



Zeitschrift der Bundesvereinigung  
der Prüferingenieure für Baustatik

# Der Prüferingenieur

---

## 2

---

April 1993

- **Seite 3**  
Freistellungsverordnung – auch für die  
Prüfung bautechnischer Nachweise?
- **Seite 10**  
Inhalt und Wirkung der neun  
Eurocodes für den Ingenieurbau
- **Seite 21**  
Schadensfrüherkennung und  
ihre Auswirkungen auf das Baurecht
- **Seite 32**  
Bewehrte Erde und die  
Anwendung von Geotextilien
- **Seite 41**  
Ingenieurmodell für die  
Querkraft-Tragfähigkeit im Stahlbetonbau
- **Impressum 56**

## Editorial 3

Dr.-Ing. Günter Timm  
Freistellungsverordnung – auch für die  
Prüfung bautechnischer Nachweise?

## Nachrichten 4

Baden Württemberg:  
Jede dritte Prüfung  
deckte Fehler auf

Hessen:  
Fassaden müssen als echte  
Ingenieuraufgabe honoriert werden

Niedersachsen:  
Prüfingenieure müssen auch im  
vereinten Europa bestehen

## Fachartikel

Dr.-Ing. Horst Bossenmayer  
Inhalt und Wirkung der neun  
Eurocodes für den Ingenieurbau 10

Dipl.-Ing. Dieter Eschenfelder  
Schadensfrüherkennung und ihre Auswirkungen  
auf das Baurecht 21

Prof. Dr.-Ing. Helmut Nendza  
Bewehrte Erde und die  
Anwendung von Geotextilien 32

Prof. Dr.-Ing. Manfred Specht  
Ingenieurmodell für die  
Querkraft-Tragfähigkeit im Stahlbetonbau 41

## Impressum 56

Im nächsten Heft (September 1993) erscheinen u.a.:

Prof. Dr.-Ing. Joachim Lindner  
Qualitätssicherung aus der Sicht des  
Prüfingenieurs für Baustatik

Prof. Dr.-Ing. Frieder Thiele  
Konstruktion, Bemessung und  
Prüfung fliegender Bauten

Prof. Dr.-Ing. Konrad Zilch  
Wechselwirkung Bauwerk-Baugrund

Prof. Dr.-Ing. Klaus Steffens  
Experimentelle Tragsicherheitsbewertung  
von Bauwerken in situ

## Freistellungs- verordnung - auch für die Prüfung der bautechnischen Nachweise?



**Dr.-Ing. Günter Timm**  
Vorsitzender der Bundesvereinigung  
der Prüffingenieure für Baustatik

*In Zukunft wird sich der Staat verstärkt aus der Bearbeitung von Bauanträgen zurückziehen. Ziel wird sein, nur noch die Dinge zu regeln und zu überwachen, die eine mögliche Gefährdung von Menschen und Sachen zur Folge haben. Die Einhaltung der Gesetze, der Vorschriften der Bauordnungen und der fachlichen Weisungen werden dem Bauherrn und - in seinem Auftrag - dem Bauvorlageberechtigten, also dem Architekten und dem Bauingenieur, abverlangt.*

*Mit der Baufreistellungsverordnung wollen die Bundesländer in unterschiedlichem Umfang, aber mit gleicher Zielrichtung, bauliche Anlagen von der Genehmigungsbedürftigkeit freistellen und damit das Baugenehmigungsverfahren beschleunigen und Personal einsparen. Dies entbindet die am Bau Beteiligten nicht von der Verpflichtung, Gesetze und die damit im Zusammenhang stehenden Vorschriften einzuhalten.*

*In der Bauordnung wird als wesentliche allgemeine Anforderung an bauliche Anlagen die Einhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung gefordert. Die Bauordnung definiert diese Rahmenbedingungen mit der Einhaltung der Standsicherheit, dem Schutz gegen schädliche Einflüsse, Brand-, Wärme-, Schall- und Erschütterungsschutz und Dauerhaftigkeit. Es handelt sich hierbei um die Nachweise, die von den Prüffingenieuren im Rahmen der bautechnischen Prüfung geprüft werden.*

*Kann und darf sich der Staat von dieser Verantwortung befreien, ohne dem Bürger ausreichend Schutz zu bieten?*

*Bei der Nutzung von Bauwerken, wie Gebäuden, Brücken usw., erwartet der Bürger ausreichend Sicherheit. Dies gilt für den Eigentümer wie für den Benutzer; beide müssen vor Schäden geschützt werden. Auch die Bauproduktenrichtlinie verlangt im Rahmen der Gesetze zur europäischen Harmonisierung von jedem Staat eine ausreichende Fremdkontrolle zur Abwehr von Gefahren und die Ein-*

*haltung von Vorschriften. Das Vier-Augen-Prinzip ist auch hier gewährleistet.*

*Die Ziele des Staates: Verminderung des Personals und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren, lassen sich in einfacher Weise ohne Einschränkung der Sicherheit umsetzen, wenn die Prüffingenieure als Treuhänder für Sicherheit und Ordnung ihre bisherige Tätigkeit weiter ausüben, auch für die baulichen Anlagen, die im Rahmen der Baufreistellung aus der allgemeinen Genehmigung herausfallen.*

*Ausreichend dafür wäre eine Ergänzung der Musterbauordnung, z.B. in den §§ 58 ff in der Weise, daß die bautechnischen Nachweise von einem Prüffingenieur zu prüfen, die Ausführung im bautechnischen Sinne zu überwachen und zusammen mit dem Bericht des Prüffingenieurs über die Bauzustandsbesichtigung der Bauaufsichtsbehörde einzureichen sind. Damit wäre der gleiche Sicherheitsstandard erreicht, wie er für Autos selbstverständlich ist. Auch in diesen Bereichen hat der Staat privaten sachkundigen Ingenieuren die Überprüfung übertragen.*

*Zur Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens sollte der Staat auf die Vorlage geprüfter bautechnischer Nachweise zur Baugenehmigung verzichten. Es ist vollkommen ausreichend, wenn sichergestellt wird, daß die Ausführung nach geprüften Unterlagen erfolgt. Diese Kontrolle obliegt ohnehin dem Prüffingenieur bei der Überwachung der Bauausführung.*

*Würde diesen Vorschlägen einer zukünftigen Abwicklung der Baugenehmigung gefolgt, ließen sich - insbesondere im Wohnungsbau - unnötige Kosten einsparen, die durch Doppelarbeit entstehen. Die Zeit der Genehmigung würde verkürzt, und die Bauherren hätten in dem Prüffingenieur einen unabhängigen Sachverständigen, der, zusätzlich zur Einhaltung der bautechnischen Gesetze und Verordnungen, auch die Qualität der Ausführung gewährleistet.*

## Baden-Württemberg: Jede dritte Prüfung deckte Fehler auf

### Prüfingenieure verhindern schwere Schäden

**In Baden-Württemberg haben die Prüfingenieure für Baustatik 1991 Bauschäden im Wert von ungefähr 320 Millionen Mark verhindert und rund 50 Millionen Mark Sanierungskosten eingespart, die durch die stichprobenartige Rohbauüberwachung aufgedeckt worden sind. Das ist das wichtigste Ergebnis einer Erhebung, die die Landesvereinigung der Prüfingenieure in Baden-Württemberg bei ihren Mitgliedern durchgeführt hat.**

Dabei sind - bezogen auf einen untersuchten Rohbauwert von ca. 6,3 Milliarden Mark - bei nahezu jeder dritten Prüfung schwere oder schwerste Fehler festgestellt worden.

Im einzelnen sind:

- bei 24 Prozent der geprüften Unterlagen schwere Fehler aufgedeckt worden, die z.T. erhebliche Schäden nach sich gezogen hätten,
- in den bautechnischen Unterlagen von drei Prozent der Bauten schwerste Fehler gefunden worden, in deren Folge Einstürze und Personenschäden aufgetreten wären.

Die häufigsten Mängelursachen waren

- fehlerhafte Bemessungen,
- unzutreffende statische Systeme,
- Fehler bei der Übertragung von Lasten bzw. bei der Umsetzung der Berechnungsergebnisse in die Ausführungspläne,
- ungenügende Aussteifung,
- Rechenfehler,
- Ausführungsfehler.

Signifikant ist auch dieses Ergebnis der baden-württembergischen Untersuchung: Die Überwachung der Rohbauarbeiten, die auftragsgemäß nur bei etwa zehn Prozent aller Bauvorhaben durchgeführt wurde, zeigte eine prozentual höhere Mängel- und Schadenshäufigkeit gegenüber der statischen Prüfung.

Mit dem Titel „Durch präventive Prüfung verhinderte Bauschäden“ hat die Landesvereinigung die Ergebnisse ihrer Untersuchung als „Jahresschadensbericht 1991“ veröffentlicht. Darin heißt es, die Ergebnisse der Erhebungen in Baden-Württemberg und die Ergebnisse des zweiten Berichts der Bundesregierung über Schäden an Gebäuden von 1989 widersprechen in eklatanter Weise den Tendenzen in manchen Bundesländern, das bewährte Vier-Augen-Prinzip der unabhängigen bautechnischen Prüfung weiter einzuschränken.

Dies gelte auch und vor allem für Baden-Württemberg. Dort sind 1989 die Bauprüfverordnung und die Baufreistellungsverordnung dahingehend geändert worden, daß gewisse Bauten nicht mehr bautechnisch geprüft werden oder kein baurechtliches Genehmigungsverfahren mehr durchlaufen müssen.

„Die Erfahrungen bei der bautechnischen Prüfung“, so heißt es dazu im Jahresschadensbericht der Landesvereinigung der Prüfingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg, sprechen dagegen: „Auch hochqualifizierte Ingenieure arbeiten nicht fehlerfrei.“ Die „ungehemmte Ausweitung“ der EDV und die „leichtgläubige Anwendung von Programmen, deren Ergebnisse hinsichtlich der Plausibilität nicht ausreichend

hinterfragt werden“ sowie „eine Vielzahl neuer, meistens immer umfangreicher werdender und damit undurchschaubarer Normen“ hätten, so steht in dem Bericht, dazu geführt, „daß die Fehlerhäufigkeit in den vergangenen Jahren eher angewachsen ist“.

Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen folgert die Landesvereinigung der Prüfingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg, die Ergebnisse hätten deutlich gezeigt, daß das „Instrument der unabhängigen Prüfung wesentlich dazu beiträgt, Bauherren und Öffentlichkeit vor den Folgen von Bauschäden zu schützen und - im Sinne der Forderung des Bauschadensberichts der Bundesregierung - insgesamt zu einer Verringerung von Bauschäden führt.

### „DIN 4109 verstößt gegen die anerkannten Regeln der Technik“

In einem „Memorandum“ haben das Umweltbundesamt und zahlreiche namhafte Sachverständige für Akustik Teile der Neuausgabe der DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ (November 1989) angefochten. Umfangreiches Datenmaterial belege, so schreiben die Experten für Akustik, daß die in der DIN 4109 zugelassenen Geräuschpegel aus Wasserinstallationen (35 db/A und mehr) nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprächen und unzumutbar seien.

Um weiterhin Beschwerden der Bevölkerung und noch mehr Gerichtsklagen zu vermeiden, sollten, so fordern die Fachleute, in der DIN 4109 „zum Schutz vor erheblichen Belästigungen“ endlich „Anforderungen für Wasserinstallationen festgeschrieben werden, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen“.

## Fassaden müssen als echte Ingenieuraufgabe honoriert werden

### Seminar der hessischen Landesvereinigung

**Die Außenhaut eines Gebäudes erfüllt als Fassade nicht nur einen ästhetischen Zweck, sondern sie ist, wegen ihrer vielfältigen Aufgaben und ihrer vielen technischen und bauphysikalischen Probleme, eine echte Ingenieuraufgabe. Das ist die Quintessenz einer Veranstaltung, zu der Anfang September auf Einladung der Landesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik in Hessen und des hessischen Ministeriums für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft und Forsten mehr als 600 Teilnehmer aus Baubehörden, Ingenieurbüros und Baufirmen zusammengekommen sind.**

Das große Interesse an dieser gemeinsamen Veranstaltung, die in Hessen schon eine Tradition hat, kam nicht von ungefähr: Der Umstand, daß die Kosten der Fassade eines Bauwerkes oft mehr als 20 Prozent der Gesamtbaukosten betragen, belegen hinlänglich die Wichtigkeit der in diesem Bereich zu erbringenden Ingenieurleistungen, die Dipl.-Ing. Harald Müller vom Ingenieurbüro Krebs und Kiefer (Darmstadt) ausführlich beschrieb. Er berichtete, daß Bauwerksverformungen, Gebrauchstauglichkeit und die Verträglichkeit unterschiedlicher Materialien ebenso bedeutungsvoll seien, wie die Berücksichtigung von Bauzuständen und die Elementbildung für eine wirtschaftliche Montage und Fertigung im Werk. Von bestimmendem Einfluß auf die Konstruktion einer Fassade seien, so Müller, nicht nur der Brandschutz und die einzuplanenden Maßtoleranzen, sondern auch die Lastannahmen, die oftmals nur über ein Windgutachten geklärt werden könnten.

Überhaupt spielt die Prüfung des praktischen Verhaltens einer Fassade im Labor eine immer größere Rolle. Darauf wies Dr.-Ing. Gartner (Gundelfingen) hin, der nicht nur einige bemerkenswerte Fassadenkonstruktionen in Hongkong, Deutschland (Frank-

furter Messe) und auf Island, sondern auch die labortechnische Simulierung von Wind, Regen und Brandlasten sowie Windkanalversuche zur Bestimmung der Windverteilung beschrieb. Er ging, als Praktiker und Chef eines bedeutenden Stahlbauunternehmens, auch auf die Fragen der Dichtigkeit, der Fugenausbildung, der Fassadenverformungen und der Ableitung von Leckagewasser durch Fugen mit Druckausgleich ein.

Daß solche Ingenieurleistungen auch ihrem Wert und ihren technischen Ansprüchen entsprechend honoriert werden müssen, das machte Prof. Dr.-Ing. A. Krebs (Darmstadt) klar. Die ingenieurmäßige Bearbeitung von Fassadenkonstruktionen könne, wie die Vorträge des Darmstädter Seminars gezeigt hätten, einen ganz erheblichen Arbeitsumfang annehmen. Die Bearbeitung der Fassade stelle deshalb in jedem Fall eine Besondere Leistung im Sinne der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure HOAI dar und könne nicht „nebenher“ honoriert werden. Krebs stellte zur Untermauerung seiner These verschiedene Abrechnungsmöglichkeiten gemäß HOAI sowie die fallweise Behandlung der Fassadenkosten bei der Ermittlung der anrechenbaren Kosten dar.

Mit besonderem Interesse verfolgten die Teilnehmer des Seminars auch die Informationen und Hinweise über die neuesten Entwicklungen in der Normung des Stahlbaus, die mit dem letzten großen nationalen Regelwerk für den Stahlbau, der DIN 18 800, Teile 1 bis 4, inzwischen abgeschlossen ist. Ministerialrat Dipl.-Ing. Erich Jasch vom hessischen Umweltschutzministerium machte indes deutlich, daß es für einen begrenzten Zeitraum drei bis vier normative Regeln des Stahlbaus zum gleichen Sachverhalt geben werde. Für diesen Zustand sei eine klare Ordnung zu schaffen, die ein Zusammenwachsen der Normen mit dem Ziel gestatte, das neue Sicherheitskonzept im Bauwesen „Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen an bauliche Anlagen“ (GruSiBau) in Anwendung zu bringen.

Das GruSiBau-Konzept stellte Prof. Dr.-Ing. U. Vogel von der Universität Karlsruhe vor. (Siehe hierzu: „Ein modernes Regelwerk für den Stahlbau“, Heft 1 „Der Prüfengeur“, September 1992.)

### Checkliste für den Nachweis der Standsicherheit

Die Landesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik in Hessen hat eine „Checkliste für den Standsicherheitsnachweis von Ein- und Mehrfamilienhäusern“ herausgegeben. Diese Broschüre soll, wie Prof. M. Thomsing von der Fachhochschule Darmstadt beim jüngsten Fortbildungseminar dieser Landesvereinigung sagte, die Qualität und Vollständigkeit der Standsicherheitsnachweise verbessern. Mit diesem Beitrag werde eine reibungslose Prüfung und letztlich eine Beschleunigung des Baugenehmungsverfahrens erreicht.

## Optimierte Stahlmaste lassen sich jetzt auch auf dem PC berechnen

### Alternative zum Holz- und Betonmast

**An der Universität - Gesamthochschule - Essen ist eine Software entwickelt worden, mit deren Hilfe sich optimierte Stahlmaste in Vollwandbauweise auf handelsüblichen Personal Computern berechnen lassen. Damit ist es möglich geworden, Stahlmaste als Alternative zu Holz- und Betonmasten in den Markt einzuführen.**

Das Programm, das auch die neuesten deutschen und internationalen Normen berücksichtigt, nimmt, wie die Studiengesellschaft Stahlanwendung (Düsseldorf) mitteilte, dem Anwender die bislang noch aufwendigen Berechnungen für die statische Auslegung von Masten in Stahlbauweise weitestgehend ab und versetzt vor allem die mittelständischen Stahlanwender in die Lage, ohne großen technischen Vorbereitungsaufwand die Fertigung und Planung von Stahlmasten zu realisieren.

Die Software ist das Ergebnis eines Forschungsvorhabens, dessen Ziel es auch war, ein praxisgerechtes Rechenprogramm zu entwickeln, mit dem prüffähige statische Berechnungen für eine optimierte konstruktive Ausbil-

dung der Stahlmaste unter Berücksichtigung entsprechender Vorgaben, verschiedener Parameter und Beschränkungen aufgestellt werden können.

Das Vorhaben erstreckte sich auch auf Detailpunkte, wie den Anschluß der Querträger an den Mastenschaft, die Ausbildung des Fußpunktes des Mastes und die Verbindung der Maststöße sowie die Herstellung eines Prototyps für den Nachweis der Richtigkeit der Forschungsergebnisse im Versuch.

Die Forschung über „Stahlmaste in Vollwandbauweise für Hoch- und Niederspannung“ war nach Ansicht der Studiengesellschaft umso wichtiger, als angesichts des zunehmenden Bedarfs an elektrischer Energie die Weiter-

entwicklung der Übertragungseinrichtungen notwendig ist.

Die Vorteile des Stahls seien auf dem Gebiet der Energiemasten im Wettbewerb mit anderen Werkstoffen - vor allem mit Holz und Beton - bisher wegen des hohen Berechnungsaufwandes für die statische Auslegung nicht voll zur Geltung gekommen.

Dieser Nachteil sei jetzt durch das Modell für die sichere und schnelle Berechnung von Stahlmasten ausgeglichen worden.

Das Forschungsvorhaben ist von Prof. Dr.-Ing. G. Thierauf von der Universität - GHS - Essen, der Starkstromanlagen-Gesellschaft mbH (Frankfurt), der ABB AG (Mannheim) und der Schleswig-Holsteinischen Stromversorgungs AG (Rendsburg) mit finanzieller Förderung durch die Stiftung Stahlanwendungsforschung (Essen) im Auftrag der Studiengesellschaft Stahlanwendung (Düsseldorf) durchgeführt worden.

Der Abschlußbericht des Forschungsvorhabens umfaßt 251 Seiten mit 216 Bildern und Tabellen. Er ist von der Studiengesellschaft Stahlanwendung („Projekt 152“) veröffentlicht worden und ist dort kostenfrei erhältlich.

### Zwei Hinweise und Empfehlungen aus Mecklenburg-Vorpommern

Die Landesvereinigung der Prüflingenieur in Mecklenburg-Vorpommern hat auf zwei Auffälligkeiten hingewiesen, die ihr aus den Kreisen ihrer Mitglieder gemeldet wurden: So ist in den letzten Monaten immer öfter festgestellt worden, daß bei der Planung von Lagerhallen sehr häufig die Forderungen der DIN

1055, Teil 3, 7.4, bezüglich der Anpralllasten nicht beachtet werden. Die Landesvereinigung regt daher eine „klärende Fachdiskussion“ auf zentraler Ebene und - als deren Ergebnis - eine bindende Aussage der Fachkommission Bauwesen der ARGEbau dazu an.

Ferner ist in Mecklenburg-Vorpommern - vorrangig bei Prüfungen baustatischer Planungsunterlagen aus den alten Bundesländern - festgestellt worden, daß Schneesackbildungen in der

Planung häufig unberücksichtigt bleiben - offensichtlich aufgrund der in dieser Hinsicht unzureichenden Hinweise in DIN 1055, Teil 5, 3.3. Die Landesvereinigung empfiehlt daher, bei einer offensichtlich möglichen Schneesackbildung den diesbezüglichen Empfehlungen der Freien und Hansestadt Hamburg (Schreiben an die mit der Prüfung statischer Berechnungen Beauftragten vom 2.3.1979) bzw. dem DDR-Standard TGL 32274/05 zu folgen.

## „Prüfingenieure müssen auch im vereinten Europa bestehen“

Deutschlands Prinzip kann ein „Modell für Europa“ sein

Das bewährte, „einmalige“ deutsche Prinzip des Prüferfahrens durch die Prüfingenieure müsse innerhalb Deutschlands auch im EG-Binnenmarkt beibehalten werden und, wenn möglich, in andere Länder der EG „exportiert“ werden. Diese Ansicht vertrat die Landesversammlung der Vereinigung der Prüfingenieure für Baustatik in Niedersachsen anlässlich ihrer jüngsten Sitzung in Hannover.

„Mit Überzeugung und Nachdruck müssen die deutschen Prüfingenieure ihr Modell in Brüssel vertreten und durchzusetzen versuchen“. Mit diesen Worten hat das Vorstandsmitglied der Landesvereinigung, Dr.-Ing. Günter Griebenow, die Vorstellung der deutschen Prüfingenieure unterstrichen, nach der „das französische Prüfwesen mit der

starken Lobby der Versicherungen im Rücken“, das „Europa eines Tages beherrschen könne“, wegen der hohen Kosten strikt abgelehnt wird. Damit sichergestellt werden kann, daß „die Auffassung der deutschen Prüfingenieure in den europäischen Gremien und Ausschüssen ausreichend berücksichtigt werden können“, hat die niedersächsische

Landesvereinigung die Bundesvereinigung aufgefordert, „ein Gremium einzusetzen, welches diese Mitwirkung gewährleisten kann“.

Dr. Griebenow begründete die von der Landesversammlung unterstützte Forderung mit Fakten und Argumenten, die belegen, daß das deutsche Prinzip der bautechnischen Prüfung keine „Utopie für Europa“ sei. Ein Vergleich der bautechnischen Prüfung in Deutschland und Frankreich zeige vielmehr, daß die deutschen Verhältnisse ein „Modell für Europa“ sein könnten.

Es lohne sich deshalb, wenn die europäischen Staaten in ihrem eigenen Interesse das Prinzip der bautechnischen Prüfung in Deutschland sehr genau analysieren würden, um aus den Erkenntnissen Rückschlüsse und Vorbilder für den Aufbau oder die Weiterentwicklung des eigenen Systems der bautechnischen Prüfung und Überwachung abzuleiten.

## NRW: Neue VV zur BauPrüfVO regelt Prüfgebühren

Im Gesetz und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen vom 5. November 1992 ist die „11. Verordnung zur Änderung der Allgemeinen Verwaltungsgebührenordnung“ veröffentlicht und am selben Tag in Kraft gesetzt worden.

Damit liegt nunmehr eine Regelung für die Vergütung der Leistungen nach § 76 (Bauüberwachung) und § 77 (Bauzustandsbesichtigung) LBO NRW vor. Unklarheit besteht allerdings nach wie vor hinsichtlich der Anwendung bei bereits vorliegenden, aber noch nicht abgeschlossenen Bauanträgen. Es heißt zwar, daß am Tage nach dem Erscheinen die

neue Gebührenregelung anzuwenden sei. Aber in den Bauaufsichtsämtern besteht noch Unklarheit darüber, ob das Datum der Bauantragstellung oder das Datum der Beauftragung eines Prüfingenieurs maßgebend für die Anwendung der neuen Gebührenordnung ist.

## Richtlinien für Bauwerksentwürfe „Bundesfernstraßen“ eingeführt

Der Bundesminister für Verkehr teilt mit, daß die Richtlinien für das Aufstellen von Bauwerksentwürfen (RAB-BRÖ 92) für den Bereich der Bundesfernstraßen eingeführt sind.

Die Richtlinien sind in drei Teile eingliedert und umfassen

neben allgemeinen Entwurfsregeln besondere Hinweise zum Aufstellen des Erläuterungsberichtes, der Kostenberechnung und der Bauwerkspläne sowie drei Musterbeispiele.

In diesem Zusammenhang hat Ministerialrat Friedrich Standfuß vom Bundesverkehrsministerium darauf hingewiesen, daß der Begriff „RE-Entwürfe“ für Brücken- und Straßenbauwerke nicht mehr gelte und nunmehr von der neuen Bezeichnung „RAB-BRÖ 92“ abgelöst worden sei.

Die „RAB-BRÖ 92“ können beim Verkehrsblatt-Verlag (Hohe Straße 39, 4600 Dortmund 1) bestellt werden. Einzelheiten über Zweck und Inhalt sind in dem Aufsatz „RAB-BRÖ 92“ von F. Standfuß und J. Naumann in Heft 11/92 der Zeitschrift „Straße und Autobahn“ nachzulesen.



## Niedersachsen: Neue Gebühren und neue Preisindexzahlen

**Tabellenwerte wurden um zehn Prozent angehoben**

Seit Mai vergangenen Jahres ist die neue Baugebührenordnung (Bau GO) in Niedersachsen in Kraft. Sie brachte eine Anhebung der Tabellenwerte um zehn Prozent und neue Preisindices für den Rohbauwert.

Für die Prüflingenieure brachte die neue Bau GO (sie heißt genau: "Verordnung über die Gebühren und Auslagen für Amtshandlungen der Bauaufsicht") eine Anhebung der Tabellenwerte um 10 Prozent, eine Erhöhung des Stundensatzes von 94 auf 112 DM, eine Anhebung des Maximalsatzes für die Prüfung von Ausführungszeichnungen - in Abhängigkeit vom Bearbeitungsaufwand - von 50 auf 75 Prozent und eine Erhöhung des Maximalsatzes für die Prüfung von Elementplänen des Fertigteilbaus sowie Werkstattzeichnungen des Metall- und

Ingenieurholzbaus von 25 auf 75 Prozent (abhängig vom Bearbeitungsaufwand).

Seit dem 1. Oktober gelten in Niedersachsens Baugebührenordnung überdies neue Preisindexzahlen.

Die in der Tabelle angegebenen Werte berücksichtigen nur Flachgründungen mit Streifen oder Einzelfundamenten. Mehrkosten für andere Gründungen sind gesondert zu ermitteln. Dies gilt auch für Außenwandverkleidungen, für die ein Standsicherheitsnachweis geführt werden muß.

## Zulassungen für Trapezbleche sind nicht mehr gültig

Die bauaufsichtlichen Zulassungen des Instituts für Bautechnik (Berlin) für Trapezbleche haben ihre Gültigkeit verloren, weil Trapezbleche jetzt in DIN 18 807, Teile 1 bis 3, geregelt werden. Auf diese Tatsache hat Prof. Klaus Berner von der Fachhochschule Mainz in einem Vortrag hingewiesen, den er anlässlich des jüngsten Fortbildungsseminars der Landesvereinigung der Prüflingenieure in Hessen und des hessischen Wohnungsbauministeriums gehalten hat (s. a.: „Fassaden müssen als echte Ingenieuraufgabe honoriert werden“ auf Seite 5).

Er beschrieb auch die Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Tragfähigkeitswerte von Trapezblechprofilen im Rahmen des sogenannten Nachweisverfahrens. Soweit neue typengeprüfte Tabellen vorliegen, so Berner, geben diese die aufnehmbaren Tragfähigkeitswerte und nicht mehr, wie früher gewohnt, zulässige Schnittgrößen an.

Berner wies darauf hin, daß Trapezbleche, Sandwichbauteile und Kassettenprofile einen wesentlichen Anteil der Dach- und Fassadenkonstruktionen darstellen und daß die Schubfeldausbildung und die Heranziehung der Verdrehungssteifigkeit der Trapezbleche als kipp-sicherndes Element dem planenden Ingenieur die Möglichkeit eröffneten, zu sehr wirtschaftlichen Konstruktionen zu gelangen.

## DAfStb-Seminar über Betonbauten für den Umweltschutz

Am 14. und 15. September 1993 veranstaltet der Deutsche Ausschuß für Stahlbeton (DAfStb) ein Seminar über den „Betonbau beim Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen“.

Das Seminar behandelt

- Bauaufgaben beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen,
- Anforderungen aus behördlicher Sicht,
- Ausführungsvarianten (mit und ohne Beschichtung),
- das Verhalten von Betonkonstruktionen bei Beaufschlagung,
- Sicherheitskonzepte,
- Bemessung auf Dichtheit,
- konstruktive Hinweise,
- Überwachung,
- Ausführungsbeispiele.

Das Seminar wird von den Freunden des Instituts für Massivbau der Technischen Hochschule Darmstadt und von der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Baustatik mitveranstaltet. Es gewinnt für die Prüflingenieure besondere Bedeutung dadurch, daß die Bemessung von Betonbauten für den Umweltschutz - neben der Standsicherheit der Konstruktion - den wesentlichen Zweck hat, die Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen, deren Anforderungen die Nachweisverfahren bestimmen.

Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit umfassen, neben den Berechnungen, in die der Angriff des Betons in Abhängigkeit von den angreifenden Stoffen und der Dauer der Beanspruchung eingeht, Anforderungen an die Baukonstruktion, die Betonzusammensetzung und -herstellung sowie die Überwachung.

## Dr.-Ing. Günter Timm zum Vorsitzenden der Bundesvereinigung wiedergewählt

Dr.-Ing. Günter Timm, Partner der Ingenieurgesellschaft Drs. Windels-Timm-Morgen in Hamburg, ist von den Mitgliedern der Landesvereinigungen der Prüffingenieure für Baustatik im Oktober vergangenen Jahres in Berlin erneut zum Vorsitzenden der Bundesvereinigung gewählt worden.

Timm (links) hat sich, wie er nach seiner Wahl sagte, vorgenommen, den deutschen Prüffingenieuren auch im Europäischen Binnenmarkt die Bedeutung zu sichern, die einer unabhängigen Prüfung und Überwachung zum Vorteil der Bauherren zukommt.



Insbesondere wolle er sich dafür einsetzen, daß die neuen Aufgaben, die durch Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungstätigkeiten innerhalb der EG auf die sachverständigen Personen und Stellen zukämen, neue Wirkungs-

felder auch für die Prüffingenieure in Deutschland werden. Er sei sich, sagte Timm, dabei der tatkräftigen Unterstützung seiner Stellvertreter Dr. Klaus Kunkel (rechts) und Fritz Mönning und der übrigen Mitglieder seines Bundesvorstandes sicher.

## Brandwände dürfen ihre Standsicherheit nicht verlieren

Eine Brandwand darf auch bei einem Brand ihre Standsicherheit nicht verlieren. Auflagerungen und Führungen von Brandwänden sind deshalb ohne feste Verbindungen vorzusehen, damit sich, wenn es brennt, diese Bauteile von der Brandwand lösen können, ohne diese durch Zwangskräfte zu belasten. Daß der Prüffingenieur auch auf solche Details ein besonderes Augenmerk zu richten hat, darauf wies Dr.-Ing. Hubert Verheyen vom Vorstand der Landesvereinigung der Prüffingenieure in Rheinland-Pfalz anlässlich eines Vortrages bei einer gemeinsamen Sitzung mit der Fachgruppe Konstruktiver Ingenieurbau der Kammer der Beratenen Ingenieure des Landes Rheinland-Pfalz hin. Auf dieser Sitzung wurde auch die Frage erörtert, ob Kellerwände einer Mindestbewehrung bedürfen oder nicht.

