Das Problem einer Gesamtbewertung der Umweltbelastungen

Autor(en): **Scherrer, Hans-U.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89 (1971)**

Heft 50: **SIA-Heft 6/1971: Umweltgestaltung**

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85067

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

längst nicht mehr in der Menge, sondern in der Qualität – dem Ausbildungsstandard, dem Genügen der Infrastruktur usw.

Quantitatives Wachstum muss einer qualitiativen Verbesserung weichen; diese banale Konsequenz wurde offensichtlich sogar in der Enzyklika wider die Pille übersehen, die den Gläubigen wohl einen denkbar schlechten Dienst erweist, denn nur eine rasche Eindämmung des weiteren Bevölkerungswachstums kann dazu verhelfen, ein vernünftiges Gleichgewicht zwischen möglicher Besiedlungsform und echten primären Grenzbelastungen zu erreichen. Welche Möglichkeiten zu einer vernünftigen Begrenzung der Übervölkerung andernfalls verbleiben, hätten die Verfasser der Enzyklika im übrigen aus 2. Samuel 24,15 entnehmen können: Vor die Wahl zwischen Hunger, Krieg und Pest gestellt, entschied sich König David für die letztere – da sie mit dem Bevölkerungsüberschuss in 3 Tagen aufräumte. Wir werden aber kaum mehr so billig davonkommen wie er, denn er vermochte sein Volk – als die Prozedur ausser Kontrolle geriet – für nur 50 Lot Silber wieder loszukaufen...

Literaturverzeichnis

[1] ZBV-Tagung «Wie leben wir morgen?», Gottlieb Duttweiler-Institut, Rüschlikon, Mai 1965 (unpublizierte Manuskripte).

[2] *Hans B. Barbe*: Megalopolis, The Trend Towards the Future?. University of Manchester, Dept. of Extramural Studies, Syposium on «The Future of Conurbation Transport», October 1970 (Symposium Papers).

[3] *H. G. Wells:* The Time Machine, London 1895.

[4] *Leonard C. Lewin:* Report from Iron Mountain, Dial Press, New York 1967.

[5] *Paul B. Sears:* Where there is life, New York 1970, Dell Nr. 9500.

[6] *Stefan Denaerde:* Buitenaardse beschaving, Deventer 1969, Uitgeverij N. Kluwer.

Adresse des Verfassers: *Hans B. Barbe*, dipl. Ing. ETH, SIA, 8053 Zürich, Witikonerstrasse 289.

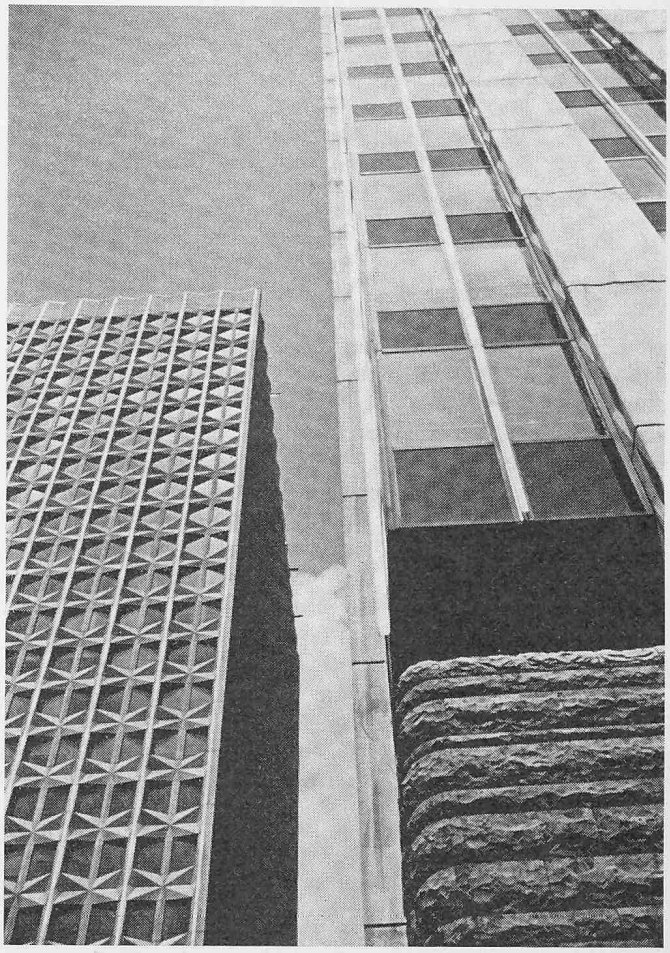

Bild 6. Brasilia – New York – Paris – Berlin – Tokio? Aus einem solchen Bild ist kaum mehr zu entnehmen, auf welchem Teil unseres Planeten es genommen wurde. Vorboten von Terastiopolis, des krebsartigen Stadtungeheuers? Die nüchtern-sterile Bauweise unserer Zeit führt zu gesichtslosen Städten, deren Identitätsverlust sich auf ihre Bewohner abfärbt

