



# Der Prüferingenieur

---

19 Oktober 2001

---

**Seite 5**

Die Prüfung des baulichen Brandschutzes  
ist eine Aufgabe der Prüferingenieure

**Seite 18**

Die Grundlagen der Gentechnik und ihre  
Anwendung bei der Enträtselung eines neuen Virus

**Seite 28**

Die Regelung der Bauaufsicht in Österreich  
im Hinblick auf die bautechnische Prüfung

**Seite 34**

Prinzipielle Probleme von FE-Berechnungen im Massivbau

**Seite 50**

Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen  
EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise

**Seite 57**

Die Industriebau-Richtlinie auf dem Wege  
zur ihrer bauaufsichtlichen Einführung

## EDITORIAL

Dr.-Ing. Günter Timm  
Die Prüfung des baulichen Brandschutzes  
ist eine Aufgabe der Prüferingenieure **5**

## NACHRICHTEN

- Brandenburgs Bauminister Meyer: „Für die Abschaffung  
des Vier-Augen-Prinzips sehe ich keine Veranlassung“ **6**
- Jochen Uhlenberg wurde in NRW zum  
Vizepräsidenten der Ingenieurkammer gewählt **9**
9. Bautechnisches Seminar in NRW:  
Viel Neues über den Stahlbeton- und Verbundbau **10**
- Der Bauwerks-Pass wird von der Fachwelt gut aufgenommen **11**
- CDU/CSU: Bautechnische Prüfung darf nicht gestrichen werden **12**
- BÜV gründet Arbeitskreis für Windkraftanlagen **12**
- Bundesvereinigung informiert über Einwirkungen auf Brücken **13**
- Im Massivbau wird mit einer ungültigen Norm gearbeitet **14**
- Gerhard Böhme † **15**
- DPÜ-Lehrgang zum Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinator **15**
- DPÜ-Zertifizierungsstelle hat ihre Arbeit aufgenommen **16**
- DPÜ gründete Arbeitskreis für „Energie und Bauwerk“ **17**
- Arbeitstagung in Freudenstadt:  
Deregulierungsfolgen eindringlich beschrieben **17**

## VIROLOGIE

Prof. Dr. med. Rainer Laufs  
Die Grundlagen der Gentechnik und ihre Anwendung  
bei der Enträtselung eines neuen Virus **18**

## BAURECHT

Dipl.-Ing. Dr. Rainer Mikulits  
Die Regelung der Bauaufsicht in Österreich im Hinblick  
auf die bautechnische Prüfung **28**

## TRAGWERKSPLANUNG

Prof. Dr.-Ing. Günter Axel Rombach  
Prinzipielle Probleme von FE-Berechnungen im Massivbau **34**

## EDV-STANDSICHERHEITSNACHWEISE

Dr.-Ing. Günter Griebenow  
Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise **50**

## BRANDSCHUTZ

Dipl.-Ing. Udo Kirchner/Dr.-Ing. Jürgen Wiese  
Die Industriebau-Richtlinie auf dem Wege zur ihrer bauaufsichtlichen Einführung **57**

## IMPRESSUM **64**

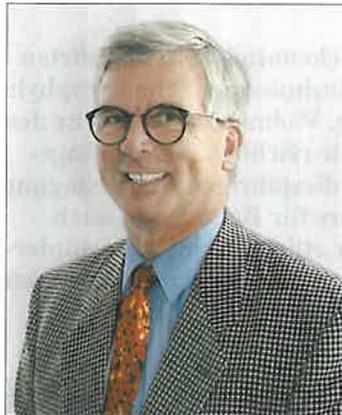
# Die Prüfung des baulichen Brandschutzes ist eine Aufgabe der Prüfsingenieure

Im Zuge der Neuordnung des materiellen Rechtes und des Verfahrensrechtes der Landesbauordnungen wird in den Bundesländern auch über ein Planungs- und Überwachungs- bzw. Prüfkonzept im Baugenehmigungsverfahren für den baulichen Brandschutz nachgedacht. Es ist auch eine Übertragung der Prüf- und Überwachungsaufgaben an freiberuflich tätige Prüfsingenieure geplant. Teilweise hat dies bereits zu konkreten Maßnahmen geführt.

Zur Entlastung des Staatshaushaltes werden in Sachsen die Überprüfungen des vorbeugenden baulichen Brandschutzes nach dem Vier-Augen-Prinzip an freiberuflich tätige Prüfsingenieure vergeben. Etwa 30 % der anerkannten Brandschutzprüfsingenieure haben sich aus den Reihen der Prüfsingenieure für Baustatik weiter qualifiziert. Dies macht Sinn, denn der Prüfsingenieur für Baustatik kontrolliert ohnehin die konstruktiven Teile des Brandschutzes, die Ergänzung hin zum planerischen baulichen Brandschutz ist also nur logisch und mindert Abstimmungsprobleme. Der Prüfsingenieur für vorbeugenden baulichen Brandschutz prüft sowohl das Brandschutzkonzept als auch die diesbezüglichen Entwurfszeichnungen und führt die entsprechende Bauüberwachung vor Ort durch. Während Sonderbauten je nach Kapazität entweder von der Bauaufsichtsbehörde oder von den Prüfsingenieuren geprüft werden, bleiben die übrigen Bauwerke allein den Prüfsingenieuren vorbehalten. Bei der Prüfung haben die Prüfsingenieure die Brandschutzdienststellen hinsichtlich des abwehrenden Brandschutzes einzubeziehen.

Ähnlich ist es auch in Schleswig-Holstein geplant. Auch hier wird man wohl auf den Prüfsingenieur für Baustatik vertrauen und ihm nach entsprechender Qualifikation diesen Aufgabenbereich übertragen.

In Nordrhein-Westfalen wurde im Jahr 1995 der staatlich anerkannte Sachverständige für die Prüfung des Brandschutzes definiert. Ingenieure mit nachgewiesener mehrjähriger Berufserfahrung wurden in Seminaren für diesen Aufgabenbereich vorbereitet. Nach der Novellierung der Landesbauordnung mit einigen nachrangigen Verordnungen im letzten Jahr wurde der Aufgabenbereich neu geordnet. Der Sachverständige prüft jetzt den Brandschutz für Wohngebäude mittlerer Höhe und wird autorisiert das Brandschutzkonzept für die Sonderbauten aufzustellen, welches dann von der Bauaufsichtsbehörde geprüft wird. Auch in Nordrhein-Westfalen haben sich eine Reihe



**Dr.-Ing. Günter Timm**  
Präsident der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik

von Prüfsingenieuren für Baustatik für diesen Bereich qualifiziert.

In Hamburg geht man im Zuge des Wohnungsbauerleichtungsgesetzes einen etwas anderen Weg. Hier wird der planerische bauliche Brandschutz mit geringen Abstrichen für Gebäude bis zur Hochhausgrenze einer Kontrolle nach dem Vier-Augen-Prinzip unterzogen. In diesem Bereich ist der Prüfsingenieur, weil vom Bauherrn beauftragt, privatrechtlich als staatlich anerkannte sachverständige Person tätig. Was lag da näher, nach obiger Argumentation vorzugehen und alle Prüfsingenieure mit einer Zusatzqualifikation durch Seminar und Prüfung auf den neuen Aufgabenbereich vorzubereiten. Dies ist mittlerweile geschehen. Fast alle Prüfsingenieure haben diese Prüfung abge-

legt und können jetzt prüfend tätig werden. In dem Auftrag des Bauherrn für die bautechnische Prüfung an die sachverständige Person ist also jetzt, bis auf geringe Ausnahmen, neben der Prüfung der Standsicherheit auch die Prüfung des vorbeugenden und abwehrenden baulichen Brandschutzes enthalten.

Ein Schritt in die richtige Richtung. Hamburg fördert damit nicht die Zersplitterung des Sachverständigen- bzw. Prüfsingenieurwesens, bei dem Standsicherheit, Brand-, Schall- und Wärmeschutz von unterschiedlichen Personen geprüft werden, sondern geht in Richtung Ganzheitlichkeit hin zum Prüfsingenieur für Bautechnik, auch wenn er hier jetzt sachverständige Person heißt.

Die Verordnungsgeber der anderen Bundesländer sind aufgefordert, diesen Weg mitzugehen und so das Prüfwesen zukunftsweisend zu verändern: Erweiterung des Aufgabengebietes des Prüfsingenieurs für Baustatik (Bautechnik) um den planerischen vorbeugenden und abwehrenden baulichen Brandschutz im Bereich der Gebäude bis zur Hochhausgrenze und Zusatzqualifikation für die Prüfung des Brandschutzkonzeptes für Sonderbauten und Hochhäuser.

Wünschenswert wäre auch in diesem Fall, dass diese umfassende Prüfung auch weiterhin als beliehener Unternehmer durchzuführen ist.

Die Prüfsingenieure der anderen Bundesländer sind aufgefordert, ihre Verordnungsgeber von den Vorteilen der Modelle in Hamburg und Sachsen zu überzeugen und das neue Aufgabengebiet anzunehmen.

**Brandenburgs Bau-Minister Meyer auf der BVPI-Arbeitstagung:**

## „Für die Abschaffung des Vier-Augen-Prinzips sehe ich keine Veranlassung“

**Prüfingenieure warnen vor möglichen „dramatischen“ Verschlechterungen der Sicherheitsstandards am Bau**

**Mit einem unmissverständlichen Bekenntnis zum bewährten Vier-Augen-Prinzip im Rahmen der bautechnischen Fehlerprophylaxe hat der Minister für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg, Hartmut Meyer, die reichlich 300 Prüfingenieure begrüßt, die Ende September zur diesjährigen Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik nach Potsdam gekommen waren, um nicht nur etliche fachlich hochinteressante Vorträge hochrangiger Kollegen zu hören, sondern um auch den kollegialen Erfahrungs- und Meinungs austausch zu pflegen.**

Die Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik (BVPI) ist jedes Jahr der traditionelle Höhepunkt des extern und intern wirkenden Verbandslebens der Prüfingenieure in Deutschland. Wie kaum ein anderer Verband versteht die BVPI es, eine außerordentlich hohe Anzahl von Mitgliedern regelmäßig für ihre Arbeitstagungen zu interessieren, die aus wohlwogenen Gründen jedes Jahr in einem anderen Bundesland durchgeführt werden.

„Damit“, so erläuterte BVPI-Präsident Dr.-Ing. Günter Timm in Potsdam dieses rollierende System, „wollen wir möglichst vielen Kollegen im gegenseitigen Wechsel Gelegenheit geben, ohne allzu großen Reiseaufwand zu unseren Tagungen zu kommen und zum besseren Verständnis regional spezifischer Besonderheiten unserer vielfältigen Tätigkeiten beitragen.“

Dieses Konzept geht regelmäßig auf, denn auch in diesem Jahr kamen mehr als 300 BVPI-Mitglieder, zum größten Teil mit Begleitung, nach Potsdam, um die Arbeitstagung ihrer Bundesvereinigung zu erleben.

Die hohe fachliche Attraktivität der Arbeitstagungen der Prüf-



*Der Präsident der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik, Dr.-Ing. Günter Timm, konnte auch in diesem Jahr wieder rund ein Drittel der gesamten Mitgliedschaft seines Verbandes zur Arbeitstagung begrüßen.*

ingenieure hat sich nicht nur bei den Mitgliedern der BVPI, sondern seit langer Zeit auch unter jenen Persönlichkeiten herumgesprochen, die jene Institutionen und Organisationen führen, die mit den Prüfingenieuren professionell oder wirtschaftlich schon lange zusammenarbeiten. So nahm es nicht wunder, dass BVPI-Präsident Timm bei seiner Eröffnungsansprache auch in diesem Jahr verschiedene dieser Persönlichkeiten willkommen heißen konnte: unter ihnen beispielsweise den Präsidenten des Deutschen Instituts für Bautechnik, Prof. Dr.-Ing. Horst Bossenmayer, und den Prä-

sidenten der Bundesingenieurkammer, Dr.-Ing. Karl Heinrich Schwinn. Außerdem begrüßte Timm den Geschäftsführer des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Dr.-Ing. Rainer Mikulits, der in seinem Vortrag am Folgetag bewies, dass auch die Nachbarländer Schwierigkeiten bei der Vereinheitlichung des Landesbauordnungen zu überwinden haben.

Als besonderen Gast hatte Timm in Potsdam Landesbauminister Hartmut Meyer begrüßen können, der sein eingangs zitiertes Votum für die Beibehaltung der einheitlich veranlassenen Prüfung mit seinem Unverständnis darüber begründet hatte, dass der derzeit diskutierte Entwurf für eine neue Musterbauordnung der Länder die durchgängige Einführung des staatlich anerkannten Sachverständigen zu Ungunsten des traditionellen Prüfingenieurs festlegen wolle.

Das Ergebnis eines solchen Verfahrens sei „nur sehr schwer vorherzusagen“. Der Vorschlag allein beweise aber wieder einmal, bemerkte Meyer sarkastisch, dass es heutzutage unmodern geworden sei, wenn „derjenige der Politik macht, auch etwas von den Sachen versteht“, um die er sich fachpolitisch kümmern solle. Für ihn, Meyer, stehe fest, dass die technischen Fortschrittsschübe am Bau mit ihren notwendigerweise immer komplexer sich verästelnden Abhängigkeiten und Spezialisierungen eine neutrale, unabhängige Instanz im Prozess der Bauvorbereitung nötig mache; „kompetente Leute eben“, auf die alle am Bau beteiligten Parteien sich verlassen können. Deshalb sieht

Meyer auch „keinerlei Veranlassung“, von dem bewährten Vier-Augen-Prinzip abzuweichen. Angesichts derart starker Worte waren dem Minister die Zustimmung und der Beifall des ganzen Auditoriums sicher.

Den erhielt auch der Präsident der Brandenburgischen Ingenieurkammer, Dr. Wilfried Mollenhauer, als er die im Saal Versammelten darauf hinwies, dass unter den insgesamt 2.400 Mitgliedern der Ingenieurkammer Brandenburg 45 Prüffingenieure sich befänden, die „sich aktiv am Kammergeschehen beteiligen“. Sichtbarster Ausdruck dieser erfreulich hohen Aktivität der Prüffingenieure in der Kammer sei die Tätigkeit von Dr.-Ing. Dieter Zauft, dem Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüffingenieure in Brandenburg, der auch im Vorstand der Ingenieurkammer seines Landes eine herausragend effektive Arbeit leiste.

Lobend äußerte Mollenhauer sich über den Bauwerkspass, den die Bundesingenieurkammer, die Bundesvereinigung der Prüffingenieure und das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung vor kurzem in die Öffentlichkeit gebracht haben (s.a. S. 11). Ein solches Werkzeug, so Mollenhauer, eigne sich besonders gut, um die Qualität am Bau langfristig zu verbessern.

Deren Grundlage aber, ergänzte er, müsse durch die unbedingte Trennung von Planung und Ausführung gelegt bleiben. Dieses Prinzip zu verteidigen habe er momentan zwar keine direkte Veranlassung, weil alle politisch maßgeblichen Kräfte in Deutschland diese Einsicht auch verträten, es müsse aber, so Mollenhauers Eindruck, dennoch immer wieder in Erinnerung gerufen und wachgehalten werden.

Das Erinnerungsvermögen seiner Zuhörer nahm auch der Vor-

## Erstklassige Vorträge und attraktives Beiprogramm

Die Arbeitstagungen der Bundesvereinigung der Prüffingenieure zeichnen sich bekanntermaßen durch erstklassige, zum Teil technisch richtungweisende Vorträge aus – und durch ein besonderes Thema, das jeweils mit den originären fachtechnischen Themen der Prüffingenieure nichts zu tun hat. So auch in Potsdam, wo dieses Jahr der Mikrobiologe Prof. Dr. med. Rainer Laufs, der Direktor des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Immunbiologie der Universität Hamburg, über die Grundlagen der Gentechnik und ihre Anwendung bei der Enträtselung eines neuen Virus' zu den Prüffingenieuren und ihren Gästen sprach. Dieser Vortrag wird in diesem Heft des *Prüffingenieurs* ab Seite 18 abgedruckt. Auch die anderen Referate der diesjährigen Arbeitstagung der BVPI werden entweder in dieser oder in der kommenden Ausgabe veröffentlicht.

Neben dem fachlichen Programm gibt es bei den Arbeitstagungen der Prüffingenieure aber auch immer ein attraktives Rahmenpro-

gramm, bei dem die Begleitung der Prüffingenieure und die Prüffingenieure selbst viel Wissenswertes über das Land und die Stadt des jeweiligen Veranstaltungsortes erfahren können. Potsdam als diesjähriger Treffpunkt hatte natürlich besonders viel zu bieten. Diese Stadt hat sich, wie die Potsdamer Beigeordnete für Stadtentwicklung und Bauen, Dr. Elke von Kuick-Frenz, anlässlich der Landesabends der brandenburgischen Landesvereinigung der Prüffingenieure auf dem Gelände der Bundesgartenschau anschaulich beschrieben, in den vergangenen Jahren sehr herausgeputzt. Und sie wird, das darf jeder erwarten, der die Entwicklung dieser Stadt beobachtet hat, eines Tages wohl zu den schönsten Städten in Deutschland gehören.

Diese Erwartung sprach auch der Vorsitzende der gastgebenden Landesvereinigung der Prüffingenieure, Dr.-Ing. Dieter Zauft aus, der seine Kollegen und die Gäste von auswärts kurz aber prägnant in die Geschichte des Landes Brandenburg einführte.

sitzende der Landesvereinigung der Prüffingenieure in Sachsen, Dr.-Ing. Ulrich Dressel, in Anspruch. Er führte sie ins Jahr 1992 zurück, das Jahr in dem die Freiberuflichkeit der Prüffingenieure in den neuen Bundesländern im Osten Deutschlands ihren institutionellen und organisatorischen Anfang nahm. „Schon zu DDR-Zeiten“, so Dressel weiter, hätten „wir unsere prüfende Tätigkeit gerne in der Freiberuflichkeit ausgeübt, aber erst die Marktwirtschaft hat es uns ermöglicht“. Erste Kontakte dienten seinerzeit zwischen Prof. Dr. Elze und Dr. Timm der Einführung gleicher Strukturen. Auch hätten, so fügte er hinzu, die Kollegen im Westen „uns mit außerordentlicher und mit beileibe nicht selbstverständlicher Zuvorkommenheit selbstlos unterstützt“.

Unter der – dramatisch klingenden, aber berechtigten – Trendaussage: „Sicherheitsstandard bei Bauwerken sinkt dramatisch“ hat die Bundesvereinigung parallel zu ihrer Arbeitstagung das extern sich auswirkende und wirken sollende wichtigste berufspolitische Anliegen der Prüffingenieure publik gemacht.

An alle großen Presseagenturen und Tageszeitungen sowie an die Fachpresse und die elektronischen Medien ging am Tag der Veranstaltung per E-Mail und per Fax die Meldung heraus, dass die Prüffingenieure „chaotische Baustellenverhältnisse“ und immer mehr „Pfusch am Bau“ in Deutschland feststellen und dass sie deswegen „ein Konzept gegen den Pfusch am Bau vorlegen“.

In den Meldungen wird BVPI-Präsident Timm mit der Feststellung zitiert, dass in den letzten zehn Jahren allein im Neubaubereich die Zahl der Mängel um mindestens zehn Prozent angestiegen sei. Die technische Sicherheit habe bei allen Bauwerken abgenommen, sagte er. Mit Sorge registriere er vor allem eine deutliche Zunahme von Schäden seit der Abschaffung der hoheitlichen bautechnischen Prüfung von Einfamilienhäusern. Gleichzeitig habe die Rechtsunsicherheit der Bauherren zugenommen.

Die Kritik der Prüfindgenieure richtet sich auch gegen die im 1. Entwurf der Musterbauordnung der ARGEBAU festgeschriebene Absicht, künftig auf weitere hoheitlich durchgeführte bautechnische Kontrollen durch die Bauaufsicht oder einen Prüfindgenieur für Bautechnik zu verzichten. Bei dem Trend, den einzelnen Bauherren immer mehr in die Pflicht zu nehmen, handele es sich um falsch verstandene Deregulierungsabsichten, die den Pusch am Bau

fördere. „Wo nicht mehr unabhängig geprüft wird, wird auch nicht ordnungsgemäß geplant“, sagte Dr. Timm. Die mit der Streichung einer unabhängigen Kontrolle verbundene Einsparung von etwa 0,6 Prozent der Baukosten stehe in keinem Verhältnis zu dem Frust vieler betroffener Bauherren, langjährigen gerichtlichen Auseinandersetzungen und kostenträchtigen nachträglichen Reparaturen.