Prof. Dr.-Ing. Gerd Ambos von der Fachhochschule in Koblenz vertrat dabei - in Übereinstimmung mit dem Technischen Ausschuß der Kammer - die Auffassung, daß bei einer senkrecht gespannten Kellerwand eine Mindestbewehrung nicht erforderlich sei, weil senkrechte Risse als Folge von Zwang in Längsrichtung weder die Tragfähigkeit noch die Gebrauchsfähigkeit beeinträchtigen. Bei einer waagrecht gespannten Kellerwand könne die Reißkraft allerdings größer als die Biegezugkraft aus den Schnittkräften in Längsrichtung werden; deshalb sei in solchen Fällen eine Mindestbewehrung vorzusehen.

in Hamburg nach Nummer 4.13 bauliche Anlagen mit schwierigen Konstruktionen oder mit neuen Bauarten oder Baustoffen nun auch in Hamburg in die Bauüberwachung durch Prüffingenieure für Baustatik aufgenommen.

## Nächste Arbeitstagung der BVPI in Timmendorf

Die diesjährige Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Baustatik findet vom 26. bis 28. September im Seehotel Maritim in Timmendorf statt. Neben Referaten über aktuelle Entwicklungen in der Bauaufsicht stehen auch in diesem Jahr Vorträge hervorragender Fachleute über Wärme- und Erschütterungsschutz sowie über die bestehenden und möglichen künftigen Aufgaben der Prüffingenieure im Umweltschutz auf der Tagesordnung.

## Hamburg: schwierige Konstruktionen in der Bauüberwachung

Mit der Neufassung der Baugebührenordnung (Bau GeBO) vom 12. Dezember 1991 wurden

# Inhalt und Wirkung der neun Eurocodes für den Ingenieurbau

## Die EG-Normen für den konstruktiven Ingenieurbau erscheinen erst als Vornormen

Im Gemeinsamen Europäischen Binnenmarkt haben auch der Entwurf, die Bemessung, die Planung und die Ausführung von Bauwerken gemeinsamen Regeln und Normen zu folgen. Für den konstruktiven Ingenieurbau werden dafür gegenwärtig die sogenannten Eurocodes erarbeitet, die für Bauwerke aus Beton, Stahl, Aluminium und Holz, aber auch für Mauerwerksbauten und Verbundbauten, für Bauten in Erdbebengebieten, für die Geotechnik und für Gründungen und Einwirkungen gelten werden. Im folgenden Beitrag wird über den Stand der Bearbeitung der Eurocodes, deren Inhalt und deren baurechtliche Umsetzung berichtet. Dabei wird allgemein auch der Bezug zur Bauprodukten-Richtlinie hergestellt, deren Umsetzung in deutsches Recht erläutert und so versucht, einen Überblick über die europäischen Bestrebungen zur Beseitigung technischer und administrativer Handelshemmnisse auf dem Gebiet des Bauwesens zu vermitteln.

**Dr.- Ing Horst Bossenmayer**

*leitet als Ministerialrat das Referat Bautechnik und Bauökologie im baden-württembergischen Wirtschaftsministerium, ist - zum Teil als Obmann - Mitglied mehrerer Normenausschüsse und Sachverständigenausschüsse und gehört mehreren Kommissionen der ARGEBAU und der EG an*

## 1 Einführung

### 1.1 Weshalb und wozu europäische Normen?

Zur Vollendung des Gemeinsamen Europäischen Marktes bedarf es der Beseitigung nicht nur tarifärer Handelshemmnisse - etwa einzelstaatlicher Zollbestimmungen, Mengenbeschränkungen, Beschaffungsvorschriften oder Subventionierungen - , sondern vor allem auch nichttarifärer Handelshemmnisse technischer wie administrativer Art.

Zu solchen Handelshemmnissen in der EG zählen einzelstaatliche - und somit von Mitgliedstaat zu Mitgliedstaat unterschiedliche - Rechtsnormen mit technischen Vorschriften und technische Regeln für alle öffentlich-rechtlichen Regelungsbereiche, wie etwa das Baurecht, das Immissionsschutzrecht, das Abfallrecht, das Arbeitsschutzrecht. So wächst mit der Vollendung des EG-Binnenmarktes der europäischen Normung, insbesondere der technischen Normung, eine Schlüsselrolle zu.

Zwar stellen unterschiedliche technische Normen aus sich heraus keine Handelshemmnisse dar, denn ihre Anwendung ist - zumindest in vielen Mitgliedstaaten - freiwillig. Durch Bezugnahme in nationalen Rechtsvorschriften - etwa über die bauaufsichtliche Einführung aufgrund § 3 der Musterbauordnung (MBO) - , durch Zertifikate der Normenkonformität und nicht zuletzt durch die Wirkung auf den Verbraucher, können sie den freien Warenverkehr letztlich aber doch behindern.

Es ist deshalb erklärter Wille der EG-Mitgliedstaaten, gemeinsame europäische technische Normen zu erstellen, denen als Beweisregeln zur Erfüllung rechtlicher Anforderungen enorme Bedeutung zukommt.

Immerhin besteht auch die Hoffnung, über eine solche gemeinsame Normung die Normenflut, als Summe einzelstaatlicher Normen, zu dämpfen.

Auf die Erstellung vereinheitlichter europäischer Normen wird auch bei der Vollendung des Baumarktes aufgrund der EG-Bauprodukten-Richtlinie abgehoben. Dieser Bereich soll im folgenden näher beleuchtet werden.

## 1.2 Einheitliche Europäische Akte Bauprodukten-Richtlinie

### 1.2.1 Grundlage des EG-Baumarktes

Die Errichtung des Gemeinsamen Marktes geht auf die Einheitliche Europäische Akte zurück, mit der die Römischen Verträge geändert und ergänzt wurden.

Durch sie wird, auch den Baumarkt betreffend, insbesondere bestimmt, daß

- bis zum 31.12.1992 alle Maßnahmen zur Verwirklichung eines Gemeinsamen Marktes zu treffen sind, in dem der freie Verkehr von Waren, Personen, Dienstleistungen und Kapital gewährleistet wird (Art. 8a),
- der Rat auf Vorschlag der EG-Kommission in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Parlament und nach Anhörung des Wirtschafts- und Sozialausschusses die zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften erforderlichen Maßnahmen trifft (Art. 100a), wobei in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und Verbraucherschutz von einem hohen Schutzniveau ausgegangen werden soll.

Hierin sind demnach die Ermächtigungsgrundlagen im speziellen für die Richtlinie des Rates für Bauprodukte vom 21.12.1988 zu sehen.

Zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften billigte der Rat bereits in seiner „Entschließung vom 07.05.1985 über eine neue Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung“, daß

- die Harmonisierung der Rechtsvorschriften sich lediglich auf die Festschreibung von Grundanforderungen beschränken sollte, denen die Handelswaren entsprechen müssen,
- die für die technische Normung zuständigen Gremien technische Regelwerke („Spezifikationen“) zur Konkretisierung und Erfüllung dieser Grundanforderungen ausarbeiten sollen, die zwar keinerlei obligatorischen Charakter haben, jedoch als Beweisregeln gelten können.

Die EG-Bauprodukten-Richtlinie (BPR) folgt dieser „neuen Konzeption“ und stellt auf europäische Normen ab.

### 1.2.2 Die Bauprodukten-Richtlinie

Die „Richtlinie des Rates vom 21.12.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Bauprodukte“ (89/106/EWG), veröffentlicht im Amtsblatt der EG (Nr. L 40/12 vom 11.02.1989) gilt für alle Bauprodukte soweit sie dauerhaft in Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus eingebaut werden und für die Erfüllung der sechs „wesentlichen Anforderungen“

- mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
- Brandschutz,
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
- Nutzungssicherheit,
- Schallschutz,
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

nach Anhang 1 der Richtlinie von Bedeutung sind.

Die Richtlinie regelt die zur Erfüllung der wesentlichen Anforderungen erwachsenden Voraussetzungen und Bedingungen für Bauprodukte, insbesondere auch

- die Verfahrensregeln für den Nachweis der Brauchbarkeit von Produkten,
- die Rolle technischer Regeln,
- das Verfahren zur Konkretisierung der wesentlichen Anforderungen in sogenannten Grundlagendokumenten und
- das Verfahren zur Verwendung einzelstaatlicher Normen.

Mit der praktischen Durchführung der Richtlinie kann der Ständige Ausschuß für das Bauwesen (Art. 19) befaßt werden, in dem die Mitgliedstaaten vertreten sind.

### 1.2.3 Stufen und Klassen

Um etwaige unterschiedliche Bedingungen geographischer, klimatischer und lebensgewohnheitlicher Art sowie unterschiedliche Schutzniveaus zu berücksichtigen, die auf einzelstaatlicher, regionaler oder lokaler Ebene bestehen, können für jede wesentliche Anforderung Klassen bzw. Leistungsstufen in den Grundlagendokumenten und den harmonisierten technischen Regelwerken (nach Art. 4 der BPR) festgelegt werden.

Jeder Mitgliedstaat kann verlangen, daß die harmonisierten Normen die für ihn notwendigen Stufen und Klassen enthalten; diese Festlegung kann also

in der Regel nicht von der Normenorganisation getroffen, im Normungsverfahren diskutiert oder gar der Abstimmung unterworfen werden. Die Norm muß vielmehr die für die Berücksichtigung der unterschiedlichen Stufen oder Klassen erforderlichen Regeln und Verfahren allgemein bereitstellen.

#### 1.2.4 Technische Spezifikationen

Technische Normen und Zulassungen werden im Sinne der Bauprodukten-Richtlinie als „Technische Spezifikationen“ bezeichnet (Art. 4). Im Sinne der BPR sind unter „harmonisierten Normen“ die technischen Spezifikationen zu verstehen, die von der europäischen Normungsorganisation CEN im Auftrag der EG-Kommission nach Stellungnahme des Ständigen Ausschusses erarbeitet werden. Von CEN ohne Auftrag der Kommission erarbeitete Normen sind demnach keine „harmonisierten“ Normen.

Zu unterscheiden ist nach Spezifikationen der Kategorie A, B und B<sub>h</sub>.

- A-Normen sind solche Normen und Zulassungs-Leitlinien, die, zum Zwecke der Erfüllung der wesentlichen Anforderungen, Entwurf, Planung und Ausführung von Bauwerken oder ihrer Teile oder besondere Aspekte betreffen (z.B. Lastnormen, Bemessungs-, Berechnungs- und Planungsvorschriften, also etwa die „Eurocodes“);
- B-Normen sind Normen und Zulassungs-Leitlinien, die ausschließlich bestimmte Produkte betreffen (z.B. Produktnormen, die Produkte definieren, Eigenschaften festlegen und Hinweise für Herstellung und Verwendung enthalten);
- B<sub>h</sub>-Normen sind zwischen A- und B-Normen eingestuft und beschreiben Kriterien, harmonisierte Leistungsanforderungen und Verfahren, die für ganze Produktfamilien gelten (z.B. Meßverfahren, bestimmte Produkteigenschaften).

#### 1.2.5 Brauchbarkeit von Produkten

Die Mitgliedstaaten gehen von der Brauchbarkeit der Produkte aus, wenn sie so beschaffen sind, daß die Bauwerke, für die sie verwendet werden, die wesentlichen Anforderungen erfüllen können und die Produkte das EG-Zeichen tragen (Art. 4).

Das EG-„Konformitäts-Zeichen“ besagt, daß Produkte

- mit den entsprechenden nationalen Normen übereinstimmen, in die die harmonisierten Normen umgesetzt worden sind (DIN, EN...),

- mit einer europäischen technischen Zulassung übereinstimmen,
- den nach Art. 4 Abs. 3 in Verbindung mit Art. 5 von der Kommission als gleichwertig anerkannten nationalen Normen entsprechen („Gleichwertigkeitsklausel“).

Für die Bescheinigung der Konformität mit technischen Spezifikationen wählt der Ständige Ausschuß in Abhängigkeit

- von der Bedeutung des Produkts im Hinblick auf mindestens eine der wesentlichen Anforderungen,
- vom Einfluß der Schwankungen der Produkteigenschaften auf die Brauchbarkeit,
- vom Einfluß der Herstellungsbedingungen auf die Qualität und von der Kontrollierbarkeit des Herstellungsprozesses

aus vier Möglichkeiten die jeweils angemessene aus:

- Konformitätszertifikat durch anerkannte Stellen,
- Konformitätserklärung durch Hersteller, und zwar:
  - mit Zertifizierung der Werkskontrolle der anerkannten Stelle,
  - mit Erstprüfung durch eine anerkannte Stelle,
  - mit reiner Eigenüberwachung.

#### 1.2.6 Grundlegendokumente

Die wesentlichen Anforderungen sind aufgrund Art. 4 der BPR in sogenannten Grundlegendokumenten (GD) zu konkretisieren. Die GD wurden in Technischen Ausschüssen der EG-Kommission unter Beteiligung der Mitgliedstaaten erarbeitet. Sie

- präzisieren die wesentlichen Anforderungen, harmonisieren Terminologien, Grundlagen und Verfahren und bezeichnen Stufen und Klassen für jede Anforderung,
- präzisieren die Methoden der Wechselbeziehungen zwischen Anforderungsstufen und technischen Regeln (z.B. Berechnungs- und Nachweismethoden), und
- sie dienen als Grundlage für die Erarbeitung harmonisierter Normen und Leitlinien für europäische Zulassungen sowie für die EG-weite Anerkennung nationaler Normen nach Art. 4 der BPR.

Die GD sind demnach weder Rechtsakte noch selbst technische Regeln; sie dienen lediglich der Erstellung harmonisierter Normen und Zulassungen.

Die Grundlagendokumente sollen im April im Ständigen Ausschuß diskutiert und im Juni 1993 förmlich verabschiedet werden.

Aufgrund der GD erteilt die EG-Kommission Normungsaufträge an die europäische Normenorganisation CEN und Aufträge zur Erarbeitung von Zulassungs-Leitlinien an die Europäische Organisation für Technische Zulassungen (EOTA). Die GD enthalten Funktionsanforderungen und Leistungsanforderungen für bauliche Anlagen sowie eine Auflistung der dafür in Frage kommenden Produkte und Produktfamilien sowie der erforderlichen Produkteigenschaften, Berechnungs-, Bemessungs-, Nachweis- und Prüfmethoden.

Das Grundlagendokument 1 „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ erläutert zunächst die Anforderungen „mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ und gibt Begriffsbestimmungen (Tragkonstruktion, mögliche Belastungen, Kollaps, unzulässige Formänderung, Schaden als Folge unverhältnismäßig geringer Einwirkung). Es folgen Angaben zum Nachweis der Erfüllung der „wesentlichen Anforderungen“ (allgemein):

- Erfüllung mit angemessener Wahrscheinlichkeit für eine wirtschaftlich vernünftige Lebensdauer der Bauwerke,
- Erfüllung durch Beachtung einer Reihe von Maßnahmen, die voneinander abhängen:
  - Planung, Entwurf, Ausführung und Unterhaltung von Bauwerken,
  - Eigenschaften, Leistungsmerkmale und Verwendung von Bauprodukten, und zwar:
  - Kontrolle von Planung, Entwurf und Ausführung von Bauwerken und der am Bau Beteiligten durch die Mitgliedstaaten selbst, je nach deren Vorschriften.

In der Folge werden die Einwirkungen (ständige, veränderliche, zufällige) definiert, dann die Nachweise für die Erfüllung der „wesentlichen Anforderungen“ im einzelnen:

- Nachweise sind aufgrund von Grenzzuständen zu führen unter Zugrundelegung geeigneter Tragwerksmodelle, einer Mindestqualität in der Ausführung und bestimmter Annahmen hinsichtlich der Unterhaltung.
- Nachweise an Hand von Versuchen sind zulässig, wenn rechnerische Nachweise nicht möglich oder nicht sinnvoll sind. Um gleiche Zuverlässigkeit sicherzustellen, sind entsprechende Richtlinien in die Normen aufzunehmen.
- Schäden, die im Verhältnis zu den Einwirkungen unverhältnismäßig wären, lassen sich vermei-

den durch Begrenzung der Risiken, Verwendung robuster und duktiler Tragwerke.

- Grenzzustände beziehen sich auf die Tragfähigkeit und die Gebrauchsfähigkeit.

Das Grundlagendokument 1 der EG-Kommission benennt im folgenden die erforderlichen Technischen Spezifikationen für Bauwerke, also Last- und Bemessungsnormen, die die charakteristischen Werte für Einwirkungen und deren Klassen für bestimmte Bauwerksarten enthalten sollen, wie auch harmonisierte Regeln für unterschiedliche Lebensdauern und Wiederkehrperioden für Einwirkungen. Diese A-Standards - dies sind u.a. auch die „Eurocodes“ - müssen die Grundsätze und Anwendungsregeln für die Nachweise der Erfüllung der „wesentlichen Anforderungen“ enthalten, die relevanten Grenzzustände beschreiben und auf der Methode der Teilsicherheitsbeiwerte aufbauen. Sie haben zu berücksichtigen, daß die Sicherheitsniveaus von den jeweiligen Qualitätssicherungsverfahren abhängen und müssen die entsprechenden Sicherheitsniveaus angeben; diese lassen sich mit Hilfe probabilistischer Methoden ermitteln.

Vereinfachte Entwurfs- und Bemessungsregeln - auch ohne rechnerischen Nachweis - können angegeben werden.

Schutzniveaus werden von den Mitgliedstaaten festgelegt! Um dennoch harmonisierte europäische Sicherheitsklassen festlegen zu können, sind folgende Parameter für eine Differenzierung angeboten:

- repräsentative Werte für die Einwirkungen,
- numerische Werte für die Sicherheitsfaktoren,
- Anforderungen an Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit,
- Robustheit,
- Modellgenauigkeit,
- Verbindlichkeit von Detailregeln,
- unterschiedliche Qualitätssicherungsverfahren.

Richtwerte sind in den Normungsmandaten an die Europäische Normungsorganisation CEN anzugeben. Um die Teilsicherheitsbeiwerte insgesamt gleich lassen zu können, kann auch ein Korrekturfaktor nationale Besonderheiten berücksichtigen.

Es folgen Vorschriften für Produkte. Sie werden in vier Gruppen eingeteilt.

Gruppe I:

Produkte, deren Eigenschaften nicht in A-Standards festgelegt sind (z.B. Kies, Zement ... ),

Gruppe II:

Produkte, deren Eigenschaften in A-Standards festgelegt sind (z.B. Stahl),

Gruppe III:

Produkte, deren Tragverhalten über A-Standards ermittelt werden kann (z.B. Balken, Stützen ... ),

Gruppe IV:

Produkte, deren Tragverhalten nicht oder nicht ganz über A-Standards ermittelt werden kann.

Es folgt im Grundlagendokument sodann eine Liste der erforderlichen Produkteigenschaften.

B-Standards werden benötigt für Produkte der Gruppe I und - für Teilaspekte - der Gruppe II.

- prEN = Europäischer Normentwurf und

- EN = Europäische Norm

oder

- prENV = Europäischer Vornorm-Entwurf und

- ENV = Europäische Vornorm.

Eine EN entsteht nach gewichteter Abstimmung und Annahme im TC und muß von den CEN-Mitgliedern innerhalb einer bestimmten Frist - in der Regel sechs Monate - in das nationale Regelwerk übernommen werden (DIN, EN ... ). Bei TCs, die mehrere Bereiche in WGs abdecken, wie z.B. TC 250, kann die Abstimmung auch im Subkomitee (SC) stattfinden. Sie dauert zwei Monate; insgesamt sind 96 gewichtete Stimmen vorgesehen. Deutschland, Frankreich, Italien und Großbritannien haben je zehn, Spanien acht, Belgien, Portugal und Griechenland je fünf, Österreich und die Schweiz je drei, und Island hat eine Stimme.

## 2 Europäische Normung

### 2.1 CEN - das europäische Komitee für Normung

CEN ist 1961 zusammen mit dem „Europäischen Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC“ gegründet worden. Mitglieder von CEN - einem gemeinnützigen, technisch-wissenschaftlichen Verein - sind die nationalen Normeninstitute, z.B. also DIN, BSI, AFNOR, UNI. Die Organisation von CEN gliedert sich vereinfacht in

- das Präsidium,
- Technische Büros (BT),
- Technische Komitees (TC),
- Arbeitsgruppen (WG oder SC).

Das jeweils zuständige BT, für das Bauwesen BT 1, steuert die Normungsarbeit und setzt für die verschiedenen Arbeitsbereiche TC ein, z.B. TC 250 - „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“.

Im Mittelpunkt der CEN-Arbeit steht heute die europäische Normung. Die dafür erforderliche Zusammenarbeit zwischen der EG und der EFTA und CEN wurde bereits 1984/85 in „Leitsätzen“ geregelt.

Eine ganze Reihe von Normen wird derzeit schon aufgrund von vorläufigen Verträgen und mit finanzieller Unterstützung der EG erstellt; im wesentlichen sind dies die künftigen „harmonisierten“ Normen auf Basis der Grundlagendokumente zur BPR.

### 2.2 Europäische Normen

Bei europäischen Normen wird nach Bearbeitungsstand unterschieden in

Es gibt EN aufgrund von Mandaten der EG (das sind harmonisierte EN) und andere. Bei mandatierten „harmonisierten“ Normen ist eine Abstimmung über Stufen und Klassen dann nicht zulässig, wenn diese von Mitgliedstaaten eingebracht werden. Mit der Übernahme in das nationale Normenwerk sind entsprechende nationale Normen zurückzuziehen.

Eine Europäische Vornorm ist - wie eine nationale Vornorm - lediglich eine beabsichtigte Norm, die vorläufig - in der Regel höchstens drei Jahre - auf Probe angewendet werden soll. Die Normen von TC 250 - die Eurocodes - sind zunächst als Europäische Vornormen vorgesehen, obwohl sie mandatiert sind. Allerdings können sie solange nicht als harmonisierte Normen im Sinne der BPR gelten.

Die Übernahme von ENVs in das nationale Regelwerk ist freiwillig und verpflichtet nicht zur Zurücknahme entsprechender nationaler Normen.

„Harmonisierungsdokumente“ (HD) sind europäische Regelwerke, die nicht zwingend in identische nationale Regelwerke überführt werden müssen.

Derzeit sind im Bereich des Bauwesens (einschließlich der Gebäudeausrüstung) ungefähr 82 TCs mit insgesamt ca. 150 WGs oder SCs eingerichtet, die bauaufsichtlich relevant sind. Sie decken die Bereiche der wesentlichen Anforderungen der BPR - für die Mandate erteilt werden - ab; gearbeitet wird derzeit z.T. aufgrund vorläufiger Mandate, z.T. ohne Mandat. Sollen harmonisierte EN entstehen, ist der Bezug auf die BPR und auch ein Mandat der EG-Kommission erforderlich. Da sich dieses aber auch auf die GD abstützen soll, kann ein endgültiges Mandat erst nach Verabschiedung der GD erteilt werden.

### 2.3 Das EG-Informationsverfahren

Die Richtlinie 83/89/EWG vom 28.03.1983, erweitert durch die Richtlinie 88/182/EWG vom 22.03.1988 „Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften“, geht in ihrer praktischen Bedeutung über ein reines Informationsverfahren hinaus.

Sie geht von einer gegenseitigen Information der Normeninstitute und Regierungen über Normenprojekte aus, um sich abzeichnende Handelshemmnisse zu vermeiden. Dies gilt für Rechtsnormen wie für technische Normen. Nationale Vorhaben sind regelmäßig dann zu stoppen, wenn auf dem gleichen Sektor europäisch bereits genormt wird oder ein Normungsvorhaben vor Inangriffnahme steht; im zweiten Fall gelten bestimmte Stillhaltefristen.

### 2.4 Mitwirkung bei der europäischen Normung

Europäische Normen - so auch die Eurocodes - werden von TCs (z.T. in WGs und SCs) erarbeitet, in denen nach den Statuten alle interessierten Gruppen - die Industrie, die Wissenschaft, die Verbraucher, die Behörden - angemessen vertreten sein sollen. Dies ist allerdings bei ENs so wenig realisiert wie bei DIN-Normen; häufig ist ein starkes Übergewicht der (interessierten) Industrie oder der Wissenschaft, stets aber ein gravierender Mangel an Vertretern der Verbraucher/Beratenden Ingenieure und der Behörden festzustellen.

Während dies im Rahmen der nationalen Normung zwar schon als unbefriedigend empfunden, dann aber häufig in den nachgeschalteten Anhörungsbzw. Einführungsverfahren wieder einigermaßen „repariert“ werden konnte, ist ein solcher Zustand im europäischen Verfahren fatal, weil ein „Nachbessern“ im Rahmen von Verwaltungsakten nicht mehr möglich sein wird.

Es wird daher darauf ankommen, die deutschen Vertreter in EN-Ausschüssen sorgfältig sowohl hinsichtlich ihrer fachlichen Kompetenz, als auch hinsichtlich ihrer Fähigkeit, nationale, regionale oder auch lokale Anliegen effizient zu vertreten, zu bestimmen.

Besondere Bedeutung kommt vor allem auch den nationalen Spiegelausschüssen für die internationale Normung zu, die die Aufgabe haben, nationalen Konsens über die wesentlichen Normungsfragen eines bestimmten Gebietes herbeizuführen und die jeweiligen offiziellen Vertreter für die TC- bzw. WG/SC-

Sitzungen zu bestimmen und diesen auch Vorgaben mitzugeben. „Standvermögen“ ist in besonderem Maße für die Durchsetzung von Bestimmungen im Zusammenhang mit Stufen/Klassen erforderlich.

In 32 TCs bzw. WGs/SCs hat das DIN das Sekretariat für die Normungsarbeit übernommen; einige davon sind TC 88 (Wärmedämmstoffe), TC 104 (Beton), TC 125 WG 1 (Mauersteine), TC 250 SC 2 (Beton), TC 250 SC 6 (Mauerwerk), TC 262 (Korrosionsschutz).

Probleme bereitet in vielen Bereichen die Festlegung von Stufen und Klassen, weil der dafür notwendige (gesamtgesellschaftliche) Konsens oft schwer zu finden ist und das formale Verfahren noch nicht einheitlich festgelegt wurde. Beispiele hierfür sind Grenzwerte für Schadstoffe in Räumen oder eine angemessene Reduzierung der oft sehr fein differenzierten nationalen Stufen bei bestimmten Produkten.

Die Bauaufsicht bestimmt derzeit ihre Vertreter in den baurechtlich relevanten Ausschüssen. TC 250 gehört natürlich dazu.

Normung kann nur sachgerecht betrieben werden, wenn die einzelnen Fachbereiche nicht nur intern, sondern auch untereinander koordiniert werden.

So hat das DIN die Fachbereiche neu geordnet. Künftig sind elf Fachbereiche vorgesehen.

Diesen sind neun Koordinierungsausschüsse zugeordnet, um die Einheitlichkeit der Behandlung gleichartiger Fragen sicherzustellen und insbesondere auch eine Spiegelung der wesentlichen Anforderungen der BPR zu ermöglichen.

## 3 Umsetzung der BPR in nationales Recht

Die Umsetzung der BPR in nationales Recht erfolgt über das Bauprodukten-Gesetz (BauPG) des Bundes und die Landesbauordnungen. Das BauPG vom 10. August 1992 (BGBl. I S. 1495) regelt das Inverkehrbringen der Produkte, die Bauordnungen deren Verwendung (im Geltungsbereich der Bauordnungen).

Das BauPG gilt für Produkte, für die

- die EG-Kommission die Fundstellen der harmonisierten oder nach Bauprodukten-Richtlinie



anerkannten Normen im Amtsblatt der EG veröffentlicht hat,

- Leitlinien für Europäische Technische Zulassungen (ETZ) veröffentlicht sind,
- ETZ einvernehmlich ohne Leitlinien von der EOTA erteilt werden können,
- die wesentlichen Anforderungen nur untergeordnete Bedeutung haben und die in einer Liste der EG stehen.

Das BauPG legt die Anforderungen an Produkte fest, die Bedingungen für den Nachweis der Brauchbarkeit, das Verfahren zur Erteilung einer ETZ, das Konformitätsbescheinigungsverfahren sowie die Bedingungen für die Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen.

Die anderen Rechtsbereiche - im Bauaufsichtsrecht also die Bauordnungen - können ihre bisherigen Regelungen für die Verwendung der Bauprodukte weitgehend behalten.

Sie müssen lediglich die Möglichkeit der Festlegung der von harmonisierten Normen oder ETZ vorgesehenen Klassen und Stufen regeln und für die nach dem BauPG in Verkehr gebrachten Produkte die grundsätzliche Verwendbarkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck vorsehen.

Allerdings müssen die Bauordnungen wegen der Verträglichkeit bestimmter Angleichungen an das durch das BauPG vorgegebene System auch für den übergangsweise bestehenden nationalen Bauproduktenmarkt enthalten.

So wird es künftig kein Prüfzeichen und keine Abgrenzung zwischen gebräuchlichen und bewährten und neuen Produkten mehr geben, sondern nur noch der geregelte und der nicht geregelte Bereich unterscheiden.

Der geregelte Bereich wird in der Bauregelliste A durch Aufnahme der national zu beachtenden Normen festgelegt.

Vom geregelten Bereich abweichende Produkte bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, eines allgemeinen Prüfzeugnisses oder einer Zustimmung im Einzelfall.

Statt des (europäischen) Konformitätsbescheinigungsnachweisverfahrens wird ein Übereinstimmungsnachweisverfahren durchgeführt; die Produkte tragen künftig das Übereinstimmungszeichen „Ü“.

Die Bauregelliste B legt für nach dem BauPG in Verkehr gebrachte Produkte nationale Stufen/Klassen fest.

## 4 Das Regelwerk der Eurocodes

### 4.1 Übersicht

Die Eurocodes werden vom TC 250 bearbeitet. Vorgesehen sind neun Eurocodes (ECs), die von neun Subkomitees (SC 1 bis SC 9) und 54 Unter-Arbeitsgruppen - sogenannten Projekt Teams (PTs) - erarbeitet werden.

Diese Normen sind der Kategorie A im Sinne des Grundlagendokuments 1 zuzuordnen und gelten für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken aus Beton, Stahl, Aluminium, Holz, von Mauerwerks- und Verbundbauten, von Bauten in Erdbebengebieten, für die Geotechnik und für Gründungen und Einwirkungen.

Die Eurocodes sind ursprünglich im Auftrag der EG-Kommission erarbeitet und z.T. schon der nationalen Anhörung unterzogen worden.

Einer Vereinbarung zwischen der EG-Kommission und CEN entsprechend, wurden die bereits geleisteten Arbeiten, zumindest für EC 2 (Beton- und Stahlbeton) und EC 3 (Stahlbau), von CEN praktisch unverändert übernommen und, um einige Abschnitte ergänzt, als Europäische Vornormen bereitgestellt.

Die anderen ECs wurden - auf der Basis der EG-Arbeiten - dem „normalen“ ENV-Verfahren unterworfen. Alle ECs werden als Vornormen erscheinen.

### 4.2 Die Eurocodes als Vornormen und ihre baurechtliche Behandlung

#### 4.2.1 Vorerst nur probeweise Anwendung

Alle ECs als Regelwerke des TC 250 - Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau - werden als Europäische Vornormen erscheinen, um sie vorerst noch probeweise anzuwenden.

Entsprechende Mandate der EG-Kommission an CEN wurden erteilt. Vornormen sind erforderlich, um mit den Regelwerken in der praktischen Arbeit soviel Erfahrung zu sammeln, daß sie nach der dreijährigen Probephase zu Europäischen Normen aufgearbeitet werden können.

Bei der Anwendung der Eurocodes ist stets eine ganze Reihe anderer europäischer Normen und vor allem noch nationaler Normen mit zu berücksichtigen; Hinweise dazu enthalten die jeweils erforderlichen

„Anwendungsrichtlinien“. Sie enthalten Regelungen zu den mitgeltenden Normen, insbesondere den nationalen, den konkreten Klassen-/Stufen-Werten (Werte in „Kästen“), Angaben darüber, welche Bestimmungen von der Anwendung ausgenommen bzw. modifiziert anzuwenden sind, welche Regelungen in nationalen Normen zu modifizieren sind u.a.