Das Problem einer Gesamtbewertung der Umweltbelastungen

DK 577.4.004.4

Von **H. U. Scherrer,** dipl. Ing., Zürich, Beauftragter an der ETH Zürich, Abt. II, über Umweltplanung und Umweltprobleme zu lesen

1. Einleitung

Mit seltener Einhelligkeit hat das Schweizer Volk am 6. Juni 1971 seinen Willen bekundet, den legitimen Anspruch des Menschen auf *Schutz seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche oder lästige Einwirkungen* in der Bundesverfassung zu verankern (Artikel 24 septies). Wohl hat die starke Publizität dieses Anliegens das Problembewusstsein in breite Bevölkerungskreise getragen. Doch ist mit der nun verfassungsmässigen Verankerung des Anspruches des Bürgers das Problem bei weitem nicht gelöst, sondern eben erst die Herausforderung zum Handeln ausgesprochen.

Diese Herausforderung richtet sich an Wissenschafter verschiedenster Richtung, an Ingenieure, Planer, Wirtschafter, Juristen und Soziologen – ja, sie richtet sich überhaupt an alle Bürger. Der berühmte Ausspruch *John F. Kennedys,* «Frage nicht, was der Staat für dich tun kann, sondern frage dich, was du für den Staat tun kannst», lässt sich sehr treffend auf das Problem des Umweltschutzes anwenden. Denn es ist nicht der Verfassungsartikel allein; es sind auch nicht die Gesetze allein, welche noch folgen werden, es ist nicht die wissenschaftliche Entwicklung neuer Verfahren (etwa das des abgasarmen Automobils), es sind auch nicht neue umwerfende planerische Massnahmen bezüglich weiterer Besiedlung, welche je für sich allein die Bedrohung unseres Lebensraumes abwenden könnten, sondern es ist das Zusammenwirken aller erdenklicher Teilbemühungen und darüber hinaus – und dies ist das entscheidende – die Mitwirkung aller Bürger (von denen schon die nahe Zukunft eine grundlegende Wandlung des Denkens verlangen wird), was vielleicht die Lebensgrundlagen unserer und folgender Generationen noch sichern kann.

2. Einflussgrössen und Steuerungsfaktoren

Man braucht sich nur wenig mit den Fragen des exponentiellen Wachstums der Bevölkerung und der wirtschaftlichen Expansion zu beschäftigen, um zu erkennen, dass – unter Berücksichtigung des begrenzten Lebensraumes und der schwindenden natürlichen Bestände – die gegenwärtige Entwicklung nicht unbegrenzt weitergehen kann, sondern in absehbarer Zukunft zu einer Katastrophe führen wird, wenn es uns nicht gelingt, sie in andere Bahnen zu lenken. Die Einflussgrössen, an denen allfällige Steuerungsmassnahmen angesetzt werden müssen, sind allerdings vielfältig, die gegenseitigen Abhängigkeiten und Zusammenhänge vielschichtig und die Anforderungen an die Einsicht der Menschheit ausserordentlich gross.

Wenn man die Erhaltung einer lebenswerten Lebensgrundlage etwa mit *«Qualität des Lebens»* bezeichnet, so ist diese mit folgenden *Einflussgrössen erster Ordnung* verknüpft:

Qualität des Lebens = Funkion von
- Bevölkerung
- Konsum
- Produktion
- Rohstoffvorkommen
- Lebensraum
- Kapitalinvestitionen
- Umweltbelastungen

Zwischen diesen Einflussgrössen bestehen unter sich wieder komplexe Wechselbeziehungen (wie etwa zwischen Produktion und Vorkommen), welche recht empfindlich auf unausgewogene, einseitige Steuerungsmassnahmen (zum Beispiel drastische, gesetzliche Rationierung einer oder mehrerer dieser Einflussgrössen) reagieren. Über diese Wechselbeziehungen sind am Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA, eingehende Modellstudien durchgeführt worden [1], auf die hier nicht näher eingetreten werden kann. Hingegen soll nachstehend in erster Näherung die auf eine etwas vereinfachte Form gebrachte Teilbeziehung der *Umweltbelastung* betrachtet werden, welche anlässlich des Symposiums über den Schutz unseres Lebensraumes im November 1970 [2] vorgeschlagen wurde.

Die Umweltbelastung Q als Funktion der Zeit kann grundsätzlich zu folgenden Grössen in Beziehung gebracht werden:

$$Q(t) = \frac{\text{Bevölkerungszahl} \times \text{Güterkonsum}}{\text{verfügbarer Lebensraum} \times \text{Wirkungsgrad}}$$

Nachdem der verfügbare *Lebensraum* «Erde» absolut begrenzt ist, verbleiben nur die restlichen drei Einflussgrössen, mittels denen mit der Zeit die Umweltbelastung verändert werden kann.