Laut Bauschadensbericht der Bundesregierung sind 80 Prozent der Fehler im Bauwesen vermeidbar. Allein diese Tatsache beweise, so wird BVPI-Präsident Timm zitiert, wie wichtig eine vorbeugende Kontrolle durch einen unabhängigen Prüfindgenieur („Vier-Augen-Prinzip“) ist. Allenfalls bei Einfachstbauten mit einfachen statischen Systemen könne auf die bautechnische Prüfung verzichtet werden, so Dr. Timm. Fahrlässig wäre es allerdings, wenn die Grenze für den Verzicht auf bautechnische Kontrollen im Wohnungsbau von der Länge einer Feuerwehroleiter oder von der

Grundfläche einer Tiefgarage im Untergeschoss eines Wohngebäudes abhängig gemacht wird. Das Tragwerk eines Einfamilienhauses könne wesentlich komplizierter sein als das statische System eines mehrgeschossigen Wohnhauses. Kriterien dafür, ob ein Gebäude geprüft werden soll oder nicht, dürften nur vom Schwierigkeitsgrad und dem Risikopotential eines Tragwerks und nicht allein von den Größen abhängig gemacht werden.

## Band II der Reihe „Versagen von Bauwerken“ ist erschienen

Im Verlag Ernst & Sohn (Berlin) ist kürzlich der 2. Band der Buchreihe „Versagen von Bauwerken, Ursachen und Lehren“ von Prof. Dr.-Ing. Joachim Scheer erschienen, die den Mitgliedern der Bundesvereinigung der Prüfindgenieure für Bautechnik und darüber hinaus allen Ingenieurbüros nur empfohlen werden kann.

Schon im Band I („Brücken“) werden Versagensfälle systematisch aufbereitet und ihre Ursachen beschrieben. Die verschiedenen Versagensursachen während der Bauphase und im Betrieb geben dem Leser u.a. Aufschluss über zu bedenkende Situationen und Szenarien bei der Planung, Ausführung und Nutzung. In einem eigenen ausführlichen Kapitel hat Scheer Lehren für die Praxis zusammengefasst, und auch den Hochschullehrern gibt er Tipps im Kapitel „Lehren für die Lehre“.

Im jetzt erschienenen Band II („Hochbauten und Sonderbauwerke“) werden in ähnlicher Art und Weise für die verschiedenen Bauarten (Hochhäuser, Hochbauten, Hallen, Funkmasten, Türme, Krane, Behälter, Regale und Sonderbauten) Lehren für die Praxis gezogen.

## Otto Lennertz wird 80 Jahre alt



Otto Lennertz wird am 15. Dezember 80 Jahre alt

Der langjährige Vorsitzende der Vereinigung der Prüfindgenieure in Nordrhein-Westfalen, Diplom-Ingenieur Otto Lennertz, wird am 15. Dezember 80 Jahre alt.

Otto Lennertz war zeit seines Lebens und ist auch heute noch

ein überdurchschnittlich stark berufspolitisch engagierter Berater der Ingenieur und Prüfindgenieur. Mehr als 40 Jahre lang hat er die verschiedensten ehrenamtlichen Funktionen bekleidet, nicht nur für die Prüfindgenieure selbst, sondern auch für die Beratenden Ingenieure in Verband und Kammer im Speziellen und für die Freien Berufe im Allgemeinen. Erklärtes und erreichtes Ziel seiner Aktivität vor allem in den 70-er und 80-er Jahren war es immer, die Unabhängigkeit der Beratenden Ingenieure und der Prüfindgenieure als Freie Berufe ordnungs- und berufspolitisch abzusichern.

Lennertz trägt das Große Verdienstkreuz und das Verdienstkreuz 1. Klasse des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland.

Von Anfang an als Prüflingenieur im Kammervorstand

## Jochen Uhlenberg wurde in NRW zum Vizepräsidenten der Ingenieurkammer gewählt

**Auch in der Vertreterversammlung ist eine große Zahl von Prüflingenieuren präsent**

**Der nordrhein-westfälische Prüflingenieur Diplom-Ingenieur Jochen Uhlenberg ist zum Vizepräsidenten der Ingenieurkammer-Bau von Nordrhein-Westfalen gewählt worden. Uhlenberg ist seit ihrer Gründung Mitglied des Vorstandes und Vorsitzender des Ausschusses Aus- und Fortbildung dieser Kammer sowie Vorsitzender der Ingenieurakademie West.**

Schwerpunkte seiner Bemühungen sind neben der Weiterbildung der Bauingenieure insbesondere der Verbraucherschutz, die Unabhängigkeit von Planung und Ausführung und das Ansehen der Beratenden Ingenieure in der Öffentlichkeit.

Dass Verbraucherschutz einen hohen Stellenwert hat, stellt Uhlenberg als Prüflingenieur für Baustatik/saSV und Tragwerksplaner täglich unter Beweis. Je mehr das Land NRW die Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben auf die Ingenieurkammer-Bau verlagert, desto mehr wird die „öffentliche Sicherheit und Ordnung“, die Schonung der Umwelt und der Verbraucherschutz in die Obhut von staatlich anerkannten Sachverständigen gelegt. Die damit verbunde-



*Dipl.-Ing. Jochen Uhlenberg*

nen Herausforderungen haben die staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit angenommen und so wundert es kaum, dass im Vorstand der Ingenieurkammer-Bau NRW und in der Vertreterver-

sammlung eine vergleichsweise große Zahl von Prüflingenieuren/saSV engagiert mitarbeitet.

In diesem Segment der Kammerarbeit sind die staatlich anerkannten Sachverständigen eine von den Kammermitgliedern hoch geschätzte Gruppe. Dies bestätigen die Wahlen zur Kammervertretung und die Besetzung der Fachausschüsse. Von den in NRW ansässigen knapp neunzig Prüflingenieuren/staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit gehören drei Kollegen dem Vorstand und insgesamt zwölf der Vertreterversammlung an. Viele davon arbeiten in Fachausschüssen der IK-Bau NRW mit.

Mit der Wahl von Dipl.-Ing. Jochen Uhlenberg zum Vizepräsidenten der Ingenieurkammer-Bau NRW, der seit 1985 Beratender Ingenieur und Prüflingenieur für Baustatik ist, steht ein mit der alltäglichen Berufspraxis und der Kammerarbeit bestens vertrauter Kollege an der Seite des Kammerpräsidenten. Für sein herausragendes Engagement beim Aufbau der Ingenieurkammer-Bau NRW erhielt er aus der Hand des Oberbürgermeisters der Stadt Düsseldorf, Erwin, das Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland verliehen.

*Dipl.-Ing. Josef Dumsch*

## BVPI-Pressarbeit zeigt immer mehr erkennbare Erfolge

Die hartnäckig und konsequent vorangetriebene Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) zeigt immer häufiger erkennbare Erfolge. Belege dafür lieferten die spektakulären Balkonabstürze in Bayern, Hamburg und Nordrhein-Westfalen, die in der Bundesgeschäftsstelle der BVPI in Hamburg eine Flut von Anfragen

vieler Journalisten mit der Bitte um Stellungnahmen nach sich zogen.

Selbst das Fernsehen zeigte Interesse: BVPI-Präsident Dr.-Ing. Günter Timm wurde von SAT-1 und vom ZDF zum Thema interviewt und nahm die gute Gelegenheit zum Anlass, die breite Öffentlichkeit zu bester Sendezeit darauf hinzuweisen, dass nur die hoheitlich veranlasste

und die unabhängig durchgeführte bautechnische Prüfung dem verstärkt um sich greifenden Pfusch am Bau Einhalt gebieten könne. Auch der frühere Vizepräsident der BVPI, Diplom-Ingenieur Fritz Mönning, hatte vor kurzem in einer großen Fernsehsendung ausführlich erklären können, welche Aufgaben der Prüflingenieur hat und welche Fehler er vermeiden helfen kann.

## 300 Teilnehmer beim 9. Bautechnischen Seminar in NRW

# Viel Neues über den Stahlbeton- und Verbundbau, kalt und heiß bemessen

**Jedes Jahr findet in Nordrhein-Westfalen ein „Bautechnisches Seminar“ statt, das vom NW-Bauministerium und von der Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure in Nordrhein-Westfalen durchgeführt wird. Die mittlerweile 9. Veranstaltung dieser Reihe hatte wieder einen überaus aktuellen Themenkanon aus Forschung, Normung und Anwendung aufgegriffen. Fast 300 Teilnehmer – Prüfm Ingenieure und Vertreter von den Bauaufsichtsbehörden – sicherten den hochkarätigen Referenten eine fachkundige Zuhörerschaft.**

Was wissen wir eigentlich wirklich vom Baustoff Beton – oder gar vom Stahlbeton? Prof. Dr.-Ing. Wilfried Krätzig von der Ruhr-Universität Bochum brachte in seinem Vortrag, von dem noch die Rede sein wird, in Erinnerung, dass das  $\sigma$ - $\epsilon$ -Verhalten des Betons nur bei einachsiger Beanspruchung und bei monotonem Lastanstieg bis zum Versagen einigermaßen erforscht sei. Vor 2006 rechte man deshalb nicht mit der Einführung des für die Bemessung von Stahlbetonbauwerken maßgebenden Eurocodes 2 auf nationaler Ebene, berichtete Ministerialrat Dr.-Ing. D. Bertram vom nordrhein-westfälischen Ministerium für Städtebau und Wohnen, der maßgeblich an der Entstehung der neuen Normengeneration beteiligt ist.

Nach der neuen Bemessungsregel ist der Grenzzustand der Tragfähigkeit einer Konstruktion maßgebend. Die Unsicherheiten auf der Seite der einwirkenden Kräfte werden ebenso wie die auf der Widerstandsseite durch Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt. Bertram ließ keinen Zweifel daran, dass die neue DIN 1045-1 in Kraft tritt, sobald die Bezugsnormen, insbesondere DIN EN 206 und DIN 1055, verbindlich vorliegen.

Die neue DIN 1055 stellte Prof. Dr.-Ing. Sedlacek von der

RWTH Aachen als etwas abgespeckte ENV 1991 (Einwirkungen) vor. Kombinationsvorschriften regeln die Bewertung unterschiedlicher Einwirkungen bei nicht auszuschließendem gleichzeitigem Auftreten und in Abhängigkeit von Bauteilverformung und/oder der Versagensart. Der Ansatz von Wind- und Schneelast sowie die Teilsicherheitsbeiwerte werden künftig von der Geometrie der Bauform/Dächer und den regional typischen Wetterauswirkungen abhängig sein. Bei Hochhäusern, Kühltürmen, Funkmasten, Windkraftanlagen etc. wird man auch künftig ohne Windkanalversuche nicht auskommen.

Wer Probleme beim statisch-konstruktiven Brandschutz hat, der holt sich Rat im Institut für Baustoffe und Brandschutz der TU Braunschweig. Folgerichtig hatte man den Lehrstuhlinhaber, Prof. Dr.-Ing. Dietmar Hosser, gebeten, die neue Brandschutzbemessung nach den Eurocodes zu erläutern.

Die seit 1995 in englischer Originalfassung vorliegenden Eurocodes sind inzwischen als DIN V ENV für die Bemessung von Bauteilen aus Stahlbeton und Spannbeton, Stahl, Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Holz, Mauerwerk und Aluminium mit den nationalen Anwendungsdokumenten für die praktische Anwen-

dung in Deutschland freigegeben worden. Der Eurocode 6 (Mauerwerk) ist jedoch noch unvollständig, ebenso ist der erst kürzlich erschienene Eurocode 9 (Aluminiumkonstruktionen) noch nicht abschließend in DIN V ENV 1996 umgesetzt. Grundsätzlich lässt die neue Normengeneration drei Nachweisverfahren zu, nämlich: Tabellen, den vereinfachten rechnerischen Nachweis und genauere Rechenverfahren.

Im Zuge der Bearbeitung der Eurocodes seien umfangreiche Brandversuche durchgeführt und theoretische Ansätze experimentell weltweit überprüft worden. Es liege jedoch in der komplexen Materie begründet, dass die Forschung bezüglich Feuerwiderstand der Bauteile in allen Teilen noch nicht als abgeschlossen angesehen werden kann. Hosser geht deshalb davon aus, dass insbesondere beim Nachweis des Feuerwiderstands der Bauteile auf der Grundlage von genaueren Rechenverfahren besonders geschulte Prüfm Ingenieure die Sicherheit der Konstruktion überprüfen müssen.

Trotz der schleppenden Fortschreibung der DIN-Normen ist bei den Verbundkonstruktionen eine erfreuliche Entwicklung und Verbreitung zu verzeichnen, wuste Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille von der Bergischen Universität GH Wuppertal zu berichten. Innovative Neuentwicklungen neuer Verbund- und Flachdecken-systeme sowie eine Weiterentwicklung der Verbindungstechnik unter Beachtung der Anforderungen hinsichtlich Brandschutz haben vor allem im Geschoss- und Industriebau verstärkt zur Anwendung von Verbundkonstruktionen

geführt. Die Wirtschaftlichkeit und Eleganz der Verbundbauweise sind in der idealen Komposition von Stahl und Stahlbeton begründet. Jeder Baustoff wird dort platziert, wo seine vorherrschenden Eigenschaften am besten zur Wirkung kommen, erläuterte Prof. Dr.-Ing. Hanswille anhand von Skizzen. Er zeigte aber auch das immer noch bestehende Kuriosum bezüglich der Regelwerke auf. Obgleich der Bemessung von Stahlkonstruktionen längst das probabilistische Sicherheitskonzept zu Grunde liegt, ist die veraltete DIN 18800 (3/1981) nach wie vor bei Bemessung und Ausführung von Verbundkonstruktionen anzuwenden. Demgegenüber sei für reine Stahlbaukonstruktionen wie sie bei Bauzuständen im Verbundbau auftreten, die seit 11/1990 eingeführte DIN 18800 maßgebend. Dies führe in der Praxis vielfach zu Verwirrungen. Hanswille, der maßgeblich an der Vorbereitung und Ausarbeitung der neuen Normengeneration für Verbundkonstruktionen beteiligt ist, geht davon aus, dass mit dem Weißdruck der neuen DIN 1045 auch die E DIN 18800 TS zur Verfügung steht.

Neues aus Forschung und Anwendung im Stahlbeton war das Thema des renommierten Wissenschaftlers und Prüfingenieurs für Baustatik, Prof. Dr.-Ing. Wilfried Krätzig. Nichtlineare Verfahren zur Tragwerksberechnung sind im Stahlbau seit langem üblich und seit Ende 1990 in DIN 18800 geregelt. Ein solches Bemessungskonzept wird erstmalig im EC2 und DIN 1045 zugelassen. Damit ändert sich die bisherige Bemessungspraxis grundlegend. Stets ist ein Tragwerk als Ganzes zu überprüfen, wobei elastische Tragwerksreserven ausgeschöpft werden dürfen. Die von der Querschnittbemessung unabhängige Schnittgrößenberechnung gehört dann ebenso der Vergangenheit an, wie das Superpositionsgesetz nur noch zur Ermittlung der Tragwerksver-

formungen im Gebrauchszustand anzuwenden ist.

Krätzig ging in seinem Vortrag aber noch einen Schritt weiter und erläuterte an einem Mehrschichtenmodell einer Stahlbetonschale die Grundlagen der Plastizitätstheorie im Massivbau. Abgesehen von der Größe und Verteilung der einwirkenden Kräfte, auf z. B. einen Kühlturm, hat man es auf der Widerstandsseite durchweg mit Komponenten des nichtlinearen Materialverhaltens von Stahlbeton, angefangen von der Spannungsdehnungsbeziehung, der Zugrissbildung, dem Fließen der Bewehrung bis hin zu dem nichtlinearen Verbund zwischen Beton und Bewehrung, zu tun. Zur Erzielung einer langen, schädigungsfreien Lebensdauer, z. B. eines Kühlturms, sei eine nichtlineare Computeranalyse unverzichtbar. Große, allgemein einsetzbare Computerprogramme existieren jedoch noch nicht, berichtete Krätzig.

Konstruktionen für bauliche Anlagen müssen für einen ausreichenden Feuerwiderstand bemessen sein. Ja, mehr noch, der gesamte Bauentwurf muss auf die Belange des präventiven und des abwehrenden Brandschutzes abgestellt sein.

Die nordrhein-westfälische Landesbauordnung 2000 fordert als Konsequenz aus dem Flughafenbrand Düsseldorf bei Sonderbauten (§ 54) ein Brandschutzkonzept. Prof. Dipl.-Ing. Ministerialrat (a.D.) H.-G. Temme erläuterte dieses Konzept als Mitautor temperamentvoll, insbesondere die dem Gesetz nachgeordneten Verwaltungsvorschriften hinsichtlich des Inhalts eines Brandschutzkonzeptes.

Entsprechend dem vorrangigen Schutzziel sollen in NRW nach § 58 Brandschutzkonzepte von staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung des Brandschutzes aufgestellt werden. Darüber hinaus dürfen nur solche Sachverständige Brandschutzkonzepte aufstellen, die eine dem staatlich anerkannten Sachverständigen vergleichbare Qualifikation nachweisen können.

Souverän leitete der Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüferingenieure für Baustatik NW, Dr.-Ing. Jörg Erdmann, das Seminar. Das Schlusswort war dem Initiator der Bautechnischen Seminare NRW, dem Leitenden Ministerialrat Dipl.-Ing. D. Eschenfelder, vorbehalten.

Dipl.-Ing. Josef Dumsch

## Der Bauwerks-Pass wird von der Fachwelt gut aufgenommen

Der Bauwerks-Pass, den die Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik (BVPI), die Bundesingenieurkammer und das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung im Frühjahr fertiggestellt und veröffentlicht haben, hat eine erfreulich große Resonanz hervorgerufen: Allein von der Website der BVPI wurde er in den vergangenen Wochen mehr als fünfhundert Mal herunter geladen. Bekanntlich ist dieser Pass entwickelt worden, um alle Daten aufzunehmen, die für eine Archivierung bautechnischer

Unterlagen notwendig sind (s.a. *Der Prüferingenieur* Heft 17, S. 8). Im Bauwerks-Pass werden alle am Bau Beteiligten verzeichnet und eine Kurzbeschreibung aller Gewerke der vollständigen Dokumentation vorangestellt. Er unterstützt so die unter Fachleuten absolut unstrittige Notwendigkeit der sachgerechten Dokumentation aller Bauwerksdaten als einer qualitätssichernden Maßnahme am Bau und am Immobilienmarkt. Der Bauwerks-Pass kann nach wie vor unter [www.bvpi.de](http://www.bvpi.de) eingesehen und herunter geladen werden.

**Parlamentskreis Mittelstand ist sich einig:**

## CDU/CSU: Bautechnische Prüfung darf nicht ersatzlos gestrichen werden

**Doss: Zu befürchtende Qualitätseinbußen im Bausektor müssen verhindert werden**

Rückendeckung aus Reihen der CDU-Bundestagsfraktion erhalten die Prüfengeure bei ihrer Forderung nach dem Erhalt der bautechnischen Prüfung. Dies ist das Ergebnis eines Gespräches zwischen der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (BVPI) und dem Parlamentskreis Mittelstand der CDU/CSU-Bundestagsfraktion. Es ging unter anderem um den ersten Entwurf der Musterbauordnung, der zur Zeit in den politischen Gremien diskutiert wird.

Der Vorsitzende des Arbeitskreises, Dr.-Ing. h.c. Hans-Jürgen Doss, sagte bei diesem Gespräch, das Ziel der Politik müsse es sein, die sich nach Informationen der BVPI abzeichnenden dramatischen Qualitätseinbußen im Bausektor zu verhindern. Die rot-grüne Deregulierung im Baugenehmigungsverfahren bedeute in der Praxis häufig

lediglich die Abschaffung von Prüfungen, heißt es in der Erklärung.

Der Arbeitskreis Mittelstand sieht in der bautechnischen Prüfung, „eine bewährte Kontrollinstitution zur Qualitätssicherung als Präventivmaßnahme“. Sie dürfe nicht ersatzlos gestrichen werden, forderte Doss. Unabhängige

Kontrollen nach dem Vier-Augen-Prinzip seien unverzichtbar.

Der Präsident der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik, Dr.-Ing. Günter Timm, hatte in dem Gespräch darauf hingewiesen, dass „dramatische Qualitätseinbußen“ der Bauwerke zu erwarten seien, wenn der gegenwärtig aktuelle Entwurf der Musterbauordnung in den Ländern realisiert würde, in dem die vollständige Abschaffung des amtlich beauftragten Prüfengeurs zu Gunsten eines privat beauftragten Sachverständigen gefordert wird. Komplizierte Tragstrukturen, so Timm, und immer höhere Ausnutzungsgrade erforderten „sinnvolle unabhängige Kontrollen nach dem Vier-Augen-Prinzip“.

Doss, der als erfahrener Architekt auch mit den Problemen der Ingenieure gut vertraut ist, war übrigens auch einer der Initiatoren der „Offensive für die Bauwirtschaft“, einem umfangreichen Forderungskatalog zur Stärkung der Branche, den die CDU/CSU-Bundestagsfraktionen im Bundestag eingebracht hat.

**Zur Beseitigung von „Unsicherheiten“**

## BÜV gründet Arbeitskreis für Windkraftanlagen

Weil es im Genehmigungsverfahren von Windkraftanlagen bei der Prüfung und Überwachung eine Reihe von Unsicherheiten gibt, hat der Bau-Überwachungsverein (BÜV) einen Arbeitskreis für Windkraftanlagen ins Leben gerufen.