Aufgrund von § 3 MBO sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Als solche gelten alle Regeln, die von der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen sowie in der Praxis, d.h. bei den für die Anwendung der technischen Regeln maßgeblichen, nach dem aktuellen Kenntnisstand vorgebildeten Technikern durchaus als Allgemeingut bekannt und als richtig und notwendig anerkannt sind. Die theoretisch richtige Regel muß sich also in der Praxis bewährt haben.

Solche allgemein anerkannten Regeln der Technik sind häufig Weißdrucke von Normen. Sie müssen es aber nicht sein! Immerhin spricht ein Anscheinbeweis - der allerdings widerlegbar ist - dafür, daß es sich bei dem in einem Regelwerk zusammengefaßten Erfahrungssatz um allgemein anerkannte Regeln der Technik handelt.

Auch Vornormen - zumindest Teile davon - können bereits ein solches Maß an Allgemeingültigkeit besitzen, daß sie als Ausdruck umfassenden Sachverständes angesehen werden können.

Die rechtliche Bedeutung der in technischen Regelwerken niedergelegten Regeln, die selbst keine Rechtsvorschriften und auch keine Verwaltungsvorschriften sind, ist darin zu sehen, daß sie Beweiserleichterungen mit sich bringen.

Aufgrund ihres Zustandekommens können sie auch als antizipierte Sachverständigengutachten gelten. Dies rechtfertigt die Vermutung, daß die in einem Regelwerk enthaltenen technischen Regeln tatsächlich mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik identisch sind; damit besteht die tatsächliche Vermutung für das Vorliegen einer allgemeinen anerkannten Regel der Technik.

Die MBO legt weiter fest, daß als allgemein anerkannte Regeln der Technik auch die von der obersten Baubehörde durch öffentliche Bekanntmachung als technische Baubestimmungen eingeführten Regelwerke gelten.

Damit besteht die gesetzliche Vermutung, daß es sich dabei um allgemein anerkannte Regeln der Technik handele. Diese ist nicht widerlegbar. Dennoch darf davon abgewichen werden, wenn im Einzelfall (u.U. sachverständig) nachgewiesen wird, daß mit einer anderen Lösung gleichwertig den gesetzlichen Anforderungen nach § 3 Abs.3 Satz 4 MBO entsprochen wird.

#### 4.2.2 Das baurechtliche Verfahren für ECs und ENVs

Aufgrund eines entsprechenden Beschlusses in den Gremien der ARGEBAU sollen die Vornormen des TC 250 nicht bauaufsichtlich eingeführt werden. Vielmehr soll bekanntgegeben werden, daß damit „gleichwertige Lösungen“ im Sinne von § 3 Abs. 1 Satz 3 MBO erzielt werden können.

Dies ist nach den vorherigen Ausführungen sachgerecht, da es sich dabei keinesfalls schon generell um allgemein anerkannte Regeln der Technik handelt bzw. nicht durch Einführung erklärt werden kann, diese Normen gälten generell als allgemein anerkannte Regeln der Technik. Vielmehr ist ja allgemein noch deren probeweise Anwendung zum Sammeln von Erfahrung gewollt; es gilt also, die problemlose Anwendung der Beweisregeln zum Nachweis einer gleichwertigen Lösung zu ermöglichen.

Demnach war zu prüfen, ob Lösungen nach den ENVs den Anforderungen der MBO ebenso entsprechen wie die Lösungen aufgrund der eingeführten Normen. Diese Prüfung ist durch Vergleichsrechnungen erfolgt.

Die oben erwähnten „Bekanntmachungen“ der ARGEBAU sind für EC 2 teilweise erfolgt.

### 4.3 Stand der Bearbeitung des Eurocodes

#### 4.3.1 EC 1 - Bemessungsgrundlagen und Einwirkungen auf Bauwerke

Dieses Regelwerk (ENV 1991), das von einer Reihe von Arbeitsgruppen unter Vorsitz von Großbritannien mit schweizer Sekretariat erarbeitet wird, wird sowohl die Bemessungsgrundlagen als auch die Einwirkungen zur Bemessung von Bauwerken der Eurocodes 2 bis 9 enthalten. Dieser EC durchläuft das normale ENV-Verfahren. Vorrangig werden folgende Teile bearbeitet und 1993 als ENVs veröffentlicht:

Teil 1: Bemessungsgrundlagen (mit den Grundforderungen, dem Grenzzustandskonzept, allgemeinen Definitionen für die Einwirkung, der Klassifizierung der Einwirkungen, Werkstoffeigenschaften, Lastfällen).

Teil 2: Eigengewichtslasten und Verkehrslasten, Schneelasten, Windlasten, Beanspruchungen.

Teil 3: Verkehrslasten für Brücken.

Teil 4: Lasten in Silos und Tanks.

Teil 10: Einwirkungen auf brandbeanspruchte Konstruktionen (als Ergänzung der Regeln des Teils 2 für den Brandfall).

Später sind noch die Teile 2 A (Temperaturbeanspruchung), 2 B (Montagebeanspruchungen), 2 C (Katastrophenlasten, außer Erdbeben), 2 D (Wasser- und Wellenlasten), 2 E (Erd- und Wasserdruck), 5 (Kran- und Maschinenlasten) vorgesehen.

#### 4.3.2 EC 2 - Entwurf und Bemessung von Betonbauten

Über diesen EC (ENV 1992) berichtet Bau- direktor Ernst vom baden-württembergischen Wirtschaftsministerium im nächsten Heft (September 1993).

#### 4.3.3 EC 3 - Entwurf und Bemessung von Stahlbauten

Dieses Regelwerk (ENV 1993) wird unter britischem Vorsitz und britischem Sekretariat in einer Reihe von Arbeitsgruppen erarbeitet.

Der Teil 1.1 - Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessung für den Hochbau - von EC 3 liegt als endgültige Fassung mit Datum Februar 1992 vor. Die Übersetzung in Deutsch und Französisch steht kurz vor der Fertigstellung. Derzeit wird vom Deutschen Ausschuß für Stahlbau (DASt) in seiner Eigenschaft als Lenkungsgremium des Fachbereichs 8 - Stahlbau, Verbundbau, Aluminiumbau- im Normenausschuß Bauwesen des DIN - die nationale „Anwendungsrichtlinie“ vorbereitet. Mit einer Bekanntmachung ist frühestens im Herbst 1993 zu rechnen. Parallel zur Fertigstellung von EC 3 läuft die Erarbeitung des TC 135 - Regelwerke zur Herstellung von Stahlbauten (vergl. DIN 18 800 T. 7).

Vorgesehen sind weitere Teile:

- Teil 1.2 Feuerwiderstand,
- Teil 1.3 kaltgeformte, dünnwandige Profile,
- Teil 2 Brücken,
- Teil 3 Türme, Masten, Schornsteine,
- Teil 4 Tanks, Silos, Rohrleitungen,
- Teil 5 Pfähle,
- Teil 6 Krane,
- Teil 7 Offshore-Bauwerke, Wasserbauten,
- Teil 8 landwirtschaftliche Bauten.

Teil 1.1 enthält folgende Kapitel:

- Entwurfs- und Bemessungsgrundlagen,
- Werkstoffe,
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit,

- Grenzzustand der Tragfähigkeit,
- Verbindungen unter statischen Lasten,
- Herstellung und Errichtung,
- Entwurf und Bemessung aufgrund von Versuchen,
- Ermüdung.

Dem folgen normative (n) und informative (i) Anhänge:

- B - Bezugsnormen (n),
- C - Sprödbruchverhalten (i),
- E - Knicklängen von Druckstäben (i),
- F - Biegedrillknicken (i),
- J - Riegelanschlüsse (n),
- K - Anschlüsse von Hohlprofilen in FW-Trägern (n),
- L - Stützenfüße (n),
- M - Alternativverfahren Schweißnähte (n),
- Y - Richtlinien für Belastungsproben (i).

#### 4.3.4 EC 4 - Entwurf und Bemessung von Verbundbauten

Diese Norm (ENV 1994) wird unter britischem Vorsitz und mit irischem Sekretariat erarbeitet. Auf der Grundlage der alten EG-Fassung EC 4 (1988) wurde EC 4 unter Berücksichtigung und in Verträglichkeit mit EC 2 bzw. EC 3 im normalen CEN-Verfahren bis zur ENV weiterentwickelt.

Der Bearbeitungsstand entspricht im Hinblick auf Übersetzung und Anwendungsrichtlinie dem von EC 3.

#### 4.3.5 EC 5 - Entwurf und Bemessung von Holzbauten

Diese Norm (ENV 1995) wird unter dänischem Vorsitz und mit schwedischem Sekretariat erarbeitet.

Ein erster Entwurf für den EC 5 Teil 1 wurde bereits im Oktober 1986 als EG-Fassung vorgelegt. Die deutsche Übersetzung erfolgte im Jahre 1988.

Mit diesem Entwurf befasste sich 1989 der nationale Spiegel- und Koordinierungsausschuß Holzbau, der den Entwurf als Diskussionsgrundlage für die weitere Bearbeitung für ungeeignet erklärte und in einem umfangreichen Einspruch an die EG-Kommission die Bedenken formulierte.

Die weitere Bearbeitung erfolgte noch im gleichen kleinen Expertenkreis wie die ursprüngliche EG-Fassung. Der zweite Entwurf wurde einem Kreis von ausgewählten Fachleuten als „Weihnachts-Ausgabe“ 1991 zur kritischen Durchsicht zugesandt. Die daraufhin eingegangenen Anregungen wurden bei der Endfassung des Entwurfs berücksichtigt, der vereinbarungsgemäß am 01.04.1992 dem CEN vorgelegt wurde. Inzwischen wurde die Endfassung des Entwurfs für eine ENV vom SC verabschiedet.

Die Norm enthält keine Werte für die Bemessung. Dies wird damit begründet, daß sie dadurch zu sehr aufgebläht werde und daß sich die Materialwerte laufend ändern und ergänzt werden müssten. Dazu sind tatsächlich viele Angaben zusammenzutragen: für Holz (auf europäischer Ebene möglicherweise zwölf statt der drei Güteklassen in Deutschland), Holzwerkstoffe, metallische Werkstoffe, Verbindungsmittel (Nägelschrauben, Dübel, Bolzen, Nagelplatten, Klammern).

Behielte diese Norm ihre derzeitige Fassung, müssten alle charakteristischen Werte für die Baustoffe den jeweiligen Materialnormen entnommen werden.

Die Norm ist nicht ausreichend klar formuliert. Sie folgt insbesondere nicht voll den sogenannten „PNE-Regeln“ und unterscheidet redaktionell nicht nach Grundsätzen und Anwendungsregeln.

EC 5 Teil 2 betrifft Holzbauteile und Brücken; ein Entwurf liegt seit September 1989 vor.

Zum Holzbau sind außerdem von CEN schon viele Werkstoff- und Prüfnormen vorgelegt worden. Die meisten sind noch Entwürfe, einige aber auch schon Weißdrucke. Nicht akzeptabel ist, daß zusammengehörende Bereiche nicht gemeinsam erarbeitet werden und so widersprüchliche Regelungen enthalten.

Inzwischen ist auch für EC5 Teil 1 das nationale „Anwendungsdokument“ in Vorbereitung.

#### **4.3.6 EC 6 - Entwurf und Bemessung von Mauerwerksbauten**

Diese Norm (ENV 1996) wird unter britischem Vorsitz und mit deutschem Sekretariat erarbeitet.

Der erste Entwurf zu EC 6 Teil 1 wurde als EG-Papier etwa zur gleichen Zeit vorgelegt wie EC 5. Dieser Teil enthält allgemeine Regeln und Regeln für unbewehrtes Mauerwerk. Auch dieser Entwurf mußte zur nochmaligen Bearbeitung an das von der EG beauftragte Gremium zurückgegeben werden. Die Überarbeitung ist noch nicht abgeschlossen. Dadurch konnte

CEN auch noch kein Entwurf übergeben werden.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages wurde ein Vergleich zwischen EC 6 und DIN 1053 angestellt, bei dem insbesondere die Auswirkungen der unterschiedlichen Regelungen auf das bisherige deutsche Sicherheitsniveau untersucht wurden.

Innerhalb von EC 6 existiert auch bereits ein Teil für bewehrtes Mauerwerk.

Auffallend ist, daß beim Mauerwerk die Normung auch im Bereich der Werkstoff- und Prüfnormen lange Zeit weitgehend stagnierte.

Dem Vernehmen nach blockierten insbesondere die Briten die Normungsarbeit, weil sie die beabsichtigten Qualitätsanforderungen an die Mauersteine nicht akzeptierten.

Inzwischen ist jedoch eine Reihe von Entwürfen vorgelegt worden, die aber noch keine offiziellen EN-Nummern tragen.

#### **4.3.7 EC 7 -Erd- und Grundbau**

Diese Norm (ENV 1997) wird unter dänischem Vorsitz und mit niederländischem Sekretariat erarbeitet.

EC 7 behandelt den gesamten Erd- und Grundbau, wobei die bisher in Deutschland in getrennten Normen niedergelegten Regelungen jeweils in einem Abschnitt der Norm abgehandelt werden.

Der Arbeitskreis für die Erstellung von EC 7 war noch von der EG-Kommission beauftragt worden und ist gehalten, bis zum 01.04.1993 (der ursprüngliche Termin 01.01.1993 wurde hinausgeschoben) einen Normvorschlag vorzulegen, der dann von CEN übernommen und weiterverarbeitet werden soll.

Große Teile der Norm sind bereits als Entwürfe veröffentlicht und kommentiert worden. Derzeit werden die Einsprüche beraten.

Zum noch fehlenden Abschnitt über „Stützbauwerke“ wird in Kürze ein Entwurf veröffentlicht werden.

EC 7 wird wie folgt aufgebaut sein:

- 1 Allgemeine Grundlagen,
- 2 Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit,
- 3 Entwurfsgrundlagen,
- 4 Bodenkennwerte,
- 5 geometrische Kennwerte,

- 6 Flachgründungen,
- 7 Pfahlgründungen,
- 8 Stützbauwerke,
- 9 Gelände- und Böschungsbruch,
- 10 Überwachung.

#### 4.3.8 EC 8 - Entwurf und Bemessung erdbebensicherer Bauwerke

Diese Norm (ENV 1998) wird unter italienischem Vorsitz und mit portugiesischem Sekretariat erarbeitet.

EC 8 baut auf den noch im Auftrag der EG-Kommission erarbeiteten Entwurf 1988 auf, der bereits teilweise das nationale Anhörungsverfahren durchlaufen hat.

Dieses Regelwerk enthält Vorschriften für den Ansatz von Erdbebenlasten, allgemeine Anforderungen zur Erhöhung der Erdbebensicherheit, Verfahren zur Ermittlung der Beanspruchung aus Erdbeben sowie spezifische Entwurfs- und Bemessungsregeln für bestimmte Tragwerke, Bauglieder und Werkstoffe. EC 8 gliedert sich in einen Teil 1 - Allgemeine Regeln und Regeln für Gebäude - , der wiederum in drei Unterabschnitte gegliedert ist, einen Teil 2 - Brücken - , einen Teil 3 - Türme, Maste und Schornsteine - , einen Teil 4 - Silos, Tanks und Rohrleitungen - und einen Teil 5 - Gründungen und Stützbauwerke - .

Probleme bei diesem Regelwerk liegen vor allem noch darin,

- Regeln zur Vereinheitlichung der Erdbebeneinwirkung zu erarbeiten (nur Harmonisierung der Kriterien oder gemeinsame europäische Karte? ),
- 0-Zonen einheitlich zu definieren,
- Konsens über die Berechnungsverfahren zu erzielen,
- Kriterien für die Regularität von Bauwerken zu bestimmen,
- Konsens darüber zu erzielen, welche Gebäude als „einfach“ gelten und damit vereinfacht über konstruktive Anforderungen nachgewiesen werden können

und insbesondere auch,

- die Einwirkungen, die Teilsicherheiten und Einwirkungskombinationen so festzulegen, daß in Schwachbebenzonen nicht überzogene Anforderungen gestellt werden,
- nationale Stufen und Klassen (z.B. für die Einwirkungen, Teilsicherheitsbeiwerte, bestimmte konstruktive Merkmale) sachgerecht festzulegen.

#### 4.3.9 EC 9 Konstruktionen aus Aluminium

Diese Arbeiten haben erst begonnen.

# Schadensfrüherkennung und ihre Auswirkungen auf das Baurecht

## Neue EG-Vorschriften lösen Handlungsbedarf für Sachverständige und Prüferingenieure aus

Die Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsvorschriften der EG-Bauprodukten-Richtlinie sehen vor, daß zuständige Behörden Personen, Stellen oder Überwachungsgemeinschaften als Prüfstellen, Überwachungsstellen oder Zertifizierungsstellen anerkennen, um die Brauchbarkeit von europäischen Bauprodukten zu prüfen, zu bewerten und anzuerkennen. Diese Vorschrift und viele andere Neuerungen des europäischen Marktes lösen einen großen Handlungsbedarf aus, dem von Behörden-seite, aber auch von den Sachverständigen und Prüferingenieuren entsprochen werden muß. Niemand kennt heute die tatsächlichen Ausmaße und Wechselwirkungen dieser Veränderungen. Alle am Bau Beteiligten - vor allem auch die Prüferingenieure selbst - müssen auf diese Veränderungen vorbereitet sein. Die Prüferingenieure für Baustatik weisen als Partner der Bauaufsicht eine äußerst positive Bilanz bei der Gefahrenabwehr auf. Andere Länder beneiden uns darum. Deshalb müssen wir dieses System bewahren und, wenn nötig, ausbauen.

*Dipl.-Ing. Dieter Eschenfelder* ist als Leitender Ministerialrat verantwortlich für Bautechnik im Ministerium für Bauen und Wohnen in Nordrhein-Westfalen



## 1 Einführung

Die allgemeine Lebenserfahrung lehrt, daß irren menschlich ist. Wer sich aber irrt, macht Fehler und verursacht Schaden. Offenbar ist dieser Sachverhalt so alt, wie es Menschen auf dieser Erde gibt. Dies ist ein Trost und eine Aufforderung zugleich, sich gewissermaßen fortwährend strebend zu bemühen, diese menschliche Unvollkommenheit im Denken und Handeln zu korrigieren und zu verbessern. Wenn wir uns dieser Optimierungsaufgabe annehmen, hilft uns zunächst die Erkenntnis, daß man durch Schaden klug wird.

Dieser Sachverhalt läßt den gleichen Fehler im Wiederholungsfall vermeiden, wenn man sich vorher daran erinnert. Vergeßliche sollten deshalb Lehren aus Fehlern aufschreiben, damit sie auch künftig beachtet werden können und auch andere, an früher gemachten Fehlern nicht Beteiligte aus diesen Schadensursachen lernen und ihre Schlüsse ziehen können.

Dieses Prinzip halten wir in der Regel ein, zuweilen gehen wir auch andere Wege, sei es, weil das Aufschreiben zu lästig und zu zeitraubend ist, sei es, daß wir uns durch Unterlassen einer Fehlerdokumentation Wissensvorteile gegenüber Konkurrenten versprechen. Im Extremfall artet ein solches Verhalten in Geheimwissenschaften aus.

Was bei Vitruv „De architectura“ noch präzise und allgemeinverständlich beschrieben wird,

- wie z. B. Mauermörtel herzustellen ist,
  - welche Eigenschaften puzzolanische Erde (alter Zement) haben muß
- oder
- welche Anforderungen an einen Baumeister zu stellen sind, damit er eine mängelfreie Leistung nach heutigem Sprachgebrauch zu liefern im Stande ist,

das geht am Ausgang des Mittelalters durch die andersartige Praxis der Zünfte und Bauhütten verloren.

Sie hatten zwar eine sehr präzise Vorstellung von der Qualität ihres Handwerks und haben als Meister nach strengen Regeln ihre Lehrlinge zu Gesellen herangebildet, aber sie haben es versäumt, ihre Kenntnisse und Fähigkeiten aufzuschreiben. Die Folge war, daß nach der Auflösung dieser Bauhütten und Zünfte weitverbreitete und allgemein anerkannte Bauweisen und Fertigkeiten in Vergessenheit gerieten [1].

Die alten Fehler wurden dann von neuem gemacht.

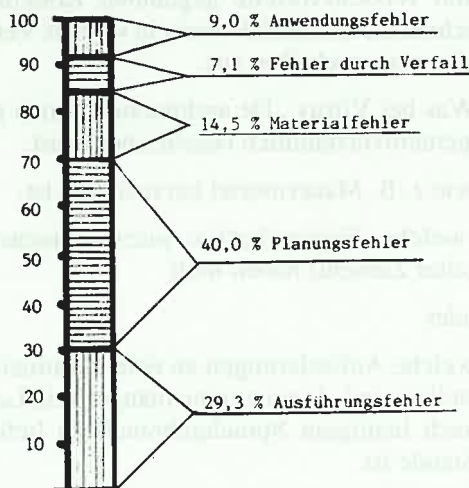
Die Optimierungsaufgabe zur Vermeidung von Fehlern setzt auch voraus, daß man die möglichen Fehler und insbesondere ihre Auswirkungen auf Konstruktion und Kosten kennt. Denn auch hier gilt: man sieht nur das, was man kennt.

## 2 Fehlerhäufigkeit

Schäden im Bauwesen werden, wie eine Untersuchung der Eidgenössischen Technischen Hochschule zeigt [2], im wesentlichen durch menschliche Fehler (75 %) verursacht; der Rest von 25 % geht auf das Konto des von der Gesellschaft bewußt akzeptierten Risikos, gegen das man sich nicht wehren, das man ertragen will.

Die vom Menschen erzeugten Schäden lassen sich (**Abb. 1**) in die folgenden Kategorien aufschlüsseln:

- In der Planungsphase einer Bauaufgabe entstehen bereits 40 % aller Fehler;
- Ausführungsfehler bei der Umsetzung der Planungsvorgaben lassen sich auf knapp 30 % beziffern;



- lediglich 14,5 % der Fehler gehen zu Lasten der verwendeten Materialien (Baustoffe) wegen falscher oder ungenügender Eigenschaften und Leistungskennwerte;
- 9 % der Fehler beziehen sich auf falsche Anwendungen der jeweiligen Vorgaben und
- 7 % der Fehler werden durch Verfall von Konstruktion und Material aus vielen Ursachen hervorgerufen.

Aus [2] geht ebenfalls hervor, daß Tragwerke sich in hohem Maß als schadensauslösend erwiesen haben. Da aber Tragwerke bei Schadensverläufen die Sicherheit und Gesundheit von Menschen beeinträchtigen können, sollte ihnen und ihrer vorbeugenden Standsicherheit besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Sie muß sich wegen der beiden Fehlerhäufigkeiten sowohl auf die Tragwerksplanung als auch auf die Ausführung beziehen.

## 3 Fehlerarten und ihre Ursachen

Wir bezeichnen als Fehler diejenigen Ereignisse, die notwendige Maßnahmen unterlassen, die sich als Irrtum der Annahmen erweisen, die in der Wahl der Maßnahmen unzweckmäßig waren. Wir meinen aber auch Oberflächlichkeit, Fahrlässigkeit, grobe Fahrlässigkeit und sogar vorsätzliche Handlungen, die Fehler bewußt erzeugen und damit in sträflicher Weise Schäden an Bauwerken und Personen verursachen.

Irrtümer entstehen, wenn das Notwendige unbeachtet falsch oder gar nicht berücksichtigt wurde, oder wenn bei verschiedenen Möglichkeiten für eine technische Lösung nur ein einziger Weg untersucht wurde, den man subjektiv als den einzig richtigen erkennt. Irrtümer sind aber auch Rechenfehler bei der statischen Berechnung, Ablesefehler im Labor, Übertragungsfehler von einer Tätigkeit zu einer anderen und die daraus entstehenden Folgefehler.

Einfache und grobe Fahrlässigkeit schließen im Gegensatz zum Irrtum bereits eine gewisse böse Absicht nicht aus; deshalb unterliegen diese beiden Verhaltensweisen - und insbesondere der Vorsatzvertragsrechtlichen bzw. strafrechtlichen Regelungen.

Abb 1.: Verteilung der Schadensursachen im Bauwesen (nach Grunau [3]): 40 % der Fehler gehen auf das Konto der Planung

## 4 Fehlerentstehung und Fehlerbehebung

Die Fehleranalyse der Tätigkeiten, die zu einem Bauwerk führen, bestätigt die eingangs gemachte Feststellung, daß der Mensch bei seinem Tun nicht fehlerfrei ist. Offenbar stellen der Denkprozeß und die Vorstellungskraft, wie ein Gebäude geplant, ausgeführt und schließlich genutzt werden soll, besondere Anforderungen an den Planer. Nur so ist es zu erklären, daß in der Planungsphase bereits 40 % der Fehler gemacht werden, an die sich unmittelbar 30 % weitere Ausführungsfehler anschließen.

Lediglich der Rest von 30 % verteilt sich auf Materialfehler, Anwendungsfehler und Verfallsfehler. Dieser Zusammenhang ist in [3] deutlich herausgearbeitet. Danach gründen sich diese Schadensursachen auf die folgenden Phänomene:

- Mangelhafte Übersicht bei der Planung und Ausführung, die durch unzureichende Qualifikation und Unerfahrenheit begünstigt wird;
- Nichtbeachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik;
- schlechte Recherchen für den geeigneten Materialeinsatz;
- mangelnde Kenntnis über das Langzeitverhalten des Materials;
- ungenügende Einblicke in die technischen Verfahren der Herstellung und Montage der Materialien;
- schlechte Ausbildung der Beteiligten;

- Mangel an Fachpersonal;
- Fehler bei der Ausschreibung und Vergabe;
- falsche Zielvorgaben für die Bauaufgabe.

Ein Bündel von Schwachstellen im System fördert die Fehler in allen Bauphasen und erzeugt Kosten, die niemand will und trotzdem dulddend in Kauf genommen werden.

In **Abb. 2** wird der Zusammenhang von einer kostenanteiligen Fehlerquote als Funktion der Zeit, z. B. der Bauzeit, dargestellt.

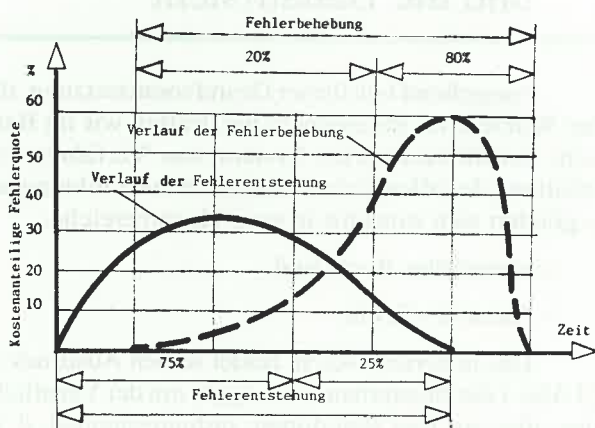
Dreiviertel aller Fehler sind bereits entstanden, bevor von einer nennenswerten Fehlerbehebung gesprochen werden kann. Erst zu dem Zeitpunkt, an dem keine Fehler mehr entstehen, also am Ende der Baumaßnahme, findet die Fehlerbehebung ihr Maximum. Offenbar sind die heutigen Systeme zur Qualitätssicherung noch nicht in der Lage, eine Fehlerfrüherkennung zu ermöglichen. Je mehr die Maxima von Fehlerentstehung und Fehlerbehebung zeitlich auseinanderliegen, um so teurer wird die Fehlerbehebung. In **Abb. 2** ist das Maximum der Fehlerbehebung doppelt so hoch wie das der Fehlerentstehung. Anders ausgedrückt: Für die Fehlerbehebung muß man doppelt so viel Geld ausgeben, als die Fehler zum Zeitpunkt ihres Entstehens verursacht haben.

Dieser Sachzusammenhang verlangt nach einer effektiven Schadensfrüherkennung.

## 5 Gefahrenabwehr durch den Staat

Der Staat ist verpflichtet, zum Schutz seiner Bürger dann tätig zu werden, wenn Gefahren für das Leben, die Gesundheit oder das Eigentum der in der Bundesrepublik lebenden Menschen entstehen. In mehreren Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts (zuletzt 1979 über die friedliche Nutzung der Atomenergie) ist bestätigt worden, daß der Staat die Grundrechte schützen und fördern muß, wenn diese durch rechtswidrige Eingriffe von anderer Seite gefährdet werden [4]. Zu diesen Grundrechten gehört die Unversehrtheit von Leib und Leben seiner Bürger.

Wie der Staat diese Verpflichtung zum effektiven Schutz der Grundrechte seiner Bürger erfüllt, hat primär der Gesetzgeber zu entscheiden. Es ist bekannt, daß das Spektrum der Möglichkeiten vom strafrechtlichen Verbot bis zur Genehmigungsbedürftigkeit baulicher Anlagen reicht (**Abb. 3**).



**Abb 2.:** Fehlerentstehung und Fehlerbehebung (nach Jahn/Morawietz): dreiviertel aller Fehler sind bereits entstanden, bevor von einer nennenswerten Fehlerbehebung gesprochen werden kann



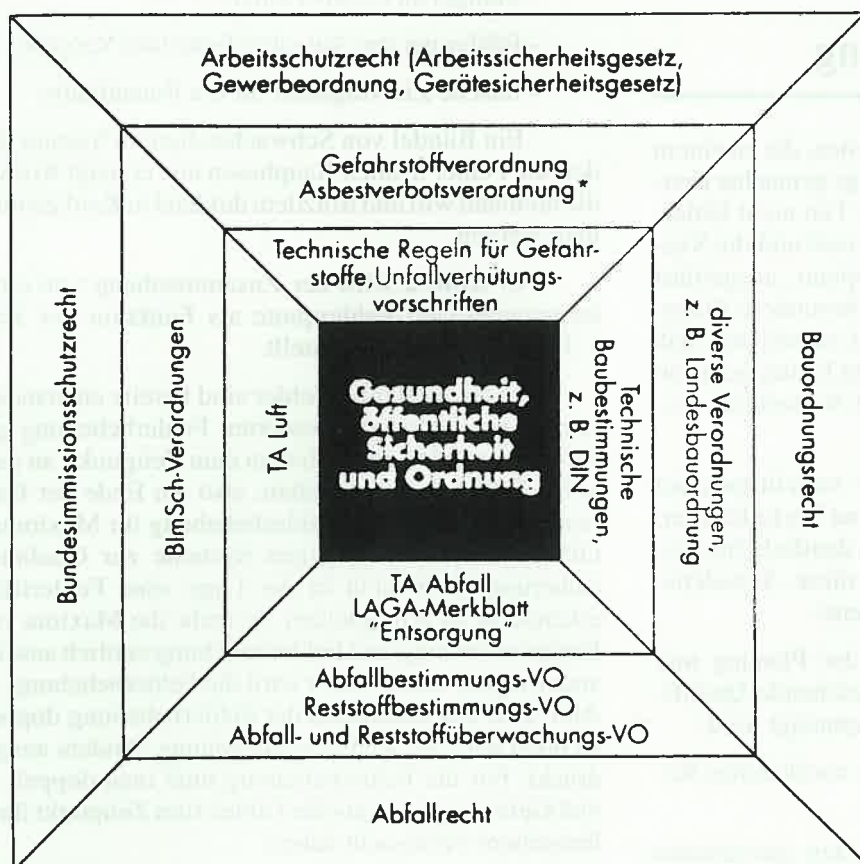


Abb. 3: Öffentlich-rechtliche Vorschriften bezüglich Gesundheit, öffentlicher Sicherheit und Ordnung

Den Mitteln des Strafrechts (z. B. § 323 Strafgesetzbuch „Baufährdung“) als ultima ratio geht die Verhaltensanordnung des Baurechts vor. Ohne Strafantrohung sind bauliche Anlagen so zu errichten und zu unterhalten, daß die öffentliche Sicherheit und Ordnung nicht gefährdet werden. Die Bauordnung begnügt sich dann mit dem Verweis zur Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik. Die im Gesetz notwendigerweise unbestimmt formulierten Rechtsanforderungen an die technische Sicherheit von baulichen Anlagen müssen durch technische Regeln ausgefüllt werden, die nicht von rechtskompetenten Gremien, sondern allein von Fachleuten der jeweiligen Fachsparten bestimmt werden.

