwissenschaftlichen Methoden, und der Ingenieur und Architekt wird während seiner Ausbildung in diesem Denken geschult. Deshalb scheint es zunächst selbstverständlich, was für ihn wissenschaftlich ist: nämlich Tatsachen, nach Möglichkeit auf dem Experiment beruhend, bzw. ihre beweisbaren Kausalzusammenhänge. Wird er mit Fragen der Gesundheits- und Umweltgefährdung konfrontiert, sucht er gemäss seiner Denkschulung folgerich-

tig nach der Ursache und Wirkung der involvierten Stoffe oder Bauverfahren. Als Antwort auf seine Fragen erwartet er als wissenschaftlichen Beweis ein Messresultat, einen Grenzwert oder zumindest die beschreibende Form eines nachvollziehbaren Experimentes.

Diese für die sogenannten exakten Wissenschaften übliche Methodik [3] hilft heute in der Medizin, Biologie und Toxikologie meistens nicht weiter, wenn es um Fragen der Gesundheitsgefährdung und Umweltbelastung durch Schadstoffe geht. Welche Gründe sind dafür verantwortlich?

Modernes naturwissenschaftliches Denken basiert auf dem Kausalitätsgesetz, das in seiner heutigen Ausformung auf das Wissenschaftsideal von Isaac Newton zurückgeht. Die Anwendung dieses Gesetzes setzt ein Denken voraus, nach dem jede Ursache ihre Wirkung und jede Wirkung ihre *bestimmte, einzige Ursache* hat. Ein solcher Denkansatz genügt in den Umweltwissenschaften nicht, weil es heute viele Schadensbilder gibt, die *multifaktoriell* bedingt sind und weil die Schädlichkeit eines Stoffes mitunter erst bewiesen werden kann, wenn er bereits irreversible Schäden angerichtet hat. Zur Neuorientierung wird ein Denken in nichtlinearen Zusammenhängen erforderlich, ein Denken in Systemen, wo viele Punkte miteinander vernetzt sind oder vernetzt sein können. Diese erlernbaren Denkfähigkeiten bedingen ein neues Naturverständnis und erweiterte naturwissenschaftliche Methoden.

Zur Risikoabschätzung von umwelttoxikologischen und gesundheitlichen Belastungen durch Bau- und andere Schadstoffe braucht es grundsätzlich *andere wissenschaftliche Begründungen* als die Beweisbarkeit nach dem Denkschema von Ursache und Wirkung. Unser Umweltschutzgesetz trägt diesem Umstand insofern Rechnung, als es im Grundsatz das Prinzip der Vorsorge verankert. Demzufolge sind Massnahmen und entsprechendes Handeln schon dann erforderlich, wenn ein mehr oder weniger begründeter Verdacht auf Umweltgefährdung vorliegt. Im «SIA-Anforderungsprofil» heisst es:

- Der Ingenieur und Architekt orientiert sich für sein Tun und Lassen nicht nur an der Gegenwart, sondern denkt zukunftsgerichtet (dynamisch), um damit sowohl allgemeinen Entwicklungen als auch den Konsequenzen seiner eigenen Planung Rechnung zu tragen.
- Er handelt nach Treu und Glauben und in Übereinstimmung mit den berufsethischen Grundsätzen [1].

Hier wäre zu ergänzen, dass das Umweltschutzgesetz nur den Aussenbe-

reich erfasst und dass die Luftbelastungswerte für das Gebäudeinnere nicht gelten. Der Gesetzgeber wird diese Lücke auch in Zukunft nicht schliessen können, denn Wohnmediziner und Toxikologen haben sich, wegen möglicher Kombinationswirkungen von Stoffen, ausserstande erklärt, Grenzwerte für den Wohnbereich zu definieren. Der Baufachmann muss sich also im beruflichen Alltag weiterhin über weite Strecken in einem *gesetzlichen Vakuum* bewegen. Soll er eigenverantwortlich und nach berufsethischen Grundsätzen handeln, muss man ihn auch in ökologischen Fragen so ausbilden, dass er klare Prioritäten setzen kann.