Der neue Arbeitskreis hat sich unter anderem die Aufgabe gesetzt, Vorschläge und Lösungen für derzeit noch offene Fragen zu erarbeiten. Schon bei der ersten Sitzung des neuen Arbeitskreises konnte eine Liste von Problemen zusammengetragen werden, deren Bearbeitung nun ansteht.

Beispielhaft sei hier genannt:

- Bei der Bemessung des Turmes werden Windansätze und Turbulenzen zugrundegelegt, obwohl die Abstände der Anlagen untereinander erst im Genehmigungsverfahren sicher feststehen und neue Ansätze nötig werden könnten.
- Für die Berechnung der Betriebsfestigkeit werden derzeit in der Regel 20 Jahre angesetzt.

Während dieser Zeit – und auch danach – werden aber keine Überwachungen, wie sie beispielsweise für Brücken üblich sind, vorgeschrieben. Deshalb empfiehlt der Arbeitskreis ein „Anlagenbuch“ (analog dem Brückenbuch) und verpflichtende Überwachungsintervalle.

■ Auch bei der Bemessung im Hinblick auf nicht ruhende Belastung und die Ausführung der Stahlbetonteile zeigen Schadensbeispiele, dass hier viel Aufklärungsarbeit zu leisten ist.

**Gut besuchtes Fachseminar über die neuen Normen**

## Bundesvereinigung informierte über Einwirkungen auf Brücken

**Staatssekretär Nagel: Einführung der europäischen Normen erfolgt im Jahr 2002**

So früh wie kaum eine andere berufsständische Organisation hat die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) ihre Mitglieder und die interessierte Fachöffentlichkeit mit Informationen über die bevorstehende Umstellung der Bemessungsnormen auf das probabilistische Bemessungssystem versorgt. Mehr als 200 Besucher haben beispielsweise das Seminar-Angebot der BVPI im Oktober 2001 in Hamburg angenommen, Grundlegendes und Weiterführendes über „Einwirkungen auf Brücken“ zu erfahren.

Das in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsbereich Massivbau der Technischen Universität Hamburg-Harburg durchgeführte Seminar wurde von hochkarätigen Referenten bestritten. So referierten Prof. Dr.-Ing. Fritz Großmann von der Kölner Bundesanstalt für Straßenwesen über die nationale Umsetzung der Eurocodes für Brücken und über Einwirkungen auf Straßenbrücken (s.a. *Der Prüfsingenieur* Heft 17, S. 46), und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Quast gab einige handfeste Antworten auf die philosophische Frage, was Sicherheit bedeute. Die fachlich-praktischen Hintergründe der Anpassungsfaktoren für Schwerlastfahrzeuge und die Regelungen zur Ermüdung von Straßenbrücken beleuchtete Univ.-Prof. Dr.-Ing. Balthasar Novák, und Baudirektor Dipl.-Ing. Hartmut Freystein vom Eisenbahn-Bundesamt beschrieb in zwei erschöpfenden Vorträgen die Einwirkungen auf Eisenbahnbrücken. Die Einführung in das Thema und die Moderation des Seminars oblagen dem Präsidenten der BVPI, Dr.-Ing. Günter Timm.

Einige Tage vor diesem Termin hatte das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Woh-

nungswesen (BMVBW) die Umstellung der bautechnischen Bestimmungen im Brücken- und Ingenieurbau mit einer offiziellen Auftaktveranstaltung in der Bundesanstalt für Straßenwesen in Köln eingeleitet.

Das BMVBW hatte diese Veranstaltung zusammen mit dem DIN, der Deutschen Bahn AG und

dem Eisenbahn-Bundesamt organisiert.

Allgemeinpolitisch hatte dort der Staatssekretär im BMVBW, Ralf Nagel, darauf hingewiesen, dass die kurzfristige Änderung der Normen für die Ingenieure in den Verwaltungen, den Ingenieurbüros und in den Baufirmen eine große Herausforderung aber auch eine große Chance sei, sich in einem zusammenwachsenden Europa frühzeitig mit den europäischen Regelungen vertraut zu machen und neue Marktchancen zu nutzen. Er bekräftigte die Absicht der Bundesregierung die neuen europäischen Normen für Verkehrsbauwerke nach der einjährigen Erprobungsphase bereits 2002 offiziell einzuführen und die nationalen Normen dann zu ersetzen.

Die Schulungsveranstaltungen, die jetzt überall in Deutschland für die neuen Euro-Normen durchgeführt werden, werden übrigens von der Bundesanstalt für Straßenwesen im Internet veröffentlicht und laufend aktualisiert. Die Adresse: [www.bast.de](http://www.bast.de) → *Fachthemen*.

## Auch Hamburg und Brandenburg haben jetzt eine eigene Bewertungs- und Verrechnungsstelle

Auch in Brandenburg und Hamburg gibt es jetzt eine Bewertungs- und Verrechnungsstelle. In Brandenburg wurde sie im Juli ins Leben gerufen. Sie wird ihre Anlaufphase und ihren Einzug in die Geschäftsstelle zum Ende dieses Jahres beendet haben und ab Januar 2002 voll funktionsfähig sein. Für Informationen und Auskünfte steht sie aber schon jetzt zur Verfügung. Interessenten wenden sich bitte an die: Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsingenieure für Baustatik, Dr.-Ing. Fischer, Glasmeisterstr. 5+7, 14482 Potsdam, Tel.: 0331/7476113, Fax: 0331/ 7476181.

Die Hamburger „Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsingenieure für Bautechnik GmbH“ wurde schon im Mai gegründet. Sie ist unter folgender Adresse erreichbar: Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsingenieure für Bautechnik GmbH, Dipl.-Ing. Karl L. Widow, Rupertistraße 25, 22609 Hamburg, Tel./Fax: 040/8276 94.

Die Adressen aller übrigen Bewertungs- und Verrechnungsstellen können bei der Geschäftsstelle der BVPI (Tel.: 040/303795011) in Erfahrung gebracht oder dem *Prüfsingenieur* (Heft 18, S. 13) entnommen werden.

**Für Bauzeichnungen gibt es zwei ISO-Normen, aber:**

## Im Massivbau wird mit einer ungültigen Norm gearbeitet

**DIN 1365, Teil 10, wird weiter angewendet, obwohl sie längst zurückgezogen worden ist**

Wie ein Kuriosum mutet die Situation an, die dadurch entstanden ist, dass die DIN 1365, Teil 10 (Bauzeichnungen – Bewehrungszeichnungen) zurückgezogen und durch zwei ISO-Normen ersetzt worden ist. Weil diese Normen der deutschen Fachwelt unbekannt sind und weil sie obendrein für die Praxis unbrauchbar sind, wird im Massivbau mit einer ungültigen Norm gearbeitet. Jetzt aber ist Abhilfe in Sicht, wie der Initiator der „Rettungsaktion“ nachfolgend berichtet.

Für jeden Prüflingenieur gehört das Prüfen von Bewehrungszeichnungen zum täglichen Geschäft. Grundlage war und ist die DIN 1365, Teil 10 (Ausgabe Februar 1991).

Jetzt hat sich jedoch herausgestellt, dass im deutschen Normendickicht zwei internationale Normen existieren, die laut darin gemachter Aussage die DIN 1365, Teil 10 (Ausgabe Februar 1991) ersetzen sollen, nämlich:

- DIN ISO 3766 „Zeichnungen für das Bauwesen“ – Vereinfachte Darstellung von Bewehrungen (Ausgabe September 1996) und
- DIN ISO 4066 „Zeichnungen für das Bauwesen“ – Stabliste (Ausgabe September 1996).

Als Herausgeber zeichnen der DIN-Normenausschuss Technische Produktdokumentation (NATPD) und der DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABAU). Jede dieser beiden internationalen Normen ist, wie es dort wörtlich heißt, „... unverändert in diese deutsche Norm übernommen“ und „unter Beteiligung deutscher Fachleute ausgearbeitet“ worden.

Die erste Aussage mag stimmen, die zweite scheint mir nur mit Einschränkungen gültig zu

sein. Denn: Beide ISO-Normen sind der deutschen Fachwelt unbekannt und für die Praxis unbrauchbar, so dass in Deutschland der kuriose Fall eingetreten ist, dass im Massivbau ausnahmslos nach einer ungültigen Norm, eben der DIN 1365, Teil 10, konstruiert, bewehrt und abgerechnet wird.

Kontakte des Verfassers mit dem Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein und mit dem Verfasser des Buches „Rohbauzeichnungen – Bewehrungszeichnungen“ (Bauverlag 1997), Diplomingenieur Dames (Hochtief AG), führten im Oktober 2000 zu einer „kick-off“-Sitzung des NATG-F. 6.6 „Bewehrungszeichnungen“, zu der in gegenseitiger Abstimmung der Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), Fachbereich F „Technische Produktdokumentation“ des DIN nach Frankfurt am Main eingeladen hatte. Es trafen sich im Hochtief-Haus: Dirk Machert (NATG), Karl Bumler (Hochtief), Karlheinz Dames (Hochtief) und Hans-Dieter Eisert (BGS Ingenieursozietät).

Dirk Machert berichtete dabei, dass auf Grund von Fehlern in DIN ISO 3766 auf internationaler Ebene zwar kein Zurückziehen der Norm, dafür aber eine Überarbeitung begonnen werden solle. Bis-

her hätten Österreich, Schweden und Deutschland ihr Interesse an einer Mitarbeit und unter Umständen auch an einer Übernahme der Projektleitung bekundet.

Um darauf gewappnet zu sein und möglichst bald ein Dokument vorlegen zu können, wurden bereits in dieser Sitzung Fehler in der DIN ISO 3766 korrigiert sowie redaktionelle Änderungen und fehlende Inhalte der DIN 1365, Teil 10, eingearbeitet. Da auch bei der DIN ISO 4066 „Stabliste“ ein erheblicher Überarbeitungsbedarf besteht, war diese danach ebenfalls noch kritisch durchzusehen und zu korrigieren.

Eine zweite Sitzung des NATG-F. 6.6 „Bewehrungszeichnungen“ fand dann am 3. Januar 2001 wieder in Frankfurt am Main statt. Vertreten waren u. a. das DIN, der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein, die Bauindustrie, die Biege- und Verlegefirmen, die Softwarehäuser sowie – durch den Unterzeichner, der bis zu ihrem Erscheinen der letzte Obmann für die DIN 1365, Teil 10, gewesen war – die Prüflingenieure und die Ingenieurbüros. Das Ergebnis war eine um DIN ISO 4066 erweiterte Norm-Vorlage von DIN ISO 3766, deren Endfassung einschließlich englischer Übersetzung zurzeit noch von der Geschäftsstelle des DIN bearbeitet wird.

Weiterhin wurde beschlossen, die Leitung der Arbeitsgruppe (Working Group) WG 17 „Revision of ISO 3766 and ISO 4066“ zu übernehmen, wozu als Leiter („Convenor“) Dr.-Ing. Frank Fingerloos vom Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein gewählt wurde, unterstützt durch die Experten Anja Borchert vom BDB und Karl Bumler von der Hochtief Software GmbH (Frankfurt am Main). Zum Obmann des NATG-F. 6.6 wurde Karlheinz Dames (Hochtief AG, Frankfurt am Main) gewählt.

*Dr.-Ing. Hans-Dieter Eisert*

## Gerhard Böhme †

**Am 6. Juni 2001 verstarb der ehemalige Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure in Schleswig-Holstein, Gerhard Böhme, nach Krankenhausaufenthalt und Rehabilitationsmaßnahme vermeintlich genesen, im Aber von 61 Jahren.**

Gerhard Böhme wurde am 10. Februar 1910 in Eschwege in Hessen geboren. Nach dem Wehrdienst studierte er an der Technischen Hochschule Darmstadt Bauingenieurwesen und schloss das Studium 1968 mit dem Diplom ab. In Brunsbüttel in Schleswig-Holstein begann er seine Berufstätigkeit im Sommer 1968 als Mitarbeiter im Ingenieurbüro des Prüfm Ingenieurs Heinrich Groth. Bald darauf wurde er dort Teilhaber und 1982 vom Innenminister des Landes Schleswig-Holstein als Prüfm Ingenieur für Massiv-, Metall- und Holzbau anerkannt.

Er erfüllte diese Aufgabe ebenso wie die beratende Tätigkeit beharrlich und zielbewusst. Durch seine Kollegialität, seine große Hilfsbereitschaft, seine Bescheidenheit und sein hohes Engagement war Gerhard Böhme in beruflicher wie in fachlicher und persönlicher Hinsicht ein Vorbild.



*Gerhard Böhme †*

Die Vereinigung der Prüfm Ingenieure für Baustatik des Landes Schleswig-Holstein, deren Vorsitz er seit 1995 bis kurz vor seinem Tod innehatte, führte er in der Vorstandsarbeit über viele Jahre. Im Erweiterten Vorstand der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik, in dem er die Interessen der Prüfm Inge-

nieure aus Schleswig-Holstein mit Engagement vertrat, war er stets ein gern gesehener Diskutant, dessen Meinung von allen Kollegen sehr geschätzt wurde.

Sein Büro führte er erfolgreich und mit Leidenschaft, so dass seine vielfältigen weiteren Interessen dahinter zurücktreten mussten. Dies gilt auch für seine Familie, obgleich er es als Familienmensch immer verstanden hat, seine Frau und seine drei Söhne in den Alltag zu integrieren.

Entspannung fand er bei Musik und Literatur, und als aufmerksamen Beobachter begeisterte ihn besonders das Fotografieren einschließlich der Dunkelkammerarbeit.

Wir werden Gerhard Böhme, den wir als Kollegen und als Menschen hoch geschätzt haben, sehr vermissen und werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

*Im Namen der Vereinigung der Prüfm Ingenieure für Baustatik des Landes Schleswig-Holstein*

*Klaus Domröse*

### Koordination von Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen

## DPÜ-Lehrgang zum Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator

Das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) bietet seit kurzem einen modular aufgebauten Lehrgang mit umfassender Prüfung an, in dem sachkundige, zertifizierte Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren ausgebildet werden. Im Bedarfsfall können die verschiedenen Prüfungsmodule auch einzeln als Fortbildung genutzt werden.

Nach bestandener Prüfung kann dem Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator ein Vertrag über die Zusammenarbeit mit der Zertifizierstelle angeboten werden. Dieser Vertrag regelt u. a. die Rechte und Pflichten des Inha-

bers eines Zertifikates für Personen mit sicherheitsrelevanten Prüf-, Überwachungs- und Koordinierungstätigkeiten, die Leistungen der Zertifizierstelle und die finanziellen Grundlagen des Vertragsverhältnisses. Ein so zertifi-

zierter Koordinator bietet dem Bauherrn große Kompetenz und Zuverlässigkeit.

Die Voraussetzungen zur Fortbildung sowie die Termine der einzelnen Module und Prüfungen können erfragt werden bei der Zertifizierstelle des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung, Ferdinandstraße 47, 20095 Hamburg, Fax: 040/353565.

## Die DPÜ-Zertifizierungsstelle hat ihre Arbeit aufgenommen

### Qualitätssiegel für Prüf-Sachverständige

Das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) hat als Antwort auf die europäischen Entwicklungen eine Zertifizierungsstelle gegründet, die – streng nach der Qualitätsnorm DIN EN 45013 – hochqualifizierte Prüfsachverständige zertifiziert und überwacht. Als erstes wurde ein Ausbildungsprogramm für Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren auf Basis der europäischen Baustellenrichtlinie entwickelt.

Das DPÜ, das in Heft 18 des *Prüfingenieurs* detailliert vorgestellt wurde, ist eine von den Prüfingenieuren für Bautechnik und den Prüfsachverständigen der Technischen Organisation von Sachverständigen (TOS) ins Leben gerufene fachübergreifende Prüfinstitution. Sie hat kürzlich die ersten Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren ausgebildet, die ihre Prüfung erfolgreich abgelegt, einen Zertifizierungsvertrag unterschrieben und sich mit einer strengen Über-

wachung durch das DPÜ einverstanden erklärt haben.

Als nächstes wird dieses System auf Prüfsachverständige für die „ganzheitliche Prüfung“ des DPÜ erweitert.

Die ganzheitliche Prüfung gliedert sich in 18 Module, deren Prüfinhalte in den einzelnen Arbeitskreisen festgelegt werden. Basis bilden die Prüfinhalte des Prüfingenieurs für Baustatik, der die bautechnischen Unterlagen

überprüft und auf der Baustelle bis hin zur Fertigstellung des Rohbaus überwacht.

Ergänzt wird dieses Basismodul durch die Prüfung aller anderen Gewerke wie beispielsweise aller Ausbaugewerke sowie der technischen Gebäudeausrüstung. Eine Reihe von Unterlagen, wie beispielsweise Musterverträge zwischen Bauherren und Prüfsachverständigen, Musterverträge für Arbeitsgemeinschaften unter den Sachverständigen und Informationsunterlagen für den Bauherren über die ganzheitliche Prüfung stehen den Prüfsachverständigen des DPÜ zur Verfügung.

## DPÜ unterstützt „Europäische Markenhäuser“

Die Sachverständigen und Prüfingenieure des BÜV und der TOS, die im Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) Mitglied sind, werden künftig die qualitätssichernde unabhängige Bauwerksbegleitung übernehmen, die die Mitgliedsunternehmen des Wirtschaftsverbandes „Das Europäische Markenhäuser“ ihren Kunden zusagen.

Dieser Verband hat 14 Fertighaus- und Massivhausanbieter als Mitglieder, die sich den folgenden Qualitätskriterien unterworfen haben, die dieser Verband von seinen Mitgliedern verlangt.

- optimale, regelmäßige geprüfte handwerkliche Qualität,
- ökonomische Erschwinglichkeit eines Eigenheims,
- ökologische Innovationen,
- anspruchsvolle Architektur,
- eine Vollkaskoabsicherung gegen alle während und nach der Bauphase auftretenden Probleme.

Vorsitzender des Verbandes ist Heinz H. Lachmann, sein Stellvertreter ist der ehemalige Ministerpräsident von Schleswig-Holstein, Björn Engholm.

## Seminare zur Prüfungsvorbereitung der TOS finden großen Zuspruch

Die Seminare, die die Technische Organisation von Sachverständigen (TOS) regelmäßig anbietet, um auf die Prüfung zum anerkannten Sachverständigen für die Prüfung von

- Lüftungstechnischen Anlagen,
- CO-Warnanlagen in Großgaragen und
- Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

veranstaltet, werden von der Fachwelt sehr gut frequentiert.

Für das jüngste Seminar dieser Art, das am 21. und 22. September im VDI-Haus in Stuttgart stattfand, hatten sich so viele Interessenten angemeldet, dass die individuelle Betreuung der Teilnehmer gelit-

ten hätte. Es wurde deshalb am 24. und 25. September ein Folgeseminar anberaumt. Die weiteren Termine können in der Geschäftsstelle der TOS erfragt werden (Tel.: 040/303795140, Fax: 040/353565).

Die fachkundig von Dipl.-Ing. Gabriele Albers, Dipl.-Ing. Andreas Elsäßer, Dipl.-Ing. Manfred Herrmann und Dipl.-Ing. Peter Kunert moderierte Veranstaltung vermittelt nicht nur das notwendige technische Prüfungswissen, sondern auch die rechtlichen und normenrelevanten Grundlagen. Es dient damit, wie der Vorsitzende der TOS, Dr.-Ing. Harald Bitter, immer wieder betont, dem Hauptziel der TOS, die hohe Qualifikation der Sachverständigen auf diesen Gebieten zu sichern.

**Reaktion auf die EnEV:****DPÜ gründete Arbeitskreis für „Energie und Bauwerk“**

**Das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung hat einen Arbeitskreis „Energie und Bauwerk“ gegründet, der sich schwerpunktmäßig mit dem Energiehaushalt von Gebäuden auseinander setzen wird.**

Der neue Arbeitskreis soll die Arbeitsgrundlagen für die Prüfsachverständigen des DPÜ schaffen, die im Zuge der neuen Energieeinspar-Verordnung

(EnEV) und der mit ihr verbundenen Energiebilanzierungen von Gebäuden, zum Beispiel der Beurteilungen der Transmissionswärme- und Lüftungswärmever-

luste, der Energieverluste der Heizungsanlage und der Beurteilung der Primärenergie gebraucht werden. Auch Seminare, der kollegiale Erfahrungsaustausch und die Weiterbildung, die von der – ebenfalls neuen – DPÜ-Zertifizierungsstelle (s. Seite 16) organisiert und durchgeführt werden, sind in Vorbereitung.

Eine Zusammenarbeit mit dem neu gegründeten Verein „Zukunftsorientierte Gebäudemodernisierung Mecklenburg-Vorpommern e.V.“ (ZGMV) soll weitere fruchtbare Ergebnisse liefern.