Wann der Staat seine Schutzpflicht auszuüben hat, hängt von der Größe und Schwere der Gefahr ab, die es abzuwehren gilt. Grundsätzlich ist dabei zu unterscheiden zwischen einer konkreten und abstrakten Gefahr.

Beide Gefahrenbegriffe stellen, was den zu erwartenden Schadenseintritt angeht, die gleichen Anforderungen an die Eintrittswahrscheinlichkeit.

Dabei liegt der Unterschied zwischen konkret und abstrakt in der Betrachtungsweise. Die konkrete Gefahr ist auf den Einzelfall bezogen, wobei der Zeitpunkt des möglichen Eintritts nicht unmittelbar bevorstehen muß. Er darf aber auch nicht in so weiter Ferne liegen, daß er nicht mehr überschaubar ist. Mit dem Schadenseintritt muß also in absehbarer Zeit gerechnet werden.

Als abstrakt wird eine Gefahr bezeichnet, wenn eine generell-abstrakte Betrachtung für bestimmte Arten von Verhaltensweisen oder Zuständen zu dem Ergebnis führt, daß mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ein Schaden im Einzelfall eintreten pflegt [5].

Deshalb muß Anlaß bestehen, solche Gefahren mit generell-abstrakten Mitteln, z. B. im Baurecht selbst oder durch Verordnung zu bekämpfen. Das führt dazu, daß auf den Nachweis der Eintrittswahrscheinlichkeit im Einzelfall verzichtet werden kann.

## 6 Die Bauordnung und die Bauaufsicht

Ausgehend von dieser Grundvoraussetzung, die ihre Wurzeln im Polizeirecht hat, treffen wir im Baurecht ein differenziertes System von Verfahren zur Erhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung an; es gliedert sich zunächst in zwei Hauptbereiche:

- materielles Recht und
- formelles Recht.

Das materielle Recht findet seinen Ausdruck in § 3 Abs. 1 der Musterbauordnung [6] mit der Verpflichtung aller am Bau Beteiligten, ordnungsgemäß, d. h. den Anforderungen des Gesetzes entsprechend, die Baumaßnahme durchzuführen und zu vollenden. Durch den Verweis auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik werden die unbestimmten Rechtsbegriffe inhaltlich gefüllt.

Im formellen Baurecht findet sich eine Vielzahl von Verfahrensregeln, die ebenfalls dem Ziel einer vorbeugenden Gefahrenabwehr dienen. Da ist einmal die Bauordnung selbst mit den §§ 58 bis 79 MBO zu nennen.

Die Bauaufsichtsbehörden haben bei der Errichtung, Änderung, Abbruch, der Nutzung und Unterhaltung baulicher Anlagen darüber zu wachen, daß die öffentlichen Vorschriften und sonstigen rechtlich begründeten Anordnungen eingehalten werden. Sie haben in Wahrnehmung dieser Aufgaben die erforderlichen Maßnahmen nach pflichtgemäßem Ermessen zu treffen.

## 7 Das Baugenehmigungsverfahren und die Bauvorlagenverordnung

Eine der wichtigsten Maßnahmen dieser Art ist das Baugenehmigungsverfahren.

Für genehmigungsbedürftige Bauvorhaben ist ein Bauantrag schriftlich bei der unteren Bauaufsichtsbehörde zu stellen, und alle für die Beurteilung des Bauvorhabens erforderlichen Bauvorlagen sind dem Bauantrag beizufügen. Bauherr und Entwurfsverfasser müssen den Bauantrag, der Entwurfsverfasser muß zusätzlich die Bauvorlagen unterschreiben. Er bringt damit zum Ausdruck, daß er als qualifizierter Bauvorlageberechtigter für die Qualität der Entwürfe im Sinne der baurechtlichen Vorgaben geradesteht.

Nähere Regelungen enthalten die Rechtsverordnungen, die aus dem Gesetz abgeleitet sind.

Die Bauvorlagenverordnung fordert, daß dem Bauantrag der Lageplan, die Bauzeichnungen, die Baubeschreibung, die Berechnung der Standsicherheit und die sonstigen bautechnischen Nachweise beizufügen sind. Im Bereich der bautechnischen Nachweise werden die Darstellung des gesamten statischen Systems, die erforderlichen Konstruktionszeichnungen und Berechnungen verlangt. Es wird erwartet, daß für alle Teile der baulichen Anlage die Standsicherheit zweifelsfrei vorliegt und der Baugrund nachgewiesenermaßen tragfähig ist.

Für das Brandverhalten der Baustoffe, den Schall- und Wärmeschutz sind alle erforderlichen Nachweise beizubringen.

Diese Aufzählung von weiteren Anforderungen an die Bauvorlagen läßt sich fortsetzen, was im Rahmen dieser Erörterungen aber entbehrlich ist.

## 8 Die Bautechnische Prüfungsverordnung

Eine wichtige Verordnung zur zielsicheren Erhaltung der öffentlichen Sicherheit ist die Bautechnische Prüfungsverordnung. Sie regelt den Einsatz der Prüfingenieure für Baustatik als besondere Sachverständige. Die Bautechnische Prüfungsverordnung geht von dem allgemeinen Grundsatz aus, daß alle Bauvorlagen eines Bauantrags geprüft werden müssen. Standsicherheitsnachweise sind Bestandteil der Bauvorlagen und daher von unabhängigen Sachverständigen zu prüfen.

## 9 Die Überwachungsverordnung

Mit der Überwachungsverordnung begegnet uns ein weiteres Element aus der Palette von Rechtsvorschriften, die zwar besonders materiell-rechtliche Sachverhalte regelt, aber als solche zum formellen Recht zählt. Diese Verordnung bestimmt, daß Baustoffe und Bauteile, an die wegen der Standsicherheit, des Brand-, Wärme- und Schallschutzes, des Gesundheitsschutzes oder des Gewässerschutzes Anforderungen gestellt sind, einer Überwachung unterliegen müssen. Voraussetzung ist weiterhin, daß hierfür einschlägige technische Baubestimmungen bekanntgemacht sind.

Die Überwachung dieser Baustoffe und Bauteile muß jeweils aus einer Eigen- und Fremdüberwachung bestehen. Mit hohem Detaillierungsgrad werden die weiteren Verfahrensschritte bestimmt, die zur Erlangung des Überwachungszeichens (Ü) führen, damit der Nachweis der Brauchbarkeit der verwendeten Baustoffe und Bauteile zweifelsfrei dokumentiert ist.

Der Nachweis gilt insbesondere dann als erbracht, wenn diese Bauprodukte selbst oder ihre Verpackung mit dem Überwachungszeichen gekennzeichnet sind.

## 10 Abnahmen, Kontrollen und Wiederkehrende Prüfungen

Das Baurecht sieht neben den bis jetzt dargestellten rechtlichen Verfahren zur Sicherung und zum Nachweis der Brauchbarkeit von Bauprodukten Abnahmen und Kontrollgänge während der Bauphase vor,

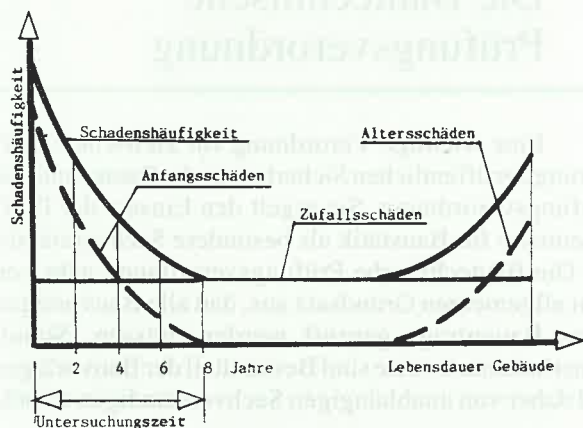


Abb. 4: Schematische Darstellung der Verteilung der Schadenshäufigkeit über die Lebensdauer von Gebäuden (Schild, Oswald, Rogier [7]): Anfangs- und Altersschäden werden durch Zufallsschäden begleitet, die sich im Mittel ziemlich konstant über die Lebensdauer des Gebäudes einstellen

um durch stichprobenartige Präsenz der Behörde oder ihrer Sachverständigen die Übereinstimmung von Planung und Ausführung zu überprüfen.

Das Baurecht kennt aber nicht nur die Einmalprüfung von Bauvorgängen in der Errichtungsphase.

Vielmehr ist in § 51 MBO für bauliche Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung gestattet oder gefordert, besondere Anforderungen zur Verwirklichung der Ziele der vorbeugenden Gefahrenabwehr zu stellen und hierfür wiederkehrende Prüfungen während der Nutzungszeit der baulichen Anlagen durchführen zu lassen.

Abb. 4 zeigt die Schadenshäufigkeit in Abhängigkeit der Lebensdauer von Gebäuden. Die Schadensuntersuchung [7] zeigt einen deutlichen Schadensrückgang in den ersten acht Jahren nach Gebäudefertigstellung und nach einiger Zeit der Nutzung eine Zunahme sogenannter Altersschäden. Begleitet werden Anfangs- und Altersschäden durch Zufallsschäden, die sich im Mittel ziemlich konstant über die Lebensdauer des Gebäudes einstellen.

Zufalls- und Altersschäden mögen die Gesetzgeber veranlaßt haben, wiederkehrende Prüfungen auch nach Erteilung der Baugenehmigung in bestimmten Bereichen zu fordern.

Einige Bundesländer haben durch Rechtsverordnung [8] geregelt, für welche Bereiche und in welchen Überwachungszyklen diese wiederkehrenden Prüfungen vorzunehmen sind (Abb. 5).

## 11 Bauüberwachung und Bauzustandsbesichtigung

Die allgemeine Lebenserfahrung zeigt, daß Anforderungen an eine bestimmte Handlung in der Regel nur dann umfassend erfüllt werden, wenn sie auch überwacht werden. Deshalb ist es notwendig, und die Musterbauordnung trägt diesem Erfordernis in § 77 Rechnung, die ordnungsgemäße Erfüllung der Pflichten der am Bau Beteiligten zu überprüfen.

So werden die Bauaufsichtsbehörden ermächtigt (nicht verpflichtet!), Proben von Baustoffen und Bauteilen zu entnehmen, Einsicht in Genehmigungen, Erlaubnisse, Prüf- und Überwachungsbescheide und sogar in die Bautagebücher zu nehmen.

Alle Überprüfungen sind aber nur im notwendigen Umfang gestattet, wie er zur Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Vorschriften erforderlich ist.

Prüfer und techn. Anlage/ Einrichtung	vor der ersten Inbetriebnahme und nach wesentlicher Änderung	wiederkehrende Prüfzeit in Jahren, nicht mehr als
<b>1. Prüfungen durch bauaufsichtlich anerkannte Sachverständige:</b>		
1.1 Lüftungstechnische Anlagen	×	3
1.2 CO-Warnanlagen in Großgaragen	×	1
1.3 elektrische Starkstromanlagen (ausgenommen in Mittelgaragen und Wohnungen in Hochhäusern)	×	3
1.4 Sicherheitsbeleuchtung und Ersatzstromversorgung	×	3
1.5 Brandmelde-, Alarm- und Gefahrenmeldeanlagen	×	3
1.6 ortsfeste, selbsttätige Feuerlöschanlagen	×	1
<b>2. Prüfungen durch Sachkundige</b>		
2.1 Rauchabzugseinrichtungen	×	3
2.2 ortsfeste, nichtselbsttätige Feuerlöschanlagen	×	3
2.3 tragbare Feuerlöscher	-	2
2.4 automatische Schiebetüren in Rettungswegen	×	1
2.5 Einrichtungen zum selbsttätigen Schließen von Feuerschutzabschlüssen (z. B. Türen, Tore)	×	3
2.6 Schutzvorhänge (zwischen Bühnen und Versammlungsräumen)	×	1
2.7 elektrische Verriegelungen von Türen in Rettungswegen	×	1
2.8 Blitzschutzanlagen	-	3

Abb. 5: Wiederkehrende Prüfungen: Zufalls- und Altersschäden mögen die Gesetzgeber veranlaßt haben, wiederkehrende Prüfungen auch nach Erteilung der Baugenehmigung in bestimmten Bereichen zu fordern

Das Bild staatlicher Regelungen wird abgerundet durch die Möglichkeiten der Bauzustandsbesichtigungen, denn nach § 78 MBO sind vom Bauherrn die Fertigstellung des Rohbaus und die abschließende Fertigstellung der baulichen Anlage unter Fristsetzung der Bauaufsichtsbehörde zu melden.

Allerdings räumt das Gesetz der Bauaufsichtsbehörde einen sehr breiten Ermessensspielraum ein: ob und in welchem Umfang Bauzustandsbesichtigungen durchzuführen sind, bleibt dem Ermessen der Bauaufsichtsbehörde überlassen.

## 12 Qualifikationsanforderungen an die am Bau Beteiligten

Ein letzter Baustein zur vorbeugenden Gefahrenabwehr ist noch zu erwähnen. Das Baurecht stellt an alle am Bau Beteiligten Qualifikationsanforderungen. Nach § 53 MBO sind der Bauherr und die anderen am Bau Beteiligten dafür verantwortlich, daß bei der Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung oder dem Abbruch einer baulichen Anlage die öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten werden. Dieser Personenkreis umfaßt neben dem Bauherrn den Entwurfsverfasser, den Unternehmer und den Bauleiter.

## 13 Qualitätssicherung

Es ist heute üblich, von Qualität und Qualitätssicherung zu sprechen. Leider fehlt im Bauwesen bis heute eine einheitliche Definition hierfür; vielmehr beziehen sich Teilaspekte des Qualitätsbegriffs auf die, wie oben gezeigt, verschiedenen Rechtsbereiche und die am Bau Beteiligten. Unter Qualität werden Eigentümer und Mieter andere Begriffsvorstellungen entwickeln als die dem Baurecht besonders verpflichteten Bauaufsichtsbehörden. Schadensabwehr im baurechtlichen Sinn ist nicht Gebrauchstauglichkeit, für die das Baurecht nicht oder nur in Einzelfällen beschränkt angewendet werden kann [9].

Man mag dies als einen Mangel empfinden, aber auch hier muß das Prinzip gelten: So viel Staat wie nötig und so wenig Staat wie möglich.

Die Darstellung der verschiedenen Eingriffsberechtigungen des Staates in den Bauablauf zeigt ein aus staatlicher Sicht kohärentes System, das man durchaus als staatliches Qualitätssicherungssystem im Bauwesen bezeichnen kann. Obwohl es sich seit Jahren

bewährt hat und die Zahl der schweren Bauunfälle und Baueinstürze gegenüber denen in anderen Staaten sehr klein ist, wird die Kritik an diesem System immer lauter. Politiker reagieren hierauf mit Vereinfachungs- und Beschleunigungsverfahren und brechen damit die zuvor geschilderte Geschlossenheit auf.

Vereinfachungen im System führen auch zur Personalausdünnung und zur Senkung der Qualifikation der noch handelnden Personen.

## 14 Europäischer Baumarkt

Mit dem Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten [10] zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte [11] (Bauproduktengesetz BauPG) wird europäisches Handelsrecht in Deutschland umgesetzt und ist damit zwingendes Recht. Es regelt das Inverkehrbringen und den freien Warenverkehr von Bauprodukten von und nach den Mitgliedsstaaten der europäischen Gemeinschaft.

Die Verwendung solcher Bauprodukte wird durch gleichlautendes Baurecht in allen 16 Bundesländern geregelt. Der Handel mit Bauprodukten ist naturgemäß auf die Verwendung auf der Baustelle ausgerichtet. Deshalb muß das Bauproduktengesetz auf die Landesbauordnung - oder umgekehrt - abgestimmt sein. Die Trennung im Bundes- und Landesrecht hat verfassungsrechtliche Gründe.

Mit den Bauprodukten müssen Bauwerke errichtet werden können, die (als Ganzes und in ihren Teilen) unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gebrauchstauglich sind und hierbei die nachfolgend genannten wesentlichen Anforderungen erfüllen.

Diese Anforderungen müssen bei normaler Instandhaltung über einen wirtschaftlich angemessenen Zeitraum erfüllt werden; sie setzen normalerweise vorhersehbare Einwirkungen voraus und beziehen sich auf:

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
- Brandschutz,
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
- Nutzungssicherheit,
- Schallschutz,
- Energieeinsparung und Wärmeschutz.

# 15 Brauchbarkeit und Konformität von Bauprodukten

Ein Bauprodukt muß nach der Bauprodukten-Richtlinie brauchbar sein. Dies ist der Fall, wenn es einer technischen Spezifikation entspricht (bekanntgemachte harmonisierte oder anerkannte Norm oder dem Hersteller erteilte, europäische technische Zulassung). Entspricht ein Bauprodukt einer technischen Spezifikation nicht, entweder, weil eine solche nicht vorliegt oder weil eine hiervon wesentliche Abweichung gegeben ist, bedarf das Bauprodukt in der Regel eines besonderen Brauchbarkeitsnachweises. Der wichtigste Brauchbarkeitsnachweis ist die europäische technische Zulassung, die in Abweichensfällen bei Bauprodukten von minderer Sicherheitsrelevanz durch ein besonderes Verfahren im Rahmen des Konformitätsnachweises ersetzt wird. Die so zu beurteilende Brauchbarkeit ist in einem Konformitätsbescheinigungsverfahren nachzuweisen (Abb. 6).

Das Konformitätsbescheinigungsverfahren dient dazu, die Übereinstimmung des Bauprodukts mit den für seine Brauchbarkeit maßgeblichen technischen Spezifikationen sicherzustellen. Hierzu sind in den technischen Spezifikationen im einzelnen Verfahren vorgeschrieben, die der Prüfung des Bauprodukts und der Produktionskontrolle dienen. Dabei kann die Einschaltung von zugelassenen Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen vorgeschrieben werden.

Die Aufgaben als Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle können von ein und derselben oder von verschiedenen Stellen wahrgenommen werden, und zwar abhängig von den nationalen Anerkennungen.

Im Hinblick auf die Funktion der für die Konformitätsbescheinigung eingeschalteten Stellen ist zu unterscheiden zwischen der:

- Zertifizierungsstelle, die als staatliche oder nicht-staatliche unparteiische Stelle die für die Durchführung der Konformitätszertifizierung entsprechend vorgegebenen Verfahrens- und Durchführungsregeln erforderliche Kompetenz und Verantwortlichkeit besitzt, der
- Überwachungsstelle, die als unparteiische Stelle über die Organisation, das Personal, die Kompetenz und die Integrität verfügt, um die Beurteilung, die Empfehlung für die Annahme und Begutachtung der Wirksamkeit der werkseigenen Qualitätskontrolle, die Auswahl und Bewertung von Produkten auf der Baustelle oder im Werk oder sonstwo nach bestimmten Kriterien ausüben zu können und der
- Prüfstelle, die als Laboratorium die Eigenschaften oder die Leistungen von Baustoffen oder Produkten mißt, untersucht, prüft, kalibriert oder auf andere Art und Weise bestimmt.

Die Konformitätserklärung des Herstellers und das Konformitätszertifikat berechtigen und verpflichten dazu, das CE-Zeichen auf dem Bauprodukt anzu-

Art der Bescheinigung	Aufgabe des Herstellers	Aufgabe der zugelassenen Stelle
1 Konformitätszertifikat durch zugelassene Stelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- werkseigene Produktionskontrolle</li> <li>- zusätzliche Prüfung von im Werk entnommenen Proben nach Prüfplan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstprüfung des Produktes</li> <li>- Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle</li> <li>- laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle</li> <li>- gegebenenfalls Stichprobenprüfung von im Werk, vom Markt oder auf der Baustelle entnommenen Proben</li> </ul>
2 Konformitätserklärung des Herstellers	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstprüfung des Produktes</li> <li>- werkseigene Produktionskontrolle</li> <li>- gegebenenfalls Prüfung von im Werk entnommenen Proben nach Prüfplan</li> </ul>	Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle auf Grund von
Möglichkeit 1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle</li> <li>- gegebenenfalls laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle</li> </ul>
Möglichkeit 2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstprüfung des Produktes</li> </ul>
Möglichkeit 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erstprüfung des Produktes</li> <li>- werkseigene Produktionskontrolle</li> </ul>	

Abb 6: Konformitätsbewertungsverfahren nach der Bauprodukten-Richtlinie der EG: Der wichtigste Brauchbarkeitsnachweis ist die europäische technische Zulassung, die in Abweichensfällen bei Bauprodukten von minderer Sicherheitsrelevanz durch ein besonderes Verfahren im Rahmen des Konformitätsnachweises ersetzt wird

bringen. Das CE-Zeichen nach der Bauprodukten-Richtlinie besagt, daß das Bauprodukt mit den technischen Spezifikationen übereinstimmt und das Konformitätsverfahren ordnungsgemäß durchgeführt worden ist.

Im nationalen Baurecht wird aus den dargelegten Gründen ein gleiches Konformitätsverfahren vorgeschrieben, sofern die Bauprodukte nach nationalen Normen beurteilt werden sollen.

Geregelte und nicht geregelte Bauprodukte bedürfen für ihre Verwendung einer Bestätigung ihrer Übereinstimmung mit den technischen Regeln, allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen oder Zustimmungen im Einzelfall. Welche Übereinstimmungsnachweise für die jeweiligen Bauprodukte erforderlich sind, wird in den technischen Regeln selbst, in den Zulassungen, Prüfzeugnissen oder Zustimmungen bzw. durch Rechtsverordnung festgelegt.

Übereinstimmungsnachweisverfahren sind Übereinstimmungserklärungen des Herstellers und Übereinstimmungszertifikate. Für beide Verfahrensarten ist die werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller verbindlich.

Die Übereinstimmungserklärung wird von Herstellern durch die Kennzeichnung des Bauproduktes mit dem nationalen Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) bestätigt.

## 16 Nationale Erfordernisse für die Gefahrenabwehr

Die Darstellung der bestehenden Maßnahmen des Staates zur vorbeugenden Gefahrenabwehr macht deutlich, daß es so etwas wie ein kohärentes Qualitätssicherungssystem seit Jahrzehnten gibt. Möglicherweise trägt dieses System, staatlich gelenkt, auch zum anerkannt hohen Sicherheitsstandard der Bauten in Deutschland bei.

Die Anteile der jeweiligen Berufsgruppen an diesem Sicherheitsstandard sind schwer abzustecken. Allerdings liefert die eingangs gezeigte Fehlerverteilung (Abb. 1) einen gewissen Anhaltspunkt. Planung und Ausführung von Bauten erzeugen 70 % aller gemachten Fehler, wo hingegen die Materialfehler lediglich 14,5 % ausmachten. Dieser vergleichsweise geringe Fehleranteil läßt hoffen, daß europäische Bauprodukte in unserem Sicherheitssystem keine signifikanten Verschiebungen auslösen werden. Diese Hoffnung stützt

sich auf die widerlegbare Vermutung, daß das europäische Qualitätssicherungssystem für die Bauprodukterstellung den gleichen Anforderungen unterliegt, wie wir sie aus dem § 24 MBO mit Eigen- und Fremdüberwachung kennen.

Das Bauproduktengesetz des Bundes und die Novellen der Landesbauordnung werden dieses bewährte Verfahren im Grundsatz beibehalten. Neu aber wird eine deutlich größere Bauproduktenzahl sein, deren Beherrschung durch die Behörden und ihre Sachverständigen zunehmend schwieriger wird.

Man stelle sich nur die nationale Bauproduktvielfalt vor, die technischen Regeln, allgemein bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse, die Prüfbescheide für prüfzeichenpflichtige Gegenstände und sonstige Sonderregelungen; dies ist schon schwer genug.

Künftig werden es mehr Bauproduktarten mit 12mal mehr technischen Regeln und einem zusätzlichen Regelwerk von CEN sein.

Eine solche dramatische Entwicklung, die obendrein noch durch nationale Verordnungsregelungen geprägt sein wird, verlangt ein Überdenken, wenn nicht gar eine Neuordnung unseres kohärenten Sicherheitssystems.

Ich frage mich allerdings, ob der bisherige methodische Ansatz unverändert beibehalten werden kann. Reicht es aus, Bauwerke theoretisch zu prüfen, eine Qualitätssicherung der Herstellung von Baustoffen zu fordern und zu praktizieren, aber den späteren Zusammenbau, das ordnungsmäßige Ineinandergreifen, das entstandene Bauwerk einer mehr oder weniger zufälligen Entwicklung zu überlassen?

Können wir es uns heute, angesichts der selbst erzeugten Schäden am Bau, leisten, die Qualitätssicherung an der Baustelle zu beenden? Wir tun es offenbar leichtfertig, obwohl wir längst wissen, daß die Bauphasen weitere 30 % der vermeidbaren Fehler erzeugen. In diesem Zusammenhang sei nur an die Betonschäden erinnert.

Alle am Bau Beteiligten, auch die Bauaufsichtsbehörden, müssen ihren Anteil zur Schadensfrüherkennung beitragen.

Der Anspruch der Bauordnung ist umfassend: bauliche Anlagen sind so zu errichten und zu unterhalten, daß die öffentliche Sicherheit nicht leidet. Und die der Ausführung dieses Rechtsanspruchs besonders verpflichteten Bauaufsichtsbehörden haben nach pflichtgemäßem Ermessen das Notwendige zu veranlassen.

Es ist feststellbar, daß die Kapazität der Bauaufsichtsbehörde in personeller und damit auch sachlicher Hinsicht zunehmend schwindet. Gleichwohl bleibt die

beschriebene Aufgabe zur umfassenden Erhaltung der öffentlichen Ordnung ungeschmälert erhalten.

Daraus lassen sich drei Modelle ableiten:

## 1. Modell:

Der Staat verstärkt die Zahl seiner Bediensteten mit qualifizierten Kräften für alle Fachsparten, die baurechtlich tangiert sind.

## 2. Modell:

Der Staat zieht sich mehr und mehr entsprechend der ihm verbleibenden Möglichkeiten durch Rechtsänderung aus diesem Aufgabenfeld zurück.

## 3. Modell:

Der Staat organisiert ein Sachverständigenwesen im Baurecht, das die uneingeschränkte Erfüllung der Rechtsvorgaben gestattet und auch gewährleistet.

Das erste Modell ist unter dem heutigen Demokratieverständnis und den finanziell durchsetzbaren Möglichkeiten eine Utopie und scheidet daher von selbst aus.

Das zweite Modell wäre durchaus realisierbar, hätte aber im Hinblick auf ein geordnetes gesellschaftliches Zusammenleben erhebliche Schwächen und würde, wenn es konsequent betrieben würde, nicht nur in unzumutbarem Maße die Gerichte, sondern schließlich und endlich die Gesellschaft selbst in bedrohlicher, vielleicht auch selbstzerstörerischer Weise belasten.

Wenn zu den drei Modellen kein weiteres hinzutritt, bleibt das 3. Modell übrig.

Wie könnte ein solches baurechtlich aufgebautes Sachverständigenwesen aussehen?

Zur Ausfüllung der rechtlich begründeten Aufgabe des § 3 in Verbindung mit § 59 MBO (a.a.O.) sollte in allen Bundesländern eine Verordnung zur Einschaltung von Sachverständigen im Bauordnungsrecht (Sachverständigen-Verordnung) geschaffen werden.

Diese Verordnung stützt sich auf § 59 MBO (a.a.O.) und soll die Einschaltung von Sachverständigen regeln:

- Sachverständige als beliebige Unternehmer im Auftrag der Bauaufsichtsbehörde;
- Sachverständige im Auftrag des Bauherren auf Grund allgemeiner Veranlassung durch das Baurecht.

Die Verordnung muß aber auch

- nach „oben offen“ sein, d.h. sie muß so angelegt sein, daß Fachsparten, die heute noch nicht bekannt oder noch nicht erkannt sind, durch Fortschreibung des Anwendungsbereichs ergänzt werden können,
- die Ermächtigung für eine Gebührenregelung der hoheitlich Tätigen enthalten,
- den Kompetenznachweis der Sachverständigen regeln.

Dies könnte auf zweierlei Wegen geschehen:

**1.** Die zuständigen Behörden regeln den Kompetenznachweis selbst, so wie es etwa in den Verordnungen über die Prüfung haustechnischer Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden bereits praktiziert wird. Bei diesen Anerkennungen werden hilfsweise einige Industrie- und Handelskammern für den technischen Qualifikationsnachweis eingesetzt, wobei der spezielle Anerkennungsakt der jeweils zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde vorbehalten bleibt.

**2.** Der Kompetenznachweis wird bei den Ingenieurkammern der Länder angesiedelt. Die Kammern repräsentieren alle Fachsparten. Nach dem Baukammergesetz in Nordrhein-Westfalen [12] ist in § 21 die Berufsaufgabe definiert; sie schließt Entwicklung, Planung, Betreuung, Kontrolle und Prüfung sowie Sachverständigentätigkeit und Mitwirkung bei Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auf dem Gebiet des Ingenieurwesens ein. Vorausgesetzt wird eine selbständige, auf eigene Rechnung und Verantwortung ausgeübte berufliche Tätigkeit, die von Dritten unabhängig ist.

Die Kammer hat die Aufgabe, die beruflichen Belange ihrer Mitglieder zu wahren und deren Pflichten zu überwachen. Das ist wenig genug. Warum sollte eine Ingenieurkammer nicht auch verantwortlich werden für die Aus- und Weiterbildung ihrer Mitglieder? Warum sollte sie nicht eigenverantwortlich Sachverständige für das Bauwesen ausbilden?

Nach meiner Auffassung wäre dies ein Ansatz zu einer vernünftigen, zielorientierten Zusammenarbeit zwischen Behörde und Ingenieurkammer, bei der arbeitsteilig die erforderlichen Bausteine für ein Qualitätssicherungssystem geschaffen und zusammengefügt werden können.

Der Weg dieses 3. Modells ist nicht einfach, weil er zwei Gesetzesänderungen in jeweils 16 Bundesländern erfordert. Aber im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise scheint er mir unverzichtbar.

## 17 Schlußfolgerung

Wie wir erfahren haben, sind 14,5 % aller Fehler am Bau auf mangelhafte oder falsche Materialien zurückzuführen. Die Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsvorschriften des Bauproduktengesetzes (a.a.O.) sehen folgendes vor:

Die zuständige Behörde kann auf schriftlichen Antrag eine Person, Stelle oder Überwachungsgemeinschaft als Prüf- und Überwachungsstelle oder Zertifizierungsstelle anerkennen, um die Brauchbarkeit von europäischen Bauprodukten zu prüfen, zu bewerten und anzuerkennen.

Dieser europäische Markt löst einen großen Handlungsbedarf aus, dem von Behördenseite, aber auch von den Prüffingenieuren für Baustatik, entsprochen werden muß. Niemand kennt heute seine tatsächlichen Ausmaße und Wechselwirkungen. Wir müssen aber darauf vorbereitet sein.

Die Prüffingenieure für Baustatik sind seit Jahrzehnten der Partner der Bauaufsicht mit einer äußerst positiven Bilanz bei der Gefahrenabwehr. Andere Länder beneiden uns darum. Deshalb müssen wir dieses System bewahren und, wenn nötig, ausbauen. Das Bauproduktengesetz schafft hier neue Ansätze.

Der von Prüffingenieuren für Baustatik gegründete Verein mit dem Namen „Freier Bau-Beratungs- und

-Überwachungsverein Bundesrepublik Deutschland (BBÜV)“ könnte als Verein ebenso bei der Schadensfrüherkennung mitwirken wie seine einzelnen Mitglieder selbst, die in der Regel Prüffingenieure für Baustatik sein werden oder schon sind.