Als Signal in dieser Richtung sollte an den Hochschulen die *wohnmedizinische Forschung* als Disziplin mit integrierten Fachzielen etabliert werden. Weder die EMPA, deren Erkenntnisgegenstand einzelne Bauteile sind, noch das Toxikologische Institut der ETH, das sich in erster Linie mit der Giftigkeit von Einzelstoffen beschäftigt, können diesen Anspruch erfüllen. Ihre Denk- und Forschungsansätze sind etwas völlig anderes als eine wohnmedizinische Forschung im Sinne von «Healthy Buildings» wie sie in den skandinavischen Ländern und im angelsächsischen Raum seit Jahren betrieben wird.

Fazit

Als wissenschaftlich wird heute das bezeichnet, was als Meinung der Mehr-

heit von anerkannten Fachleuten gilt. Ein Blick auf die moderne Wissenschafts- und Technikgeschichte zeigt aber, dass es in der Regel stets so war, dass Nicht-Fachleute im vorgenannten Sinn immer wieder diese Kollektivmeinungen mit ihren Forschungen, Erfindungen und Erfahrungen umwarfen und so den anerkannten Fachleuten zu erweiterten Kenntnissen verhalfen. Von diesem *Prinzip der Grenzüberschreitung* dürfen wir auch für die heutigen Schadstoffprobleme wichtige Impulse erwarten, wenn es gelingt, Fähigkeiten zu entwickeln, die dieses Prinzip zum Tragen bringen.

Neue Fähigkeiten ohne Spezialisierung

Wir leben in einer Zeit ständig fortschreitender Spezialisierung in Wissenschaft und Praxis, ablesbar etwa an der ständigen Zunahme immer speziellerer Fachberufe und an der immer weitergehenden Auffächerung der technischen Wissenschaften in immer mehr Fachbereiche. Wissenschaft und Praxis bilden dabei einen sich selbst verstärkenden Regelkreis: Jedes neue Fachgebiet führt zur Ausbildung neuer Spezialisten für die Praxis, und jeder Bedarf der Praxis nach Spezialisten etwa für die Lösung neuartiger technischer Probleme fördert die weitere Spezialisierung unter Wissenschaftlern und Technikern.

Spezialisierung ist überall notwendig, wo es tatsächlich auf die vollständige Kenntnis aller Einzelheiten ankommt. So könnte ein zeitgemäss ausgerüstetes Haus nicht ohne einen Stab von Spezialisten normengerecht gebaut werden. Es wäre aber falsch, die Nachteile zu übersehen, welche die einseitige Ausbildung und Förderung von Spezialisten mit sich bringt. Je spezieller die Tätigkeit des Einzelnen wird, um so komplizierter und undurchschaubarer für andere werden die Zusammenhänge seiner Arbeit, um so unverständlicher die unsichtbaren Mechanismen, die aus den vielen Einzelspezialisten ein Ganzes, ein Projektteam, eine Arbeitsgemeinschaft, eine Forschergruppe, ein Unternehmen oder eine Institution entstehen lassen.

E. F. Schumacher, der weltbekannte Autor von «Small is beautiful», charakterisiert in seinem letzten Buch die Vorgehensweise des Spezialisten bei der Problemlösung als «Labormethode» [4]. Sie bestehe darin, alle Faktoren auszuschliessen, die sich nicht streng kontrollieren oder zumindest genau messen lassen, so dass man ihnen «Rechnung tragen» kann, wie er leicht sarkastisch anmerkt. Da sich die im Bauwesen anstehenden Schadstoffprobleme mit der «Labormethode» nicht elimi-

nieren und auch die Wohngiftprobleme mit ihr nicht therapieren lassen, benötigen Architekten, Ingenieure und alle am Bau mitverantwortlich Beteiligten in Zukunft noch etwas anderes als Spezialkenntnisse in Baufragen.