Unter dem *Wirkungsgrad* soll vornehmlich die Verminderung der Umweltbelastung durch bessere, umweltfreundlichere, hauptsächlich technische Verfahren verstanden werden. Hier liegt im besonderen die Herausforderung an den Wissenschafter und den Ingenieur. Es sei aber gleich festgehalten, dass dieser Bereich allein nicht die Gesamtlösung bringen kann. Im Gegenteil. Obschon sich durch technische Verbesserungen die Umweltbelastung bedeutend vermindern lässt, wird doch nur in verhältnismässig kurzer Zeit jener Zustand wieder erreicht, bei dem die Gesamtbelastung wieder genau so gross sein wird wie vor der Durchführung der Verbesserung, wenn nicht das Wachstum von Bevölkerung und Konsum stark eingeschränkt wird.

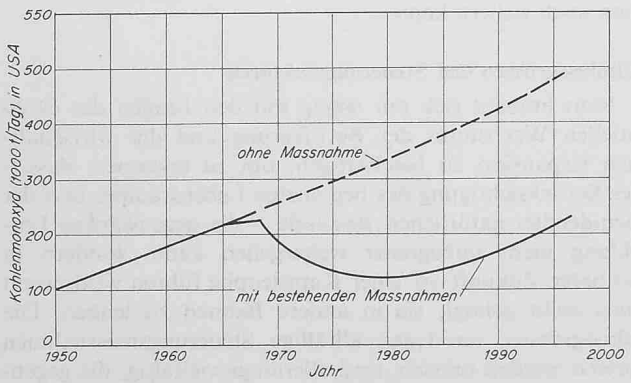

Bild 1. Kohlenmonoxyd-Emission in den USA in Abhängigkeit von der Zeit und Einfluss des Programms zur Entwicklung abgasarmer Automobile

Dies lässt sich an vielen Beispielen zeigen; man denke nur an das anspruchsvolle amerikanische Programm zur Entwicklung abgasarmer Automobile. Bild 1 zeigt die Abnahme der Kohlenmonoxyd-Emission in den USA gegenüber dem unkontrollierten Zustand, wie er bis 1966 herrschte. Wie ersichtlich, wird man ungefähr um 1980 wieder den Zustand erreichen, der etwa im Jahre 1952 vorhanden war. Nachher wird die Emission bei anhaltendem Wachstum des Gesamtverkehrsaufkommens (Bevölkerung × Konsum!) aber weiter ansteigen, und etwa um das Jahr 2000 ist die gleiche Belastung erreicht wie zu Beginn der Verbesserungsmassnahmen. Die Atempause beträgt hier rund 30 Jahre, in anderen Fällen ist sie noch wesentlich kürzer.

Die Verbesserung des Wirkungsgrades gleicht also — das zeigt sich sehr deutlich — eher einer blossen Symptombehandlung. Dauerhafte Massnahmen müssen die *primären Ursachen,* nämlich das *Bevölkerungswachstum* und den durch den wirtschaftlichen Expansionszwang angetriebenen *Konsum*, treffen. Ihre Durchführung wird naturgemäss geraume Zeit beanspruchen. Einmal ist den Konsumgewohnheiten, die das exponentielle Wachstum verursachen, ein starkes Beharrungsvermögen eigen. Ferner müssen die Steuerungsmassnahmen so getroffen werden, dass die innere Ausgewogenheit der eingangs erörterten Einflussgrössen nicht gestört wird und das Wirtschaftsgefüge, das ebenfalls Bestandteil unserer Lebensgrundlage ist, nicht zusammenbricht. Schliesslich setzt die Ursachenbehandlung eine grundlegende *Wandlung und Umschichtung des Denkens* voraus, und dies wird, wie alle Erziehungsprobleme, erfahrungsgemäss auch reichlich Zeit beanspruchen. Deshalb sind, gewissermassen als Sofortmassnahmen und als Notprogramm, Symptombehandlungen unerlässlich. Technische Verbesserungen sind sogar dringend notwendig. Wir dürfen uns aber keinesfalls der Illusion hingeben, mit diesen allein sei das Umweltschutzproblem gelöst. Unter diesem Vorbehalt soll nun die Frage des Wirkungsgrades angegangen werden.