Das Vereinsziel ist, die Qualität der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Bauwerken zu fördern. Dieses Ziel soll durch Erfahrungsaustausch, Beratung und Weiterbildung seiner Mitglieder angestrebt werden und deckt sich mit dem Schutzziel des Baurechts.

Insofern ist es auch konsequent, daß die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Baustatik (BVPI) und der BBÜV eine Vereinbarung unterzeichnet haben, nach der beide Verbände Fragen der Prüfung und Überwachung neuer baulicher Anlagen sowie der laufenden Kontrolle und Instandsetzung bestehender baulicher Anlagen abstimmen und gemeinsam handeln wollen.

In der Übereinstimmung der Ziele der Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Baustatik, des BBÜV und des Baurechts ergibt sich somit eine gemeinsame Aufgabe für die Zukunft und eine Chance für die Schadensfrüherkennung im europäischen Baumarkt.

## Literatur

- [1] Geithe, W.: Über die Entwicklung technischer Baubestimmungen, Dissertation, Wuppertal 1982
- [2] J. Schneider: Sicherheit durch Maßnahmen gegen Fehler, IfBt, Berlin 1989
- [3] Grunau, E. B.: Qualität in der Bauausführung, Bauverlag, Wiesbaden 1982
- [4] Benda, E.: Der Techniker im Spannungsfeld von Recht und Technologie, Deutscher Stahlbautag 1988
- [5] Drews, Wacke, Vogel, Martens: Gefahrenabwehr Bd. 1, S. 272 ff., Carl Heymanns Verlag 1986
- [6] Musterbauordnung, Fassung Mai 1990 der ARGEBAU, Werner-Verlag
- [7] Schild, E., Oswald, R., Rogier, D.: Bau-schäden im Wohnungsbau, Schriftenreihe Landes- u. Stadtentwicklungsforschung des Landes NW, Band 3.002, Dortmund, 1975
- [8] Verordnung über die Prüfung haustechnischer Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden, Hessen GVBL II 361-96
- [9] Meyer H. G.: Qualitätssicherung im Bauwesen, Bautechnik 7/1986
- [10] Bauproduktengesetz, Bundesgesetzblatt Nr. 39/1992, Seite 1495 ff.
- [11] G-Bauproduktenrichtlinie, Amtsblatt der EG Nr. L 40, Seite 12
- [12] Entwurf des Baukammerngesetzes (BauKG NW), vom 25.05.1992, Landtagsdrucksache 11/3784



# Bewehrte Erde und die Anwendung von Geotextilien

**Bei der Bewertung der Erdbauwerke muß dem Wechselspiel zwischen Bewehrung und Boden Rechnung getragen werden**

Erdstoffe besitzen keine oder aufgrund von Kohäsionskräften nur eine relativ geringe Zugfestigkeit. Es ist daher naheliegend, zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Untergrundes oder zur Erhaltung einer ausreichenden Standsicherheit eines Geländesprunges eine Bewehrung einzulegen. Aus dem Altertum bekannt, und auch bis in die Neuzeit bei Dammbauten angewandt, ist die Bewehrung aus Schilf, Strauch- und Baumzweigen. Ihre Dauerhaftigkeit ist jedoch je nach den klimatischen Verhältnissen sehr begrenzt. Heute ist die Dauerhaftigkeit bzw. der Korrosionsschutz bei der Auswahl und dem Einbau der Bewehrung entscheidend. Deshalb erhielten Kunststoffe, insbesondere die Geotextilien, eine große Bedeutung im Erdbau.

**Prof. Dr.-Ing.  
Helmut Nendza**



promovierte 1966 an der TH Hannover und ist seit 1959 Mitarbeiter und seit 1971 Mitinhaber des Erdbaulaboratoriums Essen; 1976 wurde er an den Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik an der Universität Gesamthochschule Essen berufen; seit 1972 ist er Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau (DGEG)

## 1 Einführung

Über die Eigenschaften und die Anwendungsgebiete der Geotextilien gibt das „Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien im Erdbau, Ausgabe 1987“ in guter Übersicht eindeutige Auskunft. Danach wird unterschieden nach „Vliesstoffen“ und „Gewebe“. Vliesstoffe bestehen aus regellos angeordneten Fasern (sogenannten Filamenten), Gewebe aus einem sich rechtwinklig kreuzenden Fadensystem. Als sogenannte Verbundstoffe werden - je nach den Aufgabenstellungen - Vliesstoffe und Gewebe auch zusammen hergestellt. Zu den Geotextilien zählen nicht Dichtungsbahnen (Folien) und Geogitter, auf die später noch gesondert eingegangen wird. Die Eigenschaften der Geotextilien sind zwangsläufig von den Rohstoffen, der Anordnung und Bindung der Fasern bzw. Garne abhängig. Sie besitzen eine hohe Alterungsbeständigkeit, sofern sie den Einbau schadlos überstanden haben und ausreichend gegen Licht geschützt sind. Polyester ist gegen starke Alkalien nicht beständig. Die Verwendung mit Zementbeton ist nur begrenzt möglich.

Geotextilien werden zum Trennen, Filtern, Dränen, Schützen und Bewehren im Erdbau eingesetzt. Hierzu einige Beispiele:

1. Als Trennschicht (**Abb. 1**) kommen Geotextilien in Betracht, wenn zwischen zwei Schichten keine Filterstabilität gegeben ist oder die Gefahr einer Durchmischung und eines Durchbrechens bei einer Schüttung auf weichem Untergrund besteht.

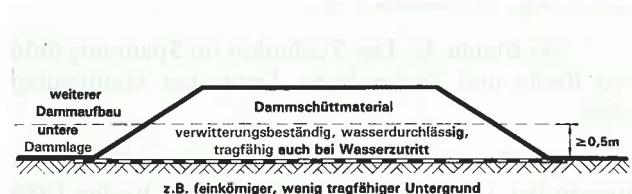


Abb. 1: Geotextilien als Trennschicht unter einem Damm

2. Geotextilien zur Sicherung und Sanierung von Böschungen werden (Abb. 2) angewandt, wenn sich der Boden umlagern, ausfließen oder ausspülen kann bzw. wenn eine zu geringe Standsicherheit bei steilen Schüttschüttungen besteht.

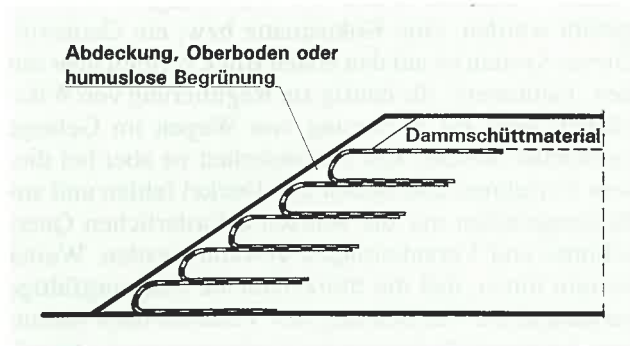


Abb. 2: Geotextilien als Schutz gegen Ausspülen und Ausfließen von Böschungen

3. Bei Entwässerungsaufgaben kann (Abb. 3) die fehlende Filterstabilität grobkörniger, schlecht abgestufter Erdstoffe durch Geotextilien behoben werden.

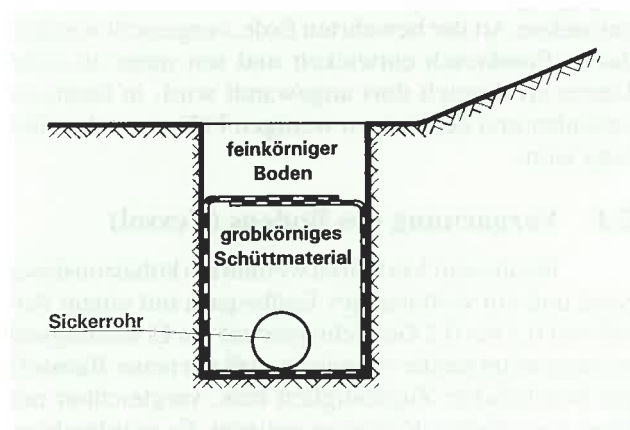


Abb. 3: Sickerstrang: die fehlende Filterstabilität grobkörniger, schlecht abgestufter Erdstoffe kann durch Geotextilien behoben werden

4. Meist gezielt, aber auch sehr häufig mit dem vorstehenden Aufgabengebiet verbunden, werden Geotextilien (Abb. 4) auch zur Bewehrung von Erdbauwerken genutzt. Dieses tritt auf bei unzureichender Tragfähigkeit des Untergrundes für eine Überschüttung und bei einer nicht ausreichenden Standsicherheit in einem Erdkörper mit steiler Böschung.

Damit ist der Übergang zum konstruktiv interessanten Gebiet der bewehrten Erde mit seinem vielfältigen Aufbau und den Besonderheiten bei den erdstatischen Nachweisen nahezu lückenlos gegeben.

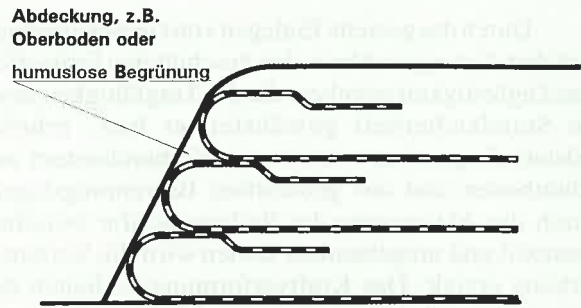


Abb. 4: Geotextilien als Bewehrung einer übersteilen Böschung (Polsterwand)

## 2 Arten der Bodenbewehrung

### 2.1 Bodenvernagelung

Die Bodenvernagelung wird zur Erhöhung der Standsicherheit bestehender Böschungen oder auch steiler Baugrubenböschungen angewandt. Hierbei werden (Abb. 5) Bewehrungsstähle in Bohrlöcher einzementiert und gegen Kopfplatten kraftschlüssig angepresst.

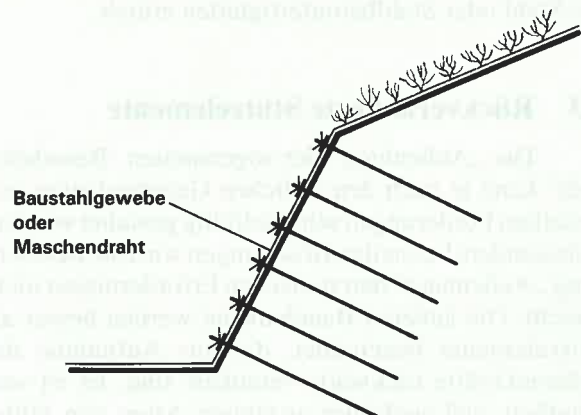


Abb. 5: Vernagelung einer Böschung

Zum Schutz der Oberfläche kann unterhalb der Kopfplatten Maschendraht, Baustahlgewebe oder auch Spritzbeton aufgebracht werden. Die für Lockergesteinböden entwickelte Bodenvernagelung hat als Vorbild die im Fels und Tunnelbau seit langem mit Erfolg angewandte Felsvernagelung.

## 2.2 Geotextilbewehrte Bodensysteme und bewehrte Erde

Durch das gezielte Einlegen von Geotextilbahnen wird dem Untergrund bzw. den geschütteten Erdstoffen eine Zugfestigkeit gegeben, die die Tragfähigkeit bzw. die Standsicherheit gewährleistet bzw. erhöht. Erdstatisch gesehen entsteht ein Verbundsystem aus Schüttdoden und aus geotextilen Bewehrungslagen. Durch die Aktivierung der Reibungskräfte zwischen Geotextil und umgebendem Boden wird die Verbundwirkung erzielt. Das Kraftverformungsverhalten des Geotextils muß den vertretbaren Verformungen des Schüttkörpers angepaßt werden, wobei die Verformungen in den Zwischenbauzuständen meist von untergeordneter Bedeutung sind.

Um die Verformungen gering zu halten, werden in der Regel entsprechend gerichtete Gewebe oder vorgestreckte Geogitter zur Bewehrung verwandt. Falls Trennen und Filtern der Erdstoffe erforderlich sind, werden mit den Bewehrungen zusätzliche Vliesstoffe oder entsprechend feine Gewebe mit verlegt. Von dieser Ausführungsart ist der Übergang zum Bauverfahren „Bewehrte Erde“ fast lückenlos gegeben. Der vermeintliche Unterschied ist geschichtlich bedingt. Vor der vielfältigen Anwendung von Geotextilien im Erdbau wurde bereits in den 60er Jahren, zunächst in Frankreich, später in Deutschland, das Bauverfahren „Bewehrte Erde“ angewandt. Hierunter verstand man zunächst einen Bodenkörper mit eingelegten Bewehrungsbändern, zunächst aus verzinktem Stahl, später aus Kunststoff, der als äußeren Abschluß eine Außenhaut aus Stahl oder Stahlbetonfertigteilen erhielt.

## 2.3 Rückverankerte Stützelemente

Die „Außenhaut“ der sogenannten ‘Bewehrten Erde’ kann je nach den örtlichen Gegebenheiten und gestellten Forderungen sehr vielfältig gestaltet werden. Insbesondere bei steilen Böschungen wird die Bezeichnung „Außenhaut“ den statischen Erfordernissen nicht gerecht. Die äußeren Bauelemente werden besser als Stützelemente bezeichnet, die zur Aufnahme der Erddruckkräfte rückwärts verankert sind. Es ist verständlich, daß auch hier unzählige Arten von Stützelementen entwickelt wurden. Sie sollen an dieser Stelle nicht aufgezählt und dargestellt werden, sondern stellvertretend sollen zwei Verfahren vorgestellt und bewertet werden, die alle Besonderheiten der bewehrten Erde beinhalten und für den konstruktiven Ingenieur sicherlich interessant sind.

Die Stützelemente bestehen bei dem ersten Verfahren aus Drahtgitterkörben, die oben und unten offen sind und mit Boden lagenweise gefüllt werden. Übereinander geschichtet lassen sich begrünbare Steilwälle und Böschungssicherungen erstellen.

Die Drahtkörbe bestehen aus feuerverzinktem, kaltgezogenem Stahldraht. Sie sind an allen Kreuzungsstellen punktgeschweißt. Vorder- und Rückwand sind je nach statischen Erfordernissen mit Querankern verhakt. Die Rückwände erhalten stets, die Vorderwände, wenn die Körbe mit feinkörnigem Material gefüllt werden, eine Kokosmatte bzw. ein Geotextil. Dieses System ist auf den ersten Blick vergleichbar mit den „Gabionen“, die häufig zur Regulierung von Wildbächen oder zur Sicherung von Wegen im Gebirge verwendet werden. Die Besonderheit ist aber bei diesem Verfahren, daß Boden und Deckel fehlen und aus Kostengründen nur die statisch erforderlichen Querschnitte und Verankerungen gewählt werden. Weiter kommt hinzu, daß die Stützelemente eine sorgfältige sackungsfreie Verdichtung des Verfüllbodens verlangen. Anderenfalls können die Verformungen die Standsicherheit des Stützsystems gefährden. Die Vorderwand stellt die sogenannte Stützwand und die Rückwand die Ankerwand dar. Bei großen Korbbreiten oder bei Anordnung von weiteren Körben in der rückliegenden Erdschüttung als sogenannte Verankerungskörper wird das Prinzip der bewehrten Erde deutlich. Auf die Besonderheit der erdstatischen Nachweise dieser rückverankerten Stützelemente wird nachfolgend eingegangen. Zunächst soll das zweite Verfahren, eine besondere Art der bewehrten Erde, vorgestellt werden, das in Frankreich entwickelt und seit mehr als zehn Jahren erfolgreich dort angewandt wird, in Deutschland aber erst bei einigen wenigen Fällen zur Ausführung kam.

## 2.4 Vergarnung des Bodens (Texsol)

Bei diesem Verfahren werden ein kohäsionsloser Sand und ein vielfaseriges Endlosgarn mit einem Anteil von 0,1 bis 0,2 Gewichtsprozent am Erstellungsort so innig miteinander vermischt, daß ein neuer Baustoff mit beachtlicher Zugfestigkeit bzw. vergleichbar mit einer dauerhaften Kohäsion entsteht. Es wurden hiermit übersteile Stützwände sogar Brückenwiderlager erstellt. Der Querschnitt der Stützwände und der Bewehrungsanteil von Garn wird nach den erdstatischen Erfordernissen ermittelt. Es bleibt zu erwähnen, daß das Verfahren ein Patent des Zentrallabors für Brücken und Straßen (LCPC) und seit 1986 vom Institut für Bautechnik in Deutschland zugelassen ist.

# 3. Erdstatische Nachweise

## 3.1 Grundsätzliche Anmerkungen

Für jede hier vorgestellte Ausführungsart sind die nach DIN 1054 (Gründungen) geforderten und gemäß DIN 4017 (Grundbruch) bzw. DIN 4084

(Geländebruch) behandelten Sicherheiten nachzuweisen. Die Besonderheiten der hier behandelten Verfahren sind zunächst die Nachweise für das Tragvermögen der vorderen Stützwände und im weiteren der Ansatz der rückhaltenden Kräfte der Verankerungen. Die Nachweise für eine Bodenvernagelung und für den klassischen Fall der bewehrten Erde sind in Richtlinien und in den Zulassungsbescheiden des Institutes für Bautechnik ausführlich behandelt, so daß nachfolgend nur das Wesentliche aufgezeigt wird. Ausführlich wird auf die Nachweise der beiden letzten Verfahren eingegangen.

### 3.2 Bodenvernagelung

Die Länge der Nägel bzw. der Bewehrungsstähle wird (Abb. 6) durch Geländebruchuntersuchungen gemäß DIN 4084 bestimmt. Es wird die ungünstigste Bruchfigur gesucht, die die größte erforderliche Zugkraft ergibt.

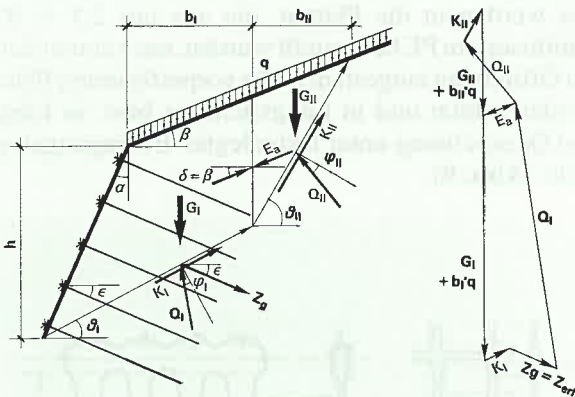
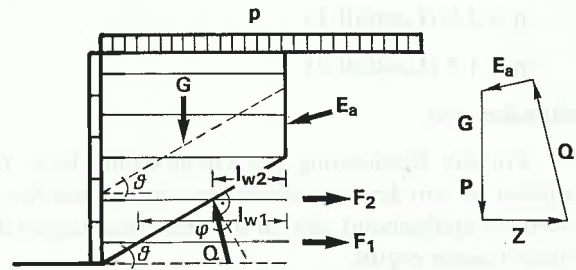


Abb. 6: Geländebruchuntersuchung für eine Bodenvernagelung

Die vorhandene bzw. die aufnehmbare Zugkraft wird bestimmt durch die Länge, der im feststehenden Bodenteil verankerten Stäbe und die durch Zugversuche bestimmte Mantelreibung. Die Mantelreibung wird als gleichmäßig verteilt angenommen. Die Sicherheit

$$\eta = \frac{Z_{\text{mögl}}}{Z_{\text{erf}}} \quad \text{sollte mindestens 2 betragen.}$$



$$\eta = \frac{\sum F_i}{Z} \geq 2,0$$

wobei  $F_i = 2 \cdot \sigma_{vi} \cdot l_{wi} \cdot \tan \varphi'_r$

und  $F_i < \text{zul } F$

Abb. 7: Allgemeiner Berechnungsansatz für bewehrte Erde

### 3.3 Bewehrte Erde

Die Außenhaut ist grundsätzlich für den aktiven Erddruck zu bemessen, wobei der Wandreibungswinkel mit  $\delta = 0$  zu setzen ist. Bei umgeschlagenen Geotextilien oder -gittern ist nachzuweisen, daß gegenüber den jeweiligen Erddrücken eine ausreichende Verankerung im Bodenkörper gegeben ist. Der Reibungswinkel zwischen Geotextil und Bodenkörper ist durch Ausziehversuche zu bestimmen. Für die innere und äußere Standsicherheit sind folgende Nachweise zu führen:

- Der Nachweis der Gleitsicherheit innerhalb und unterhalb des bewehrten Bodenkörpers erfolgt nach DIN 1054. Für Gleitsicherheiten entlang einer Bewehrungslage ist der Reibungsbeiwert mit  $0,8 \cdot \tan \varphi'_r$  ( $\varphi'_r$  = Restscherfestigkeit) anzusetzen.
- Der Nachweis, daß die aus ständigen Lasten resultierende Kraft die Sohlfläche im Kern schneidet, ersetzt den sogenannten Kippsicherheitsnachweis.
- Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist anhand von DIN 4017 zu führen.
- Für die Gleitkörperuntersuchungen (gemäß Abb. 7) ist die ungünstigste Lage der Gleitlinie abweichend von DIN 4084 durch Variation des Winkels  $\theta$  zu bestimmen.

Aus der Gegenüberstellung der widerstehenden und der einwirkenden Kräfte muß eine Sicherheit von

$$\eta \geq 2,0 \text{ (Lastfall 1)}$$

$$\eta \geq 1,5 \text{ (Lastfall 2)}$$

vorhanden sein.

Für die Bemessung der Geotextilien bzw. für Geogitter ist von den vorstehend beschriebenen Nachweisen der maßgebend, der für die einzelnen Lagen die größten Lasten ergibt.

Die zulässige Gebrauchslast  $F_B$  ermittelt sich z. B. für Geogitter SR 2 wie folgt

$$\text{zul } F = \frac{F_B}{A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma}$$

wobei

$F_b$  = Kurzzeitfestigkeit je Meter Breite,

$A_1$  = Abminderungsfaktor für die Zeitstandfestigkeit,

$A_2$  = Abminderungsfaktor für Beschädigung beim Einbau und Verdichtung und

$\gamma$  = rechnerischer Sicherheitsbeiwert

ist.

Als Abminderungs- und Sicherheitsfaktoren gelten z. B.

$F_B$ [kN/m]	$A_1$	$A_2$		$\gamma$
		für Bodengruppen (nach DIN 18 196)		
		GE, GW, GI, GU, GT	SE, SW, SI, SU, ST	
79	2,75	1,5	1,3	1,75

Eine besondere Beachtung ist den Verformungen der Wand bzw. des gesamten, bewehrten Erdkörpers zu geben. Die Größe der Verformungen ist abhängig von dem Last-Verformungsverhalten der „Bewehrungen“ und von der Ausnutzung der inneren und äußeren Standsicherheiten. Im allgemeinen rechnet man mit Verformungen von 1% bis 2% der Wandhöhe. Es ist auch zu prüfen, ob solche Verformungen auf angrenzende Bauwerke einen ungünstigen Einfluß haben.

Auf den vorangegangenen Bildern war zu erkennen, daß bei der Bewehrung von Erdkörpern anstelle oder in Verbindung mit Geotextilien Geogitter verlegt wurden. Die Anwendung von Geogittern erfolgt mit der Absicht, hohe Tragfähigkeiten bei geringeren Verformungen zu erreichen. Diese Kunststoffe werden

(Abb. 8) gereckt und erhalten dabei eine wesentlich höhere Zugfestigkeit bei reduzierter Verformbarkeit.

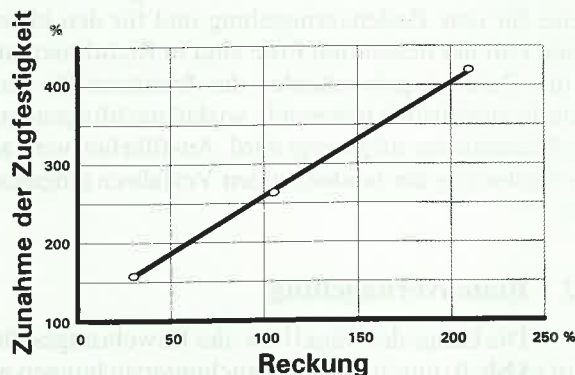


Abb. 8: Zunahme der Zugfestigkeit durch Reckung

Die Geogitter, im Ausland auch als Geogrid bezeichnet, werden in zwei Prozessen hergestellt. Zuerst werden in die Platten, die aus mit 2,5 % Ruß stabilisiertem PE hergestellt wurden, nach einem Schema Öffnungen eingestanzt. Die vorperforierten Platten werden erhitzt und in Längsrichtung bzw. in Längs- und Querrichtung unter festgelegten Bedingungen gereckt (Abb. 9).

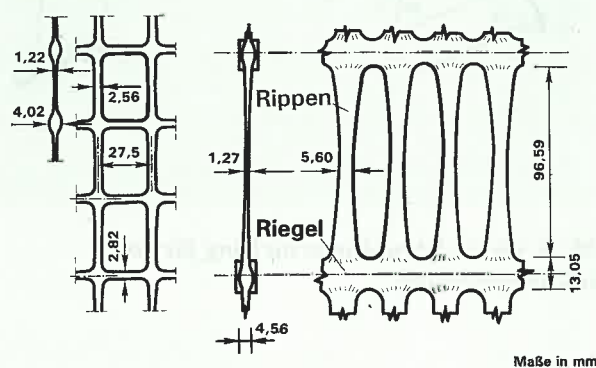


Abb. 9: Formen der Geogitter

Solche Gitterstrukturen besitzen, wie Abb. 10 zeigt, eine ausgeprägte Höchstkraft, die von Temperatur und Belastungsgeschwindigkeit abhängig ist.

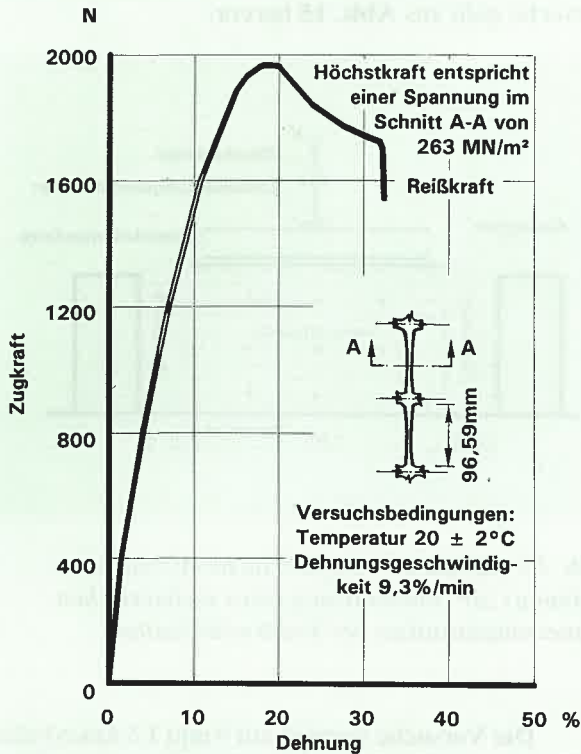


Abb. 10: Kraft-Verformungs-Verhalten von Geogittern

Eine Erhöhung der Temperatur vermindert, während eine Steigerung der Belastungsgeschwindigkeit die Zugfestigkeit erhöht.

Das Kriechverhalten der Geogitter geht aus **Abb. 11** hervor.

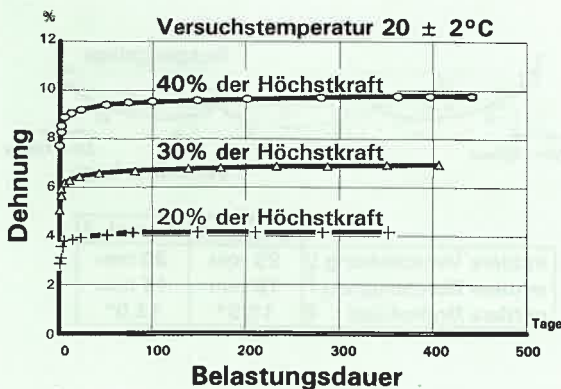


Abb. 11: Kriechverhalten von Geogittern

Belastungsgeschwindigkeit und die Zahl der Entlastungen bzw. Belastungen haben keinen nennenswerten Einfluß auf die Kriechdehnungen. Aufgrund dieses Kraft-Dehnungs-Verhaltens werden im Allgemeinen die maximalen Belastungen im Gebrauchszustand wie folgt gewählt:

Gebrauchslast	in %	in %
Bauwerkstyp	der Reißkraft	zugehörige Dehnung
Ständige Bauwerke	20	5
Behelfsbauwerke	30	10

### 3.4 Rückverankerte Stützelemente

Im Nachfolgenden sollen das statische System und die erforderlichen Tragfähigkeits- bzw. Standsicherheitsnachweise für die sogenannten EBECO-Drahtkorbsysteme (**Abb. 12**) vorgestellt werden. Wie bereits vorstehend beschrieben, besteht das System aus oben und unten offenen Drahtgitterkörben.

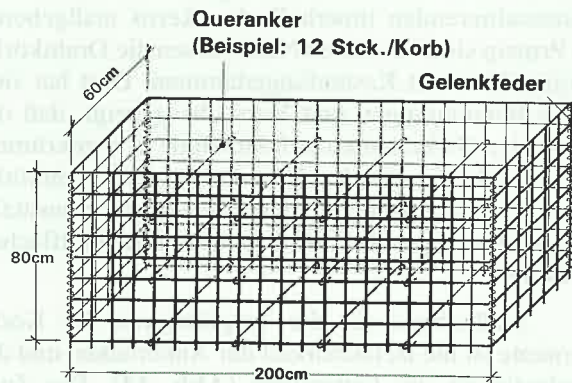


Abb. 12: EBECO-Drahtkorbsystem

Die Körbe werden als Stützwand übereinander geschichtet. Zur Erhöhung der Standsicherheit (**Abb. 13**) wurden Entwürfe aufgestellt, bei denen die vorderen Stützkörbe teilweise an rückwärtige Verankerungskörbe „angehängt“ wurden. Erdstatisch wirksam sind aber lediglich die Vorderwände der vorderen Stützkörbe - sie nehmen den Erddruck auf - und die Rückwände der Verankerungskörbe, die die Funktion einer Ankertafel zu übernehmen haben. Aus dieser Sicht sind vorgenannte Ankerkörbe bei diesem System nicht erforderlich. Vielmehr sind die Körbe so breit zu gestalten, daß die Standsicherheit gewährleistet ist. Zur Ermittlung der Korbbreiten sind zunächst Geländebruchuntersuchungen unter Variation von  $\theta_a$ , und zwar für jede Lagerfläche eines Korbes erforderlich.

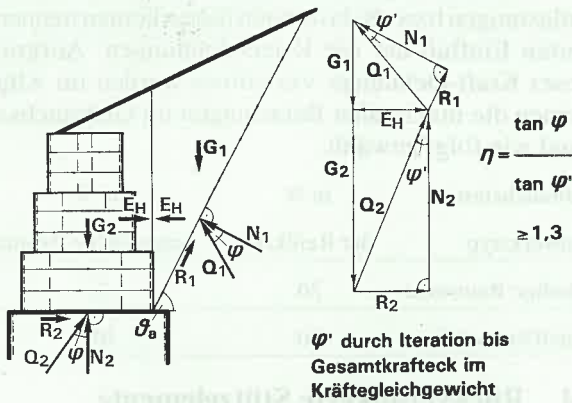


Abb. 13: Standsicherheitsuntersuchung für eine Korbwand

Aus diesem Nachweis wird besonders deutlich, daß die einzelnen Körbe sackungsfrei zu verfüllen und zu verdichten sind. Diese Nachweise entsprechen den Gleitsicherheitsnachweisen gemäß DIN 1054. Ferner sind für alle Korbunterflächen gemäß DIN 1054 die Lastresultierenden innerhalb des Kerns maßgebend. Im Prinzip sind bei diesen Nachweisen die Drahtkörbe vergleichbar mit Kastenfangedämmen. Dort hat sich durch Berechnungen und Versuche gezeigt, daß die geringsten Sicherheiten bei Annahme von gekrümmten Gleitflächen in der Unterkante der Drahtkörbe entstehen. In kritischen Fällen wäre daher ein zusätzlicher Nachweis gemäß EAU für gekrümmte Gleitflächen zu führen.