Die eingangs geschilderten Charakteristika einer Wohngiftsituation zeigen, dass bei der Festlegung präventiver Massnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Schadstoffeinträgen während des Bauprozesses Spezialwissen und Laienverständnis gleichermaßen erforderlich sind. Baufachleute werden sich deshalb in nächster Zukunft gewisse Kenntnisse in Baustoffchemie und Stoffanalytik, u.U. auch in Toxikologie, aneignen, zumindest soweit es für das Verständnis physiologischer Eigenschaften von Baustoffen und Baumaterialien notwendig ist. Dieses erweiterte Fachwissen ist bei der detaillierten Materialwahl sicher hilfreich, es garantiert aber nicht für eine ganzheitliche Sicht bei der Projektplanung und für aufeinander abgestimmte Massnahmen zur Vermeidung von Schadstoffproblemen. Vielmehr braucht es dafür die *ganzheitliche Denkweise des Generalisten*, der auch im Zustand von noch unvollkommener Datenlage und Information grössere Zusammenhänge erkennt und fähig ist, verschiedene Gesichtspunkte zu erfassen und abzuwägen und sein Teilwissen in ein umfassendes Gesamtbild zu integrieren.

In einer ganzheitlichen Betrachtungsweise sind nicht allein die Termine und der KV massgebend, sondern schon in den Grundsatzentscheiden auch die ethischen, ökologischen und kulturellen Aspekte eines Projektes. Dieses Vorgehen setzt eine verantwortungsbewusste persönliche Haltung voraus, die sich mit formaler Ausbildung nicht vermitteln lässt. Anders ist die Situation bei der Umsetzung der getroffenen Grundsatzentscheide.

Ganzheitliches Denken bei der Projektplanung beinhaltet das systematische Suchen nach nicht offensichtlichen und deshalb oft übersehenen Einflussfaktoren sowie eine darauf beruhende Selektion der Konstruktion und der Materialien. Diese neuen Fähigkeiten sind durchaus lernbar. Da sie zur Bewältigung unserer Schadstoff- und Umweltprobleme eminent wichtig sind, sollten sie in Zukunft auch an den Hochschulen und in Weiterbildungskursen durch formale Ausbildung vermittelt werden.

Fazit

Die meisten Schadstoffprobleme können nicht auf der Ebene gelöst werden, wo sie in Erscheinung treten. Deshalb

Literatur

- [1] Anforderungsprofile für Ingenieure und Architekten in der Praxis, SIA Dokumentation D 029, Zürich, Nov. 1988
- [2] Spurny, K.R., Marfels, H., Pott, F., Muhle, H.: Untersuchungen über Korrosion und Abwitterung von Asbestzementprodukten sowie die krebserregende Wirkung der Verwitterungsprodukte. Forschungsbericht UBA-FB 86 097, Nr. 104 08 314, Text 12, 1-172. Hg Umweltbundesamt Berlin und Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Berlin/München 1988
- [3] Ausführlich dazu: Fierz, M.: Naturwissenschaft und Geschichte. Vorträge und Aufsätze, Basel (Birkhäuser) 1988. (In mehreren Aufsätzen setzt sich der Autor als Physiker und Mathematiker mit den Methoden der exakten Wissenschaften und besonders mit dem naturwissenschaftlichen Experiment als wissenschaftlicher Erfahrung auseinander.)
- [4] Schumacher, E.F.: A Guide for the Perplexed (1977); dt.: Rat der Ratlosen (1979)

Leicht überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten an der ETH Zürich anlässlich des Fachseminars «Energiesysteme» des Institutes für Energietechnik vom 29. Mai 1989 in Filzbach.

taugt spezialisiertes Fachwissen im konkreten Fall bestenfalls dazu, die Situation zu entschärfen.