3. Betrachtung einzelner Belastungen und Gesamtschau

Die Bewertung des Wirkungsgrades legt die Wünschbarkeit einer Gesamtbeurteilung nahe, selbst wenn die Verwirklichung eines Projektes oder eines zivilisatorischen Eingriffs ganz verschiedene Umweltbelastungen verursacht. Zunächst war es unumgänglich, die einzelnen Umweltbelastungen im Rahmen der eigenen Sachgebiete — zum Beispiel Akustik, Luftverschmutzung, Gewässerschutz usw. – zu untersuchen. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass Grenzwerte – soweit sie bis heute überhaupt formuliert wurden – sich immer nur auf *eine* Art der Belastung beziehen. Sogar innerhalb der Luftverunreinigung sind Grenzwerte auf die einzelnen Komponenten bezogen (wie zum Beispiel CO, SO_2 oder HC-Verbindungen), obschon das gleichzeitige Zusammenwirken anders zu beurteilen ist.

Angesichts der zunehmenden Bedeutung der gleichzeitigen Beanspruchungen durch verschiedene Arten von Umweltbelastungen *(Superposition)* sowie der möglichen *Umlagerung* einer Art auf eine andere (bei vermeintlicher Behebung einer Umweltbelastung tritt oft die Belastung in anderer Form wieder auf!) vermag eine sektorielle Betrachtungsweise nicht mehr zu befriedigen. Die oft komplexen Zusammenhänge und die manchmal nicht direkt erkennbaren Querbeziehungen zwischen Bereichen verschiedener Umweltbelastungen lassen sich fast an beliebig vielen Beispielen veranschaulichen, von denen hier nur einige typische aufgeführt werden sollen:

Überlagerung von thermischer Belastung eines Flusses und der Wasserverschmutzung anderen Ursprungs; Umlagerung von Luftverschmutzung durch abgelehnte Autobusse auf Umweltbelastung durch die Elektrizitätserzeugung (Kühltürme!), welche für den entsprechenden Betrieb von Trolley-

bussen erforderlich wird (die Frage, welche Belastungsart vorzuziehen ist, bleibt hier offen). Örtliche Verlagerungen; Beispiel: Wenn bei der zu erwartenden Verknappung in der Elektrizitätserzeugung und weiterem Verbrauchswachstum die fehlende Energie – wie neulich zu lesen war – importiert werden soll, so entspricht dies einer Verlagerung der entsprechenden Umweltbelastung auf das Ausland.

Dieser Sachverhalt verdeutlicht die Forderung nach einer Gesamtschau. Eine entsprechende Bewertung verlangt aber auch Masszahlen und Wertmassstäbe, welche mindestens eine relative Wertung der verschiedenen Arten der Umweltbelastung gestatten. Besonders bei Projektbewertungen oder beim Vergleich von Projektvarianten ist die numerische Ermittlung einer Gesamtmasszahl erwünscht. Sie stellt eine bedeutende Grundlage bei Planungsentscheiden dar.

Die Aufgabe, eine für alle Arten der Umweltbeanspruchungen umfassend anwendbare Masszahl zu konzipieren, ist gerade wegen der Verschiedenartigkeit der Belastungen äusserst problematisch und bis heute noch nicht gelöst. Dementsprechend sind die folgenden Ansätze lediglich als grundsätzliche Möglichkeiten gedacht:

– *Punktbewertung* nach verschiedenen, auf die fraglichen Projekte anwendbaren Kriterien

– *Kosten-Evaluation,* Bewertung nach den finanziellen Auswirkungen, wobei auch die nicht oder nur schwer erfassbaren Auswirkungen (zum Beispiel Schädigungen an Dritten oder der Natur) zahlenmässig erfasst werden müssen

– *Index-Evaluation,* Festlegung des Verhältnisses, in welchem einzelne Belastungen zu den entsprechenden Grenzwerten stehen

4. Punktebewertung

Zunächst wird ein möglicher *Kriterienkatalog* aufgezeichnet (vgl. Tabelle 1), der allenfalls durch weitere Bewertungskriterien ergänzt werden kann. Die erste Gruppe enthält Kriterien, welche den durch Immissionen Geschädigten oder Belasteten betreffen. Selbstverständlich sind dabei nicht nur direkt Menschen, sondern es ist auch die Natur im allgemeinen verstanden. Eine zweite Gruppe betrifft Kriterien, welche für den Emittenten von Belang sind. Die dritte Gruppe bezieht sich auf Emissionen und/oder Immissionen. Die erste Kolonne führt die Hauptkriterien auf, während die zweite die verschiedenen möglichen Stufen enthält. In den Kolonnen rechts könnten nun, geordnet nach Emissionsart oder auch gesamthaft, die *Bewertungspunkte* und die *Gewichtung* eingetragen werden, zum Beispiel je für zwei zu vergleichende Varianten.

Jede Punktbewertung enthält verhältnismässig viel subjektives Ermessen, wodurch der Wert der Methode in Frage gestellt werden kann. Dennoch ist sie oft besser als nichts. Der grösste Gewinn liegt aber zweifelsohne schon in der systematischen Erarbeitung eines Kriterienkataloges und in der vergleichenden Überprüfung aller Auswirkungen – beispielsweise zweier Projektvarianten. Allein dieses systematische Durchdenken kann schon klärende Wirkung zur Folge haben und eine wertvolle Grundlage für den Planungsentscheid bedeuten.