Maßgebend für die Tragfähigkeit der Korb-elemente ist die Belastbarkeit der Ankerhaken und die Zugfestigkeit der Gitterstäbe (Abb. 14). Die Zugfestigkeit sowie die Streckgrenze der Gitterdrähte und der Ankerhaken als auch die Maximalkraft zum Aufbiegen der Ankerhaken sind in einer Materialprüfanstalt bestimmt worden. Die Belastung der Körbe kann durch die Lage und vor allem durch die Anzahl der Ankerdrähte beeinflusst werden. Wegen der Kosten, aber besonders aus arbeitstechnischen Gründen, wird eine Optimierung von Lage und Anzahl der Anker anzustreben sein.

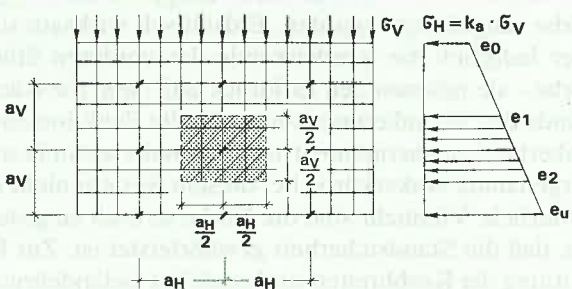


Abb. 14: Ansatz der Erddruckbelastung

Zur Unterstützung eines rechnerischen Bemessungsansatzes wurden zwei Großversuche mit Variation der Ankerzahl durchgeführt. Der Aufbau der Großversuche geht aus Abb. 15 hervor.

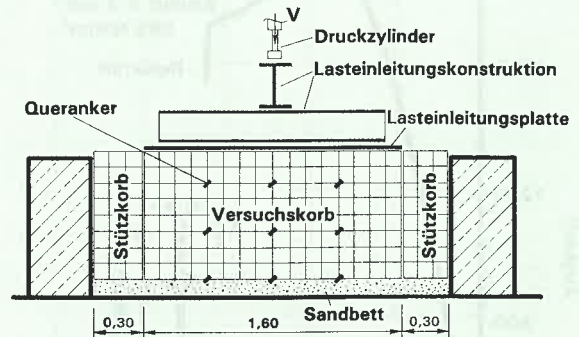
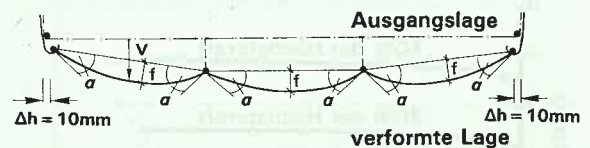


Abb. 15: Aufbau der Großversuche (Versuchs-anordnung) zur Unterstützung eines rechnerischen Bemessungsansatzes der Erddruckbelastung

Die Versuche wurden mit 9 und 12 Ankerhaken im Raster von 40 x 30 cm bzw. 40 x 20 cm ausgeführt. Die Drahtkörbe waren mit Sand gefüllt. Durch die Erhöhung der Ankerhakenanzahl von 9 auf 12 konnte bei sonst gleichen Randbedingungen die Auflast auf den Korb von 200 auf 300 kN/m<sup>2</sup>, das entspricht einer 10 bzw. 15 m hohen Erdauflast, gesteigert werden, bis die ersten Queranker versagten. Während unter diesen Grenzlasten die vertikalen Verformungen unter der Lastfläche 10 cm betragen, traten horizontale Verschiebungen an den horizontalen Drähten bis zu 25 bzw. 30 mm auf. Die Verformungsfigur ist Abb. 16 zu entnehmen.



	Versuch 1	Versuch 2
mittlere Verschiebung $\bar{v}$	25 mm	30 mm
mittlere Durchbiegung $\bar{f}$	18 mm	14 mm
mittlere Drehwinkel $\bar{\alpha}$	13,5°	12,0°

Abb. 16: Verformungen der Horizontaldrähte in Höhe der Ankerhaken

Nach den in den Versuchen festgestellten Verformungen wurde das in **Abb. 17** und **Abb. 18** dargestellte Rechenmodell eines Tragringes entwickelt, wobei das Tragvermögen der Vertikaldrähte nicht in Ansatz gebracht wurde. Die horizontalen Drähte wurden somit rechnerisch ringförmige Tragdrähte. Bei Annahme von parabolischen Verformungen zwischen den einzelnen Ankerpunkten ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den Versuchswerten.

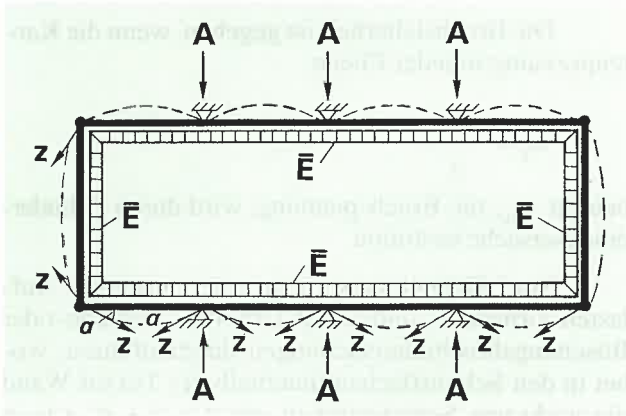
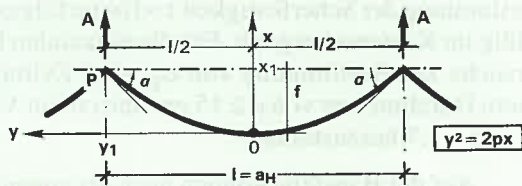


Abb. 17: Statisches System Tragerring



Drehwinkel  $\alpha$  :

$$\tan \alpha = \frac{dx}{dy} = \frac{y}{p} = \frac{a_H/2}{p} \implies p = \frac{a_H/2}{\tan \alpha}$$

Bogenlänge  $\overline{OP} = \frac{l}{2} (1 + \epsilon) :$

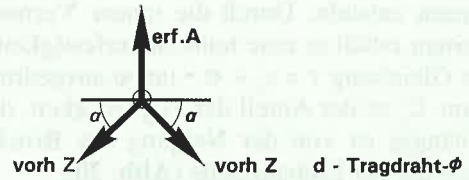
$$\overline{OP} = y_1 \left[ 1 + \frac{2}{3} \left( \frac{x_1}{y_1} \right)^2 - \frac{2}{5} \left( \frac{x_1}{y_1} \right)^4 \right] \quad (\text{für } x_1 \ll y_1)$$

Dehnung  $\epsilon$  :

$$\epsilon \approx \frac{2}{3} \left( \frac{f}{a_H/2} \right)^2 - \frac{2}{5} \left( \frac{f}{a_H/2} \right)^4 ; \quad \text{mit der Durchbiegung } f : \quad f = \frac{(a_H/2)^2}{2p}$$

Abb. 18: Tragdrahtdehnung nach parabolischem Verformungsansatz

Aus der Bedingung heraus, daß am Ankerpunkt die Kräfte im Gleichgewicht sein müssen, läßt sich (**Abb. 19**) durch Veränderung der Stahldehnung und des zugehörigen Drehwinkels die Zugkraft im Tragring bzw. Tragseil ermitteln.



$$\text{vorh Z} = \frac{\text{erf A}}{2} \cdot \sin \alpha$$

für  $\epsilon \geq \epsilon_{0,2} = 2,0 \text{ ‰} / \infty :$

$$\max Z = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot R_{p 0,2}$$

$$\sin \alpha = \frac{\text{erf A}}{2 \max Z}$$

für  $\epsilon < \epsilon_{0,2} = 2,0 \text{ ‰} / \infty :$

Bestimmung der Zugkraft durch Iteration der Stahlspannung und des zugehörigen Drehwinkels  $\alpha$

$R_{p 0,2}$  = Stahlspannung bei 2 ‰ Dehnung "Streckgrenze"

Abb. 19: Gleichgewicht am Ankerpunkt in Tragringebene

Für den Gebrauchszustand wurden für die Tragdrähte Dehnungen über die Streckgrenze von 0,2 ‰ hinaus zugelassen. Große Verformungen führen nicht zum Versagen, sondern zu einem günstigeren Beanspruchungszustand. Maßgebend für das Versagen eines Drahtgitterkorbes sind die Ankerhaken.

Über das Korrosionsverhalten der verzinkten Drahtgitterkörbe hat die Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden Württemberg ein Prüfzeugnis ausgestellt. Es kommt zu dem Ergebnis, daß auch bei Bepflanzung der Körbe bei den vorgegebenen Zinkauflagen mit einer Lebensdauer von 25 bis 30 Jahren gerechnet werden kann. Danach beginnt erst die Abrostung, die unter vergleichbaren Bedingungen mit 0,1 mm pro Jahr angegeben wird.

Die bisher mit Drahtgitterkörben gemachten Erfahrungen zeigen, daß nicht jeder Boden eingefüllt werden darf. Wegen der beengten Verhältnisse sind für das Verdichten nur Handstampfer oder kleine Explosionsstampfer einsetzbar. Um dennoch eine ausreichende Verdichtung zu erreichen, sind an den einzufüllenden Boden bestimmte Anforderungen zu stellen.



### 3.5 Vergarnung des Bodens (Texsol)

Texsol ist ein Kompositbaustoff, der beim Einbau aus kohäsionslosem Sand und Endlos-Kunststoffgarnen entsteht. Durch die innere Vermischung mit Garnen erhält er eine hohe Scherfestigkeit, die durch die Gleichung  $\tau = c_t + \sigma \cdot \tan \varphi$  ausgedrückt werden kann.  $C_t$  ist der Anteil der Zugfestigkeit, deren Größe abhängig ist von der Neigung der Bruchfläche zur Neigung der Einbaufäche (Abb. 20).

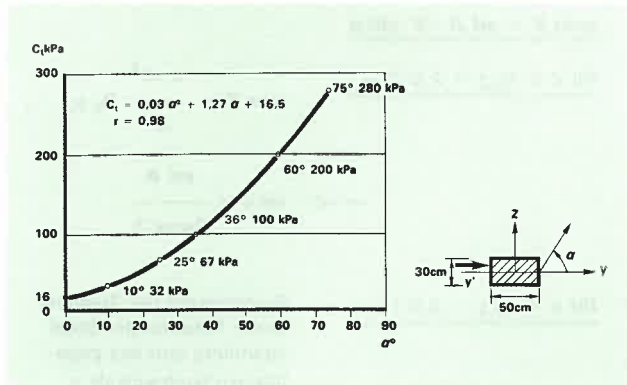
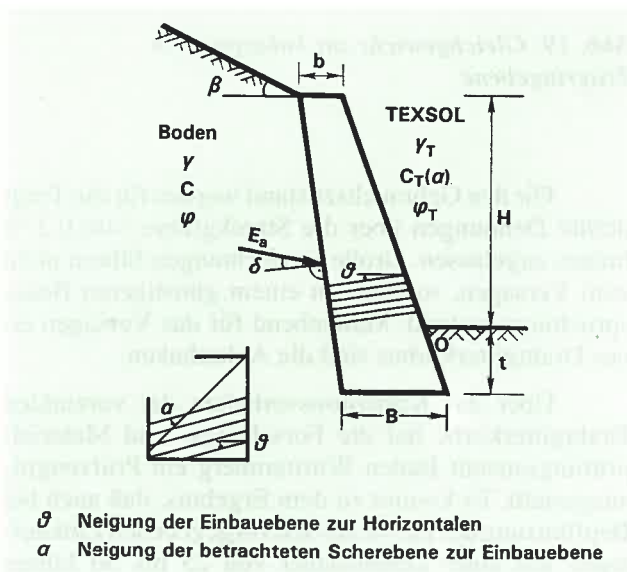


Abb. 20: Anisotropie der Zugfestigkeit (Kohäsion) von Texsol (das Bild gibt Eignungsversuche der LCPC wieder)



- $\delta$  Neigung der Einbauebene zur Horizontalen
- $\alpha$  Neigung der betrachteten Scherebene zur Einbauebene

Abb. 21: Bemessung einer Texsol-Wand

Die Bemessung der Texsol-Wand (Abb. 21) erfolgt für den aktiven Erddruck, wobei mit folgenden Wandreibungswinkel  $\delta$  gerechnet werden kann.

$\delta = 0$  wenn die Wand nachträglich auf die Einschnittsböschungen aufgebracht wird,

$\delta = 2/3 \varphi$  wenn Wand und Hinterfüllung gleichzeitig aufgebracht werden,

$\delta = \varphi$  wenn die Hinterfüllung nachträglich erfolgt.

In jeder Ebene der Texsol-Wand muß die Gleitsicherheit  $\eta_{GI} \geq 1,5$  sein.

Zur Wahrung der Kippsicherheit muß für jede Ebene der Wand die Resultierende innerhalb des Kerns liegen.

Die Bruchsicherheit ist gegeben, wenn die Kantendruckung in jeder Ebene

$$\sigma_k = \frac{\sigma_{Br}}{2}$$

beträgt.  $\sigma_{Br}$ , die Bruchspannung, wird durch Zylinderdruckversuche bestimmt.

Sind Geländeversprünge oder unstetige Auflasten vorhanden, sind gemäß DIN 4084 Gelände- oder Böschungsbruchuntersuchungen durchzuführen, wobei in den Schnittflächen innerhalb der Texsol-Wand die wirksame Scherfestigkeit mit  $\tau = c + \sigma' \cdot \tan \varphi$  angesetzt werden kann.

Sofern die Grundsatzversuche der LCPC nicht übertragbar sind, müssen Eignungsversuche durchgeführt werden. Zur Herstellung der Probekörper ist das Einbauverfahren möglichst getreu zu simulieren. Die Bestimmung der Scherfestigkeit  $\tau = f(\alpha)$  erfolgt zweckmäßig im Kastenschergerät. Für die einaxialen Druckversuche zur Bestimmung von  $\sigma_{Br}$  sind Zylinder mit einem Durchmesser von  $d \geq 15$  cm und einem Verhältnis  $h/d \approx 1,7$  herzustellen.

Auf der Baustelle können nach der sogenannten Bodenersatzmethode die Lagerungsdichte und an den dabei gewonnenen Proben die Kornverteilung und der Garnanteil bestimmt werden.

## 4 Schlußbemerkung

Mit diesen Ausführungen sollte aufgezeigt werden, wie vielfältig der Einsatz von Bewehrungselementen im Erd- und Grundbau geworden ist. Ihre Anwendung verlangt nicht nur sorgfältige Ausführung, sondern auch eine sichere Bewertung des Trag-Verformungs-Verhaltens. Insbesondere ist bei der Bewertung der Erdbauwerke dem Wechselspiel zwischen Bewehrung und Boden Rechnung zu tragen. Der Erfolg einer solchen Bauweise ist nur zu erwarten, wenn für ihre Erstellung die gleiche Sorgfalt und gleichartige Kenntnisse angewendet werden, wie sie für jedes andere Ingenieurbauwerk üblich sind.

# Ingenieurmodell für die Querkraft-Tragfähigkeit im Stahlbetonbau

## Das dreigeteilte Querkraft-Tragmodell beschreibt den Tragmechanismus im bruchnahen Bereich

Ein Stahlbetonbiegeglied kann seine vollen inneren Kräfte nur entwickeln, wenn es Risse bildet. Diese Rißbildung führt zu Umlagerungen der inneren Kräfte. Die Tragfähigkeit eines stabförmigen Stahlbetonbiegegliedes läßt sich daher nur unvollkommen mit den Methoden für das homogene Kontinuum vorausbestimmen. Im folgenden wird daher die Entwicklung eines Ingenieurmodells zur Bestimmung der Querkrafttragfähigkeit vorgestellt, das einerseits durchgängig für Stahlbetonbiegeträger mit und ohne Vorspannung gilt, andererseits widerspruchsfrei und physikalisch begründbar ist, desweiteren eine einfache Handhabung ermöglicht und die Erfordernisse der konstruktiven Gestaltung anschaulich wiedergibt. Es gilt für den Bruchzustand und vernachlässigt, der Plastizitätstheorie gemäß, elastizitätstheoretische Verträglichkeiten.

Univ.-Prof. Dr.-Ing.  
Manfred Specht



ist Inhaber des Lehrstuhls für Stahlbetonbau des Fachbereichs Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Universität Berlin und Prüflingenieur für Baustatik

## 1 Einführung

Rechnerisch zugängliche und widerspruchsfreie Ingenieurmodelle, durch Erfahrung in Versuch und Praxis abgesichert, haben sich als theoretische Grundlage der Stahlbetonbemessung vortrefflich bewährt.

Der innere Widerstand (*reactio*) gegenüber einer äußeren Querkraftbelastung (*actio*) wird gewöhnlich unterteilt in die

### Haupttragwirkung:

- a. Schubbewehrung aus Beton- und ergänzend Spannstahl

### und die Nebentragwirkungen:

- b. lotrechte Komponente der Rißverzahnung (Rißreibungskraft),
- c. lotrechte Komponente der Biegedruckkraft,
- d. lotrechte Komponente der Dübelwirkung der unteren Biegezugbewehrung,
- e. Zugfestigkeit des Betons (in einzelnen Querschnitten nur anfangs wirksam).

Das von Mörsch stammende Fachwerkmodell mit seinen  $45^\circ$  geneigten Druckstreben vernachlässigte noch bewußt alle Nebenwirkungen. Leonhardt [10] nutzte die Nebentragwirkungen und veränderte das Fachwerk sowohl durch Neigung der Druckgurtkraft als auch durch flacher als  $45^\circ$  geneigte Druckstreben. Dieses Modell führte gemäß der Versuchserfahrung zu verminderten Stegzugkräften, lieferte jedoch vergrößerte Zuggurtkräfte. Es unterstellt, daß auch ein schräg zu den Rissen angreifendes Stegdruckfeld weiterhin vollwertig übertragen wird.

Während mit Hilfe der Fachwerkanalogie anfangs lediglich die inneren Kräfte des bruchnahen Bereichs beschrieben wurden, ist es in jüngster Zeit gelungen, auch den Dehnungszuwachs des Fachwerks unter Einschluß der Nebentragwirkungen anzugeben [12] [13] und damit den gesamten Beanspruchungsbereich zu erfassen.

## 2 Zwei Wege der Beschreibungen der Versuchserfahrung

Die bisher in Versuchen gemessenen Beanspruchungen von Bügeln weisen in Abhängigkeit von einer stetig steigenden Belastung des Trägers alle die gleiche Charakteristik auf (Abb 1). Bei niedriger Belastung werden die Bügel kaum beansprucht. In dieser Anfangsphase erhalten sie eine sehr geringe Dehnung oder auch Stauchung je nach Lage, Art der Belastung und Höhe der Vorspannung, also so, wie es der Verformung des Schubfeldes im Zustand I entspricht. Nach der Ribbildung im Steg dagegen verläuft die Spannungslinie mehr oder weniger genau, für die Belange einer physikalischen Aufklärung jedoch genau genug, parallel zur Arbeitslinie eines Fachwerkmodells mit 45° geneigten Druckstreben (Mörsch-Linie).

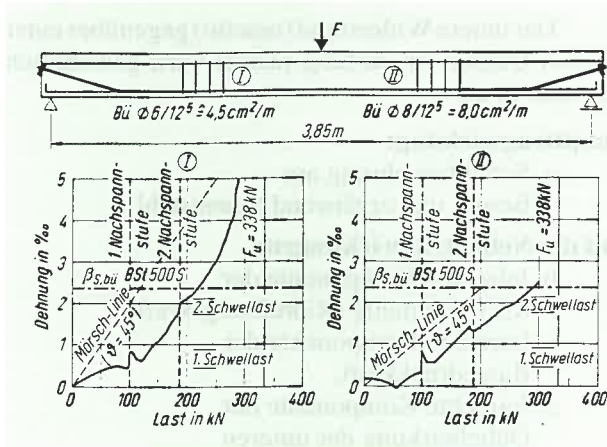


Abb. 1: Gemessene Bügelspannung in Abhängigkeit von der Belastung

Ein beliebiger Punkt M auf der Spannungslinie eines Bügels in Abb. 2 läßt sich auf zwei verschiedenen Wegen erreichen:

### Weg 1:

über einen Ortsvektor mit der Neigung  $\alpha_1$

oder

### Weg 2:

über eine Vektorkette, bestehend aus zwei Vektoren entlang der Abszisse und einem Vektor parallel zur Mörsch-Linie.

Neben diesen beiden Hauptwegen wären noch andere vektorielle Pfade denkbar, beispielsweise (3), die aber bisher keine Bedeutung erlangt haben.

Die horizontale Projektion der Vektoren stellt den jeweiligen Querschnittswiderstand dar.

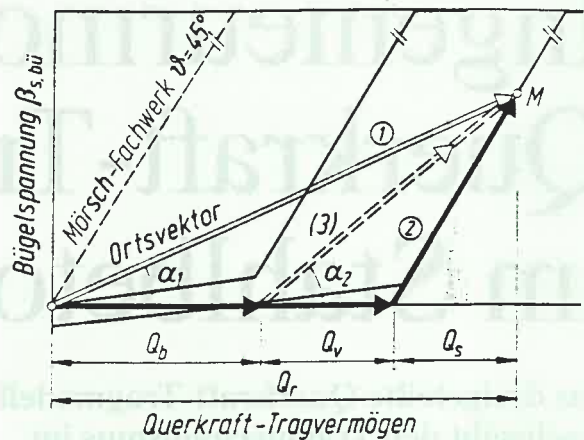


Abb. 2: Verschiedene Wege der vektoriellen Beschreibung des Querkraft-Tragvermögens in Abhängigkeit von der Bügelbeanspruchung

Das bekannte Fachwerkmodell mit veränderlicher Neigung der Druckstreben ist ein typischer Vertreter des Wegs 1. Für einen einzelnen Meßwert M läßt sich der Winkel  $\alpha_1$  des Ortsvektors oder, auf das Fachwerkmodell übertragen, der Winkel  $\theta$  der Druckstreben eindeutig bestimmen. Jede Veränderung bei den Einflußparametern des Querkraft-Tragvermögens, und damit eine Verschiebung des Punktes M, erzwingt eine Anpassung der Neigungswinkel. In einem parallelogrammigen Fachwerk ist dieser Winkel die einzige Steuergröße, und es bedarf der Kenntnis des jeweiligen Dehnungszustandes, um den unbekanntem Neigungswinkel der Druckstrebe theoretisch über eine kinematische Bedingung [12] zu berechnen. Dieser Weg hat sich für wissenschaftliche Betrachtungen als fruchtbar erwiesen.

Den Weg 2 benutzt das hier behandelte dreiteilige Querkraft-Tragmodell. Die Querkrafttragfähigkeit eines Stahlbetonträgers mit und ohne Vorspannung setzt sich demgemäß aus der Addition dreier Anteile zusammen:

$$Q_r = Q_b + Q_v + Q_s \quad (1a).$$

Es bedeuten:

- $Q_r$  ... Widerstand eines Stahlbetonträgers gegenüber einer Querkraftbelastung,
- $Q_b$  ... Widerstandsanteil des Betonquerschnitts,
- $Q_v$  ... Widerstandsanteil einer vorgespannten Längsbewehrung,
- $Q_s$  ... Widerstandsanteil einer Schubbewehrung.

Eine empirische Auswertung von umfangreichen Versuchen durch Kordina und Blume [5] für die wesentlichen Einflußgrößen und eine Formulierung

mehrerer Teilabhängigkeitsfunktionen hatte auch das Ergebnis, daß sich die Querkrafttragfähigkeit am besten durch die Summenbildung der drei Anteile der Gleichung (1a) beschreiben läßt. Da die Tragfähigkeit des Betonquerschnitts stets vorhanden ist, kann  $Q_b$  auf die linke Gleichungshälfte gebracht und als Abzugswert verstanden werden.

$$Q_r - Q_b = Q_v + Q_s \quad (1b).$$

Auch der zur probeweisen Anwendung freigegebene Eurocode 2 folgt dieser Vektorkette.

Der erste Weg ist demnach eine multiplikative Korrektur, der zweite eine additive Korrektur des Mörsch'schen Fachwerks.

### 3 Allgemeines zur Modellbildung

#### 3.1 Lasttransport

Die eigentliche Aufgabe einer raumüberspannenden Baukonstruktion ist es, alle äußeren Lasten den Auflagern zuzuführen. Das Maß dieser Anstrengung ist nach **Abb. 3a** das Produkt aus der Kraftgröße  $R$  (Einzellast oder Resultierende von Strecken- oder Flächenlasten) und der Querlotstrecke  $a$  zum nächstgelegenen Auflager, auch Versetzungsmoment genannt. Hat die Konstruktion die Möglichkeit, die Querlotstrecke mit einem kontinuierlichen Höhenversatz zu verbinden, so kann das Versetzungsmoment von einem inneren, horizontalen Kräftepaar ausgeglichen und die Last allein über schräge Normalkräfte abgetragen werden. Im Fall eines Höhenversatzes nach unten ( $f > 0$ ) entsteht eine Drucknormalkraft; im Fall eines solchen nach oben ( $f < 0$ ) eine Zugnormalkraft (**Abb. 3b und d**).

Der ideale Druckbogen ist derjenige, der den Lasttransport allein mit inneren zentrischen Normalkräften bewerkstelligt. Er hat die Form einer Stützlinie. Analoges gilt für das Zugseil. Verfügt nun das Tragwerk über keinerlei Pfeilhöhe ( $f = 0$ ), dann verbleibt als alleiniges Transportmittel für die Last  $R$  das innere Moment (gleich dem äußeren Produkt von Last und horizontaler Querlotstrecke), und man erhält den reinen Biegeträger.

$$\text{Streckenlast: } R = q \frac{l}{2}, a = \frac{l}{4} \rightarrow M_m = R \cdot a = \frac{q \cdot l^2}{8} \quad (2a)$$

$$\text{Einzellast: } R = F; a = \frac{l}{4} \rightarrow M_m = R \cdot a = F \frac{l}{4} \quad (2b)$$

Es wird vorausgesetzt, daß die Lasten stets von oben auf den Träger wirken (direkter Lastangriff).

Greifen sie indirekt oder von unten an, werden sie zuerst nach oben höhenversetzt ( $f < 0$ ), was gemäß **Abb. 3d** zu inneren Zugkräften führt (Aufhängebewehrung). Ein bautechnisch vernünftiger Biegeträger verfügt mit seiner statischen Höhe ( $f > 0$ ) stets über eine zwar geringe, aber reale Möglichkeit der Ermäßigung des Versetzungsmomentes durch Höhenversatz, was gleichbedeutend ist mit einem vom Verhältnis der Strecke  $a$  zur statischen Höhe  $h$  gesteuerten Abbau der Querkraftbeanspruchung.

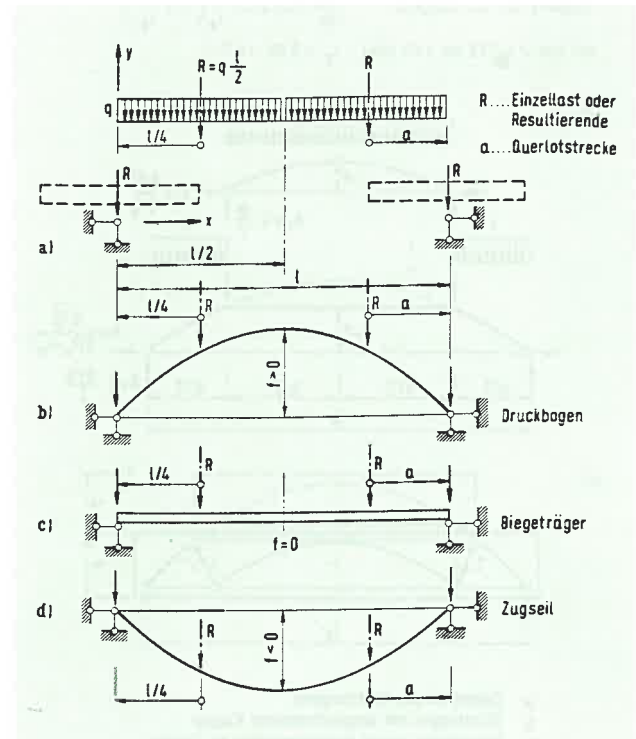


Abb. 3a-d: Die Grundprinzipien des Lasttransports

#### 3.2 Betrachtungen am einfachen Bogen

Die Stützlinie ist die energieärmste Form des starren Bogentragwerks. In ihm treten nur Druckkräfte auf. Schneidet man eine Kappe des Stützbogens ab und verbindet die Schnittstellen des Resttragwerkes durch einen biegesteifen, geraden Balken, so ist dieses Resttragwerk in der Lage, die Stützkräfte der abgeschnittenen Kappe zu den Lagern zu übertragen. Im Resttragwerk entstehen dabei ebenfalls nur Druckkräfte (**Abb. 4 b**). Setzt man voraus, daß der Beton keine Zugspannungen aufnehmen kann, so muß sich in einem Stahlbetonträger unter einer Gleichstreckenlast annähernd ein parabolischer Druckbogen ausbilden. Die Längsbewehrung bildet das erforderliche Zugband. Für unterschiedliche Intensität der Belastung wären bei einem gegebenen Zugband unterschiedliche Trägerhöhen erforderlich.

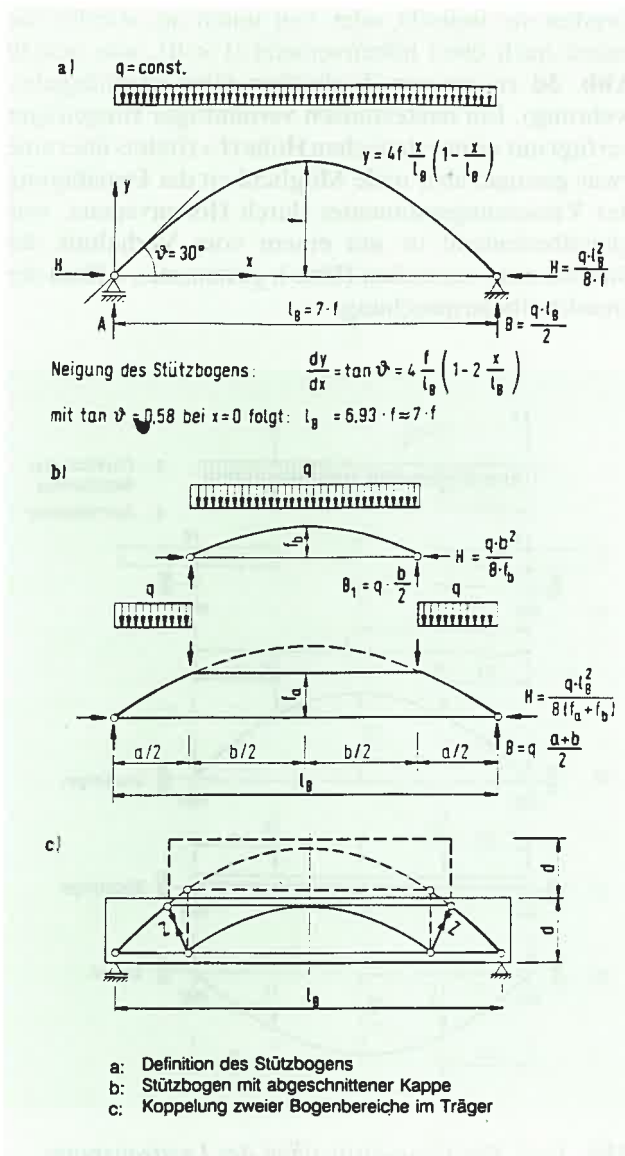


Abb. 4a-c: Betrachtungen am einfachen Bogen

Steht nun, wie in **Abb. 4c**, nur die Hälfte der erforderlichen Trägerhöhe zur Verfügung, so kann man den oberen, herausragenden Teil des Bogens abschneiden, in den Balken verlegen und an den Eckpunkten des Resttragwerkes aufhängen. Ist die verfügbare Trägerhöhe noch kleiner, muß die Koppelung der beiden Bogenstücke durch eine ideelle Fachwerk-konstruktion vorgenommen werden. Bei welchem Pfeilhöhenverhältnis der Träger von dem immer flacher werdenden, einbeschriebenen Stützbogen zum fachwerkgekoppelten Resttragwerk übergeht, ist aus Versuchen bekannt. Die Neigung der zum Bruch führenden Schubrisse von Trägern ohne Schubbewehrung ergab sich ziemlich einheitlich zu

$$\vartheta = 30^\circ \pm 4^\circ; \text{ im Mittel } \vartheta = 30^\circ.$$

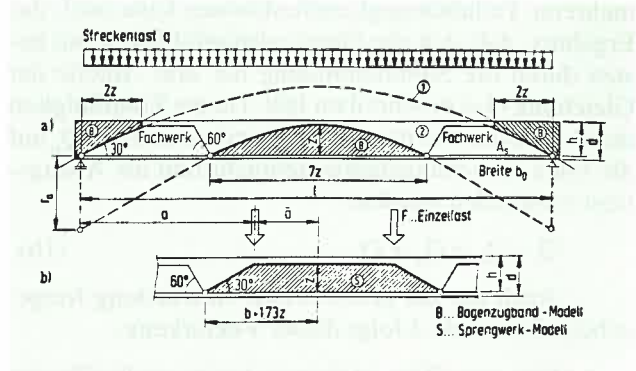


Abb. 5: Bogen-, Strebenwerk- und Fachwerkbereiche des Biegeträgers

### 3.3 Wirkung einer Vorspannung

Von den beiden Möglichkeiten zur Beschreibung der Wirkung einer Vorspannung wird diejenige benutzt, die von den Umlenkkraften  $U$  und der Ankerkraft  $V$  ausgeht. Umlenkkraften im üblichen Sinne entstehen durch ein gekrümmt geführtes Spannglied. Sie werden mit  $U_z$  bezeichnet und vereinfacht parallel ausgerichtet (**Abb. 6**).