**Baden-Württemberg: Viel Zuspruch zur Arbeitstagung 2001 in Freudenstadt****Deregulierungsfolgen eindringlich beschrieben**

**180 Prüfsachverständige und Gäste trafen sich traditionell am letzten Juniwochenende in Freudenstadt zur diesjährigen Arbeitstagung der Landesvereinigung der Prüfsachverständigen in Baden-Württemberg, deren Schwerpunkt zwei Vorträge über die Folgen weiterer Deregulierungsschritte im Bauwesen waren.**

Der Leiter des Berliner Prüfamtes, Dr.-Ing. Peter Wagner, zeigte mit seinem Vortrag (abgedruckt im *Deutschen Ingenieurblatt* September 2001), dass die im Entwurf einer neuen Musterbauordnung diskutierte Zersplitterung der bautechnischen Prüfung in privat beauftragte „Sachverständige für Standsicherheit“ und behördlich beauftragte Prüfsachverständige für Baustatik kontraproduktiv sei und Prof. Dr.-Ing. Klaus Hilmer (Nürnberg) ergänzte diese Aussagen um solche Beispiele, die im Grundbau aus der weitgehenden Befreiung von präventiven Prüfungen resultieren.

In den letzten Jahren sind schon viele Einrichtungen, die sich bewährt hatten, ohne Not zerschlagen worden, nur weil Veränderung und Deregulierung z.Zt. in Mode sind. Die Zersplitterung der

bautechnischen Prüfung würde aber zweifellos zur Verringerung der Sicherheit unserer Bauwerke führen.

Mit der Umsetzung der Energie-Einsparverordnung und den dazugehörigen baurechtlichen Zusammenhängen befasste sich MinRat Dipl.-Ing. Helmut Ernst vom baden-württembergischen Wirtschaftsministerium in seinem Vortrag. Prof. Dr.-Ing. Schlaich (Stuttgart) zeigte in seiner gewohnt eindrucksvollen Art anhand vieler Beispiele aus der eigenen Praxis Möglichkeiten und Problempunkte leichter Tragwerke auf.

Am Beispiel von Hammerkopfschrauben beschrieb Dr.-Ing. Herbert Wippel (Karlsruhe) unter dem Titel „Glaube und Wirklichkeit“ die Bandbreite möglicher

Rechenergebnisse bei geringfügiger Veränderung der Eingangsparmeter in der Berechnung und der Vorsitzende des statisch konstruktiven Ausschusses der Landesvereinigung der Prüfsachverständigen für Baustatik, Prof. Dipl.-Ing. Dieter Steinmetz (Ettlingen), erläuterte in einem kurzem Überblick die Arbeit dieses Ausschusses.

Last but not least gaben er und Dipl.-Ing. Mathias Gerold (Karlsruhe) in einem Doppelvortrag anhand vieler praktischer Beispiele noch praxisbezogene Hinweise auf die Anforderungen an die Konstruktion und Bemessung von Nagelplattentragwerken.

Einen besonderen Glanzpunkt setzte aber noch Prof. Dr.-Ing. Heinz Duddeck (Braunschweig) mit seinen philosophischen Betrachtungen „Wie Wissenschaft den Menschen kränkt - Und wie sie dennoch zur Heiterkeit des Geistes beiträgt“. Viele von denen, die diesem Vortrag aufmerksam gelauscht haben, werden dennoch froh sein, ihn nachlesen zu können. Der Berichtsband zur diesjährigen Arbeitstagung wird in Kürze zur Verfügung stehen und kann dann bei der Landesvereinigung käuflich erworben werden (Fax: 0621/41949-75).

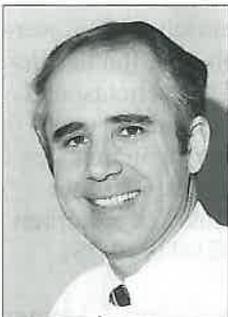
*Dipl.-Ing. J. Steiner*

# Die Grundlagen der Gentechnik und ihre Anwendung bei der Enträtselung eines neuen Virus

## Wissenschaftliche Fortschritte lassen uns das menschliche Leben in neuem Licht betrachten

Jedes Jahr bringt die Bundesvereinigung der Prüflingenieur auf ihren Arbeitstagen einen Vortrag, der nicht zu den originären Fachgebieten ihrer Mitglieder gehört. Dieses Jahr stand die Gentechnik auf dem Programm. Dieser Vortrag, nachfolgend wiedergegeben, beschreibt, wie die Entschlüsselung des menschlichen Genoms und die immer detaillierteren Erkenntnisse über die biologischen Funktionen unseres Erbmaterials Fortschritte in der wissenschaftlichen Forschung brachten, die berechtigtes Staunen erwecken. Durch die neuen Erkenntnisse wird das menschliche Leben in einem neuen Licht betrachtet.

### Prof. Dr. med. Rainer Laufs



*studierte bis 1963 Medizin in Freiburg, München und Wien, habilitierte sich in Göttingen und wurde 1978 als ordentlicher Professor an die Universität Hamburg berufen; heute ist er Direktor des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Immunologie des Universitätsklinikums in Hamburg-Eppendorf*

## Einleitung

Der Platz reicht nicht aus, um hier auf alle Aspekte der Gentechnik detailliert einzugehen, z.B. auf das Human-Genom-Projekt, die Präimplantationsdiagnostik, die prädikativen Gentests an Arbeitnehmern vor der Aufnahme in eine Kranken- oder Lebensversicherung, die somatische und die Keimbahntherapie, das therapeutische Klonen embryonaler Stammzellen und das so genannte reproduktive Klonen – Stichwort Dolly –, um nur einige besonders aktuelle Themen zu benennen. Über alle diese genannten Bereiche mehren sich die hoffnungsvollen und die besorgten Stimmen. Aus meiner Sicht sind aber die Berichte über die erhofften medizinisch-therapeutischen Anwendungsmöglichkeiten als auch über die potenziellen Gefahren der Gentechnologie durch Übertreibungen gekennzeichnet. Häufige Ursache dieser Übertreibungen sind mangelnde Kenntnisse über die experimentellen Grundlagen der Gentechnologie.

Ich werde deshalb im folgenden Beitrag versuchen, das Methodenrepertoire der Gentechnologie in seinen Grundzügen zu erklären. Ich fühle mich dazu auch deshalb herausgefordert, weil Bauingenieure mit dem Zerlegen und Konstruieren und mit Sicherheitsproblemen berufsmäßig zu tun haben. Wenn es mir gelingt, Ihnen die methodischen Grundlagen der Gentechnologie zu vermitteln, dann haben Sie die Basis dafür, um bei Anwendungsaspekten der Gentechnologie deren Möglichkeiten und Grenzen besser abschätzen zu können.

## Die Entdeckung der Methoden

Die wesentlichen Entdeckungen der methodischen Grundlagen der Gentechnologie stammen aus der Mikrobiologie, und zwar aus der Medizinischen Mikrobiologie. Da ich selbst in den vergangenen 30 Jahren aktiv an den Entwicklungen in diesem Bereich teilgenommen habe, kann ich Ihnen die Gentechnologie am leichtesten verständlich machen, wenn ich Ih-

nen die eigenen Stationen beschreibe. In dieser Zeit hat es in der Medizinischen Mikrobiologie folgende neue, unerwartete Entwicklungen gegeben, die alle eng mit der Gentechnologie zusammenhängen:

- Erstens die rasche Entstehung und Ausbreitung von Bakterien, die gegen mehrere der gebräuchlichen Antibiotika resistent sind,
- zweitens die Möglichkeit, in Bakterien seltene Naturstoffe zu produzieren wie z.B. Insulin, Interferon oder den Impfstoff gegen die Hepatitis B, und
- drittens schließlich Möglichkeiten zur Enträtselung neuer Viren.

Die Methoden der Genübertragung, welche die Bakterien benutzen, um sich dem Zugriff der Antibiotika zu entziehen und den Menschen zu kolonisieren, sind im Prinzip die gleichen, die in der Gentechnologie nachgeahmt werden, um Gene von höheren Organismen, z.B. vom Menschen, im Bakterium *Escherichia coli* zu vermehren und ihre Genprodukte im Reagenzglas herzustellen. Die Grundphänomene der Genübertragung können wir am besten am Beispiel der infektiösen Antibiotikaresistenz kennen lernen. Wie kam es zu diesen Entdeckungen?

Gen-spezifische Proteine synthetisiert. Diese wiederum bauen die Zelle auf und steuern ihren Stoffwechsel (Abb. 1).

## Plasmide und infektiöse Antibiotikaresistenz

Fast alle klinischen Bakterienisolate besitzen neben der genetischen Information im Ringchromosom noch extrachromosomale DNS, es handelt sich dabei um Ringe aus Doppelstrang-DNS, die als Plasmide bezeichnet werden. Die Plasmide vermehren sich unabhängig und nicht synchron mit dem Ringchromosom. Ihre DNS macht etwa 1 bis 10 Prozent der DNS der gesamten Bakterienzelle aus. Ihre Größe schwankt zwischen 1 und 100 Megadaltons, und sie kommen in einer bis 100 Kopien pro Zelle vor (Abb. 1).

Plasmide können wichtige Funktionen einer Bakterienzelle steuern. Medizinisch besonders interessant ist ihre Bedeutung als Träger von Resistenzgenen bei der infektiösen Antibiotikaresistenz. Plasmide, die Resistenzgene tragen, nennt man Resistenzfaktoren oder auch Resistenzplasmide. Es gibt mehrere Wege, auf denen sich die Resistenzgene der Plasmide ausbreiten können. Einmal dadurch, dass die Resistenzplasmide innerhalb einer Bakterienzelle mit dieser durch Infektion von einem Menschen zu einem anderen gelangen.

## Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure

Die Erbsubstanz der Bakterien besteht aus einem Ringchromosom aus Desoxyribonukleinsäure. Vereinfacht gesprochen besteht die Erbsubstanz in den Zellen aller Lebewesen, also bei Mikroben, Pflanzen, Tieren, und Menschen, aus Desoxyribonukleinsäure, abgekürzt DNS. Man kann sich ein solches Molekül als einen Faden vorstellen, der eine Notenschrift trägt. Allerdings gibt es statt der sieben Grundtöne der Oktave nur deren vier, und zwar A (für Adenin), C (für Cytosin), G (für Guanin) und T (für Thymin). Diese Töne sind auf der Nukleinsäure wie in der Notenschrift zu Tonfolgen aufgereiht. Eine Erbanlage bzw. ein Gen ist somit mit einer Melodie zu vergleichen, alle Melodien einer Zelle zusammen genommen ergeben die genetische Information dieser Zelle. Die Nukleinsäure verdoppelt sich, ehe sich eine Zelle in zwei Tochterzellen teilt, sodass die gleichen Erbmelodien an beide Tochterzellen weitergegeben werden können. Sie wird außerdem in der Zelle wie ein Tonband abgespielt. Und genauso, wie wir einzelne Melodien als solche erkennen und auf sie verschieden reagieren, reagiert die Zelle auf das Ertönen der Erbmelodien durch eine spezifische Leistung. Es kommt zur Genexpression, d.h. es werden

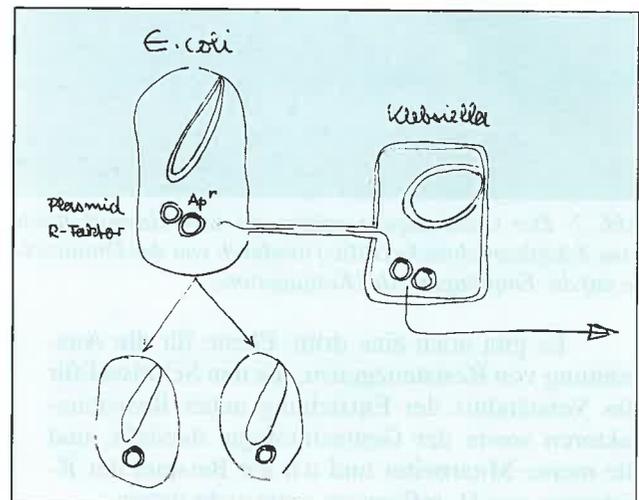


Abb. 1: Die Erbsubstanz der Bakterien besteht aus einem Ringchromosom aus Desoxyribonukleinsäure (DNS). Daneben besitzen viele Bakterien noch extrachromosomale DNS, es handelt sich dabei um kleine Ringe aus Doppelstrang-DNS, die als Plasmide bezeichnet werden. Sie können Antibiotikaresistenzgene tragen (R-Faktor) und diese über Speziesbarrieren hinweg von einer Zelle in eine andere transportieren, z.B. von *E. coli* in *Klebsiella* (infektiöse Antibiotikaresistenz).

## Genübertragung durch Konjugation

Die zweite Ebene, auf der sich Resistenzplasmide ausbreiten, sind die Bakterienzellen selbst. Im Unterschied zum Ringchromosom können sich Plasmide auch horizontal ausbreiten. So ein Resistenzplasmid kann durch Konjugation von *Escherichia coli* auf andere Bakterien, z.B. *Klebsiella pneumoniae* übertragen werden, also von einem Durchfallerreger auf einen Erreger der Lungenentzündung. Plasmide sind infektiös, auch für Bakterien anderer Spezies (Abb. 1).

Resistenzplasmide haben zwei wichtige Eigenschaften: Sie machen ihren Wirt antibiotikaresistent und gleichzeitig befähigen sie ihn, diese Antibiotikaresistenz auf andere Bakterien zu übertragen. Der *Klebsiella* Rezipient des R-Faktors von *E. coli* wird also nicht nur antibiotikaresistent, sondern auch seinerseits wieder ein Donor von Resistenzplasmiden für weitere Bakterien. Auf diese Weise können sich die Resistenzgene wie eine Infektionskrankheit in kurzer Zeit auf viele Bakterien unterschiedlicher Spezies ausbreiten. Die Übertragung erfolgt durch Konjugation (Abb. 2).

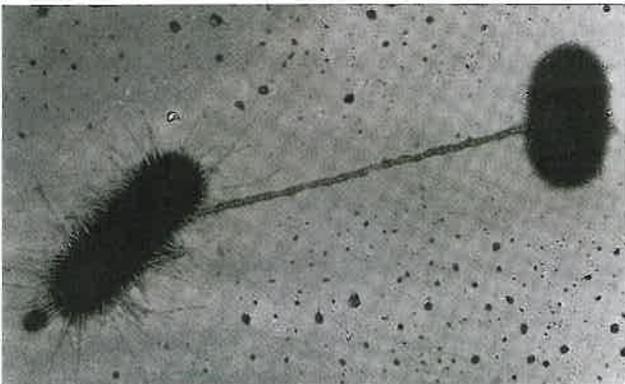


Abb. 2: Der Gentransport erfolgt mit dem Plasmid durch eine Zytoplasmabrücke (Pilus) hindurch von der Donorzelle auf die Empfängerzelle (Konjugation).

Es gibt noch eine dritte Ebene für die Ausbreitung von Resistenzgenen, die den Schlüssel für das Verständnis der Entstehung neuer Resistenzfaktoren sowie der Gentechnologie darstellt, und die meine Mitarbeiter und ich am Beispiel der R-Faktoren von *H. influenzae* untersucht haben.

## Genübertragung durch Transformation

Nach Jahrzehnten erfolgreicher Ampicillintherapie von eitrigen *H. influenzae* Meningiti-

den sind auch in der Bundesrepublik ampicillinresistente *H. influenzae*-Stämme aufgetreten. Es kam zu Todesfällen unter der Ampicillintherapie von eitrigen Haemophilusmeningitiden, die durch resistente Stämme verursacht waren.

Ursache für den Tod eines Kindes in Krefeld war ein Resistenzplasmid. Die zirkuläre Doppelstrang-DNS des Krefelder Plasmids haben wir in offener Form im Elektronenmikroskop in 20.000-facher Vergrößerung fotografiert, und wir konnten zeigen, dass auf diesem Ringmolekül die Gene für die Ampicillinresistenz lokalisiert sind (Abb. 3).



Abb. 3: Doppelstrang-DNS eines Plasmids mit Resistenzgenen in 20.000facher Vergrößerung.

Der sichere Beweis dafür, dass die Resistenzgene tatsächlich auf diesem Plasmid liegen, kann durch Transformation erbracht werden. Es handelt sich dabei um die Übertragung der Plasmid-DNS in eine andere Zelle, die durch das Plasmid dann ebenfalls resistent wird.

Wir extrahieren deshalb die DNS aus der ampicillinresistenten Haemophiluszelle. Die Plasmid-DNS kann man von der chromosomalen DNS im Dichtegradienten in der Ultrazentrifuge trennen, so-

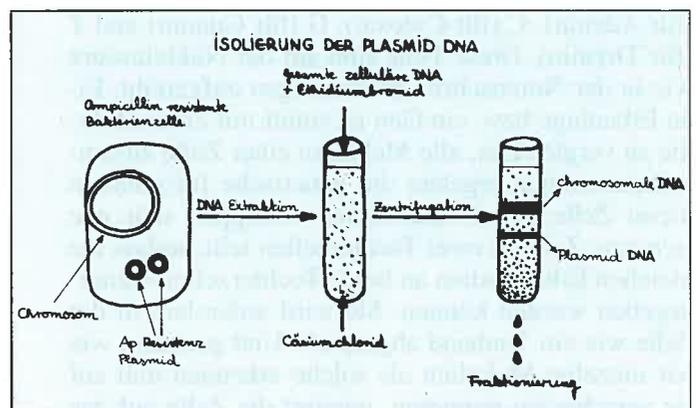


Abb. 4: Schema der Isolierung von Plasmid-DNS aus Bakterienzellen durch Ultrazentrifugation.

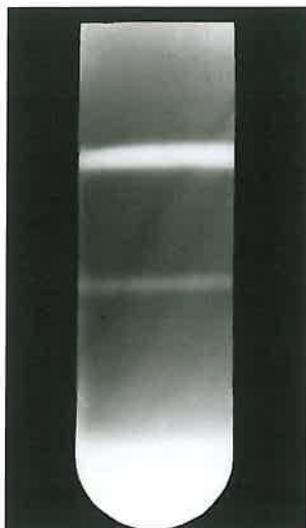


Abb. 5: Ergebnis der Trennung von chromosomaler DNS (obere Bande) und Plasmid-DNS (untere Bande) nach Ultrazentrifugation des Bakterienlysates.

dass die Plasmid-DNS und die chromosomale DNS im Gradienten als getrennte Banden erscheinen (Abb. 4 und Abb. 5).

Wir haben die gereinigte Plasmid-DNS aus dem Krefelder Haemophilus Stamm in eine

mit  $\text{CaCl}_2$  vorbehandelte E. coli Zelle überführt, die jetzt durch die fremde Plasmid-DNS ebenfalls ampicillinresistent wurde und das Plasmid replizierte. Man nennt diesen Vorgang Transformation. Die zellfreie Übertragung von Erbmaterial ist ein wichtiges Grundelement der Gentechnologie (Abb. 6).

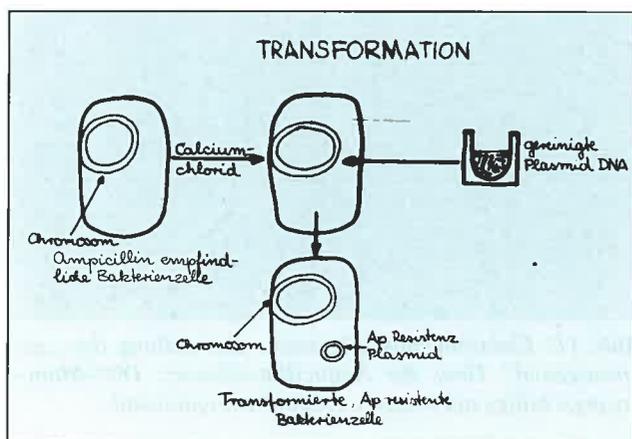


Abb. 6: Schematische Darstellung der Übertragung der gereinigten Erbinformation aus dem Reagenzglas in eine neue Wirtszelle. Dieser als Transformation bezeichnete Vorgang ist ein Kernstück der Gentechnologie.

## Elektronenmikroskopische Darstellung von Resistenzgenen

Wir standen vor dem Phänomen, dass die etwa zur gleichen Zeit in verschiedenen Ländern isolierten H. influenzae Plasmide eng miteinander verwandt sind und verschiedene Resistenzgene tragen. Dieser Befund weckte in uns die Vermutung, dass sich diese Plasmide im Wesentlichen nur durch verschiedene Resistenzgene unterscheiden. Um dies nachzuweisen, haben wir aus der Plasmid-DNS dieser Stämme

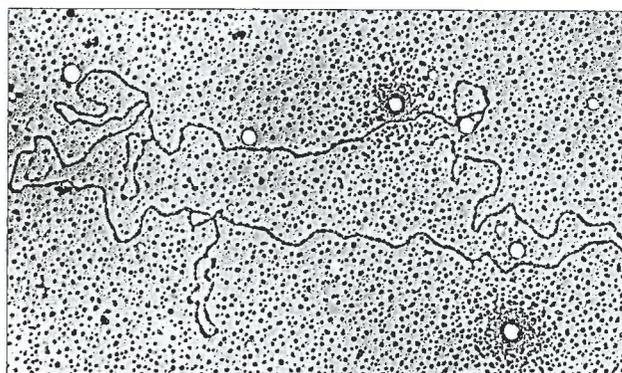


Abb. 7: Elektronenmikroskopische Darstellung der Resistenzgene durch Heteroduplexbildung eines Plasmids mit Ampicillinresistenzgenen (obere Schlinge, die aus dem DNS-Doppelstrang Ringmolekül herausragt) und Tetracyclinresistenzgenen (untere Schlinge).