5. Kosten-Evaluation

Ähnlich wie heute für eine landläufige Projektbeurteilung unter anderem eine Kosten-Nutzen-Analyse herangezogen werden kann, bei der zum Beispiel nicht direkt fassbare Nutzen als volkswirtschaftliche Gesamtnutzen quantifiziert werden (zum Beispiel Zeitersparnis eines Automobilisten oder Verminderung von Hochwasserschäden usw.), kann auch bei der Bewertung der Umweltbelastung grundsätzlich eine *Quantifizierung in Franken* angestrebt werden.

Tabelle 1. Möglicher Kriterienkatalog für die Bewertung von Umweltbeziehungen

Kriterium	Stufen	Punkte
1. Immissionen		
1.1 Ökologische Folgen	1.11 Unbehagen, z. B. Verletzung des Schönheitsempfindens	
	1.12 Belästigung	
	1.13 Gesundheitsschädigung	
	1.14 Gefährdung der ökologischen Lebensgrundlagen	
1.2 Zusätzliche Belastung (Verhältnis der zusätzlichen Belastung zum bestehenden natürlichen Kräfteverhältnis)	1.21 Vernachlässigbar	
	1.22 Unbedeutend	
	1.23 Vergleichbar	
	1.24 Überwiegend	
1.3 Reversibilität	1.31 Irreversible Belastung[1]	
	1.32 Reversible Belastung	
1.4 Wirtschaft	1.41 Volkswirtschaftliche Schäden	
	1.42 Kosten zur Behebung von Belästigungen bzw. für Schutzmassnahmen	
2. Emissionen		
2.1 Zwangslage des Emittenten	2.11 Unvermeidbarkeit	
	2.12 Verminderung nur durch Umschichtung des Denkens	
	2.13 Verminderung materiell sehr aufwendig	
	2.14 Verminderung problemlos	
2.2 Nutzung	2.21 Nachhaltige Nutzung	
	2.22 Raubbau	
2.3 Wirtschaft	2.31 Produktionsverteuerung durch Beseitigung der Emission	
3. Emission und Immission		
3.1 Zeitabhängigkeit	3.11 Einmalige, zeitlich begrenzte Belastung	
	3.12 Periodisch wiederkehrende Belastung	
3.2 Ortsabhängigkeit	3.21 Örtlich begrenzte Belastung	
	3.22 Örtlich unkontrollierbare Belastung	
	3.23 Globale Belastung	
3.3 Schaden/Nutzen	3.31 Geldmässig quantifizierbare Grössen	
	3.32 Schwierig quantifizierbare, immaterielle Grössen	
3.4 Aufwand/Ergebnis	3.41 Geldmässig quantifizierbare Grössen	
	3.42 Schwierig quantifizierbare, immaterielle Grössen	

Bei den zivilisatorischen Handlungen entstehen Kosten und Nutzen. Gewöhnlich hat der Nutzniesser des Nutzens auch für die Kosten aufzukommen. Nun werden aber längst nicht immer alle Kosten erfasst, indem beim Wirtschaftskreislauf Umweltbelastungen und -schädigungen beziehungsweise Abbau von Naturgütern nicht den Verursachern (und damit auch nicht den Nutzniessern) angelastet werden, beziehungsweise deren Folgen von Dritten – der Gesamtheit der

[1]) z. B. Abbau sich nicht erneuernder Güter wie Erze, fossile Brennstoffe; Zerstörung von Land.

Bevölkerung, den Nachkommen oder auch einfach der Natur – zu tragen sind. Die nicht auf dem Verursacher lastenden Kosten werden als «externe», «soziale» oder «volkswirtschaftliche Kosten» bezeichnet ([3] und [4]).

Durch Quantifizierung dieser *sozialen Kosten* wird es möglich, eine Masszahl der Umweltbelastung festzusetzen, wobei das Problem bei der frankenmässigen Erfassung der Umweltschädigung erst einsetzt. Wie wird beispielsweise eine verhältnismässig leichte Erkrankung, die nicht heilbar ist, «bewertet»? [4]. Möglicherweise lässt sich dieses Bewertungsproblem wegen der Komplexität der Auswirkungen überhaupt nicht berücksichtigen.

Eine weitere geldmässige Bewertung würde darin liegen, die Kosten zur Behebung einer bestimmten Umweltbelastung zu quantifizieren. Diese müssen ohnehin den sozialen Kosten gegenübergestellt werden, und wenn sie niedriger sind, wären diese dann auch massgebend. Wenn auch die Quantifizierung der *sozialen Kosten* wegen der Komplexität der Eigenheiten und Auswirkungen von Umweltbelastungen vielleicht als Masszahl der Umweltbeanspruchung vorerst etwas entmutigend erscheint, so hat sie doch grundlegende Bedeutung für Planungsentscheide und sollte deshalb nicht ausser acht gelassen werden.