Durch die längsgerichtete Komponente der Ankerkraft  $V_H$  stellt sich nach der hier entwickelten Vorstellung wieder ein Bogentragwerk als inneres Teilmodell ein, wenn zwischen der Ankerlage und der Druckzone eine Höhendifferenz besteht. Dieser Bogen stützt sich mit seinen Kämpfern gegen die Ankerkörper des Spanngliedes ab, und sein Scheitel liegt in der Biegedruckzone. Wird das Zugband dieses Bogens vorgespannt, so entstehen im Bogen Momente. Soll das nicht der Fall sein, muß eine nach unten gerichtete Gleichstreckenlast aufgebracht werden. Im Bogen wirken dann wiederum nur Druckkräfte. Die Vorspannung bindet also einen ihr zugeordneten Teil der tatsächlich vorhandenen Gleichstreckenlast. Dies kann man dadurch zum Ausdruck bringen, daß man eine nach oben gerichtete Gleichstreckenlast  $U_v$  einträgt (**Abb. 6b**). Aus Gleichgewichtsgründen sind über den Auflagern die Einzelkräfte  $A_v$  und  $B_v$  anzusetzen, die aber zur Querkrafttragfähigkeit keinen eigenen Beitrag leisten.

Die Summe der beiden Tragwirkungen zur Aufnahme einer Querkraft setzt sich aus den Umlenkkraften des Spanngliedes  $U_z$  und der Bogenwirkung  $U_v$  zusammen (siehe **Abb. 6**).

$$U = U_z + U_v = \frac{8 \cdot Z}{l^2} f_z + \frac{8 \cdot V}{l^2} \cdot f_v, \quad Z = V$$

$$(f_z + f_v) = z \rightarrow U = \frac{8 \cdot V}{l^2} \cdot z. \quad (3)$$

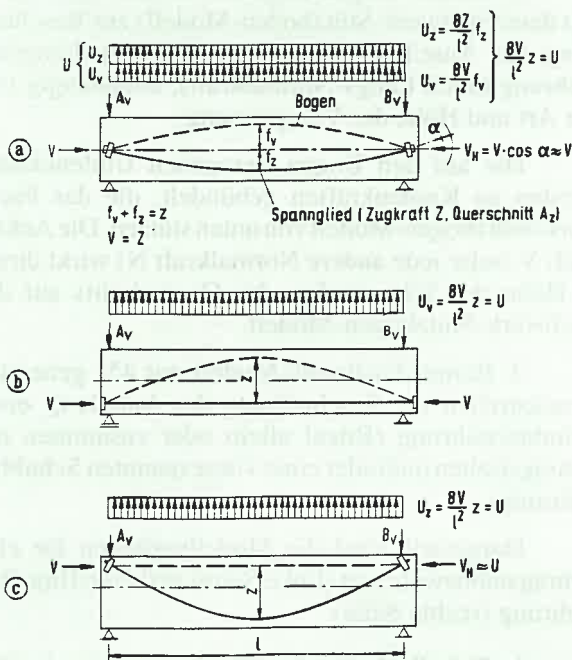


Abb. 6a-c: Wirkung eines Spanngliedes hinsichtlich der Querkrafttragfähigkeit für drei typische Spanngliedführungen

Die von einem Spannglied ausgehende Querkrafttragfähigkeit ist demnach im Grenzfall unabhängig von seiner Führung längs der Trägerachse, wenn es an der Stelle des größten Feldmomentes unten liegt. Es verbleibt lediglich die unterschiedliche Krafteinleitung in die auflagernahe Bogenscheibe. Auf einen Durchlaufträger übertragen bedeutet das, daß man in Höhe eines Wendepunktes der Spanngliedachse gedanklich einen Ankerkörper anzunehmen hat und das geschwungene Spannglied in einen unteren und einen weiterführenden oberen Strang zerlegen kann (Abb. 7).

Man erkennt die Notwendigkeit, beide Bögen wieder miteinander verbinden zu müssen. Das kann entweder durch eine hochhängende Bügelbewehrung oder durch eine Verlängerung des unteren Zugbandes bis zum Auflager mit Betonstahl erfolgen. Bachmann gibt in [16] als Bemessungskraft für die Längszulage

$$Z_s = 0,5 Q \quad (4)$$

an. Da vereinbarungsgemäß keine Schubbewehrung vorhanden sein soll, muß die Ergänzung des unteren Zugbandes vorgeschrieben werden. Obwohl diese Modellvorstellung streng genommen nur für verbundlose Spannglieder gilt, kann sie auch auf eine solche mit nachträglichem Verbund übertragen werden. Anfangs ist letzte Art ohnehin ohne Verbund, und es gilt das Bogen-Zugband-Modell. Erst nach Injizieren des

Spanngliedes und im Laufe der Belastungssteigerung wechselt es zum Fachwerkmodell über.

Abb. 6 zeigt auch, wie unvollständig es ist, die Wirkung eines Längsspanngliedes hinsichtlich der Querkrafttragfähigkeit eines Trägers allein mit der Vertikalkomponente der Spannkraft in dem betreffenden Schnitt beschreiben zu wollen.

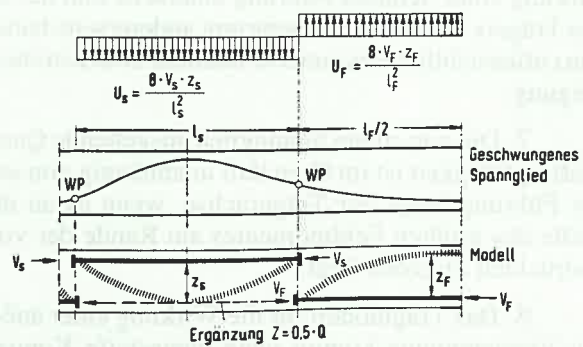


Abb. 7: Bogen-Zugband-Modell bei einem Durchlaufträger

### 3.4 Schlußfolgerungen für eine Modellbildung

Bei der Entwicklung eines neuen Ingenieurmodells sollte von folgenden Versuchs- und Naturbeobachtungen ausgegangen werden:

1. Die Charakteristik der Beanspruchung eines Bügels, wie sie beispielsweise in Abb. 1 dargestellt ist, gilt ausnahmslos. Aus ihr muß gefolgert werden: die Bügel eines Stahlbetonträgers arbeiten nach Erreichen der Stegrißlast (Zustand II) nach einem Fachwerkmodell mit 45° geneigten Druckstreben.

2. Eine Konstruktion, sowohl aus natürlichem Gestein als auch aus künstlichem Beton, versucht mit Hilfe ihrer spezifischen Schwere und Druckstärke eine Last über einen Druckbogen mit Zugband abzutragen. Sie strebt dabei als wirksamste Form die Stützlinie an (Abb. 3).

3. Die Neigung der zum Bruch führenden Schubrisse von Trägern ohne Schubbewehrung ergab sich bei Versuchen ziemlich einheitlich zu

$$\theta = 30^\circ \pm 4^\circ, \text{ im Mittel } \theta = 30^\circ.$$

4. Sobald die Trägerhöhe nicht mehr ausreicht, einen Stützbogen mit einer Anfangsneigung von 30° aufzunehmen, bildet der Träger bereichsweise Bogen-Zugband-Tragwerke aus (im Auflager- sowie im Mittelbereich) und verbindet diese durch biegesteife Zwischenstücke, die in bewährter Weise als Fachwerk modelliert werden können (Abb. 5).

5. Die Schlankheit als Verhältnis  $a/h$  bei Einzelasten und  $l/h$  bei Streckenlasten hat einen großen Einfluß auf die tatsächliche Querkraftbeanspruchung. Hierin bedeuten:

- a ... Abstand einer Einzellast vom nächstgelegenen Auflager,
- h ... statische Höhe des Querschnitts,
- l ... Stützweite des Trägers.

6. Die Modelle zur Beschreibung der Tragwirkung einer Schubbewehrung einerseits und der eines Trägers ohne Schubbewehrung andererseits haben ganz offensichtlich eine unterschiedliche Druckstrebenneigung.

7. Die von einem Spannglied ausgehende Querkrafttragfähigkeit ist im Grenzfall unabhängig von seiner Führung längs der Trägerachse, wenn es an der Stelle des größten Feldmomentes am Rande der vorgedrückten Zugzone liegt.

8. Das Tragmodell für die Wirkung einer äußeren Vorspannung kommt ohne biegesteife Koppelstellen allein mit einem Bogen-Zugband-System aus.

Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich die naheliegende Schlußfolgerung, den Weg 2 in Abb. 2 zu gehen und für jeden vektoriellen Teilbetrag ein eigenes Tragmodell zu entwickeln und konstruktiv umzusetzen. Ihre rechnerische und konstruktive Addition ergeben die gesuchte oder gewünschte Querkrafttragfähigkeit.

2. Reines Bogen-Zugband-Modell (gekoppelt mit dem Fachwerk-Stützboden-Modell) zur Beschreibung des Anteils  $Q_v$  einer vorgespannten Längsbewehrung (auch Längs-Normalkraft), unabhängig von der Art und Höhe der Vorspannung.

Die auf den Bogen bezogenen Umlenkkräfte werden zu Knotenkräften gebündelt, die das Fachwerk-Stützbogen-Modell von unten stützen. Die Ankerkraft  $V$  (oder jede andere Normalkraft  $N$ ) wirkt direkt in Höhe der Schwerachse des Querschnitts auf das Fachwerk-Stützbogen-Modell.

3. Reines Fachwerk-Modell mit  $45^\circ$  geneigten Druckstreben zur Beschreibung des Anteils  $Q_s$  einer Schubbewehrung (Bügel allein oder zusammen mit Schrägstreben und/oder einer vorgespannten Schubbewehrung).

Dargestellt sind die Modellvarianten für eine Schrägstabbewehrung (linke Seite) und eine Bügelbewehrung (rechte Seite).

In **Tabelle 1** sind die Gleichungen für die drei Traganteile übersichtlich zusammengestellt worden. Die Ableitungen können in [6] nachgelesen werden.

Als Unterschiedsmerkmal zwischen schlanken und gedungenen Trägern dient die wahrscheinliche Schubbruchart, die unmittelbar am Modell abgelesen werden kann.

Ein Schubzugbruch ist zu erwarten, wenn (wie in **Abb. 9 c**) der Kämpfer des Innenbogens mindestens die Entfernung des Punktes 3 vom Auflager besitzt. Die Kopplung der beiden Bögen (siehe auch **Abb. 5**) erfolgt über die Zugstrebe (3-7) in **Abb. 8**.

## 4 Das dreiteilige Querkraft-Tragmodell

Nach einigen Entwicklungsschritten, die in [6] und [7] beschrieben sind, ergab sich das in **Abb. 8** dargestellte Tragmodell. Es besteht aus:

1. Fachwerk-Stützbogen-Modell zur Beschreibung des Anteils  $Q_b$  eines Betonquerschnitts. Es folgt aus dem Grundmodell der **Abb. 5**. Die Druckstreben sind einheitlich  $30^\circ$  geneigt. Es reagiert auf die Parameter Betonfestigkeit  $f_{Rk}$ , Trägerschlankheit  $a/h$  bzw.  $l/h$ , im Verbund liegende Längsbewehrung  $\mu_L$  und Querschnittsabmessung  $b_0 h$ .

Die Verdübelungswirkung der Längsbewehrung wird durch die Fußbreite  $s$  der Bogen-scheibe am Auflager wiedergegeben, Näheres siehe [6].

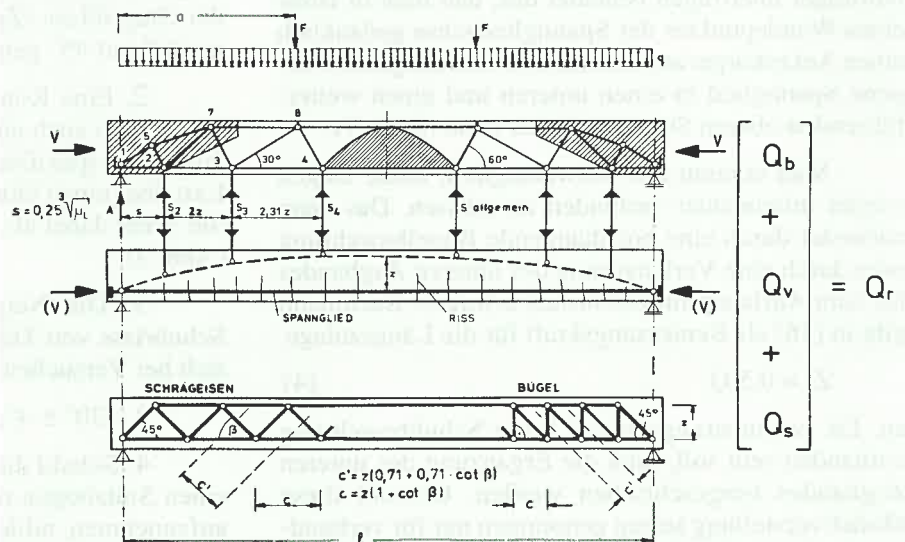


Abb. 8: Das dreiteilige Querkraft-Tragmodell eines Stahlbetonträgers mit beliebigem Vorspanngrad

Modell	Gleichungen
Fachwerk-gekoppeltes Bogen-Zugband-Modell	<p>Einzellast F:</p> $f_F = 3,3 + 25 \frac{\sqrt[3]{\mu_L [\%]}}{h [\text{cm}]}, \quad 0,3\% \leq \mu_L \leq 4\%$
$Q_b$	$a/h \leq 1,5: \quad Q_{bF} = 0,25 b_0 h \beta_R \sin \vartheta, \quad \vartheta = \arctan \left( \frac{0,87}{a/h} \right) \leq 60^\circ \quad (5.1)$
Traganteil des Betonquerschnitts	$1,5 < a/h < f_F: \quad Q_{bF} = \left[ 0,050 + 0,075 \left( \frac{f_F - a/h}{f_F - 1,5} \right)^3 \right] b_0 h \beta_R \quad (5.2)$
	$a/h \geq f_F: \quad Q_{bF} = 0,050 b_0 h \beta_R \quad (5.3)$
	<p>Gleichlast G:</p> $f_G = 9,6 + 50 \frac{\sqrt[3]{\mu_L [\%]}}{h [\text{cm}]}, \quad 0,3\% \leq \mu_L \leq 4\%$
	$l/h \leq 6,1: \quad Q_{bG} = 0,25 b_0 h \beta_R \sin \vartheta, \quad \vartheta = \arctan \left( \frac{3,5}{l/h} \right) \leq 60^\circ \quad (6.1)$
	$6,1 < l/h < f_G: \quad Q_{bG} = \left[ 0,050 + 0,075 \frac{f_G - l/h}{f_G - 6,1} \right] b_0 h \beta_R \quad (6.2)$
	$l/h \geq f_G: \quad Q_{bG} = 0,050 b_0 h \beta_R \quad (6.3)$
	<p>Versuchsnachrechnung:</p> $\beta_R = 0,85 (\beta_w - 5) [\text{N/mm}^2]$
Reines Bogen-Zugband-Modell	$h/l \leq 0,5: \quad \frac{V_Z}{A_b} \leq 25\% \beta_R:$
$Q_v$	$Q_v = 10 V_s \left( \frac{h}{l} \right)^2 + 0,25 \frac{V_Z}{A_b} b_0 h$
Traganteil der Längsvorspannung	<p>Näherungsweise <math>V_Z = V_s = V</math>:</p> $Q_v = V h^2 \left( \frac{10}{l^2} + \frac{0,25 b_0}{A_b h} \right) \quad (7.1)$
	<p>Mittiger Längszug: <math>V_s = 0, V_Z = -N</math>:</p> $Q_N = -0,25 \frac{N}{A_b} b_0 h \quad (7.2)$
Reines Fachwerk-Modell $\vartheta = 45^\circ$	$Q_s = \frac{A_{s,s}}{s_s} z \beta_s \frac{\sin(45^\circ + \beta)}{0,707}, \quad z \approx \frac{7}{8} h \quad (8.1)$
$Q_s$	<p>Senkrechte Bügel allein (<math>\cot \vartheta = 1</math>):</p>
Traganteil der Schubbewehrung	$Q_{s,ba} = \frac{A_{s,ba}}{s_{s,ba}} z \beta_s \quad (8.2)$
Bemessungswert (5%-Fraktile)	<p>Allgemein:</p> $Q_r = 0,80 (Q_b + Q_v + Q_s), \quad (9.1)$ <p>falls <math>\mu_s = 0, V \neq 0</math>:</p> $Q_r = 0,70 (Q_b + Q_v) \quad (9.2)$
Höchstwert (Bruch der Druckstrebe) $\beta = 90^\circ$	$Q_r = Q_b + Q_v + Q_s \leq 0,79 b_0 z \beta_R^{2/3} \quad (10)$
Mindestbügelbewehrung	<p>Vorwiegend ruhende Belastung</p>
stehende Bügel	$\omega_s = \frac{A_{s,ba}}{s_{s,ba} b_0} \frac{\beta_s}{\beta_R} = 3,3 \cdot 10^{-2}, \quad (11.1)$
	<p>Nicht vorwiegend ruhende Belastung</p>
	$\omega_s = \frac{A_{s,ba}}{s_{s,ba} b_0} \frac{\beta_s}{\beta_R} = 4,5 \cdot 10^{-2} \quad (11.2)$

Tabelle 1: Zusammenstellung der Gleichungen 5.1 bis 11.2



Es bedeuten:

$Q_{bF}, Q_{bG}$	größte ertragbare Querkraft des Betonquerschnitts bei einer Belastung durch Einzellasten (F) bzw. Gleichlasten (G)
$Q_V, Q_N$	größte ertragbare Querkraft infolge einer Vorspannung (V) bzw. einer Normalkraft (N)
$Q_S$	größte ertragbare Querkraft einer Schubbewehrung
$V_Z$	zentrischer Anteil der Längsvorspannung
$V_S$	zentrischer Anteil der Längsvorspannung
$\mu_L$	Längsbewehrungsgrad in [%], $\mu_L = \frac{(A_S + A_Z)}{b_0 \cdot h}$ (12)
	rechnerisch: $\max \mu_L = 4\%$
	rechnerisch und konstruktiv: $\min \mu_L = 0,3\%$
$\theta$	Neigung der Druckstrebe bzw. Anfangsneigung des Druckbogens
$A_b$	Querschnitt der unteren Längsbewehrung aus Betonstahl im Bemessungsquerschnitt
$A_z$	Querschnitt des im unteren Gurtbereich des Bemessungsquerschnitts liegenden Spannstahls mit Verbund
$A_b$	Betonquerschnitt des Bemessungsquerschnitts
$A_{s,s}$	Querschnitt der Schubbewehrung im Bemessungsquerschnitt
$A_{s,bü}$	Querschnitt der Bügelschenkel eines Bemessungsquerschnitts
$s_s, S_{s,bü}$	Abstand der Schubbewehrung bzw. Bügelbewehrung
$l$	Spannweite des Trägers
$h$	statische Höhe des Querschnitts
$b_0$	kleinste Querschnittsbreite des Stegs
$\beta_R$	Rechenfestigkeit des Betons nach DIN 1045 (12/78)
$\beta_S$	Streckgrenze der Bewehrung
$\beta_w$	Würfel Festigkeit
$\beta$	Neigungswinkel der Schubbewehrung
$z$	Hebelarm der inneren Kräfte

Ein Schubdruckbruch wird gemäß **Abb. 9a** gewiß, wenn der Bogenkämpfer das Auflager, den Punkt 1, erreicht. Wird das Verhältnis  $l/h$  bzw.  $l/a$  noch kleiner, dann beginnt sich der Bogen bzw. das Strebenwerk aufzurichten. Der Neigungswinkel wird steiler und findet bei etwa  $\theta = 60^\circ$  seine Grenze, wie aus Scheibenversuchen bekannt ist. Eine noch weiter wachsende Bauhöhe erzeugt nur totes Gewicht, der  $60^\circ$ -

Bogen bleibt unverändert das innere Tragmodell. Für den Bereich zwischen den Knoten 3 und 1 ist für die beiden Grundformen der Belastung, Streckenlast und Einzellast, eine Übergangshypothese formuliert worden.

Sie geht aus **Abb. 9 d** hervor und führt zu den Steuerungsgrößen  $f_F$  für eine Einzellast und  $f_G$  für eine gleichmäßige Streckenlast.

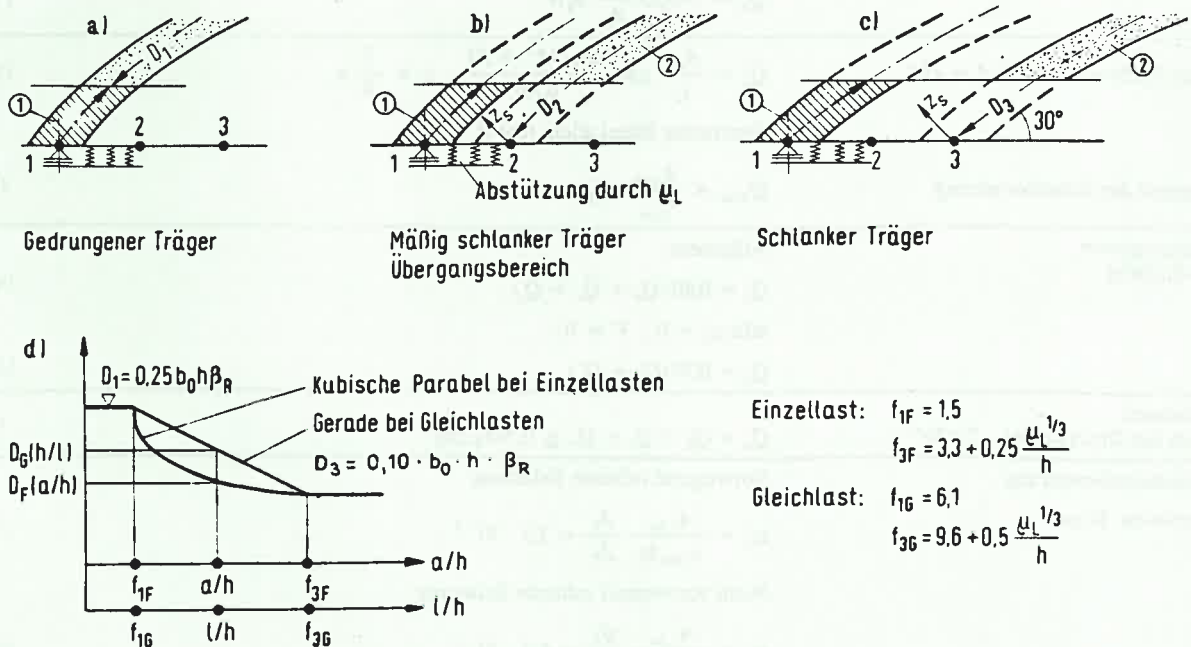


Abb. 9a-d: Modellvorstellung und mathematische Beschreibung des Übergangs zwischen schlanken und gedrungeneren Trägern

Dabei ist es für die praktische Bemessung völlig ausreichend, wenn gegebene Belastungen diesen zwei Grundformen sinnvoll zugeordnet werden.

Die Schnittgrößen S des rechnerischen Bruchzustandes ergeben sich je nach ungünstiger oder günstiger Wirkung mit den Sicherheitsbeiwerten nach DIN 4227 (R ... reactio):

$$\begin{cases} 1,4 \\ 1,0 \end{cases} S_g + 1,4 S_p + 1,4 \cdot 0,57 \cdot S_{Zw} + \begin{cases} 0,8 \\ 1,2 \end{cases} S_v \leq \frac{1}{1,25} \cdot R$$

$$\begin{cases} 1,75 \\ 1,25 \end{cases} S_g + 1,75 S_p + 1,0 \cdot S_{Zw} + \begin{cases} 1,0 \\ 1,5 \end{cases} S_v \leq R \quad (13)$$

Indexbezeichnung:

- g ... Eigengewicht
- p ... Verkehrslast
- Zw ... Zwang
- v ... Vorspannung

Die Querkraftbeanspruchung eines Biegeträgers mit geneigten Gurten (Abb. 10) wird stets in diejenige eines parallelgurtigen Trägers mit Hilfe der Gleichung (14) umgerechnet:

$$\text{par. } Q_a = Q_{qu} + Q'_v + Z_v \cdot \sin \varphi_v + Z_s \cdot \tan \varphi_s + D_b \cdot \tan \varphi_D \quad (14)$$

Es bedeuten:

- par.  $Q_a$  ... die Querkraftbeanspruchung eines parallelgurtigen Trägers,
- $Q_{qu}$  ... die Querkraftbeanspruchung unter rechnerischer Bruchlast  $q$ ,
- $Q'_v$  ... die statisch unbestimmte Wirkung einer Vorspannung (Umlagerungsquerkraft),
- $Z_v$  ... die örtliche Zugkraft aller geneigten Längsspannglieder des Bemessungsquerschnitts zum Betrachtungszeitpunkt, sofern noch unberücksichtigt, des Zuggurtes parallel zur Systemachse,
- $Z_s$  ... die Kraftkomponente der Betonstahlbewehrung
- $D_b$  ... die Kraftkomponente des Biegedruckgurtes parallel zur Systemachse (evtl. auch auf eine Druckbewehrung verteilt),
- $\varphi_v, \varphi_s, \varphi_D$  ... Neigungswinkel zwischen der Systemachse und der Verbindungslinie der Angriffspunkte zusammengehöriger Schnittkräfte zwischen zwei dicht benachbarten Schnitten (genügend genaue Näherung).

Für den Fall, daß die Spanngliedkraft bereits auf der Widerstandsseite mit Hilfe der Gleichung (7.1) berücksichtigt wurde, ist  $Z_v = 0$  zu setzen.

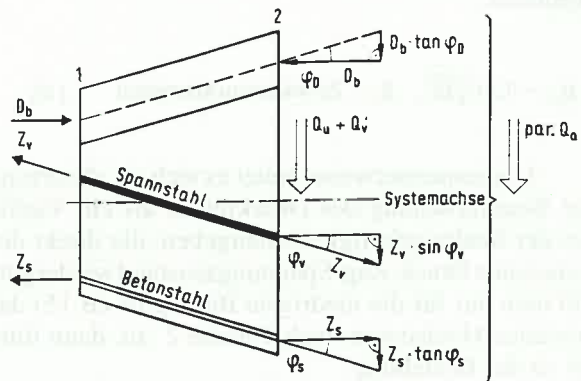


Abb. 10: Querkraft am Trägerelement

Der Bruch der Druckstrebe stellt den Höchstwert der Querkraftbeanspruchung dar. Geht man von einem der üblichen Prüfwerte der Druckfestigkeit aus, dann ergibt sich die Bestimmung der schrägen Stegdruckfestigkeit  $\beta_{b2}$  mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach **Tabelle 2**:

Prüfwert:	Würfelnennfestigkeit $\beta_{WN}$	Prismenfestigkeit $\beta_c$
Abminderungsfaktoren:		
Dauerstandsvermögen	0,80	0,80
Prismenfestigkeit	0,85	--
Unangekündigter Bruch		
1,75 : 2,1 =	0,83	0,83
Querzug	0,90	0,90
Höchstwert: $\beta_{b2}/\beta_{WN} =$ oder: $\beta_{b2}/\beta_c =$	0,50	0,60

Tabelle 2.: Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Höchstwertes der Beanspruchung eines schrägen Druckfeldes

Versuche lehren [7], daß die Querkrafttragfähigkeit der Betonstrebe nicht proportional mit der im einaxialen Druckversuch bestimmten Betongüte wächst, sondern bei höheren Betongüten zurückbleibt. Der Grund ist, daß weder die einaxiale Würfelnennfestigkeit noch die einaxiale Prismenfestigkeit eine echte Materialkenngröße darstellt, sondern daß die ertragbare Druckspannung in erster Linie vom Verhältnis der Quer-

zugbeanspruchung von der Querkzugfestigkeit abhängt. Zwischen der Betondruckspannung beim Schubbruch von Balken ohne Schubbewehrung und der Spaltzugfestigkeit  $\beta_{sz}$  besteht nachweislich eine straffe Korrelation. Beide Prüfwerte sind für Normalbeton etwa durch folgenden mittleren Zusammenhang [5] verbunden:

$$\beta_{sz} = 0,30 \sqrt[3]{\beta_c^2}, \quad \beta_c \dots \text{Zylinderdruckfestigkeit} \quad (15)$$

Konsequenterweise bietet es sich an, die ertragbare Beanspruchung des Druckfeldes als ein Vielfaches der Spaltzugfestigkeit anzugeben, die direkt den zwei axialen Druck-Zug-Spannungszustand wiedergibt. Läßt man nur für die niedrigste Betongüte (B 15) den einaxialen Höchstwert nach Tabelle 2 zu, dann führt dies zu der Beziehung:

$$\left. \begin{aligned} \beta_{b2} &= 1,24 \sqrt[3]{\beta_{WN}^2} \approx 1,35 \sqrt[3]{\beta_c^2} = 4,5 \cdot 0,3 \sqrt[3]{\beta_c^2} \\ \beta_{b2} &= 4,5 \cdot \beta_{sz} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

In Worten: Die höchste ertragbare, einaxiale Druckspannung des Druckfeldes ist gleich der 4,5fachen Spaltzugfestigkeit.

Für eine senkrechte Bügelbewehrung und 45° geneigte Druckstreben zeigt **Abb. 11** die Festigkeitskurve nach Gleichung (16) im Vergleich zu den von den 1,75fachen Schubspannungen  $\tau_{03}$  abgeleiteten Werten der DIN 1045.