Heteroduplexmoleküle gebildet und elektronenmikroskopisch untersucht. Wenn unsere Hypothese richtig ist, müsste es möglich sein, die Resistenzgene zu fotografieren. Dies ist uns tatsächlich gelungen.

In Abb. 7 ist ein Heteroduplex zwischen dem Krefelder Ampicillin- und dem Ludwigshafener Tetracyclin-Plasmid dargestellt. Die Doppelstrang-DNS ist an ihrer relativen Breite und daran zu erkennen, dass sie weniger gefaltet ist. Vom Doppelstrang geht ein kurzer Doppelstrangstiel ab, der in eine Monostrangschlinge übergeht, das Ampicillinresistenz-Transposon Tn3. An anderer Stelle sehen Sie einen längeren Stiel aus Doppelstrang-DNS, der wieder in eine Monostrangschlinge übergeht, das Tetracyclinresistenz-Transposon Tn10.

## Genübertragung durch Transposition

Das plötzliche Auftreten dieser ampicillin- und tetracyclinresistenten Haemophilusplasmide könnte dadurch zu Stande gekommen sein, dass sich unter dem Selektionsdruck der Antibiotika nunmehr das Ampicillin- und das Tetracyclinresistenz-Transposon von anderen Bakterienspezies, z.B. von Darmbakterien, über die Speziesbarrieren hinweg auf ein endogenes Haemophilusplasmid ausgebreitet haben (Abb. 8). Wenn dies zutrifft, müssten sowohl die Ampicillinresistenzgene als auch die Tetracyclinresistenzgene von diesen Plasmiden wieder auf ein anderes Plasmid transponiert werden können. Dies ist tatsächlich der Fall, und ich werde jetzt über die Transposition dieser Ampicillinresistenzgene auf ein anderes Plasmid berichten.

In Abb. 9 sind die beiden Plasmide aus der gleichen Ap-resistenten Zelle, das kleine Empfänger-

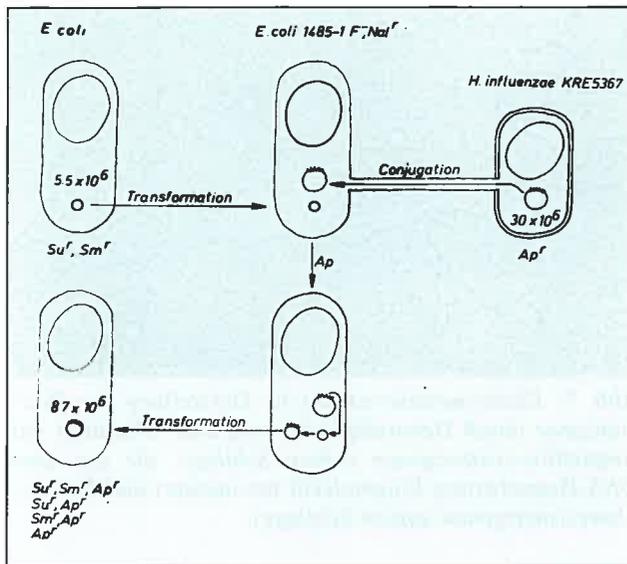


Abb. 8: Schematische Darstellung der Indikation der Transposition des Ampicillin-resistenzgenes des Krefelder Hämophilus-Plasmids auf ein kleineres Plasmid in E. coli unter Ampicillin-Selektionsdruck.

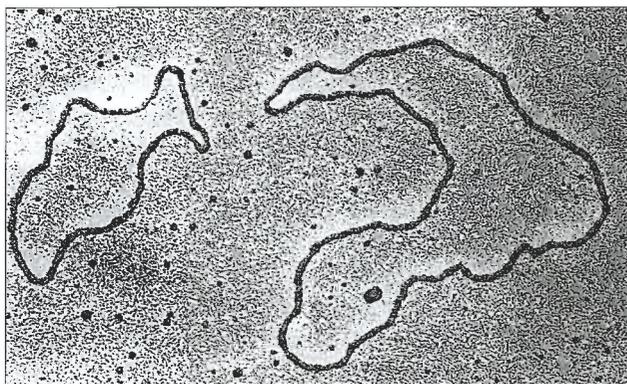


Abb. 9: Transposition der Ampicillinresistenzgene: Links das kleine Empfängerplasmid, rechts das im Labor entstandene neue, größere Plasmid. Es besteht aus dem Empfängerplasmid, das sich durch die Aufnahme der Ampicillinresistenzgene vergrößert hat.

plasmid und das größere, neu entstandene Plasmid, das wir UWH genannt haben, in der elektronenmikroskopischen Aufnahme zu erkennen. Wie kann man nun beweisen, dass das größere Plasmid tatsächlich durch die Transposition der Ampicillinresistenzgene vom Krefelder Haemophilusplasmid auf das kleine E. coli Plasmid entstanden ist? Neben der Su- und Sm-Resistenz hatte das Empfängerplasmid noch eine andere besondere Eigenschaft, die uns veranlasst hatte, gerade dieses Plasmid als Rezipient auszuwählen.

## Molekulare Scheren

Es besitzt nämlich eine Basensequenz, eine Tonfolge GAATTC, die von dem Restriktionsenzym EcoRI erkannt wird. Restriktionsenzyme vergleicht

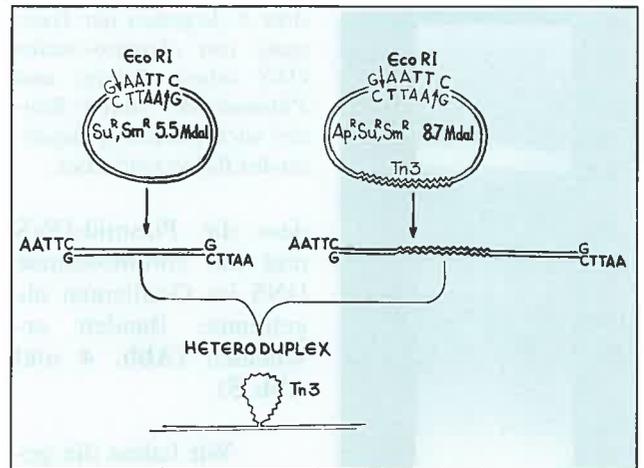


Abb. 10: DNS kann mit genetischen Scheren, den Restriktionsenzymen, aufgeschnitten werden, die eine bestimmte Folge der Nukleotide erkennen. Durch Heteroduplexbildung der DNS-Monostränge kann die Identität der Moleküle nachgewiesen werden. Der ungleiche Teil führt zu einer Ausstülpung.

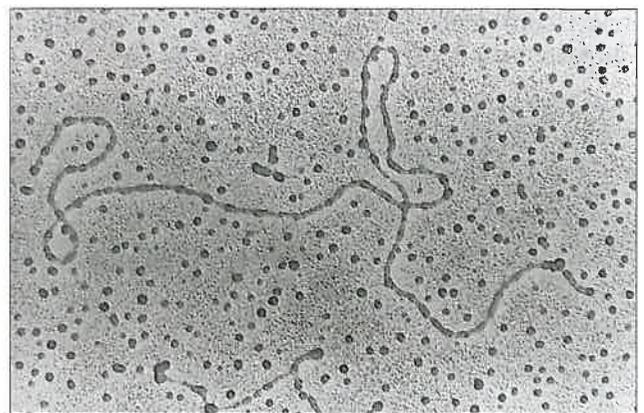


Abb. 11: Elektronenmikroskopische Darstellung des „gesprungenen“ Gens für Ampicillinresistenz: DNS-Monostrangschlinge am linearen Doppelstrangmolekül.

man am besten mit molekularen Scheren. Sie zerschneiden die Nukleinsäure nur im Bereich ganz spezieller Tonfolgen, die sie allerdings in jeder beliebigen genetischen Melodie erkennen können; für das Restriktionsenzym EcoRI lautet sie GAATTC, es schneidet den DNS-Strang zwischen G und A, wodurch ein linearer Strang mit überlappenden Enden entsteht. EcoRI steht für E. coli Restriktionsenzym Nr. 1. Die Restriktionsenzyme kommen natürlicherweise in Bakterien vor, es gibt davon zahlreiche, die alle auf eine bestimmte Tonfolge spezialisiert sind. Restriktionsenzyme bieten die Möglichkeit, die Identität von Plasmiden nachzuweisen. Bei unserem neuen Plasmid müssten wir also die gleiche Sequenz wieder finden. Es müsste deshalb mit dem Restriktionsenzym ebenfalls in die lineare Form überführt werden können. Mit den linearen Strängen kann man dann ein Heteroduplex bilden. Wenn sich das neue Plasmid tatsächlich nur durch die Integration des

Ampicillintransposons unterscheidet, müssten die beiden ein Heteroduplex bilden, aus dem das Ampicillintransposon als Monostrangschlinge herausragt (Abb. 10).

Im elektronenmikroskopischen Bild des Heteroduplex des Empfängerplasmids mit dem neuen Plasmid erkennen Sie eine Doppelstrang-DNS, aus der die Krefelder Ampicillingene als Monostrangschlinge an einem kurzen Doppelstrangstiel herausragt (Abb. 11).

## Das Springen von Genen

Wir haben damit gezeigt, dass die Ampicillinresistenzgene eines Patientenisolates von einem Plasmid auf ein anderes springen können. Man bezeichnet diesen Vorgang als Transposition. Dieser dritte Weg der Ausbreitung von Resistenzgenen innerhalb einer Bakterienzelle von einem Plasmid auf ein anderes könnte das Entstehen neuer R-Faktoren erklären.

Es handelt sich bei dem Ampicillintransposon also um ein Genstück, das sich in Plasmide integriert über die Speziesschranken hinweg ausbreitet und in allen Bakterien die Synthese des gleichen Enzyms, einer  $\beta$ -Lactamase induziert, welche das Penicillin abbaut. Die Plasmide sind gleichsam die Transportvehikel für die Resistenzgene, die von einem Plasmid in ein anderes umsteigen können.

## Das Klonieren von Genen

Es stellt sich nun die Frage, ob die Plasmide vielleicht auch Erbinformation, d.h. Nukleinsäurestücke mit noch interessanteren Eigenschaften in sich aufnehmen könnten. Und vielleicht wäre es möglich, auch Gene von Nicht-Bakterien als Spender zu übertragen – und somit die Artgrenze zu durchbrechen. Dies ist tatsächlich der Fall.

Es gelingt mithilfe der Restriktionsenzyme, der molekularen Scheren, welche die Nukleinsäuren nur im Bereich spezieller Tonfolgen zerschneiden.

Alle DNS-Stücke, die vom gleichen Restriktionsenzym geschnitten wurden, haben gemeinsam, dass sie immer mit denselben Tonfolgen, also Basensequenzen, beginnen bzw. enden, und zwar unabhängig davon, welche genetische Information sich gerade zwischen den beiden Enden befindet. Es entstehen dabei an den Schnittstellen keine glatten Enden, sondern überlappende. Dies wiederum erleichtert sehr das korrekte Zusammenfügen dieser Teile.

Mit diesem Wissen ausgestattet können wir jetzt ein Experiment zur Neukombination von Erbmaterial auch über die Artgrenzen hinweg im Reagenzglas vornehmen.

Die menschliche DNS und unser Transportvehikel, das Plasmid, werden mit dem gleichen Restriktionsenzym aufgeschnitten. Dadurch entstehen jeweils gleiche Enden. Die DNS-Stücke und das geöffnete Plasmid werden jetzt miteinander gemischt. Man erlaubt jetzt, dass sich diese Enden wieder miteinander verbinden. Viele Plasmide werden sich wieder in sich selbst schließen, aber andere nehmen Stücke der Spender-Nukleinsäure in sich auf, ehe der Ringschluss zu Stande kommt, da sie die gleichen, aufeinander passenden Enden haben. Mit dem Enzym Ligase werden die lose ineinander verhakten DNS-Stücke fest miteinander verbunden. Jetzt müssen die Plasmide mit der fremden DNS wieder in Bakterienzellen manipuliert werden, damit sie sich dort vermehren. Dies geschieht durch Transformation, d.h. durch zellfreie DNS-Übertragung, wie wir sie beim Haemophilusplasmid schon kennen gelernt haben (Abb. 12).

Ich fasse das Ergebnis des Experiments zusammen: In Plasmide von Bakterien kann man im Reagenzglas Nukleinsäurestücke bzw. Erbmaterial beliebiger Herkunft einbauen. In Empfängerbakterien eingebracht, werden diese Stücke als Bestandteil des Plasmids vermehrt und somit an die Nachkommen

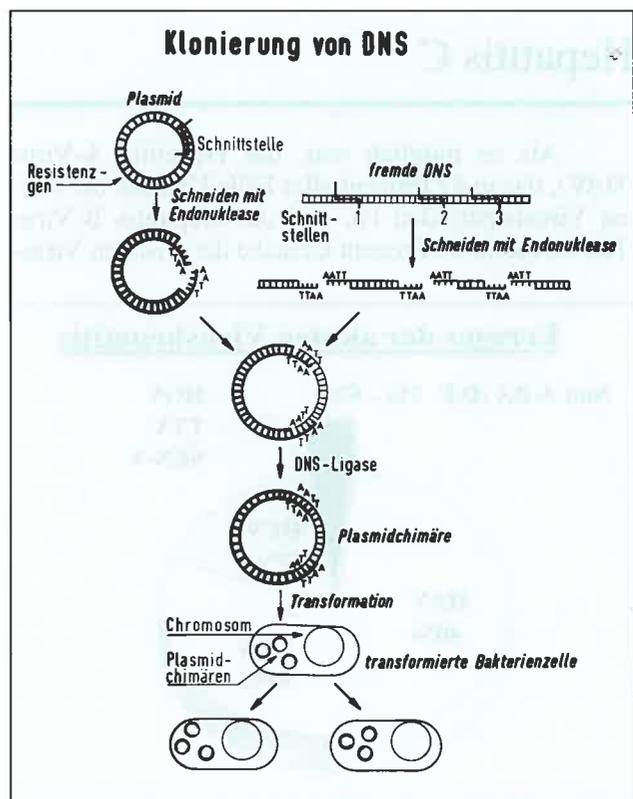


Abb. 12: Klonierung menschlicher Gene in Plasmiden und deren Vermehrung in Bakterien.

weitergegeben. Es entsteht also ein Bakterienklon, der ein neues Stück Erbinformation hinzugewonnen hat. Wir bezeichnen dies als das Klonieren von Genen. Auf diese Weise kann man das Insulin-Gen in Bakterien vermehren und mit diesen Insulin herstellen. Damit die Bakterienzellen Insulin herstellen, muss man an das menschliche Insulingen die bakteriellen Start- und Stoppsignale anfügen. Denn die Bakterien wollen die neue Erbmelodie nicht abhören und verwerten, d.h. sie stellen sich taub für die neue, artfremde Erbinformation. Bakterien und menschliche Zellen haben zwar die gleiche Tonschrift, aber sie haben einen unterschiedlichen musikalischen Geschmack. Das menschliche Insulingen wird zwar in der Bakterienzelle vermehrt, aber seine Melodie wird normalerweise nicht beachtet.

## Die Enträtselung neuer Viren

Wir machen nun einen zeitlichen Sprung von der Zeit der ersten Experimente der Gentechnologie hin zu deren Nutzung in jüngster Zeit. Ich berichte jetzt darüber, wie wir die Gentechnologie zur Enträtselung eines bisher unbekanntes Virus nutzen. Es kommt beim Menschen häufig vor und verursacht eine schwere chronische Krankheit, die leider immer noch häufig tödlichen Verlauf nimmt.

## Hepatitis C

Als es möglich war, das Hepatitis A-Virus (HAV), das in 47 Prozent aller Fälle Ursache der akuten Virushepatitiden ist, und das Hepatitis B-Virus (HBV), das in 34 Prozent Ursache der frischen Virus-

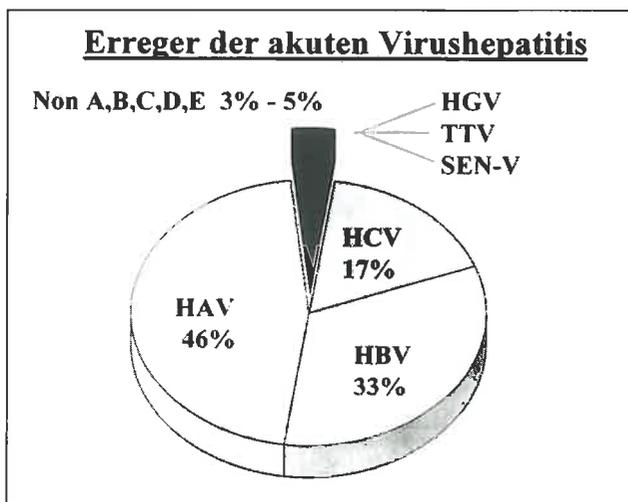


Abb. 13: Erreger der Virushepatitis und Häufigkeit ihres Auftretens.

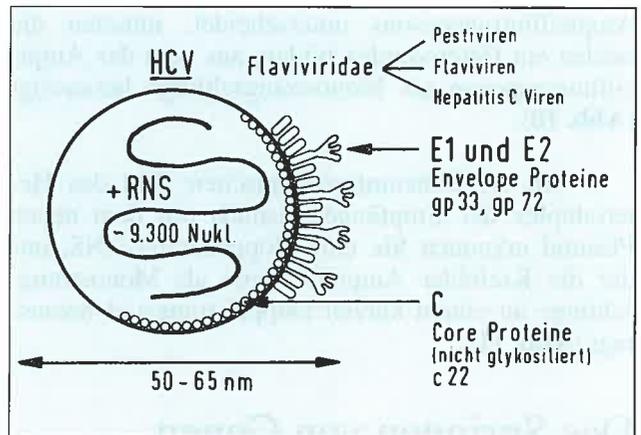


Abb. 14: Schematische Darstellung des Hepatitis C-Virus

hepatitiden ist, genau zu diagnostizieren, stellte sich heraus, dass ein großer Teil der frischen Hepatitisfälle weder durch das Hepatitis A- noch durch das Hepatitis B-Virus bedingt sind. Da andere Erreger damals noch unbekannt waren, bezeichneten wir diese Infektionen als Nicht-A/Nicht-B-Hepatitis (Abb. 13). Heute können wir sagen, dass es sich dabei in über 90 Prozent der Fälle um ein neues, bisher unbekanntes Virus handelt, nämlich das Hepatitis-C Virus (HCV). Wir haben in den vergangenen Jahren an der Enträtselung dieses Virus mit den von mir beschriebenen Methoden der Gentechnik gearbeitet.

Der Schlüssel für die Enträtselung des Hepatitis C-Virus war die Kenntnis seiner Erbinformation. Es handelt sich dabei um eine Ribonukleinsäure, die aus 9.300 Nukleotiden, also genetischen Tönen oder Buchstaben besteht (Abb. 14). Die Erbinformation des menschlichen Genoms besteht aus drei Milliarden Nukleotiden oder Buchstaben. Das entspricht dem Umfang von 1.000 Büchern mit je 1.000 Seiten. Damit verglichen wäre die genetische Information dieses Virus nur ein Abschnitt auf einer der 1.000 Seiten von einem der 1.000 Bücher. Was wir für die Enträtselung der genetischen Information dieses Virus gemacht haben, muss die Wissenschaft jetzt für das große menschliche Genom leisten, also für alle Abschnitte auf jeweils 1.000 Seiten der 1.000 Bücher. Sie können sich vorstellen, dass dies noch eine riesige Aufgabe ist. Mit welchen experimentellen Schritten haben wir das Virus enträtselt?

## Polymerasekettenreaktion

Wir haben zunächst die genetische Information milliardenfach kopiert. Wir machen dies mit der Polymerasekettenreaktion (PCR). Dazu synthetisieren wir im Labor kleine DNS-Stücke, deren Nukleotidsequenz mit derjenigen der genetischen Information des Virus identisch ist. Wir nennen diese kleinen

DNS-Stücke Primer. Es handelt sich dabei um eine Art genetische Sonden, die mit dem Virusgenom reagieren. Diese kleinen Stücke bleiben am Genom des Virus haften. Wir synthetisieren jetzt mithilfe des Enzyms DNS-Polymerase bei Zugabe der Nukleotide einen komplementären Nukleinsäurestrang. Durch Temperaturerhöhung trennen wir die dann entstandenen Doppelstränge in Einzelstränge, und die im Überschuss zugegebenen Primer binden sich an die neu synthetisierten Nukleinsäurestränge und können jetzt wie im ersten Schritt verlängert werden. Diese Schritte führen zu einer logarithmischen Vermehrung der Nukleinsäure, von der wir auf diese Weise Milliarden von Kopien herstellen können. Es ist so, als ob ich von einem Tonband Milliarden Kopien herstelle.

