Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 12

Artikel: Die praktische Berechnung des Sicherheitskoeffizienten für Baukonstruktionen

Autor: Herzog, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68120

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: 16.09.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Die praktische Berechnung des Sicherheitskoeffizienten für Baukonstruktionen

Von Dr. **Max Herzog**, Aarau

DK 624.046.5

Einleitung

In jüngerer Zeit haben sich verschiedene Forscher mit der Analyse des allen Ingenieuren geläufigen Begriffs des Sicherheitskoeffizienten auf mehr oder weniger akademische Weise auseinandergesetzt [1], [6], [7], [9]. Aber diese Untersuchungen sind für den Ingenieur der Praxis unbrauchbar, weil zu kompliziert. Es wird daher im Folgenden gezeigt werden, wie man den Sicherheitskoeffizienten für Baukonstruktionen auf anschauliche Art aus mehreren Partialkoeffizienten, deren jeder einen bestimmten Einfluss erfasst, zusammensetzen kann [2], [3], [4].

Aufgabe des Sicherheitskoeffizienten

Eine Konstruktion versagt, wenn entweder die wirkliche Festigkeit des Konstruktionsmaterials so tief unter den Berechnungswert und/oder die wirkliche Beanspruchung so hoch über dem Berechnungswert liegt, dass die wirkliche Festigkeit gleich der wirklichen Beanspruchung ist. Das Eintreten eines solchen Zustandes hängt von der *Wahrscheinlichkeit von Abweichungen* von den Berechnungswerten für die Festigkeit und für die Beanspruchung ab.

Die Aufgabe des Sicherheitskoeffizienten besteht nun darin, zu verhindern, dass in einem konkreten Fall die wirkliche Beanspruchung gleich der wirklichen Festigkeit wird.

Da es aber in der Praxis umständlich erschien, die Wahrscheinlichkeit der obgenannten Abweichungen den jeweils verschiedenen Umständen gemäss in Rechnung zu stellen, behalf man sich bisher mit *starren* Sicherheitskoeffizienten. Diese wurden in den technischen Normen entweder in expliziter Form als Sicherheitskoeffizienten oder in impliziter Form als zulässige Spannungen sehr summarisch festgelegt.

Die Tendenz zu immer weitergehender Ausschöpfung der Tragfähigkeitsreserven führt in neuerer Zeit dazu, dass das Arbeiten mit fiktiven «zulässigen Spannungen» für den Konstrukteur immer weniger befriedigend wird, weil der Begriff der «zulässigen Spannung» keinen unmittelbaren Schluss auf die Grösse der effektiven Sicherheit gegen Bruch oder unzulässige Formänderungen gestattet. Durch die Einführung neuer Berechnungsverfahren [5], [8] in die Konstruktionspraxis gewinnt die Grösse des Sicherheitskoeffizienten nun auch zunehmenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Konstruktionen.

Einflüsse auf den Sicherheitskoeffizienten

Es scheint daher an der Zeit zu sein, die Festlegung der Grösse des Sicherheitskoeffizienten etwas genauer als bisher üblich zu untersuchen.

Die verschiedenen Einflüsse, die sich auf die Beanspruchung bzw. die Festigkeit einer Konstruktion auswirken, können wir in 2 Hauptgruppen mit je 2 Untergruppen einteilen [4]:

1. Einflüsse auf die Beanspruchung

1.1 Lasten (ständige Last, Nutz- bzw. Verkehrslast, Schneelast, Winddruck, Erddruck, Wasserdruck, Eisdruck, Erdbebenbeschleunigung, Druckstösse) und Reaktionen der Fundation (Bodenpressung, Tragfähigkeit von Pfählen).

1.2 Festigkeitsberechnung (Annahme des statischen Systems, ungünstigste Laststellung, ungünstigste Lastkombination, Spannungsberechnung).

2. Einflüsse auf die Festigkeit

2.1 Festigkeit des Konstruktionsmaterials (Beton, Stahl, Holz, Kunststoffe, Zeit- und Temperaturabhängigkeit der Festigkeiten).

2.2 Güte der Ausführung (Zuverlässigkeit und Schärfe von Kontrollen).

Die Sicherheit einer Baukonstruktion hängt von allen obgenannten Einflüssen mehr oder weniger stark ab. Die Bedeutung der einzelnen Einflüsse ist eine Funktion der Wahrscheinlichkeit einer Abweichung des *wirklichen* vom *angenommenen* Wert.