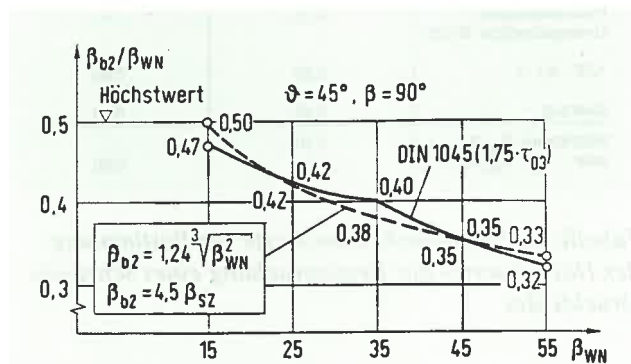


Abb. 11: Stegdruckfestigkeit für verschiedene Betongüten (nach Gleichung 16) und Vergleich mit DIN 1045

Mit der Festigkeit des schrägen Druckfeldes folgt für stehende Bügel ( $\beta = 90^\circ$ ) die aufnehmbare Höchstquerkraft wie in Gleichung (10) angegeben (Ab-

leitung siehe [7]). Die Grenzwerte sind bewußt vorsichtig gewählt, um Stegdruckbrüche mit hoher Wahrscheinlichkeit ausschließen zu können. **Tabelle 3** enthält die Auswertung für die derzeit genormten Betongüten:

Gleichung (15):	B 15	B 25	B 35	B 45	B 55
$\beta_R$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	10,5	17,5	23,0	27,0	30,0
$\frac{Q_s}{b_0 \cdot z \cdot \beta_R}$ =	0,36	0,30	0,28	0,26	0,25

Für eine Bügelbewehrung unter  $\beta = 45^\circ$  ergibt sich eine Verdoppelung der Werte.

Tabelle 3: Grenzwert der Querkrafttragfähigkeit eines Schubdruckfeldes

## 5 Mindestbewehrungen

In einem schlanken Biegeträger ohne Schubbewehrung kann die Kraft der Zugstrebe innerhalb des koppelnden Fachwerks zwischen dem äußeren und mittleren Bogen-Zugband-Bereich nur von der Betonzugfestigkeit aufgenommen werden (Abb. 4 und 8). Wird sie überschritten, bricht der Träger schlagartig. Ist eine Bügelbewehrung vorhanden und in der Lage, die Stegrißbreiten zu begrenzen, dann übernimmt die Rißuferverzahnung (übliche Betonstruktur vorausgesetzt) die plötzlich freiwerdende schräge Betonzugkraft, so daß dieser Anteil des Betonquerschnitts  $O_b$  in voller Höhe bis zur Erschöpfung der Schubbewehrung erhalten bleibt. In [17] ist nachgewiesen worden, daß die Rißuferverzahnung fähig ist, diese Anforderung mit einem Leistungsüberschuß von 80 % auch im Bruchzustand zu erfüllen. Das gilt unabhängig von Vorspannungsgrad und Lastart, sowohl für vorwiegend ruhende als auch für nicht vorwiegend ruhende Belastung mit üblichen Schwellamplituden. Eine Mindest-Schubbewehrung aus Bügeln muß in der Lage sein, den bei Auftreten des ersten Schubrisse frei werdenden Anteil des Betonquerschnittes zu übernehmen, und zwar ohne dabei ins Fließen zu geraten, um die Schubrißbreite wirkungsvoll begrenzen zu können. Mit der einfachen Gleichsetzung der Modellanteile für stehende Bügel ( $\beta = 90^\circ$ )

$$Q_b = Q_s$$

wird erhalten (Näheres siehe [17]) für vorwiegend ruhende Belastung

$$\min \omega_s = \frac{A_{s,bü}}{s_{s,bü} b_0} \cdot \frac{\beta_s}{\beta_R} = 3,3 \cdot 10^{-2}, \quad (11.1)$$

für nicht vorwiegend ruhende Belastung

$$\min \omega_s = \frac{A_{s,bü} \beta_s}{s_{s,bü} b_0} \cdot \frac{\beta_s}{\beta_R} = 4,5 \cdot 10^{-2} \quad (11.2)$$

Mit diesen Angaben läßt sich die gesamte Arbeitslinie des Konzepts als Bild darstellen, aufgetragen als bezogene Querkraft in Abhängigkeit vom mechanischen Bewehrungsgrad (Abb. 12).

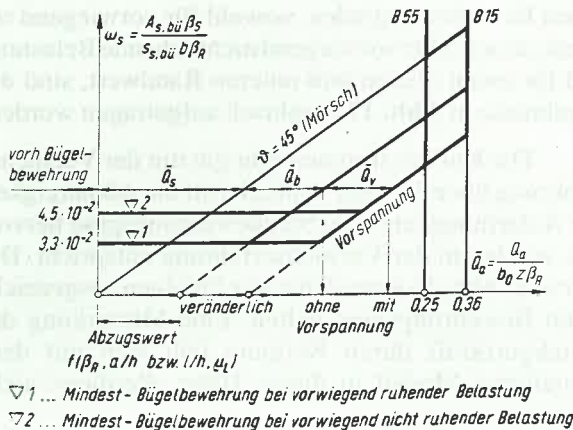


Abb. 12: Zusammenhang zwischen der bezogenen Querkrafttragfähigkeit im Bruchzustand und dem mechanischen Bewehrungsgrad ( $\theta = 45^\circ, \beta = 90^\circ$ )

In den folgenden Abschnitten wird die Leistungsfähigkeit des Ingenieurmodells durch Vergleiche einerseits mit den Bruchlasten von Versuchsträgern, andererseits durch seine Antwort auf eine Veränderung der wichtigsten Einflußgrößen des Querkraft-Tragverhaltens dargelegt.

## 6 Einfluß der Schlankheit

Unterschreitet ein Träger einen bestimmten Schlankheitsbereich, dann tritt dieser Einfluß deutlich hervor. Je nach seinem Längsbewehrungsgrad errechnet sich mit den Gleichungen in Tabelle 1 dieser Schwellenwert bei Einzellasten zwischen 3,5 und 4,5 sowie bei Streckenlasten zwischen 10 und 13. Bei weiterem Höhenzuwachs richtet sich der innere Bogen, dessen Anfangsneigung  $30^\circ$  beträgt, bis zur größten Neigung von  $60^\circ$  auf.

Wie gut das dreiteilige Querkraft-Tragmodell gerade diese Besonderheit zu beschreiben vermag, veranschaulicht Abb. 13. Darin sind neben den Gleichungskurven aus der Literatur entnommene Versuchswerte [1] eingezeichnet. Als Vergleich kann die [5]

entnommene, durch Korrelationsrechnung gewonnene Kurve in Abb. 14 dienen.

Für auflagernahe Einzellasten wird keine Sonderregelung benötigt, da deren Wirkung in den Gleichungen (5.1) und (5.2) unmittelbar enthalten ist.

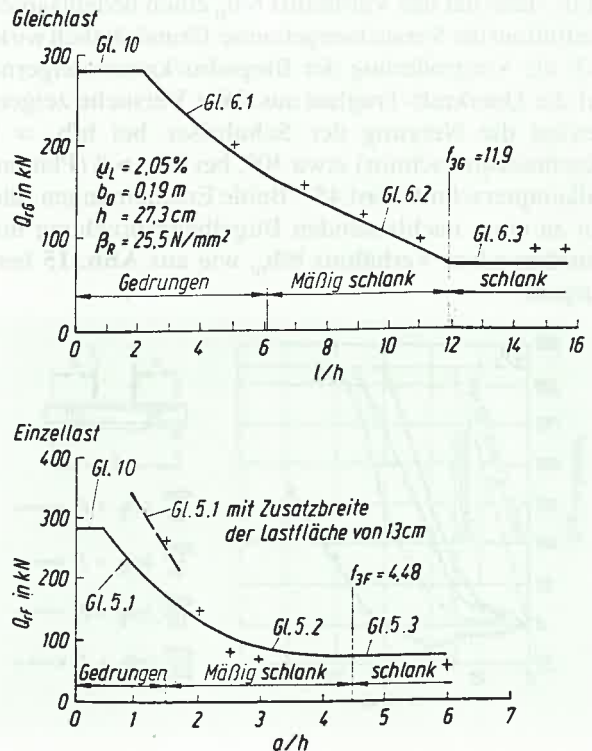


Abb. 13: Abhängigkeit der Querkraft-Tragfähigkeit von der Trägerschlankheit (+ ... Versuchswerte aus [1])

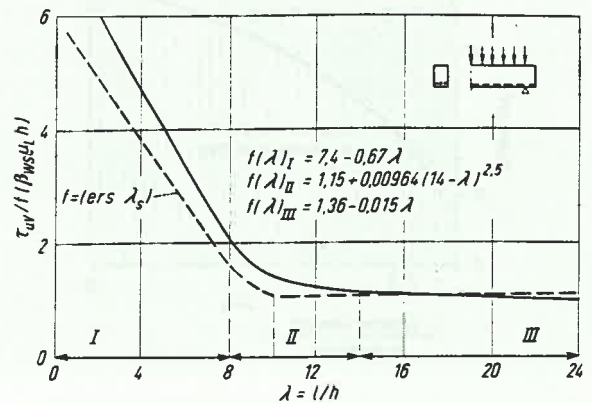


Abb 14: Einfluß der Balkenschlankheit, nach [5]

## 7 Einfluß der Querschnittsform

Ist der Steg eines Trägers bewehrt und diese Bewehrung so stark, daß sie im Augenblick der Rißbildung im Steg den ausfallenden Anteil des Querkrafttragvermögens des Betonquerschnitts übernehmen kann, dann hat das Verhältnis  $b/b_0$  einen bedeutsamen Einfluß auf die Versuchsergebnisse. Grundsätzlich wirkt sich die Vergrößerung der Biegedruckzone steigernd auf die Querkrafttraglast aus. Wie Versuche zeigen, beträgt die Neigung der Schubrisse bei  $b/b_0 = 1$  (Rechteckquerschnitt) etwa  $30^\circ$ , bei  $b/b_0 > 8$  (Plattenbalkenquerschnitt) fast  $45^\circ$ . Beide Erscheinungen führen zu einer nachlassenden Bügelbeanspruchung mit abnehmendem Verhältnis  $b/b_0$ , wie aus **Abb. 15** hervorgeht.

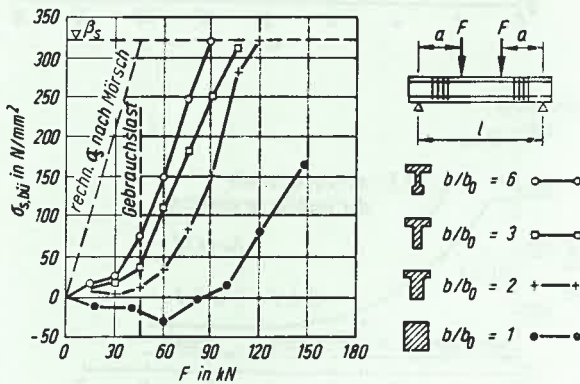


Abb. 15: Mittlere Bügelspannungen in Balken mit verschiedenen Verhältnissen  $b/b_0$  (alle anderen Abmessungen, einschließlich Querschnitt der Schubbewehrung, waren gleich); entnommen aus [18]

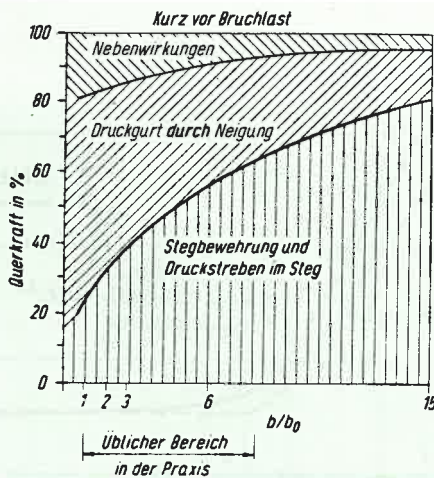


Abb. 16: Aufteilung der Querkraft auf Steg und Gurte unter Gebrauchslast und kurz vor der Bruchlast in Abhängigkeit von  $b/b_0$ ; entnommen aus [18]

Werden diese beiden zugkraftmindernden Wirkungen in einer Darstellung zusammengefaßt, so entsteht die in [2] veröffentlichte Aufteilung der Querkraft (**Abb. 16**) in den Tragteilen der Stegbewehrung (unterer Teil) und in denen des Betonquerschnitts in Abhängigkeit von  $b/b_0$  (oberer Teil).

In [19] sind die Gleichungen der Tabelle 1 für eine orthogonale Bügelbewehrung und einen schlanken Träger unter Gleichlast (Gleichung 6.3) ausgewertet worden. Für die beiden Mindestwerte des mechanischen Bewehrungsgrades, sowohl für vorwiegend ruhende als auch für vorwiegend nicht ruhende Belastung und für einen oberen und unteren Randwert, sind die Ergebnisse in **Abb. 17** graphisch aufgetragen worden.

Die Kurven stimmen sehr gut mit der Versuchserfahrung überein. Sehr deutlich tritt die Abhängigkeit der Aufteilungsrate vom Stegbewehrungsgrad hervor, was wiederum der Versuchserfahrung entspricht. Die Kurve in **Abb. 16** kann daher nur für einen ausgezeichneten Bewehrungsgrad gelten. Eine Mitwirkung der Druckgurtkraft durch Neigung läßt sich mit dem dreiteiligen Modell in dieser Höhe allerdings nicht erklären.

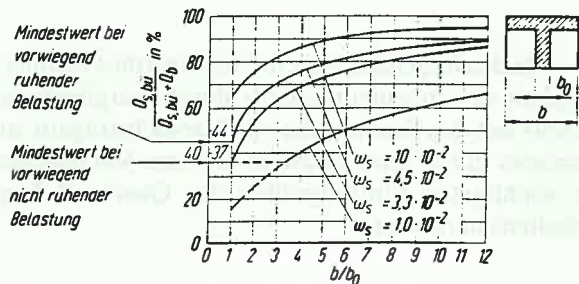


Abb. 17: Anteil des Querkrafttragvermögens einer Bügelbewehrung in Abhängigkeit von der Querschnittsform.  $\omega_s$  mechanischer Bewehrungsgrad

## 8 Einfluß der statischen Höhe

Es ist belegt, daß bei der Übertragung von Versuchsergebnissen auf das Absolutmaß der Trägerhöhe zu achten ist. Die Grenzhöhe dieses Einflusses wird in der Literatur zwischen 60 cm bis 120 cm angegeben. Das Modell gibt auch diese Erscheinung, zumindest tendenziell, wieder (**Abb. 18**).

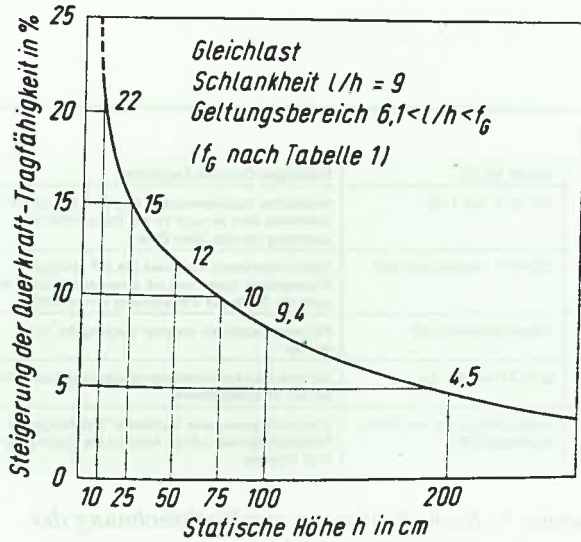


Abb. 18: Prozentuale Steigerung der Querkraft-Tragfähigkeit durch Abnahme der statischen Höhe  $h$  gegenüber dem Tragvermögen bei  $h = 300$  cm für einen Träger mit  $l/h = 9$

## 9 Einfluß der Längsbewehrung

In der Literatur wird sowohl die Meinung vertreten, daß die Längsbewehrung noch nahe dem Bruchzustand mitträgt als auch, daß sie im Augenblick des Versagens keine Wirkung erkennen läßt. Beide Einschätzungen können richtig und falsch sein, und zwar je nach Trägerhöhe, Trägerschlankheit, Lastart und Längsbewehrungsgrad. Die Strecke  $s$  zwischen den Knotenpunkten 1 und 2 im oberen Teilmodell der Abb. 8 stellt den Einfluß der Längsbewehrung dar (Näheres siehe [6]). Ihr Wirkungsbereich liegt, wie bereits festgestellt, zwischen den Grenzen

$$0,3 \% < \mu_L < 4 \%$$

oder innerhalb der Trägerschlankheiten

$$1,5 < a/h < f_F \text{ (Gleichung 5.2) Einzellast,}$$

$$6,1 < l/h < f_G \text{ (Gleichung 6.2) Streckenlast.}$$

Bei gedrungeneren Trägern erreicht der innere Druckbogen mit einer Anfangsneigung von  $30^\circ$  das Auflager unmittelbar, und die lotrechte Stützwirkung des Zugbandes ist nicht mehr spürbar. Für eine Gleichlast und die ausgewählte Schlankheit  $l/h = 9$  läßt sich mit der Gleichung (6.2) die prozentuale Steigerung der Querkraft-Tragfähigkeit für eine Zunahme des Längsbewehrungsgrads von 0,3 % auf 4 % berechnen (Abb. 19).

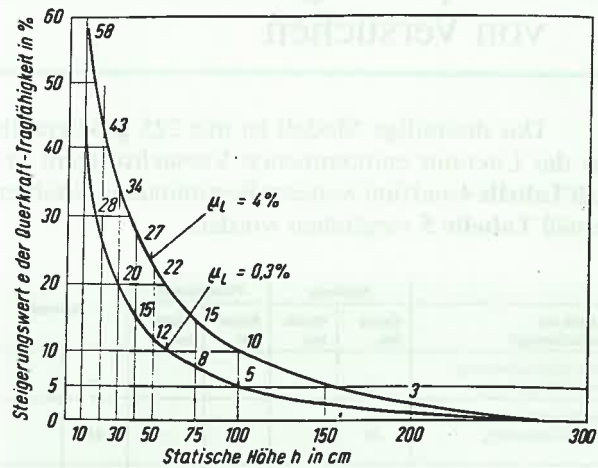


Abb 19: Prozentuale Steigerung der Querkraft-Tragfähigkeit durch Verstärkung der Biegezugbewehrung  $\mu_L$  von 0,3 % und 4 % ( $6,1 < l/h < f_G$ ) in Abhängigkeit von der statischen Höhe

## 10 Einfluß einer zentrisch angreifenden Zugnormalkraft

Für den mittigen Anteil einer Vorspannung  $V_z$  in Gleichung (7.1) der Tabelle 1 ist lediglich die Normalkraft  $N$  (mit negativem Vorzeichen) einzuführen.

$$Q_r = Q_b + Q_s - 0,25 \frac{N}{A_b} b_0 h \quad (17)$$

Für diese Gleichung fehlt allerdings noch eine ausreichende Bestätigung durch Versuche, zumindest aber eine experimentelle Klärung der vermutlich einzuhaltenden Grenzen. So ergäbe eine Durchrechnung, daß die Querkraft-Tragfähigkeit eines Trägers, der eine Mindest-Bügelbewehrung für eine vorwiegend ruhend angreifende Last besitzt ( $\omega_s = 3,3 \cdot 10^{-2}$ ), vollständig auf Null absinkt, wenn die mittige Zug-Normalspannung den Grenzwert

$$\sigma_{bz} = N/A_b = 0,32\beta_R \rightarrow Q_r(\omega_s = 3,3 \cdot 10^{-2}) = 0 \quad (18)$$

erreicht. Der aus Versuchen mit einem Sicherheitsbeiwert von 3 abgeleitete Abzugswert für Plattenstreifen ohne Schubbewehrung wird in [2] mit  $(-1/10 \cdot N/A_b)$  angegeben, während das Modell einen solchen von  $(-1/10,5 N/A_b)$  liefert [6]. Diese Übereinstimmung ist zwar sehr ermutigend; dieses Sonderproblem sollte aber bei einer praktischen Bemessung noch sehr vorsichtig behandelt werden.

# 11 Überprüfung anhand von Versuchen

Das dreiteilige Modell ist mit 225 größtenteils aus der Literatur entnommenen Versuchsträgern gemäß **Tabelle 4** und fünf weiteren Bestimmungsverfahren gemäß **Tabelle 5** verglichen worden.

Anzahl der Versuchsträger	Rechteck		Plattenbalken		Summe	
	Einzel-last	Gleich-last	Einzel-last	Gleich-last		
ohne Schubbewehrung ohne Vorspannung	14	14	19	--	47	
mit Schubbewehrung ohne Vorspannung	28	--	34	--	62	
ohne Schubbewehrung mit Vorspannung	17	12	39	--	68	
mit Schubbewehrung mit Vorspannung	14	--	34	--	48	225

Tabelle 4: Für die Auswertung benutztes Versuchsträger-Kollektiv

		Dreiteiliges Querkraft-Tragmodell.
1	Specht [6], [7]:	
2	DIN 4227, Teil 1 [2]:	Erweitertes Fachwerkmodell. Aus Gründen der Einheitlichkeit wird es auch für die Träger ohne Vorspannung benutzt. Stets Zone b.
3	CEB/FIP - Modelcode 1978:	Standardverfahren. Fachwerk mit 45° geneigten Druckstreben zusammen mit einem Abzugswert, der auch die Größe der Vorspannung berücksichtigt.
4	Nielsen/Braestrup [4]:	Fachwerkmodell mit variabler Neigung der Druckstreben.
5	Grob/Thürlimann [3]:	Moment-Querkraft-Interaktionsbeziehung, basierend auf der Plastizitätstheorie.
6	Kordina/Blume [5] und Kordina/Hegger [20]:	Empirisch gewonnene, korrelative Gleichungen für Teilabhängigkeiten, deren Addition die Bruch-Querkraft ergeben.

Tabelle 5: Sechs Verfahren zur Nachrechnung der Versuchsträger in Tabelle 4

Das jeweilige Mittel aller Quotienten von Versuchs- und Rechenwert und die Standardabweichungen sind in **Abb. 20** zu ersehen.

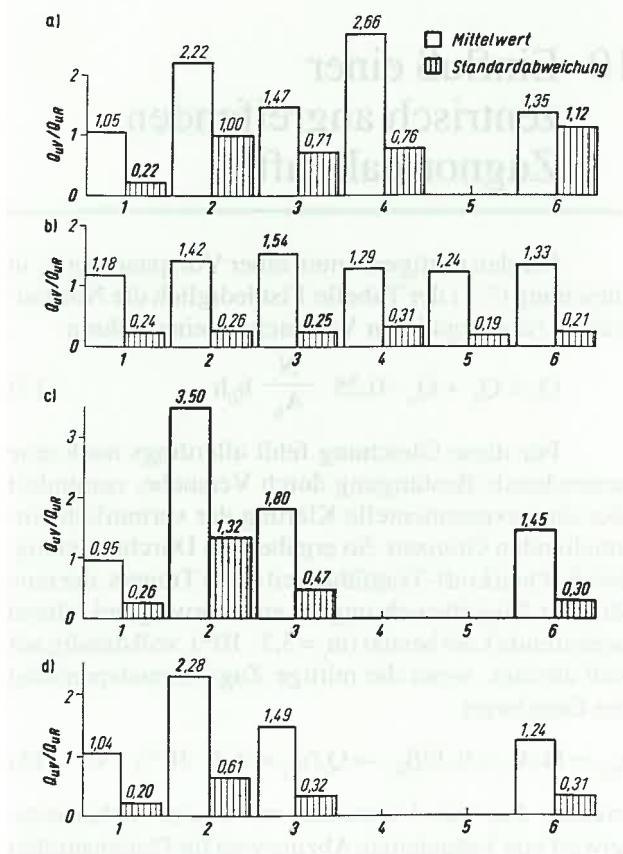


Abb. 20: Mittelwerte der Quotienten  $Q_{uv}/Q_{uR}$  mit zugehöriger Standardabweichung für verschiedene Bestimmungsverfahren. a) Stalbetonteile ohne, b) mit Schubbewehrung, c) Spannbetonbauteile ohne, d) mit Schubbewehrung

# 12 Schlußbemerkung

Das dreigeteilte Querkraft-Tragmodell ist ein Ingenieurmodell, das auf Natur- und Versuchsbeobachtungen gründet und den Tragmechanismus im bruchnahen Bereich einleuchtend und einfach beschreibt. Verträglichkeiten bleiben unberücksichtigt. Werden die Mindestwerte der Bügelbewehrung und konstruktive Grundbedingungen eingehalten, dann dürfen im Gebrauchszustand Stegrisse mit so geringen Breiten erwartet werden, daß sie sowohl für den Korrosionsschutz als auch für den Tragmechanismus (Rißreibung) akzeptiert werden können. Das Modell eignet sich für den gesamten Anwendungsbereich des Stahlbetons, also mit und ohne Vorspannung. Für konstruktiven Leichtbeton und hochfesten Beton sind möglicherweise Modifikationen notwendig.

Versuchswerte werden mit guter Treffsicherheit wiedergegeben. Zur Bemessung aber sollte von dem unteren 5%-Fraktilwert ausgegangen werden, weshalb die Reduktionsfaktoren 0,80 in Gleichung (9.1) und 0,7 in Gleichung (9.2) stehen.

Seine erste Anwendung fand es beim Neubau einer zweifeldrigen, vorgespannten Fußgängerbrücke in Berlin [15]. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Instandsetzung und Sanierung von Ingenieurbauten, bei denen die alleinige Verstärkung der Stegbewehrung oft nicht möglich oder ungünstig ist.

## Literatur

- [1] Leonhardt, F. und Walther, R.: Schubversuche an einfeldrigen Stahlbetonbalken mit und ohne Schubbewehrung; Schriftenreihe des DAfSb, H. 151, Berlin 1962
- [2] Leonhardt, F. und Walther, R.: Schubversuche an Plattenbalken mit unterschiedlicher Schubbewehrung; Schriftenreihe des DAfSb, H. 156, Berlin, 1963
- [3] Grob, J. und Thürlimann, B.: Bruchwiderstand und Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Erläuterung zur Richtlinie 34 der Norm SIA 162; Schweizerische Bauzeitung 94, Sonderdruck H. 40, 1976
- [4] Nielsen, M.P., Braestrup, M.W. und Bach, F.: Rational Analysis of shear in reinforced concrete beams; IABSE-Proceedings P 15/78, S. 1 - 16, 1978
- [5] Kordina, K. und Blume, F.: Empirische Zusammenhänge zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit stabförmiger Stahlbetonelemente; Schriftenreihe des DAfStb, H. 366, Berlin 1985
- [6] Specht, M.: Modellstudie zur Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonbiegegliedern ohne Schubbewehrung im Bruchzustand; Bautechnik 63 (1986), H. 10, S. 339 bis 350
- [7] Specht, M.: Ingenieurmodell zur Beschreibung der Querkrafttragfähigkeit von Stahlbetonträgern im Bruchzustand; Bautechnik 64 (1987), H. 11, S. 371 - 378
- [8] Specht, M.: Zur Querkraft-Tragfähigkeit im Stahlbetonbau; Beton- und Stahlbetonbau 84 (1989) H. 8, S. 193 - 198 und H. 9, S. 228 - 231
- [9] Kupfer, H., Mang, R. und Karavesyrouglou, M.: Bruchzustand der Schubzone von Stahlbeton- und Spannbetonträgern - Eine Analyse unter Berücksichtigung der Rißverzahnung; Bauingenieur 58 (1983), S. 143 - 149
- [10] Leonhardt, F.: Die verminderte Schubdeckung bei Stahlbetontragwerken; Bauingenieur 40 (1965), S. 1 - 15
- [11] Kirmair, H. und Mang, R.: Das Tragverhalten der Schubzone schlanker Stahlbeton- und Spannbetonbrücken bei Biegung mit Längskraft; Bauingenieur 62 (1987), S. 165 - 170
- [12] Hardjasaputra, H.: Berücksichtigung des Dehnungszustandes bei der Querkraftbemessung von profilierten Stahlbeton- und Spannbetonträgern; Diss., Universität Stuttgart 1987
- [13] Reineck, K.-H.: Ein mechanisches Modell für den Querkraftbereich von Stahlbetonbauteilen; Diss., Universität Stuttgart 1990
- [14] Reineck, K.-H. und Hardjasaputra, H.: Zum Dehnungszustand bei der Querkraftbemessung profilierter Stahlbeton- und Spannbetonträger; Bauingenieur 65 (1990), S. 73 - 82
- [15] Specht, M. und Rösler, M.: Forschungsbrücke Berlin; Beton- und Stahlbetonbau 84 (1989), H. 12, S. 319 - 323
- [16] Bachmann, H.: Versuche über den Einfluß geneigter Spannglieder auf das Schubtragverhalten teilweise vorgespannter Betonbalken; Bauingenieur 51 (1976), S. 251 - 258
- [17] Specht, M.: Mindestbügelbewehrung, Abzugswert und Festigkeit des schrägen Druckfelds eines querkraftbeanspruchten Biegeträgers aus Stahlbeton; Beton- und Stahlbetonbau 83 (1988), H. 1, S. 23 - 28
- [18] Leonhardt, F. und Mönning, E.: Vorlesungen über Massivbau Teil 1 - Grundlagen zur Bemessung im Stahlbetonbau; 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1984
- [19] Specht, M.: Die Abhängigkeit der Querkraft-Tragfähigkeit eines Stahlbetonträgers von seiner Querschnittsform; Beton- und Stahlbetonbau 84 (1989), H. 4, S. 88 - 90
- [20] Kordina, K. und Hegger, J.: Schubtragverhalten von Spannbetonbauteilen mit Vorspannung ohne Verbund; Schriftenreihe des DAfStb, H. 381, Berlin 1987



## **Herausgeber:**

Bundesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik  
Dr.-Ing. Günter Timm, Jungfernstieg 49, 2000 Hamburg 36

## **Redaktion:**

Klaus Werwath, Lahrring 36, 5330 Königswinter 41

## **Technische Korrespondenten:**

### **Baden-Württemberg**

Dr.-Ing. Peter Hildenbrand, Ludwigsburg

### **Bayern**

Dr.-Ing. Bernd Brandt, Nürnberg

### **Berlin**

Dipl.-Ing. J.-Eberhard Grunenberg, Berlin

### **Brandenburg**

Dr.-Ing. Dieter Zauft, Potsdam

### **Bremen**

Dipl.-Ing. Horst Bellmer, Bremen

### **Hamburg**

Dr.-Ing. Martin Weber, Hamburg

### **Hessen**

Dr.-Ing. K.-D. Schmidt-Hurtienne, Lohfelden/Kassel

### **Mecklenburg-Vorpommern**

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Krüger, Wismar

### **Niedersachsen**

Dr.-Ing. Günter Griebenow, Braunschweig

### **Nordrhein-Westfalen**

Dipl.-Ing. Josef G. Dumsch, Wuppertal

### **Rheinland-Pfalz**

Dr.-Ing. Hubert Verheyen, Bad Kreuznach

### **Saarland**

Dipl.-Ing. Gerhard Schaller, Homburg

### **Sachsen**

Prof. Dr. sc. techn. Lothar Schubert, Leipzig

### **Sachsen-Anhalt**

Dipl.-Ing. Dieter Beyer, Magdeburg

### **Schleswig-Holstein**

Dipl.-Ing. Uwe Schmiedel, Pinneberg

### **Thüringen**

Dr.-Ing. Helmut Löwe, Gotha

## **Druck:**

Druck Center Meckenheim

## **Gestaltung:**

Atelier Werner Göttinger, Bonn

Bis auf den auf Seite 10 beginnenden Beitrag sind die in diesem Heft veröffentlichten Beiträge von ihren Autoren bearbeitete Fassungen der Vorträge, die im Oktober 1992 bei der Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik in Berlin gehalten worden sind.

„Der Prüfengeur“ erscheint mit zwei Ausgaben im Jahr.

Bestellungen sind an die Bundesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik in Hamburg zu richten.