## Virusnachweis mit gentechnischen Methoden

Auf **Abb. 15** ist das Genom des Hepatitis C-Virus zu sehen. Es enthält die genetische Information für die Strukturproteine des Virus, also für die Virus-hülle und den Innenkörper. In diesem Bereich werden die Nichtstrukturproteine kodiert. Das sind z.B. virusspezifische Enzyme, die für die Neusynthese von Viren erforderlich sind, selbst aber im Virus nicht auftreten. Wir haben bei der Analyse dieser Genome zeigen können, dass sich bestimmte Bereiche am 5' terminalen Ende für den Nachweis des Virus besonders gut eignen. Wenn wir also in Untersuchungsmaterial, z.B. in Blut, nach Anwesenheit des Virus fanden, benutzen wir Primer für die Polymerasekettenreaktion aus dieser Region.

Die schwarzen Flecken auf **Abb. 16** sind bedingt durch radioaktive Signale, die dadurch entstehen, dass wir bei der PCR die zugegebenen Nukleotide mit dem Radioisotop p32 markiert haben. Wenn

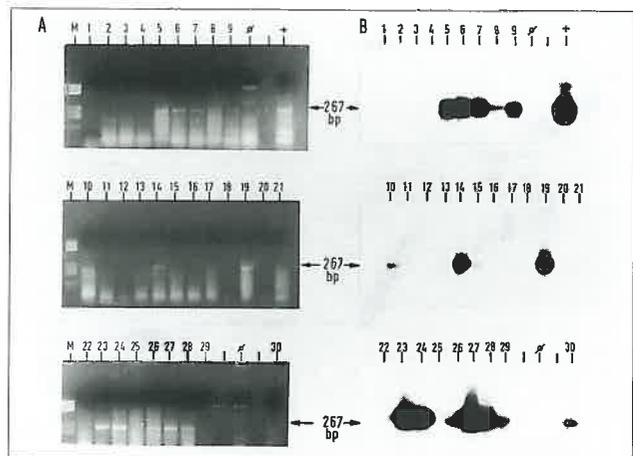


Abb. 16: Nachweis des HCV mittels Polymerasekettenreaktion: 32<sub>p</sub> markierte Amplifikate.

das Signal auftritt, können wir sagen, dass in der Probe das Virus präsent ist, oder mit anderen Worten ausgedrückt, alle Patienten mit schwarzem Signal sind mit dem Hepatitis C-Virus infiziert.

## Herstellung von Virusbestandteilen mit gentechnischen Methoden

Da wir das Virus im Labor nicht vermehren können, aber Virusteile für die serologische Diagnostik benötigen, müssen wir diese mit gentechnologischen Methoden herstellen. Wir tun dies, indem wir bestimmte hydrophile Regionen (**Abb. 17**) des Genoms aussuchen und damit unser „Haustier“ *E. coli* transformieren. Wir wählen die Bedingungen so, dass die Bakterienzelle nun virusspezifische Eiweißkörper herstellt, entsprechend der Insulin- und Impfstoffproduktion.

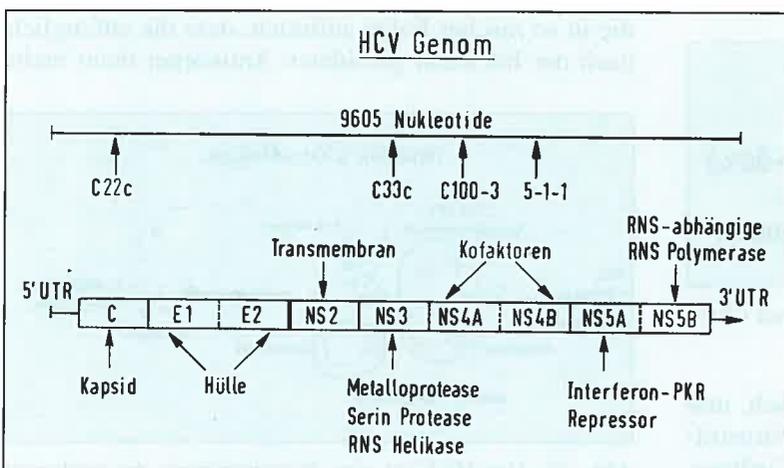


Abb. 15: Das Genom des Hepatitis C-Virus.

## Serologische Diagnostik und Epidemiologie

Diese gentechnisch produzierten Proteine tragen wir auf Teststreifen auf (**Abb. 18**), die wir dann mit dem Serum der Patienten überschichten. Wenn sie mit dem Virus infiziert sind, haben sie Antikörper. Wir konnten mittels dieser Methode zeigen, dass die so nachgewiesenen Antikörper in über 90 Prozent der Fälle die Infektiosität des Patienten belegen, und dass sie in über 80 Prozent eine chronische Infektion anzeigen (**Abb. 19**).

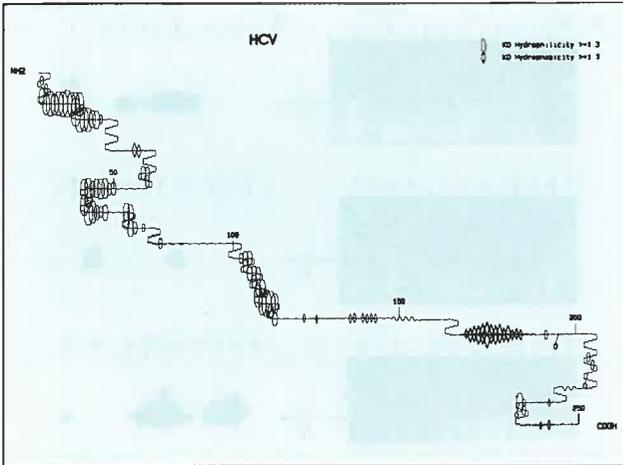


Abb. 17: Hydrophile und basophile Regionen des HCV-Genoms.

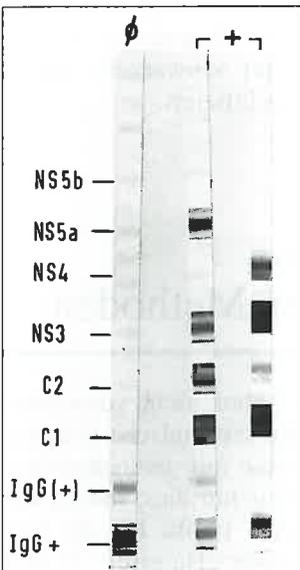


Abb. 18: Immunoblot zum Nachweis von HCV-Antikörpern.

Nachdem wir das Virus selbst und die Antikörper nachweisen konnten, war es möglich, die Übertragungswege des Virus zu erforschen. Dabei stellte sich heraus, dass die Hepatitis C-Virusinfektion in 70 Prozent der Fälle durch intravenösen Drogenabusus übertragen wird, in 15 bis 20 Prozent durch Sexualkontakt, in 8 Prozent durch Hämodialyse, in 4,6 Prozent perinatal von der Mutter auf das Kind, in 0,5 Prozent durch Haushaltskontakte und – nachdem alle Blutspender sorgfältig untersucht werden – nur noch sehr selten durch Bluttransfusion (Abb. 20).

(Abb. 20).

**HCV Antikörper**

- wichtiger Marker für Infektiosität (>90%)
- wichtiger Marker für Chronizität (>80%)

Abb. 19: HCV Antikörper bedeuten Infektiosität und Chronizität.

Fast alle Infektionen verlaufen chronisch, und wir haben festgestellt, dass 20 Prozent der Virusträger nach 20-jähriger Infektionsdauer eine Cirrhose, d.h. eine Leberschrumpfung entwickeln (Abb. 21).

– I.V.D.A.	70 %
– Sexualkontakt	15 % - 20 %
– Dialyse	8 %
– Mutter-Kind	4,6 %
– Haushaltkontakt	0,5 %
– Transfusion	0,001 %

Abb. 20: Übertragungswege der Hepatitis C.

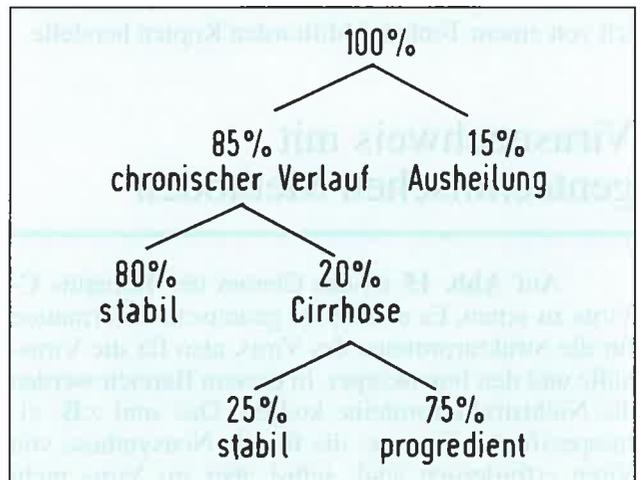


Abb. 21: Verlauf der Hepatitis C über 20 Jahre.

## Ursachen für den chronischen Verlauf der Hepatitis C

Wenn das Virus durch Blut oder Sexualkontakt in den Organismus eindringt, vermehrt es sich in den Leberzellen sowie in weißen Blutzellen. Dabei kommt es fortlaufend zu Mutationen, also genetischen Veränderungen der Erbinformation des Virus, die in so rascher Folge auftreten, dass die anfänglich nach der Infektion gebildeten Antikörper nicht mehr

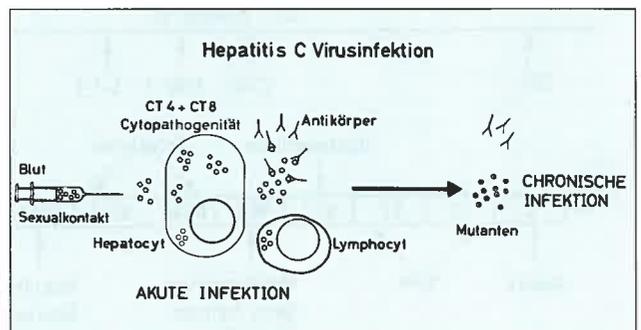


Abb. 22: Der HCV ist eine Pseudospezies: Es verändert sich im Infizierten fortlaufend.

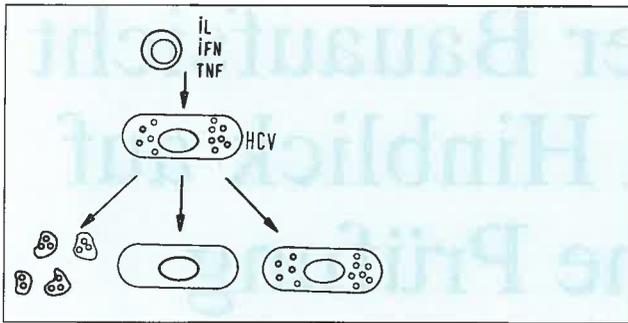


Abb. 23: Die Zerstörung der HCV-infizierten Leberzellen erfolgt durch die immunologische Abwehr.

passen. Dies ist einer der Gründe dafür, dass die Hepatitis C eine chronische Erkrankung ist (Abb. 22).

Eine Schädigung der Leber entsteht dadurch, dass unser Immunsystem die infizierten Zellen zerstört. Dies führt letztlich zum Leberversagen (Abb. 23).

## Therapeutische Möglichkeiten

Solchen Patienten kann nur noch durch Lebertransplantation geholfen werden. Die häufigste Ursache für die Lebertransplantation ist bei uns im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf die Hepatitis C. Bei 109 Lebertransplantationen war in 27 Fällen die Ursache die Hepatitis C (Abb. 24).

Inzwischen gibt es Medikamente, die ebenfalls gentechnologisch hergestellt werden, und die in der

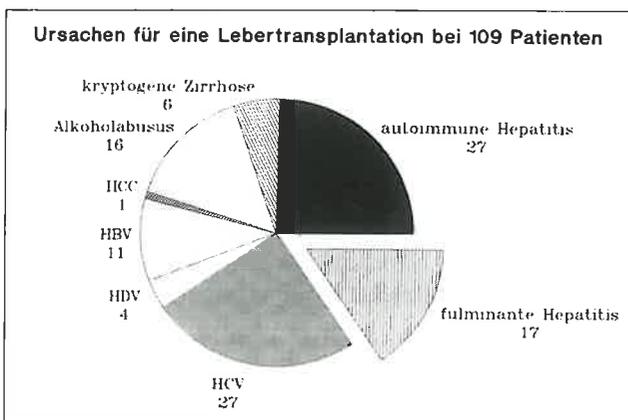


Abb. 24: Die Hepatitis C ist die häufigste Ursache der Lebertransplantation.

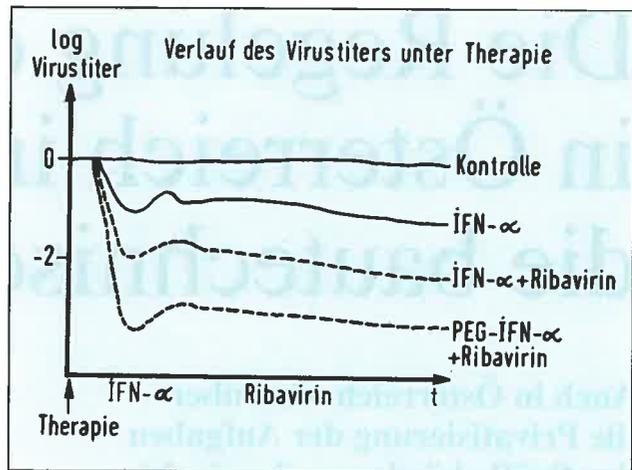


Abb. 25: Fortschritte bei der Behandlung der Hepatitis C durch Kombination unterschiedlicher Medikamente.

jüngeren Vergangenheit so verbessert wurden, dass sich das Maß der Viruseliminationen, wie Sie hier sehen können, schrittweise verbessert hat. Inzwischen können wir 30 bis 70 Prozent der Infektionen heilen, und weitere Fortschritte sind in der Zukunft zu erwarten (Abb. 25).

## Zusammenfassung

In Bakterien gibt es neben der genetischen Information im Ringchromosom noch kleine extrachromosomale Elemente, die wir Plasmide bezeichnen. Diese tragen noch kleinere selbstständige genetische Elemente, die Transposons. Die Entdeckung dieser Einheiten war der Beginn der Gentechnologie. Sie können fremde Desoxyribonukleinsäure aufnehmen, auch Gene vom Menschen, und in Bakterien hinein transportieren. Diese produzieren dann auf Befehl der fremden Gene deren Genprodukte. Wir benutzen die Plasmide heute z.B. zur gentechnologischen Herstellung von menschlichem Insulin in Bakterien und von Impfstoff gegen die Hepatitis B in Hefezellen. Die Gentechnologie ist der Schlüssel für die Enträtselung neuer Viren, und wir nutzen sie zur Entschlüsselung und zum Nachweis des neuen Hepatitis C-Virus. Mit ähnlichen Methoden muss auch das menschliche Genom zur Bekämpfung von Erkrankungen erforscht werden.

### Literatur beim Verfasser

# Die Regelung der Bauaufsicht in Österreich im Hinblick auf die bautechnische Prüfung

## Auch in Österreich wird über die Privatisierung der Aufgaben der Prüfbehörden nachgedacht

Ähnlich wie in Deutschland ist auch in Österreich das Baurecht reine Ländersache. Ähnlich wie in Deutschland ist das österreichische Baurecht deswegen auch kein einheitliches, sondern es ist von Land zu Land verschieden. Damit sind natürlich auch das Verfahren und die Akteure der bautechnischen Prüfung in Österreich nicht einheitlich definiert. Aber: Harmonisierungsbestrebungen und Liberalisierungsversuche gibt es auch dort. Bemerkenswert ist dabei aber, dass in Österreich bis auf wenige Ausnahmen die Baukontrolle bisher als reine Behördenaufgabe gesehen wird, dass aber jetzt die Frage diskutiert wird, ob diese Behördenkontrollen – ähnlich dem System der Prüffingenieure für Baustatik in Deutschland – nicht auf autorisierte oder akkreditierte private Kontrolleure übertragen werden kann, und zwar so, dass die Behörde nur noch die Rolle des Kontrolleurs der Kontrolleure übernimmt. Der folgende Beitrag unseres österreichischen Autors erläutert, warum dies so ist und wie es dazu kam.

### Dipl.-Ing. Dr. Rainer Mikulits



*studierte, assistierte und promovierte an der Wiener Universität für Bodenkultur und an der Wirtschaftsuniversität in Wien (Kulturtechnik und Wasserwirtschaft), wurde, nachdem er vier Jahre am Industriewirtschaftlichen Institut in Wien tätig war, dessen stellvertretender Leiter und übernahm danach seine heutige Position als*

*Geschäftsführer des Österreichischen Instituts für Bautechnik. Gleichzeitig ist er Präsident der Europäischen Organisation für technische Zulassungen (EOTA).*

## 1 Einleitung

In Österreich ist das Baurecht aufgrund der Generalklausel des Art. 15 des österreichischen Bundes-Verfassungsgesetzes (B-VG) Landessache. Die Situation ist somit ähnlich wie in Deutschland, es gibt in allen neun österreichischen Bundesländern eigene Bauordnungen.

Diese Bauordnungen unterscheiden sich nicht nur in den technischen Anforderungen, sondern auch in den Verfahrensbestimmungen. Überdies sind sie höchst unterschiedlich strukturiert, das heißt, während z. B. in Wien Raumplanungsbestimmungen, Verfahrensbestimmungen und die technischen Bauvorschriften in einem Gesetz, nämlich der Wiener Bauordnung, zusammengefasst sind, gibt es in anderen Bundesländern eigene Raumordnungsgesetze, Baugesetze, Baupolizeigesetze, Bautechnikgesetze oder -verordnungen. Will man eine Aussage über die Regelung der Bauaufsicht in Österreich treffen, so kann man das deshalb nicht generell, sondern muss auf die Unterschiede in den einzelnen Bundesländern eingehen.

Bei den verfahrensrechtlichen Bestimmungen kam es in den letzten Jahren in allen Bundesländern zu Liberalisierungsschritten, die jedoch leider nicht koordiniert durchgeführt wurden, sondern teilweise sogar zu einer weiteren Auseinanderentwicklung der unterschiedlichen Verfahrensbestimmungen in den einzelnen Bundesländern geführt haben.

Während in anderen Bereichen durchaus erfolgreiche Bemühungen zur Harmonisierung gesetzt wurden (z. B. Vereinbarung der Bundesländer gem. Art. 15 a B-VG über die Zusammenarbeit im Bauwesen, Vereinbarung der Bundesländer gem. Art. 15a B-VG über die Regelung der Verwendbarkeit von Bauprodukten), ist dies im Verfahrensrecht noch nicht der Fall. In der Folge wird daher differenziert auf die einzelnen Regelungen in den Bundesländern eingegangen werden müssen.

## 2 Elemente der bautechnischen Prüfung in den österreichischen Bauordnungen

Eine Prüfung eines Bauprojektes ist grundsätzlich in drei Phasen möglich:

- In der Planungsphase (Prüfung der Einreichunterlagen),
- während der Bauausführung (Meldepflichten oder Überprüfungen),
- nach der Fertigstellung der baulichen Maßnahme.

### 2.1 Prüfung der Einreichunterlagen

In diesem Schritt ist die Vorgangsweise in den einzelnen Bundesländern noch am einheitlichsten. In allen Bundesländern außer in Vorarlberg und in Wien findet immer eine Prüfung der Einreichunterlagen durch die Behörde statt. In Vorarlberg und Wien besteht beim Instrument des vereinfachten Baubewilligungsverfahrens jedoch die Möglichkeit, dass eine Erklärung darüber, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten werden, diese Prüfung ersetzt. In Vorarlberg wird diese Erklärung durch den Antragsteller und den Planverfasser abgegeben, in Wien ist hierfür eine Erklärung eines Ziviltechnikers erforderlich, der vom Planverfasser verschieden ist. Überdies beinhaltet diese Erklärung in Wien auch die subjektiv-öffentlichen Nachbarrechte, was im Übrigen dazu geführt hat, dass dieses vereinfachte Baubewilligungsverfahren nur selten angewendet wird.

### 2.2 Prüfungen während der Bauausführung

In der Regel sind in den Bauordnungen gewisse Meldepflichten des Bauherrn oder des Bauführers vorgesehen, um der Behörde die Möglichkeit zu geben, in bestimmten Bauphasen Überprüfungen vor Ort vornehmen zu können. Dies ist natürlich nur dort der Fall, wo eine Überprüfung der Behörde als Routinemaßnahme überhaupt vorgesehen ist. In einigen Bundesländern werden Überprüfungen während der Bauausführung an Sachverständige übertragen. Praktisch überall ist dies der Fall für die Rauch- und Abgasfänge, die zu einem bestimmten Zeitpunkt, der in den Bundesländern unterschiedlich definiert ist, meist jedoch nach Vollendung des Rohbaues und vor Anbringung von Verputz oder Verkleidungen angesetzt ist, durch einen Sachverständigen (Rauchfangkehrer/Kaminkehrer) vorgesehen, der die Funktionsfähigkeit der Rauch- und Abgasfänge und deren Übereinstimmung mit den Bauvorschriften bekunden muss.