Es ist kaum zu vermuten, dass eine sorgfältige Berechnung der ständigen Last einer Baukonstruktion nennenswert von der Wirklichkeit abweicht. Auch die in amtlichen Vorschriften festgelegte Nutz- bzw. Verkehrslast, Schneelast und Winddruck dürften kaum überschritten werden. Allfällige spätere Erhöhungen der Nutzlasten müssen entweder von Anfang an berücksichtigt oder später entsprechend den vorhandenen Materialfestigkeiten festgelegt werden. Der Erddruck ist aber nur mehr mit unterschiedlicher Genauigkeit vorhersagbar, je nachdem ob die Bodenkennziffern gemessen oder nur geschätzt werden. Bei den in Vorschriften nicht festgelegten Grössen für Eisdruck, Erdbebenbeschleunigung und Druckstösse infolge von Explosionen hängt die Genauigkeit der Belastungsannahme vom Urteilsvermögen des Konstrukteurs ab.

Die Genauigkeit der Festigkeitsberechnung ist eine Funktion des Könnens und der Erfahrung des Konstrukteurs. Auch unter günstigen Umständen dürfte es schwer fallen, eine statische Berechnung aufzustellen, die weniger als 10% von der Wirklichkeit abweicht. Für Konstruktionen, deren wirkliches Verhalten noch nie durch Messungen an ausgeführten Objekten überprüft wurde, sollte aus Mangel an Erfahrung mit möglichen Abweichungen von 30% gerechnet werden.

Bei den Festigkeiten ist zuerst eine sehr wichtige *Konvention* zu treffen. Es soll die Sicherheit der Baukonstruktion – wie bisher in der Schweiz üblich – auf einen sogenannten «garantierten Mindestwert» der Festigkeit oder – wie in den meisten anderen Ländern – auf das Mittel der bei Materialprüfungen gemessenen Werte bezogen werden. Der Begriff des «garantierten Mindestwertes» strahlt zwar etwas sehr Beruhigendes, aber leider auch etwas Einschläferndes auf das Gewissen des Konstrukteurs aus. Dabei ist es jedem mit der Materie der Statistik Vertrauten klar, dass es so etwas wie einen «garantierten Mindestwert», der überhaupt nicht unterschritten werden kann, gar nicht gibt. Es wäre daher ehrlicher, die Fiktion des «garantierten Mindestwertes» fallen zu lassen und in Zukunft auch bei uns in der Schweiz nur noch mit dem logischen Mittelwert und seiner durchschnittlichen Streuung zu operieren.

Die Festigkeitseigenschaften eines Konstruktionsmateriales werden stark von der Produktionsmethode beeinflusst. Es leuchtet ohne weiteres ein, dass Beton nie mit der gleichen Zuverlässigkeit erzeugt werden kann wie Stahl. Die Festigkeit von Holz ist nicht nur von mancher Laune der Natur, sondern auch von seiner jeweiligen Feuchtigkeit abhängig.

Die Zuverlässigkeit der Bauausführung ist zum voraus sehr schwierig zu beurteilen, besonders wenn noch gar nicht feststeht, wer mit der Ausführung der Bauarbeiten betraut werden wird.

Die Partialkoeffizienten

Die Partialkoeffizienten dienen zur Kennzeichnung der *Gleichmässigkeit* einer Grösse. Für eine bestimmte Wahrscheinlichkeit ist der Partialkoeffizient ein Mass der möglichen Abweichung vom Mittelwert. Ein Zahlenbeispiel wird am schnellsten klarmachen, was gemeint ist.

Mittelwert $M = 1{,}00$

Durchschnittliche Streuung $\mu = 0{,}15$

Zulässige Wahrscheinlichkeit der Abweichung $W = {}^1/_{1000}$

Hilfsfaktor bei normaler Gauss-Verteilung (für $W = {}^1/_{1000}$) $k = 3{,}09$

Partialkoeffizient (oder Gleichmässigkeitsmass) $K = M(1 + k\mu)$

Das Pluszeichen entspricht möglichen Beanspruchungszunahmen
$K_1 = 1{,}00\,(1 + 3{,}09 \times 0{,}15) = 1{,}46$

und das Minuszeichen möglichen Festigkeitsabnahmen
$K_2 = 1{,}00\,(1 - 3{,}09 \times 0{,}15) = 0{,}54$.