6. Index-Evaluation

Im allgemeinen bestehen für jede Art von Umweltbelastung minimale Grenzwerte (G_{min}), bei denen keine Beanspruchung der Umwelt festzustellen ist, beziehungsweise welche den natürlichen Bedingungen entsprechen, und maximale Grenzwerte (G_{max}), bei denen die Beanspruchung gerade noch zugelassen werden kann. Es gilt nun, die effektive Belastung (B) in Beziehung zu diesen Grenzwerten zu bringen und mittels eines *Index-Wertes* auszudrücken. Zur Erläuterung dient Bild 2. Die einfachste Beziehung ist die Proportionalitäts-Relation; sie wird durch die Gerade 1 dargestellt und ist dann anwendbar, wenn die Auswirkungen einer bestimmten Belastung (B_i) in lineare Beziehung zu ihren Grenzwerten gebracht werden kann. Der Belastungsindex I_i lautet dann:

$$I_i = B_i - G_{min} / G_{max} - G_{min}$$

Erreicht die effektive Belastung den Grenzwert G_{max}, so wird der Index gleich eins; überschreitet sie den Grenzwert, so wird der Index grösser als eins.

Es zeigt sich, dass die einfache lineare Beziehung nur dann zulässig ist, wenn das Überschreiten des Grenzwertes tatsächlich immer noch nur eine «lineare» Zunahme der Auswirkung beziehungsweise der Schäden mit sich bringt. Ist

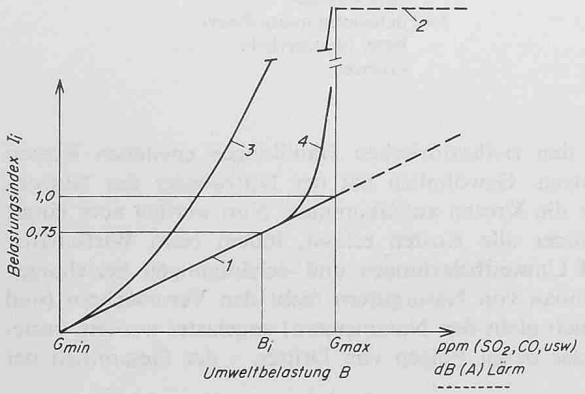

Bild 2. Belastungsindex I_i in Abhängigkeit der messbaren Umweltbelastung B. Bedeutung der Kurvennummern im Text

das Überschreiten nicht mehr zulässig, so kann dies zum Beispiel mit einer Diskontinuität der Bewertungskurve berücksichtigt werden (Geraden 1 und 2).

$$B \geq G_{max} \rightarrow I_i = \infty$$

Ist sogar die blosse Annäherung der Belastung an den Grenzwert nicht mehr zulässig, so kann der Bestimmung der Indexzahl eine Bewertungskurve 3 zugrunde gelegt werden, beispielsweise in folgender oder ähnlicher Form:

$$I_i = \frac{B_i - G_{min}}{G_{max} - B_i} \quad \text{oder} \quad I_i = \operatorname{tg}\left(\frac{B_i - G_{min}}{G_{max} - G_{min}} \cdot 90\right)$$

So können allfällige Besonderheiten der Art der Belastung durch eine entsprechende Bewertungskurve charakterisiert werden (zum Beispiel Kurve 4).

Die Summe aller Werte I_i ergibt den *gesamten Belastungsindex* I_B. Bei der vergleichenden Bewertung zweier Projektvarianten können dann beispielsweise die gesamten Belastungsindices einander gegenübergestellt werden. Die Variante mit niedrigerer Indexzahl ist diejenige mit geringerer Umweltbelastung. Während der Index der einzelnen Belastung eine absolute Wertaussage enthält, drückt die Summe der Indices verschiedener Belastungen natürlich nur einen relativen Wert aus, wie er sich beispielsweise zur Beurteilung zweier Projektvarianten eignet.

Auf ein Teilgebiet bezogen, nämlich auf die Luftverunreinigung, wurde eine Index-Evaluation von *L. R. Babcock* [5] unter der Bezeichnung «Pindex» oder «Combined Air Pollution Index» vorgeschlagen. Der Index drückt die Verunreinigung durch einzelne Gase und Staub nach oben dargelegter Linearität in Beziehung zu gesetzlich festgelegten oder sonst allgemein anerkannten Toleranzwerten aus.