Darüber hinaus gehende Überprüfungen, etwa der Fundamente, des Rohbaus, der Bewehrungen etc., sind in unterschiedlichem Maße vorgesehen. In Kärnten etwa kann die Baubehörde in der Baubewilligung die Auflage erteilen, dass der Bauausführende selbst zu bestimmten Zeitpunkten eine Überprüfung vornehmen und hierüber einen Befund ausstellen muss, der in der Folge der Meldung der Vollendung des Bauvorhabens beizulegen ist. In Oberösterreich und in Tirol kann die Baubehörde dem Bauherrn auftragen, eine „befugte Person“ (OÖ) bzw. einen „Bauverantwortlichen“ (T) zu bestellen, der die Bauausführung im Hinblick auf die Einhaltung der Bauvorschriften überwacht.

In der Steiermark muss der Bauführer die konsensmäßige Ausführung des Rohbaus bestätigen, ansonsten wird eine Rohbaubeschauung von der Behörde selbst durchgeführt.

In Wien schließlich ist ein Prüffingenieur, der vom Bauwerber und vom Bauführer verschieden sein muss, zu bestellen, der Überwachungen von definierten Bauabschnitten vornehmen muss. Lediglich bei so genannten „geringfügigen Bauausführungen“ kann auf die Bestellung eines solchen Prüffingenieurs verzichtet werden, in diesem Fall müssen bestimmte Bauphasen dann jedoch der Baubehörde angezeigt werden, damit diese die Möglichkeit hat, selber eine Überprüfung durchzuführen.

### 2.3 Überprüfungen nach der Fertigstellung

In den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Tirol und Wien ist die Fertigstellung der Behörde zu melden bzw. anzuzeigen, wobei mit Ausnahme Tirols dieser Fertigstellungsanzeige eine Bestätigung über die bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung beizulegen ist. Lediglich in Wien besteht hierbei die Notwendigkeit, dass dies durch einen Ziviltechniker zu erfolgen hat, der vom Bauwerber und vom Bauführer verschieden sein muss. In den anderen Bundesländern kann diese Bestätigung von den Bauausführenden selbst ausgestellt werden bzw. ist ohne nähere Einschränkung von einem „Bausachverständigen“ die Rede. Während die Vorlage dieser Bestätigung im Burgenland, in Niederösterreich und in der Steiermark optional ist und ansonsten von Amtswegen eine Überprüfung durch die Baubehörde erfolgt, ist in den anderen genannten Bundesländern diese Bestätigung verpflichtend.

Unabhängig von der Bestätigung über die bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung hat im Burgenland, in Kärnten, in Salzburg, in der Steiermark und in Tirol die Baubehörde die bauliche Maßnahme oder die Bestätigung

gen zu überprüfen und teilweise hierüber einen Bescheid auszustellen. In Vorarlberg wird derzeit noch zwischen einem normalen und einem vereinfachten Bewilligungsverfahren unterschieden. Bei letzterem reicht die Erklärung des Antragstellers, dass die Bauvorschriften eingehalten wurden, dann aus, wenn eine zur Bauausführung befugte Person mit der Überwachung der Bauausführung beauftragt wurde.

#### 2.4 Diskussion der verschiedenen Modelle bei der bautechnischen Prüfung in den österreichischen Bauordnungen

Trotz der verwirrenden Vielfalt verschiedener Kombinationen in den einzelnen Bundesländern lassen sich bei genauer Betrachtung gewisse Modelle unterscheiden:

Bei der Prüfung der Einreichunterlagen gibt es zwei Varianten, entweder die klassische Prüfung des Projektes durch die Behörde oder den Ersatz dieser Prüfung durch die Vorlage einer Bestätigung bei so genannten vereinfachten Baubewilligungsverfahren, wobei dies ab Januar 2002 in einem Bundesland (Vorarlberg) sogar generalisiert wird.

Bei den Prüfungen während der Bauausführung kann zwischen drei Modellen unterschieden werden:

- Erstens die klassische Überprüfung der Bauausführung durch die Baubehörde (wobei angemerkt werden muss, dass die von der Baubehörde tatsächlich durchgeführten Überprüfungsmaßnahmen natürlich von der Größe des Projektes abhängen),
- zweitens das Modell, bei dem die Überprüfungsmaßnahmen an den Bauausführenden selbst oder an einen unabhängigen Dritten delegiert werden. Diese haben zu bestimmten Phasen der Bauausführung Befunde auszustellen, die der Baubehörde vorgelegt werden müssen.
- Drittens gibt es schließlich eine Variante des zweiten Modells, bei dem ein „Bauverantwortlicher“ oder „eine zur Bauausführung befugte Person“ generell damit beauftragt werden muss, die Bauausführung zu überwachen.

Bei den Überprüfungen nach der Fertigstellung schließlich kann unterschieden werden zwischen den Kombinationen Fertigstellungsanzeige plus Bestätigung der bewilligungsgemäßen und den Bauvorschriften entsprechenden Ausführung, Benützungsbewilligung auf Basis einer solchen Bestätigung und drittens das klassische Modell einer reinen Benützungsbewilligung ohne Einbeziehung einer Bestätigung.

Nähere Details zu den bautechnischen Prüfungen bei bewilligungspflichtigen Vorhaben in den einzelnen Bundesländern sind der **Tabelle** zu entnehmen.

### 3 Harmonisierungsbemühungen in Österreich

Bereits Ende der 40er-Jahre begannen die Bemühungen, die Bauordnungen in Österreich zu vereinheitlichen. Das bisher ambitionierteste Projekt wurde in den 60er und 70er-Jahren durchgeführt, als von der Forschungsgemeinschaft für Bauen & Wohnen eine Musterbauordnung erstellt wurde, die zwar im Laufe der Jahre fünfmal novelliert, aber im Unterschied zu Deutschland niemals implementiert wurde. Das Scheitern dieses großen Projektes führte zu einer gewissen Ernüchterung, weshalb in den 80er und 90er-Jahren keine weiteren Bemühungen angestellt wurden. Erst im Jahr 2000 fasste die Landesamtsdirektorenkonferenz (die Landesamtsdirektoren sind in Österreich die höchsten Beamten in den Ämtern der Landesregierungen) den Beschluss, dass eine Expertengruppe der Länder eingesetzt wird, die gemeinsam mit dem Österreichischen Institut für Bautechnik einen Vorschlag zur Harmonisierung der technischen Bauvorschriften ausarbeiten soll.

Die Länderexpertengruppe erstellte hierauf gemeinsam mit dem Österreichischen Institut für Bautechnik ein Konzept, wonach die in den Landesgesetzen enthaltenen bautechnischen Bestimmungen radikal reduziert und konsequent zielorientiert aufgebaut werden sollen. Die technischen Detailbestimmungen werden nach diesem Vorschlag in Richtlinien ausgelagert, die vom Österreichischen Institut für Bautechnik erarbeitet und in der Folge von den Bundesländern für verbindlich erklärt werden, wobei jedoch explizit die Möglichkeit festgeschrieben werden soll, dass von diesen Richtlinien abgewichen werden kann, wenn die Erreichung eines adäquaten Schutzziels gewährleistet ist. Eine diesbezügliche Vereinbarung der Länder gemäß Art. 15a B-VG ist derzeit in Ausarbeitung und wird im Herbst 2001 der Landesamtsdirektorenkonferenz, die das Konzept als solches bereits approbiert hat, vorgelegt. Es ist zu hoffen, dass diesem erneuten Anlauf zur Harmonisierung der Bauvorschriften in Österreich diesmal mehr Erfolg beschieden sein wird.

Derzeit sind die verfahrensrechtlichen Bestimmungen in diesem Projekt noch nicht enthalten, es geht lediglich um die bautechnischen Vorschriften. Es ist jedoch zu erwarten, dass, falls die Umsetzung des Vorschlages zur Harmonisierung der bautechni-

Bautechnische Prüfungen bei bewilligungspflichtigen Bauvorhaben in Österreich (Forts. auf Seite 32)

	Einreichungsunterlagen	Während der Bauausführung		Nach Fertigstellung
		Meldepflichten	Überprüfungen	
<b>B</b>	Prüfung durch <i>Behörde</i>		<i>Baubehörde</i> kann Bauausführung überprüfen	Bauträger hat <i>Fertigstellung anzuzeigen</i> ; Bausachverständiger bestätigt in Schlußüberprüfungsprotokoll die bewilligungsgemäße Ausführung, ansonsten läßt <i>Baubehörde</i> Schlußüberprüfung vornehmen; Befund über die Rauch- und Abgasfänge; <i>Baubehörde</i> erteilt Benützungsfreigabe
<b>K</b>	Prüfung durch <i>Behörde</i>	Beginn der Bauausführung	<i>Bauausführender</i> : <i>Baubehörde</i> kann durch Auflagen die Überprüfung von Anlagen oder Anlageteilen durch den <i>Bauausführenden</i> zum jeweils geeigneten Zeitpunkt der Ausführung verlangen (schriftl. Befund) <i>Rauchfangkehrer</i> : Befund über Rauch- und Abgasfänge zum jeweils geeigneten Zeitpunkt <i>Baubehörde</i> kann Bauausführung jederzeit überprüfen	<i>Meldung der Vollendung</i> des Bauvorhabens; Bestätigung aller <i>Bauausführenden</i> über die bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung; <i>Baubehörde</i> überprüft die Bestätigungen aller <i>Bauausführenden</i> , den Befund über die Rauch- und Abgasfänge sowie die Befunde der angeordneten Überprüfungen
<b>NÖ</b>	Prüfung durch <i>Behörde</i>		<i>Baubehörde</i> kann Bauausführung überprüfen	<i>Anzeige der Fertigstellung</i> der baulichen Maßnahme; Bescheinigung des <i>Bauführers</i> über die bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung; div. Befunde, sofern in <i>Baubewilligung</i> vorgeschrieben, z.B. über Rauch- und Abgasfänge, Elektroinstallationen, Sicherheitseinrichtungen, Feuerungsanlagen etc. Wenn keine Bescheinigung des <i>Bauführers</i> : Überprüfung durch <i>Behörde</i>
<b>OÖ</b>	Prüfung durch <i>Behörde</i>		<i>Baubehörde</i> kann Bauausführung überprüfen <i>Befugte Person</i> : <i>Baubehörde</i> kann <i>Bauherrn</i> beauftragen, eine befugte Person zur Überwachung beizuziehen	<i>Baufertigstellungsanzeige</i> , je nach baulicher Maßnahme gegebenenfalls unter Beifügung einer Bestätigung des <i>Bauführers</i> über bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung und div. Befunde, sofern erforderlich (Rauch- und Abgasfänge, Elektroinstallationen Sicherheitseinrichtungen, Feuerungsanlagen etc.)
<b>S</b>	Prüfung durch <i>Behörde</i>	<i>Bauherr</i> meldet Fertigstellung des Rohbaus	<i>Baubehörde</i> kann Bauausführung überprüfen	<i>Anzeige der Vollendung</i> der baulichen Maßnahme; Bestätigung des <i>Bauausführenden</i> oder des <i>Bauführers</i> über die bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung; div. Befunde, sofern in <i>Baubewilligung</i> vorgeschrieben, z.B. über Rauch- und Abgasfänge, Elektroinstallationen, Sicherheitseinrichtungen, Feuerungsanlagen etc. <i>Baubehörde</i> überprüft baulich Maßnahme und erteilt Bescheid

Bautechnische Prüfungen bei bewilligungspflichtigen Bauvorhaben in Österreich (Forts. von Seite 31)

	Einreichungsunterlagen	Während der Bauausführung		Nach Fertigstellung
		Meldepflichten	Überprüfungen	
St	Prüfung durch <i>Behörde</i>	<i>Bauherr</i> meldet Fertigstellung des Rohbaus	Bestätigung der konsensmäßigen Ausführung des Rohbaus durch den <i>Bauführer</i> oder Rohbaubeschau durch <i>Behörde</i>	<i>Benützungsbewilligung</i> auf Basis einer Bescheinigung des <i>Bauführers</i> über bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung und div. Befunde, sofern erforderlich (Rauch- und Abgasfänge, Elektroinstallationen, Sicherheitseinrichtungen, Feuerungsanlagen etc.) Wenn keine Bescheinigung des <i>Bauführers</i> : Überprüfung durch <i>Behörde</i>
T	Prüfung durch <i>Behörde</i>		<i>Baubehörde</i> übt Aufsicht über Bauausführung aus <i>Bauverantwortlicher</i> : <i>Baubehörde</i> kann <i>Bauherrn</i> auftragen, einen <i>Bauverantwortlichen</i> zu bestellen, der die Bauausführung im Hinblick auf die Einhaltung der Bauvorschriften überwacht <i>Befugte Person</i> : Nach Fertigstellung des Fundamentes Bestätigung, daß Lage des Fundamentes der <i>Baubewilligung</i> entspricht; Nach Fertigstellung der Außenwände Bestätigung, daß Bauhöhe der <i>Baubewilligung</i> entspricht <i>Rauchfangkehrer</i> : Befund über Rauch- und Abgasfänge bei Fertigstellung des Rohbaus	<i>Bauherr</i> zeigt Bauvollendung der <i>Behörde</i> an <i>Baubehörde</i> erteilt <i>Benützungsbewilligung</i>
V	Prüfung durch <i>Behörde</i> (Vereinfachtes <i>Baubewilligungsverfahren</i> : Erklärung des Antragstellers und des Planverfassers, daß öffentl.-rechtl. Vorschriften eingehalten werden – ab 2001 generell)	( <i>Behörde</i> kann Auflage erteilen, das best. Bauphasen zu melden sind, damit <i>Behörde</i> überprüfen kann)	(siehe Spalte „Meldepflichten“) <i>Rauchfangkehrer</i> : Befund über Rauch- und Abgasfänge vor Anbringung von Verputz od. Verkleidungen	<i>Benützerbewilligung</i> nach Prüfung durch <i>Behörde</i> ; kann bei vereinfachtem <i>Baubewilligungsverfahren</i> entfallen, wenn Erklärung des Antragstellers, daß Bauvorschriften eingehalten wurden und wenn eine zur Bauausführung befugte Person zur Überwachung der Bauausführung beauftragt wurde und dies ebenfalls bestätigt (Ab 2002 <i>Fertigstellungsanzeige</i> + Überwachung und Erklärung wie oben generell möglich – sonst <i>Fertigstellungsanzeige</i> + Überprüfung durch <i>Behörde</i> )
W	Prüfung durch <i>Behörde</i> <i>Zivilingenieur</i> <sup>1</sup> : Vereinfachtes <i>Baubewilligungsverfahren</i> : Erklärung eines <i>Ziviltechnikers</i> , daß öffentl.-rechtl. Vorschriften eingehalten werden (inkl. subj.-öffentl. Nachbarrechte)	<i>Prüfingenieur</i> <sup>2</sup> : Abweichungen von Bauvorschriften bei Einhaltung des Bauplanes, Abweichungen vom Bauplan, die über bewilligungsfreies Bauvorhaben hinausgehen, Verwendung nicht geeigneter Baustoffe, Mangel in Anwendung und Ausführung	<i>Prüfingenieur</i> <sup>2</sup> : Beschau des Untergrundes, Beschau verborgener Bauteile (Fundament, Bewehrung, Träger, Stützen etc), Rohbaubeschau; bei geringfügigen Bauausführungen kann auf <i>Prüfingenieur</i> verzichtet werden (in diesem Fall <i>Anzeige</i> best. Bauphasen an <i>Baubehörde</i> , damit diese prüfen kann) <i>Ziviltechniker od. Prüfstelle</i> : Gutachten oder Zeugnis über Probelastung, falls erforderlich; <i>Rauchfangkehrer</i> : Gutachten über Rauch- und Abgasfänge nach deren Vollendung	<i>Ziviltechniker</i> <sup>3</sup> : Bestätigung über bewilligungsgemäße und den Bauvorschriften entsprechende Ausführung sowie über die Vollständigkeit der Unterlagen Die <i>Fertigstellungsanzeige</i> enthält neben dieser Bestätigung des <i>Ziviltechnikers</i> und demn Überprüfungsbefunden des <i>Prüfingenieurs</i> noch weitere UInterlagen, wie Gutachten über Rauch- und Abgasfänge, über Kanal oder Senkgrube, über sicherheitstechnische Einrichtungen, Nachweis über die Erfüllung des baulichen Wärmeschutzes und Schallschutzes etc., je nach Erfordernis

<sup>1</sup> Vom Planverfasser verschieden; <sup>2</sup> Ziviltechniker oder gerichtlich beeidigter Sachverständiger, vom *Bauherrn* und *Bauführer* verschieden; <sup>3</sup> Vom *Bauwerber* und *Bauführer* verschieden.

schen Vorschriften gelingt, der Ruf entstehen wird, auch die Verfahrensbestimmungen in ähnlicher Weise zu vereinheitlichen.

## 4 Ausblick

---

Wirft man einen Blick auf die bestehenden Systeme der bautechnischen Überprüfung von Bauprojekten in Europa, so können gewisse Trends erkannt werden, die vermutlich auch eine zukünftige Diskussion über die Harmonisierung der Verfahrensbestimmungen in Österreich beeinflussen werden. Deutschland und Österreich sind jene Länder, wo „Baukontrolle“ (Building Control) traditionell als reine Behördenaufgabe gesehen wird, und lediglich gewisse Teilaufgaben an private Experten übertragen werden. In anderen Ländern (z. B. Vereinigtes Königreich, Frankreich, manche skandinavischen Länder, Belgien etc.) hat sich die Behörde zurückgezogen auf die Überprüfung der Einhaltung der raumplanerischen Aspekte, die bautechnischen Angelegenheiten werden in unterschiedlichem Maße von privaten Einrichtungen, die teilweise sogar in Konkurrenz zur Baubehörde agieren, wahrgenommen.

Es stellt sich die Frage, ob es wirklich die Aufgabe der Behörde sein muss, in der bautechnischen Überprüfung jeder einzelnen Bauausführung federführend zu sein, oder ob nicht ein System geschaffen werden kann, wo derartige Kontrollen von privaten Einrichtungen durchgeführt werden, wobei sich die Baubehörde auf die Position des „Kontrolleurs der Kontrolleure“ zurückzieht.

So wie Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen für Bauprodukte private Einrichtungen sind, die einer staatlichen Autorisierung oder Akkreditierung bedürfen, könnte auch die Überprüfung von Bauausführungen generell, und nicht nur hinsichtlich einiger Aspekte, von hierfür hoheitlich autorisierten privaten Einrichtungen wahrgenommen werden. Dies würde zu einer beträchtlichen Entlastungen der bisher für baupolizeiliche Aufgaben vorgesehenen Kapazitäten in den Behörden führen, was nicht nur einem Trend der Zeit entsprechen, sondern auch Spielraum für Umschichtungen schaffen würde, die wahrscheinlich notwendig sein werden, um eine in den meisten Ländern derzeit noch nicht vorhandene Marktüberwachung für CE-gekennzeichnete Bauprodukte aufzubauen.

# Prinzipielle Probleme von FE-Berechnungen im Massivbau

**Auch die besten Programme sind nicht in der Lage, den Ingenieurverstand zu ersetzen**

Die Berechnung von Tragwerken erfolgt in der heutigen Zeit weitgehend mithilfe von numerischen Verfahren, welche zum größten Teil auf der Finite-Elemente-Methode basieren. Auch wenn die Handhabung der Rechenprogramme durch grafische Pre- und Postprozessoren sehr einfach geworden ist, so sind für die FE-Anwendung nach wie vor eingehende Ingenieurkenntnisse erforderlich. Insbesondere die Modellierung eines Tragwerks bedarf großer Sorgfalt. Werden hierbei Fehler begangen, so kann dies im Extremfall zum Einsturz eines Bauwerkes führen. In diesem Beitrag werden die prinzipiellen Probleme von FE-Berechnungen im Massivbau an einfachen Beispielen erläutert.

**Prof. Dr.-Ing. Günter Axel Rombach**



Jahrgang 1957, studierte und promovierte an der Technischen Universität Karlsruhe; von 1990 bis 1996 war er in einer größeren Bauunternehmung tätig, davon ca. 1 Jahr im Ausland; im Juli 1996 wurde er zum Professor (Bereich Massivbau) an der Technischen Universität Hamburg-Harburg berufen.

## 1 Einleitung

Die programmgesteuerte Berechnung eines Tragwerks basierend auf der Finite-Elemente-Methode hat sich zum Standardverfahren entwickelt. Nicht nur komplexe Systeme sondern auch Einfeldträger werden heutzutage mit EDV-Programmen nachgewiesen. Eine Computerberechnung ist oftmals schneller und damit auch wirtschaftlicher als eine Handrechnung, solange man auf die eigentlich notwendigen Kontrollen verzichtet.