Berechnung ohne Erfahrung	$K_{12} = 1{,}3$
Materialfestigkeit a) Stahl	$K_{21} = 0{,}9$
b) Beton	$K_{21} = 0{,}6$
Ausführungsgüte unbekannt	$K_{22} = 0{,}6$

$$s_{Stahl} = \frac{1{,}2 \times 1{,}3}{0{,}9 \times 0{,}6} = 2{,}9$$

$$s_{Beton} = \frac{1{,}2 \times 1{,}3}{0{,}6 \times 0{,}6} = 4{,}3$$

Berechnung des Sicherheitskoeffizienten

In Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie sollte zuerst die zulässige Wahrscheinlichkeit des Versagens der Baukonstruktion festgelegt werden. Dann müsste diese zulässige Schadenwahrscheinlichkeit W solcher Art auf die 4 Teileinflussgruppen aufgeteilt werden, dass das Produkt der Partialkoeffizienten für die Beanspruchung, K_{11} (Lasten) mal K_{12} (Berechnung), dividiert durch das Produkt der Partialkoeffizienten für die Festigkeit, K_{21} (Material) mal K_{22} (Ausführung)

$$s = \frac{K_{11} \times K_{12}}{K_{21} \times K_{22}}$$

ein Maximum wird. Da K_{11}, K_{12}, K_{21} und K_{22} Funktionen von W sind, müssen

$$\frac{d\,s}{d\,w} = 0 \text{ und } \frac{d^2\,s}{d\,w^2} = 0$$

sein.

Dieses Vorgehen wäre aber für die Konstruktionspraxis zu umständlich. Wir berechnen daher den Sicherheitskoeffizienten ohne Berücksichtigung der zulässigen Schadenwahrscheinlichkeit, indem wir in die obige Formel die Partialkoeffizienten aus Tabelle 1 einsetzen.

Für Konstruktionen, deren Versagen katastrophale Auswirkungen zur Folge hätte, wird der mit der obigen Formel berechnete Sicherheitskoeffizient um weitere 20% erhöht.

Einige Zahlenbeispiele werden die Berechnung des Sicherheitskoeffizienten am eindrücklichsten erläutern.

Beispiel Nr. 1 (Eisenbetonhochbau)

Lasten normiert $K_{11} = 1{,}0$
Festigkeitsberechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit a) Armierungsstahl $K_{21} = 0{,}9$
b) Beton $K_{21} = 0{,}6$
Ausführungsgüte zweitklassig $K_{22} = 0{,}6$

$$s_{Stahl} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}9 \times 0{,}6} = 2{,}0$$

$$s_{Beton} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}6 \times 0{,}6} = 3{,}1$$

Beispiel Nr. 2 (Spannbetonbrücke)

Lasten normiert $K_{11} = 1{,}0$
Berechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit a) Stahl $K_{21} = 0{,}9$
b) Beton $K_{21} = 0{,}6$
Ausführungsgüte erstklassig $K_{22} = 0{,}9$

$$s_{Stahl} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}9 \times 0{,}9} = 1{,}4$$

$$s_{Beton} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}6 \times 0{,}9} = 2{,}0$$

Tabelle 1. Vorschlag für ein System von Partialkoeffizienten von Baukonstruktionen

	Teileinfluss	Partialkoeffizient
1.1	**Lasten**	
1.1.1	normierte Lasten (ständige Last, Nutz- bzw. Verkehrslast, Schneelast, Winddruck, Wasserdruck, Erddruck)	1,0
1.1.2	nicht normierte Lasten (Erddruck, Eisdruck, Erdbebenbeschleunigung, Druckstösse)	1,2
1.2	**Festigkeitsberechnung**	
1.2.1	viel Erfahrung	1,1
1.2.2	wenig Erfahrung	1,3
2.1	**Materialfestigkeit**	
2.1.1	Stahl	0,9
2.1.2	Beton	0.6
2.1.3	Holz	0 7
2.2	**Ausführungsgüte**	
2.2.1	erstklassig	0,9
2.2.2	zweitklassig oder unbekannt	0,6

Beispiel Nr. 3 (Stahlhochbau)

Lasten normiert $K_{11} = 1{,}0$
Berechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit $K_{21} = 0{,}9$
Ausführungsgüte zweitklassig $K_{22} = 0{,}6$

$$s = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}9 \times 0{,}6} = 2{,}0$$

Beispiel Nr. 4 (Stahlbrücke)

Lasten normiert $K_{11} = 1{,}0$
Berechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit $K_{21} = 0{,}9$
Ausführungsgüte erstklassig $K_{22} = 0{,}9$

$$s = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}9 \times 0{,}9} = 1{,}4$$