Bei der praktischen Anwendung zeigen sich interessante Möglichkeiten, was an Hand eines Beispiels erläutert werden soll. Bei Untersuchungen über die Luftverschmutzung durch Automobile werden oft die jährlichen Tonnagen der einzelnen Abgaskomponenten ermittelt. Wenn auch nicht Tonnen Kohlenmonoxyde und Tonnen nitrose Gase zusammengezählt werden, so ist der Beobachter doch verleitet, die Gesamtgewichte der Komponenten bei solchen Auswertungen zu vergleichen. Dabei fällt auf, dass die Menge Kohlenmonoxyde wesentlich grösser ist als jene der nitrosen Gase. Das Verhältnis beträgt rund 20 zu 1. Werden nun die Belastungen durch diese beiden Komponenten – unter Beizug kalifornischer Immissionsgrenzwerte, da für die Schweiz bislang nur ein Emissionsgrenzwert für Kohlenmonoxyde besteht – mittels der Index-Evaluation in Beziehung zu den Grenzwerten gebracht, so zeigt sich, dass mindestens unter besonderen klimatischen Verhältnissen, wie sie etwa für Los Angeles zutreffen, die Belastung durch Kohlenmonoxyd weniger schwerwiegend zu bewerten ist als jene durch nitrose Gase. Das entsprechende Verhältnis der Indexzahlen beträgt nunmehr rund 0,3 zu 1. Dieses Beispiel zeigt, wie verfälscht die Aussage bestimmter, ungeeigneter Masszahlen sein kann.

Abschliessende Bemerkungen

Wenngleich der Versuch zur Formulierung und Erarbeitung einer Gesamtmasszahl und einer Gesamtbewertung für Umweltbelastungen verschiedener Art recht komplex und aufwendig erscheinen mag, so kann diese Bemühung doch eine willkommene Klärung der Vielschichtigkeit und der Verflechtungen der Umweltprobleme herbeiführen. Die numerische Erfassung wird immer gewisse Mängel aufweisen. Doch ist eine Bewertung als Grundlage für Planungsentscheide immer von Bedeutung, auch wenn uns die Zahlen selbst keine Entscheidungen abnehmen werden. Vor allem müssen wir uns aber bewusst sein, dass die möglichen

technischen Massnahmen zur Begrenzung der Umweltbelastungen wohl als Sofortmassnahmen dringlich sind, dass sie aber mehr nur eine *Symptombehandlung* darstellen, welche uns bestenfalls eine Atempause gestattet, um uns dann um so wirkungsvoller der anspruchsvollen Herausforderung der eigentlichen *Ursachenbehandlung* zuwenden zu können – nämlich der Begrenzung des *Bevölkerungswachstums* und des *wirtschaftlichen Expansionszwanges*.

Adresse des Verfassers: *Hans-U. Scherrer*, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieur- und Planungsbüro Barbe AG, Witikonerstrasse 289, 8053 Zürich.

Literaturverzeichnis

[1] *Jay W. Forrester:* World Dynamics, Massachnsetts Institute for Technology (MIT), Cambridge, 1971

[2] *Ernst Basler:* Umweltprobleme aus der Sicht der technischen Entwicklung. ETH-Symposium, November 1970, wiedergegeben in SBZ, *89* (1971) Heft 13, Seiten 301–305

[3] *H. Würgler:* Ökonomische und politische Ursache der Umweltveränderungen. ETH-Symposium November 1970, wiedergegeben in SBZ, *89* (1971) Heft 14, Seiten 321–323

[4] *U. Ritschard:* Die Luftverunreinigung durch den Verkehr. ORL-Nachdiplomstudie, August 1971

[5] *Lyndon R. Babcock:* A Combined Pollution Index for Measurement of Total Air Pollution. «Air Pollution Control Association Journal» *20* (1970)

Grundsätzliches zur Frage der Umwelterhaltung

DK 577.4.004.4.001

Von **A. Ostertag**, dip. Ing., Zürich

Die Aufsätze dieses Heftes befassen sich mit Fragen einer sinnvollen Umweltgestaltung sowie mit solchen des Umweltschutzes durch vorwiegend technische Massnahmen. Sie betreffen somit in besonderem Masse die Wirkfelder der Ingenieure und der Architekten. Hierüber wurde in den letzten Jahren viel gesprochen. Eine der umfassendsten Kundgebungen war das Symposium, das vom 10. bis 12. November 1970 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich unter dem Titel «Schutz unseres Lebensraumes» abgehalten und über das in [5] berichtet wurde. Wie H.U. Scherrer in seinem Beitrag in diesem Heft über die Bewertung von Schutzmassnahmen hervorhebt, dürfen diese nicht als Lösungen der in Rede stehenden Gesamtaufgabe betrachtet werden. Denn die eigentlichen Ursachen der übermässigen Eingriffe werden durch sie nicht berührt. Diese aber sind die beschleunigte Bevölkerungsvermehrung und der übersetzte, ebenfalls immer noch steil ansteigende Güterverbrauch pro Kopf. Der hohe Grad der gegenwärtigen Gefährdung und vor allem dessen rasche Zunahme zwingen uns aber, über das Stadium blosser Symptombekämpfung hinaus zu treten und gangbare Wege einer wirksamen Ursachenbekämpfung zu suchen.