Bauverantwortliche sollten im Sinn des Vorsorgeprinzips *aktive Strategien* zur Vermeidung von Gesundheits- und

Umweltgefahren oder gar Schäden entwickeln. Dafür ist mehr generalistisches Denken erforderlich. Die Ausbildungsangebote für Architekten und Ingenieure sind auf allen Stufen so auszubauen, dass sie das Handwerk des Generalisten mit ökologisch ausgerichteten Denk- und Handlungsweisen erlernen können. Deutliche Schritte in dieser Richtung sind notwendig, weil sich die im Text mehrfach zitierten «SIA-Anforderungsprofile» mit den heutigen Ausbildungskonzepten nicht erreichen lassen und weil der aktuelle «Stand von Wissenschaft und Technik» noch im-

mer eine Bauwirtschaft fördert, die die Güter der Erde verbraucht und zerstört, statt sie in möglichst kleinen Kreisläufen haushälterisch zu gebrauchen.

Adresse des Verfassers: Dr. J. Schwarz, Umwelt + Wirtschaft + Energie, Lindenhofstrasse 11, 8001 Zürich.

Natur-, Landschaft- und Heimatschutz innerhalb des Waldareals

Bericht über eine Arbeitstagung

Auf Einladung der Fachgruppe der Forstingenieure im SIA, des Schweizerischen Forstvereins und der Leitung des Stapferhauses in Lenzburg fand sich am 6. und 7. Juni 1989 in den Räumen des letzteren im Rahmen der Seminarien «Wald und Gesellschaft» eine Gruppe engagierter Forstleute, Naturschutzbeauftragter, Exponenten der grossen schweizerischen Natur- und Landschaftschutzorganisationen, Biologen, Vertreter der angesprochenen Bundesämter sowie der Forschung und Lehre zu intensiven, konstruktiven Gesprächen über das oben angeführte Thema zusammen.

Ein aktuelles Thema der Umweltproblematik

Unmittelbaren Anlass zu dieser Arbeitstagung bildete die 1987 vom damaligen Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz herausgegebene Schrift «Natur- und Heimatschutz beim forstlichen Projektwesen, Wegleitung und Empfehlungen». Die Herausgeber setzen sich nun dafür ein, dass das darin enthaltene Gedankengut und die konkreten Anliegen nicht nur auf dem Papier bleiben, sondern möglichst umfassend in die waldwirtschaftliche

(die weitgehend Sache der Kantone ist) Gültigkeit haben und Beherzigung erfahren sollen. Von der Lenzburger Tagung wurde erwartet, dass sie hierfür geeignete Mittel und gangbare Wege aufzeige. In ihrem Verlauf wurde die durch das Thema gestellte Problematik

– die in neuerer Zeit vielerorts zu von der Sache her zwar unangebrachten und unerwünschten Spannungen und Konflikten zwischen Vertretern der verschiedenen Anliegen geführt hat und führt – jedoch in einem viel breiteren Rahmen behandelt.

Wie es zur heutigen Situation kam

Als 1902, also vor 87 Jahren, das heute noch geltende Bundesgesetz betreffend die eidgenössische Oberaufsicht über die Forstpolizei – mit seinem inhaltlich fast gleichen Vorläufer von 1876 mit Geltungsbereich nur über das Hochgebirgsgebiet der Schweiz – in Kraft trat, stellten Behörden und Bevölkerung ganz spezifische Erwartungen an die darin geforderte künftige Waldbewirtschaftung. Damals befanden sich grosse Teile unseres Waldareals in einem völlig verwahrlosten und verlichteten Zustand, was erwiesenermassen zunehmend häufig zu periodischen katastrophalen Überschwemmungen der gros-



Bild 1. Hauptziel der eidgenössischen Forstpolizeigesetze war die Verbesserung der Schutz- und Produktionsfunktion der Wälder. Bild: Aufforstungsprojekt im früher schwach bewaldeten, rutschgefährdeten Einzugsgebiet des Gang-Baches im Urner Schächental, Stand 1943 (Aufnahme: Dr. A. Huber)

VON ALFRED HUBER,
SCHAFFHAUSEN

Praxis umgesetzt werden. Dabei weisen sie ausdrücklich darauf hin, dass diese Wegleitung und ihre Empfehlungen nicht nur bei der Planung und Ausführung eigentlicher forstlicher (vom Bund subventionierter) Projekte, sondern dauernd und überall auch im Zuge der normalen Waldbewirtschaftung