Beispiel Nr. 5 (Eisenbetonstützmauer)

Lasten nicht normiert
(Bodenkennziffern geschätzt) $K_{11} = 1{,}2$

Beispiel Nr. 6 (Eisenbetonstützmauer)

Lasten nicht normiert
(Bodenkennziffern gemessen) $K_{11} = 1{,}0$
Berechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit a) Stahl $K_{21} = 0{,}9$
b) Beton $K_{21} = 0{,}6$
Ausführungsgüte erstklassig $K_{22} = 0{,}9$

$$s_{Stahl} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}9 \times 0{,}9} = 1{,}4$$

$$s_{Beton} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}6 \times 0{,}9} = 2{,}0$$

Beispiel Nr. 7 (Betonstaumauer)

Lasten
a) normierte $K_{11} = 1{,}0$
b) nicht normierte $K_{11} = 1{,}2$
Berechnung mit viel Erfahrung $K_{12} = 1{,}1$
Materialfestigkeit $K_{21} = 0{,}6$
Ausführungsgüte erstklassig $K_{22} = 0{,}9$
Katastrophenzuschlag 20%

$$s_{\text{normierte Lasten}} = \frac{1{,}0 \times 1{,}1}{0{,}6 \times 0{,}9} \times 1{,}2 = 2{,}4$$

$$s_{\text{nicht normierte Lasten}} = \frac{1{,}2 \times 1{,}1}{0{,}6 \times 0{,}9} \times 1{,}2 = 2{,}9$$

Vergleichen wir die in den vorstehenden sieben Beispielen *berechneten* Sicherheitskoeffizienten mit den bisher üblichen *starren* Sicherheitskoeffizienten gemäss unseren Normen

1. Baustahl (S.I.A.-Norm Nr. 161) Sicherheit gegen Fliessen
   a) bezogen auf den «garantierten Mindestwert» s = 1,50
   b) bezogen auf den Mittelwert s = 1,65
2. Beton (S.I.A.-Norm Nr. 162) Sicherheit gegen Bruch s = 3,00
3. Armierungsstahl (S.I.A.-Norm Nr. 162)
   Sicherheit gegen Fliessen
   a) bezogen auf den «garantierten Mindestwert» s = 1,80
   b) bezogen auf den Mittelwert s = 2,00
4. Spannstahl (S.I.A.-Norm Nr. 162) Sicherheit gegen Bruch
   a) bezogen auf den «garantierten Mindestwert» s = 1,40
   b) bezogen auf den Mittelwert s = 1,55

so erkennen wir, dass die neuen *berechneten* Sicherheitskoeffizienten die vorgeschriebenen *starren* Sicherheitskoeffizienten zum Teil unter- und zum Teil überschreiten, und zwar um ein Mass, das – gestützt auf unsere Erfahrung über die Eignung ausgeführter Bauwerke – toleriert werden kann.

Ausblick

Mit der vom Verfasser erörterten Berechnung des Sicherheitskoeffizienten aus Partialkoeffizienten – wie sie uns zum Beispiel für den Grundbau schon einige Zeit geläufig ist [2] – wird es möglich, die Sicherheit unserer Baukonstruktionen wechselnden Bedingungen

besser anzupassen. Die bisher in der Schweiz üblichen *starren* Sicherheitskoeffizienten haben zwar den Konstrukteur von der Verantwortung für die Beurteilung der die effektive Sicherheit beeinflussenden Umstände entlastet. Sie haben es ihm aber auch unmöglich gemacht, den Sicherheitsgrad einer Baukonstruktion den gegebenen Bedingungen entsprechend anzusetzen und dadurch im speziellen Fall zur optimalen Lösung einer bestimmten Bauaufgabe zu gelangen.

Zusammenfassung

Aus der Definition der Aufgabe der Sicherheitskoeffizienten gelingt die Ableitung einer anschaulichen Methode zu seiner Berechnung mit Hilfe von Partialkoeffizienten, welche die Gleichmässigkeit von Teileinflüssen auf die Sicherheit beschreiben. Für die üblichen Baukonstruktionen wird ein System von Partialkoeffizienten vorgeschlagen und an sieben Beispielen erläutert. Die *Berechnung* des erforderlichen Sicherheitskoeffizienten kann in speziellen Fällen zu einer grösseren Ökonomie der Mittel führen als die kritiklose Anwendung der bisher allein üblichen *starren* Sicherheitskoeffizienten.