1. Zum Problem des Bevölkerungswachstums

Dass der Bevölkerungsexplosion entgegengewirkt werden muss, wird heute in den Kulturländern von weiten Kreisen eingesehen. Dass es auch möglich ist, wirksame Einschränkungen durchzuführen, lehrt das Beispiel Japans, wo es durch gezielte Aufklärung gelang, den Kinderreichtum in Ballungsgebieten wesentlich einzuschränken. Hingegen bleibt namentlich in den Entwicklungsländern in dieser Sache noch sehr viel zu tun übrig. Es gehört ohne Zweifel zu den wichtigsten Aufgaben der Entwicklungshilfe, nicht nur technische Massnahmen zur Verbesserung der hygienischen, wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse zu treffen und zu finanzieren, sondern auch das Verständnis für eine entsprechende Lebensgestaltung und die Einsicht in die dringende Notwendigkeit einer angemessenen Zurückhaltung zu wecken. Eine solche Belehrung kann aber nur glaubwürdig sein und wirksam werden, wenn die Lehrer und die Bewohner ihrer Mutterländer mit dem guten Beispiel vorangehen, wenn sich also die Auswirkungen einer entsprechenden Mässigung mit statistischen Zahlen belegen lassen. Die Wohlhabenden müssen somit ihren Lebensstil den tatsächlichen Gegebenheiten des der ganzen Weltbevölkerung verfügbaren Lebensraumes anpassen, bevor sie in gleichem Sinne die Unbemittelten zu beeinflussen suchen.

Eine solche Anpassung, die einer Wiederherstellung des gestörten biologischen Gleichgewichtes gleichkommt, ist nun aber noch aus einem anderen Grunde dringend erforderlich. Von den beiden eingangs genannten Ursachen der Umweltbelastung sind wir geneigt, die Bevölkerungsvermehrung in den Vordergrund zu rücken, weil uns das ermöglicht, die Durchführung der geforderten Anpassung auf die Bewohner der Entwicklungsländer mit der Begründung abzuschieben, diese würden sich viel stärker vermehren als die Bewohner von Wohlstandsländern und sie würden überdies schon heute rund 70% der Erdbevölkerung ausmachen. Demgegenüber ist festzustellen, dass die Umweltbelastung durch die armen Völker viel geringer ist als die durch die reichen und dass dieses Verhältnis auch in Zukunft sich nur langsam verschiebt.

Um diese Aussage zu begründen, sei an die Zahlen erinnert, die *E.F. Schumacher* in [4] bezüglich der Weltenergieversorgung bekanntgegeben hat. Darnach lebten im Jahre 1966 auf unserem Planeten rund eine Milliarde Reiche und 2,3 Milliarden Arme[1]). Der Energieverbrauch, der als ein Mass für den Güterumsatz und damit auch für Aushöhlung und Belastung der Umwelt gelten kann, betrug damals bei den Reichen insgesamt 4,8 Mrd t SKAe[2]), bei den Armen nur 0,7 Mrd t SKAe, was pro Kopf rund 4½ t bei den Reichen und nur ⅓ t bei den Armen ausmacht. Der Anteil der 2,3-mal grösseren Zahl der Armen beträgt demnach nur ⅛ des gesamten Weltenergieverbrauchs. Er erhöht sich unter Annahme vorsichtig geschätzter Zuwachsraten bis zum Jahre 2000 auf rund ¼[3]). Hieraus wird deutlich, dass die Umwelt im ganzen viel stärker durch den übersteigerten Güterumsatz der reichen Völker ausgebeutet und durch Abfälle belastet wird als durch die kinderreichen, sich stärker vermehrenden armen. Demnach stellt *die Beschränkung des Güterverbrauchs in den Wohlstandsländern die Hauptaufgabe eines wirksamen und dauerhaften Umweltschutzes dar.*

2. Tiefere Ursachen

Die soeben formulierte Aufgabe lässt sich auf verschiedene Weisen lösen. Die hierfür in Frage kommenden Möglichkeiten sollen später erörtert werden. Gemeinsam für alle ist das Ziel: Der im Wohlstand Lebende muss dazu gebracht

[1] E.F. Schumacher legte die Grenze zwischen reichen und armen Völkern bei einem jährlichen Energieverbrauch pro Kopf von 1 t SKAe fest.

[2] Milliarden Tonnen Steinkohle-Äquivalente

[3] Näheres hierüber siehe auch in [6], S. 1093ff.