Literaturverzeichnis

[1] *Basler, E.*: Untersuchungen über den Sicherheitsbegriff von Bauwerken, «Schweizer Archiv» (Solothurn) 1961, S. 133.

[2] *Brinch Hausen, J.* und *Lundgren, H.*: Hauptprobleme der Bodenmechanik, S. 179. Verlag Springer, Berlin 1960.

[3] *Gwosdschew, A.*: Die Entwicklung der Stahlbetonfertigteilbauweise in Russland. Die Montagebauweise mit Stahlbetonfertigteilen und ihre aktuellen Probleme. Verlag Technik, Berlin 1955, S. 160.

[4] *Herzog, M.*: Discussion of Load Factors, «Journal of the American Concrete Institute» (Detroit), June 1959, S. 1390.

[5] *Herzog, M.*: Die Eisenbetondimensionierung mit dem Bruchlastverfahren des Comité Européen du Béton, «Schweizerische Bauzeitung» (Zürich) 1962, S. 115.

[6] *Paez, A.*: El coeficiente de securidud en las distintas obras. Instituto Tecnico de la Construcción, Madrid 1950.

[7] *Prot, M.*: La détermination rationelle et le contrôle des coefficients de sécurité, «Travaux» (Paris) 1953, S. 233.

[8] *Thürlimann, B.*: Grundsätzliches zu den plastischen Berechnungsverfahren, «Schweizerische Bauzeitung» (Zürich) 1961, Heft 48.

[9] *Torroja, E.*: Load Factors, «Journal of the American Concrete Institute» (Detroit), November 1958, S. 567.

Adresse des Verfassers: Dr. *Max Herzog*, dipl. Bau-Ing., 5000 Aarau, Rohrerstrasse 3.

Pro Aqua 1965

DK 381.12:628.49

In den Hallen der Mustermesse in Basel wurde vom 1. bis 7. März 1965 zum drittenmal eine internationale Fachmesse für Wasser, Abwasser, Müll und Luft abgehalten. 197 Lieferwerke aus 11 Ländern stellten auf einer Fläche von 17000 m² aus. Die vom 1. bis 4. März im Festsaal der Mustermesse abgehaltene Vortragstagung stand unter dem Thema «Wasser und Luft in der Raumplanung» und wurde von rd. 600 Teilnehmern aus 20 Ländern besucht.

Die Vortragsthemen der Fachtagung gruppierten sich in die folgenden drei Hauptfragen:

- Einrichtungen und Massnahmen zur Beseitigung spezieller Abfälle als Ergänzung zu konventionellen Abwasser- und Müllbeseitigungsanlagen.
- Wasser- und lufthygienische Fragen bei Energieerzeugungsanlagen.
- Grossräumige und langfristige Planung der Trink- und Brauchwasserversorgung.

Die Beseitigung häuslicher Abfälle in den bisher errichteten kommunalen Müllverbrennungsanlagen[1]) bietet kaum mehr Probleme. Ebenso lassen sich die anfallenden Abwässer weitgehend reinigen. Eine ganze Gruppe von Abfallstoffen bietet aber Schwierigkeiten. Es handelt sich um die nicht fäulnisfähigen, biologisch nicht abbaubaren anorganischen Abfälle, die weder brennbar noch kompostierbar sind. Ebenso gehören dazu die nicht fäulnisfähigen organischen Abfälle, die wohl brennbar sind, aber in konventionellen Müllöfen zu Betriebsschwierigkeiten führen, z. B. Kunststoffe, Farben, Lacke, ölhaltige Abfälle, Giftstoffe enthaltende Schlämme, speziell der chemischen Industrie.[2]) Zur Beseitigung dieser Abfälle stehen im wesentlichen drei Möglichkeiten zur Verfügung, nämlich die geordnete Deponie, die Verbrennung in Spezialöfen und die Versinterung.

Die geordnete Deponie setzt besonders undurchlässige Böden voraus und lässt sich wohl nur in beschränktem Umfange verwirklichen. Sie ist jedoch der noch vielerorts anzutreffenden ungeordneten Deponie vorzuziehen. Über Spezialöfen, z. B. Drehtrommelöfen, liegen noch wenig Erfahrungen vor. Die Überführung wasserlöslicher, möglicherweise sogar giftiger Schlämme in wasserunlösliche und damit deponierbare Form kann mittels Versinterung bei Temperaturen von 1300 bis 1500° C erfolgen.

Die Beseitigung von gebrauchten Bädern der Metallveredlungsindustrie erfolgt zweckmässigerweise in zentralen Entgiftungsanlagen. Diese Stoffe von meist hoher toxischer Wirkung können biologische Kläranlagen oft für Wochen ausser Betrieb setzen, sofern ihrer Unschädlichmachung nicht die nötige Beachtung geschenkt wird.

Sowohl thermische als auch Atomkraftwerke bringen Probleme der Wasser- und Luftreinigung mit sich, sollen sie nicht zu einem Quell der Gefährdung der Umwelt werden. Neben dem Auswurf an feinstem Staub bei kohlegefeuerten und ölgefeuerten Kraftwerken spielt vor allem die schweflige Säure in den Rauchgasen eine unangenehme Rolle. Der Schwefelgehalt normaler Heizöle ist rd. viermal grösser, als derjenige von Kohle. Ein Auswaschen der Rauchgase ist möglich, aber teuer. Absorptionsverfahren mit aktiver Kohle wurden in Deutschland entwickelt. Ihre industrielle Anwendung ist noch nicht sehr weit verbreitet.

In Atomenergieanlagen entstehen die grössten Mengen radioaktiver Abwässer bei der Aufbereitung ausgebrannter Kernbrennstoffe. Die Dekontamination radioaktiver Abwässer soll heute kein unlösbares Problem mehr darstellen. Die Luftverunreinigungen von Atomenergieanlagen sind heute soweit beherrschbar, dass auch Betriebsunfälle keine unzumutbaren Risiken für die Umgebung des Standortes einer solchen Anlage darstellen.

Obwohl Wasser an und für sich auf der Erde kein Mangelartikel ist, wird die Bereitstellung von genügend Trinkwasser in einwandfreier Qualität vielerorts zum Problem. Da die natürlichen Vorkommen nicht ausreichen oder ihre Qualität nicht genügt, wird der Wasseraufbereitung vermehrte Beachtung geschenkt. Grundwasser ist dem Oberflächenwasser vorzuziehen. Vielerorts wird schon heute Grundwasser durch Oberflächenwasser künstlich angereichert. Dieses Verfahren bedingt eine vorgängige Reinigung der Oberflächengewässer. Den Speicher- und Laufkraftwerken dürfen nur gereinigte Abwässer zugeführt werden. Die Verschmutzungsgefahr von Grundwasserströmen durch natürliche und künstliche Speicherbecken, die keine genügende Selbstreinigungskapazität mehr haben, ist gross.

Der Wasserverbrauch wird sich innerhalb der nächsten 20 bis 30 Jahre verdoppeln. Doch schon heute ist das Wasser des Rheines in den Niederlanden als Rohwasserquelle nicht mehr annehmbar. Es wird versucht, die Süsswasserseen wesentlich mehr als bisher zur Trinkwassergewinnung heranzuziehen. Der Wasserpreis wird in den industriellen Betrieben als Produktionskostenfaktor immer mehr Gewicht erhalten.

Bietet schon die Reinhaltung von Wasser und Luft unter normalen Verhältnissen immer grössere Probleme, so potenzieren sich diese in Katastrophenfällen. Obwohl von prophylaktischen Massnahmen ungern gesprochen wird, ist die Bedeutung der Planung für Havariefälle nicht zu unterschätzen. Sturmfluten in Küstenländern, Dammbrüche von Speicheranlagen können neben der direkten Gefährdung von Mensch und Tier durch die Wassermassen auch indirekte Gefährdung durch Überschwemmung und Verseuchung der Wasserversorgung mit sich bringen. Der Bruch einer Oel-Pipe-Line, ja schon das Überlaufen eines Oeltankes bringen Probleme mit sich, deren Lösung nicht mehr dem Einzelnen überlassen werden kann. Die Errichtung örtlicher und regionaler Katastrophenhilfen muss geplant und eingeübt werden. Die technischen Probleme sind vielschichtig, ihre Lösung kann nur durch gemeinsame Anstrengung von Verwaltung, Wissenschaft und Industrie erfolgen.

Die Fachmesse vermittelte einen anschaulichen Überblick über die Entwicklung auf den Gebieten Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung, Mess- und Steuereinrichtungen, Müllverwertung und Luftaufbereitung.

[1]) Ein Aufsatz über deren Entwicklung folgt in unserem Mustermesse-Sonderheft vom 22. April d. J.

[2]) Ueber chemische Abwasserreinigung siehe S. 200 dieses Heftes.