Der Einsatz und die Komplexität der FE-Modelle wird in Zukunft noch erheblich zunehmen, da sowohl die Rechenprogramme als auch die Hardware immer leistungsfähiger werden (Abb. 0). Weiterhin tendieren die Berufsanfänger zum Einsatz des Computers. Weshalb sollte man sich Gedanken über die Idealisierung eines Tragwerks machen, wenn doch heutzutage fast alles (dreidimensional, nichtlinear etc.) modellierbar scheint? Die Bedienung von FE-Programmen ist auch von ungeschultem Personal mit entsprechend niedrigem Lohnniveau möglich. Auch der Glaube, dass eine genaue Erfassung des Tragverhaltens mittels komplexer FE-Systeme eine wirtschaftlichere Bemessung des Bauwerkes ermöglicht, ist weit verbreitet. Nur der Diskretisierungsaufwand bzw. die langen Rechenzeiten bei großen Systemen

Abb. 0: Werbetexte für Rechenprogramme

scheinen heutzutage noch die begrenzenden Faktoren zu sein. Diese Entwicklung hat gravierende Auswirkungen auf die Prüftätigkeit.

Leider wird oftmals übersehen, dass es sich bei der FE-Methode um ein Näherungsverfahren handelt, welches auf Annahmen und Vereinfachungen basiert. Die Ergebnisse einer numerischen Berechnung sind jedoch nur in Bezug auf deren Grundlagen aussagefähig. Diese *prinzipiellen* Probleme bei der baupraktischen Anwendung der FE-Methode stehen im Mittelpunkt dieses Beitrages. An einfachen Tragsystemen, Stab- und ebenen Flächentragwerken, werden Modellierungsfragen erörtert, welche nur bedingt durch eine aufwändigere Berechnung beseitigt werden können. Wie in der Praxis üblich, wird bei der Schnittgrößenermittlung ein elastisches Werkstoffverhalten vorausgesetzt. Da nach der neuen Normengeneration DIN 1045-1 bzw. EC 2 –Teil 1 auch nicht-lineare Berechnungsverfahren zulässig sind, werden im Kapitel 7 einige grundlegende Anmerkungen zu stofflich nichtlinearen Untersuchungen gemacht. Weitere Hinweise zu Problemen von FE-Berechnungen im Massivbau finden sich in [2]. Bezüglich der theoretischen Grundlagen der Finite Elemente Methode wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Dieser Beitrag behandelt die baupraktische Berechnung eines Tragwerkes und nicht das heutzutage Machbare. Es werden keine neuen Erkenntnisse sondern alltägliche Probleme erörtert. Auch wenn die derzeit in der Forschung verwendeten komplexen Rechen- und Materialmodelle langfristig Eingang in kommerzielle Programme finden werden, so bestehen doch grundlegende Unterschiede zwischen Theorie und Praxis. Im Gegensatz zur Wissenschaft, wo eine möglichst genaue Simulation des Tragverhaltens eines Bauteils erforderlich ist, stehen bei der Tragwerksberechnung die Wirtschaftlichkeit unter Gewährleistung der Standsicherheit und die Gebrauchsfähigkeit im Vordergrund. Ein großer Berechnungsaufwand ist daher nur sinnvoll, wenn hierdurch die Planungs- bzw. Baukosten erheblich reduziert werden. Ein weiterer Unterschied zwischen Theorie und Praxis besteht darin, dass das Ziel der Berechnung eines Stahlbetontragwerkes im Wesentlichen die Bestimmung der erforderlichen Bewehrung und nicht die Schnittgrößenermittlung ist. Eine hohe Genauigkeit bei der Modellierung und Abbildung der Einwirkungen ist daher oftmals nicht erforderlich (siehe Flachdecken), zumal zahlreiche Einflüsse wie beispielsweise Temperaturen und Zwänge bei der Herstellung nicht bekannt sind. Es sei noch erwähnt, dass im Allgemeinen in der Baupraxis keine Versuchsergebnisse zur Verifikation des Rechenmodells zur Verfügung stehen.

Die unsachgemäße Anwendung der Finite-Elemente Methode kann zu Schäden bzw. zum Einsturz



Abb. 1: Sleipner Plattform (Foto NC)

eines Bauwerkes führen. Dies hat eindrucksvoll der Kollaps der Sleipner Plattform A mit einem materieller Schaden ca. 250 Millionen US\$ [1] gezeigt (Abb. 1). Auf Grund eines unzutreffenden Rechenmodells und einer schlechten konstruktiven Durchbildung der Zwickelzellenbereiche kam es im Jahre 1991 beim Absenkvorgang zum Einsturz dieser Erdölförderplattform. Glücklicherweise waren bei diesem Schaden keine Menschenleben zu beklagen.

Auch wenn die Rechenprogramme sich seit diesem spektakulären Unfall weiterentwickelt haben, so sind gravierende Fehler bei FE-Berechnungen auch heutzutage nicht auszuschließen. Eine Software ist nicht in der Lage, das Ingenieurwissen zu ersetzen. Dies war das wesentliche Fazit, welches die Ursachenforschung des Sleipner Unglücks ergab.

## 2 Allgemeine FE-Probleme

Der Einsturz der Sleipner Plattform wurde u.a. durch eine unzureichende Modellierung des Schalentragswerkes verursacht. Bei der Diskretisierung, d.h. der numerischen Abbildung einer realen Struktur werden die meisten Fehler begangen. Dies wird an einigen Beispielen in den folgenden Kapiteln erläutert (Abb. 2).

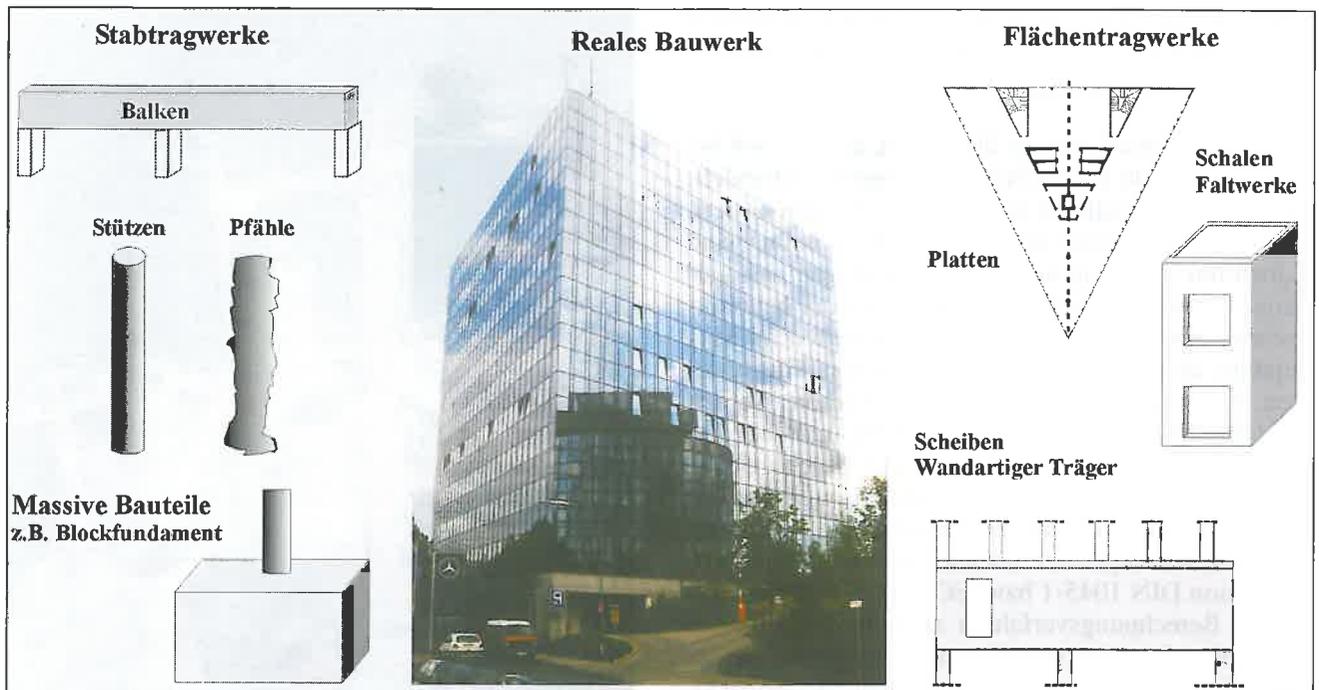


Abb. 2: Tragsysteme

Weiterhin sollte Folgendes beachtet werden:

#### ■ Einwirkungen

Finite-Elemente-Modelle berücksichtigen nur Knotenlasten, auch wenn an beliebigen Stellen Lasten angesetzt werden können. Diese werden jedoch nur in äquivalente Knotenlasten umgerechnet. Hierdurch kommt es zu einer Lastausbreitung. Eine genaue Angabe der Einwirkungen ist meistens nicht möglich. Verschiedene Einflüsse z.B. Eigenspannungen infolge abfließender Hydratationswärme bei der Herstellung des Bauwerks werden vernachlässigt.

#### ■ Stoffmodell

Die Schnittgrößenermittlung basiert größtenteils auf einem elastischen Materialverhalten, während die Bemessung von Stahlbetontragwerken im Grenzzustand der Tragfähigkeit im Allgemeinen von einem gerissenen Querschnitt ausgeht. Das nichtlineare Materialverhalten kann zu Schnittgrößenumlagerungen führen.

#### ■ Numerisches Modell

Die Elementgröße als auch die verwendeten Elementansätze beeinflussen das Ergebnis. Die Kopplung verschiedener Elemente (beispielsweise Scheiben mit Stützen) ist teilweise auf Grund der Inkompatibilität nicht möglich. Die Lagerungsbedingungen müssen zutreffend modelliert werden. Weiterhin sind Singularitäten zu beachten.

#### ■ Bemessung

Die Bemessung eines Flächentragwerks unterscheidet sich von der eines Druck- oder Zuggliedes. Ein Programm ist jedoch meistens nicht in der Lage, bei

einem Schalentragwerk zu erkennen, ob es sich um eine Stütze oder einen Balken handelt. Gleiches gilt für die Schubbemessung. Bei wandartigen Trägern ist eine programmgesteuerte Bemessung nicht möglich.

Auf eine wichtige Fehlerquelle von numerischen Berechnungen sei hier nur hingewiesen: Programmfehler. Es dürfte wohl keine Software geben, welche absolut fehlerfrei ist. Verschärft wird dieses Problem noch dadurch, dass bereits getestete Software bei neuen Versionen plötzlich fehlerhafte Ergebnisse liefert. Mit der Umstellung der Programme auf die neue Normengeneration wird die Gefahr von Programmfehlern noch erheblich zunehmen.

## 3 Stabsysteme

### 3.1 Diskontinuitätsbereiche

Stabwerkberechnungen basieren normalerweise auf der Bernoulli-Hypothese, d.h. einer linearen Dehnungs- und Spannungsverteilung über die Querschnittshöhe. Bei realen Tragwerken treten jedoch auch Bereiche auf, in welchen diese Annahme nicht zutrifft, wie beispielsweise in Rahmenecken oder bei Querschnittssprüngen (Abb. 3). Eine Stabwerkrechnung ist daher prinzipiell nicht in der Lage, in diesen Bereichen die exakten Schnittgrößen zu liefern. Glücklicherweise werden diese Werte für eine Bemessung meistens auch nicht benötigt. Dies trifft beispielsweise für den Auflagerbereich oder eine Rahmenecke zu. In solchen Fällen können diese Dis-

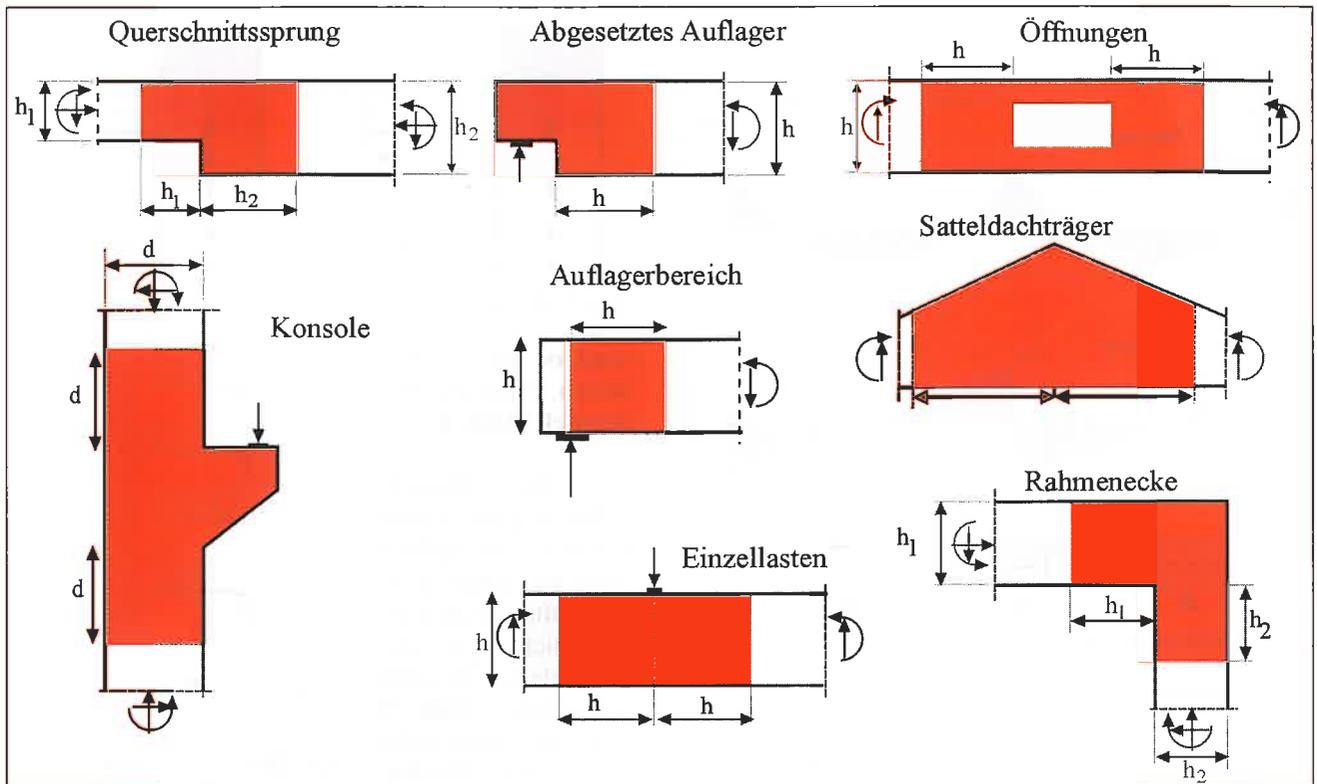


Abb. 3: Diskontinuitätsbereiche von Stabtragwerken

kontinuitätsbereiche getrennt vom numerischen Modell mithilfe von Stabwerkmodellen analysiert werden (Abb. 4).

Trotzdem sollten die D-Bereiche bei der numerischen Modellierung beachtet werden, da anderenfalls die Steifigkeit eines Tragwerks nicht richtig abgebildet wird. Dies trifft insbesondere auf statisch unbestimmte Tragwerke zu, bei welchen sowohl die Verformungen als auch die Schnittgrößen von der Steifigkeit der Bauteile und ihren Verbindungen abhängen. Die Probleme von D-Bereichen werden nachfolgend an zwei Beispielen erläutert.

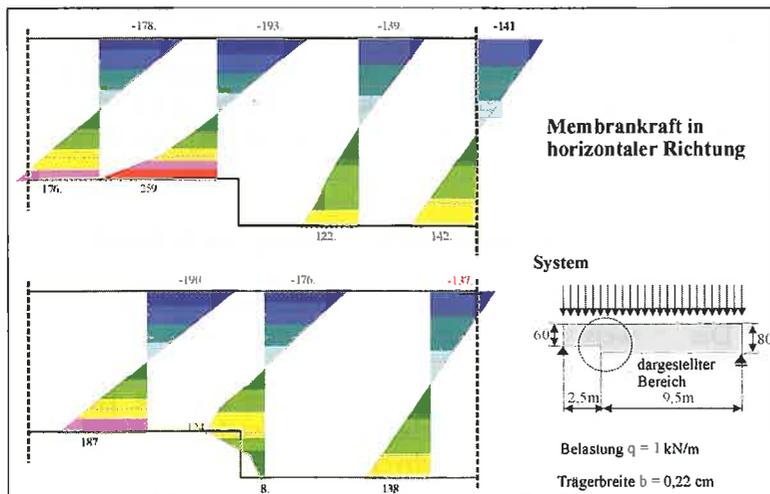


Abb. 4: Membrankräfte im Bereich eines Querschnittsprunges

### 3.1.1 Öffnung in einem Balken

In Abb. 5 sind die Schnittgrößen eines Zweifeldträgers mit einer rechteckigen Aussparung in der Nähe des Zwischenauflagers für drei verschiedene Modellierungsvarianten dargestellt. Bei dem System 1 wird die Öffnung nicht berücksichtigt. Modell 2 bildet den Druck- bzw. Zuggurt durch Stäbe ab, welche biegesteif mit den ungeschwächten Querschnittsteilen verbunden sind. Das Tragverhalten wird somit besser erfasst. Die Biegemomente der beiden Modelle stimmen nahezu überein. Weiterhin sollten die Steifigkeitsverhältnisse beachtet werden. Im Bereich der Öffnung teilt sich das Biegemoment entsprechend dem Hebelarm in eine Druck- und eine Zugkraft auf. Die Steifigkeit des nahezu zentrisch gezogenen Querschnittsbereiches nimmt gegenüber den elastischen Werten sehr stark ab. Die Querkraft wird daher weitgehend nur durch den Druckgurt aufgenommen. Dies führt auch in diesem Querschnittsteil zu einer Steifigkeitsreduktion. Modell 3, bei welchem die Ersatzstäbe gelenkig mit dem ungeschwächten Teil gekoppelt sind, stellt diesbezüglich einen Extremfall dar. Das Querkraft- und Momentengelenk führt erwartungsgemäß zu einem vollkommen anderen Biegemomentenverlauf.

Eine programmgesteuerte Bemessung führt für alle Modelle zu keiner sinn-

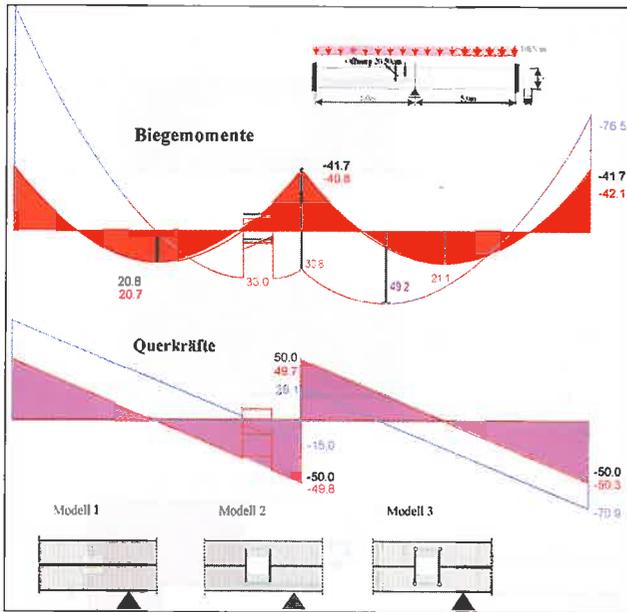


Abb. 5: Balken mit Öffnung

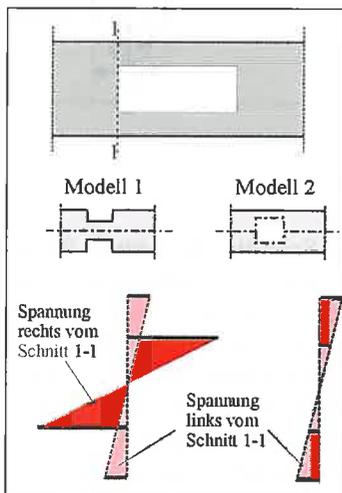


Abb. 6: Spannungsverlauf am Öffnungsrand

keines der gezeigten Modelle den Dehnungs- und Spannungsverlauf am Rand der Öffnung zutreffend abbildet (Abb. 6).

Dieses sehr einfache Beispiel zeigt, dass Rechenprogramme nicht in der Lage sind, das Ingenieurwissen zu ersetzen.

### 3.1.2 Rahmenecken – Starre Bereiche

Rahmenecken stellen starre Bereiche dar. Die Knoten im Eckbereich können sich nicht unabhängig voneinander verschieben. Diese Verformungsbedingung kann durch Einführung eines sehr steifen Ersatzstabes oder durch Kopplung der Knoten erfasst werden (Abb. 7). Die erste Lösung kann zu numerischen Problemen führen. Die Problematik wird be-

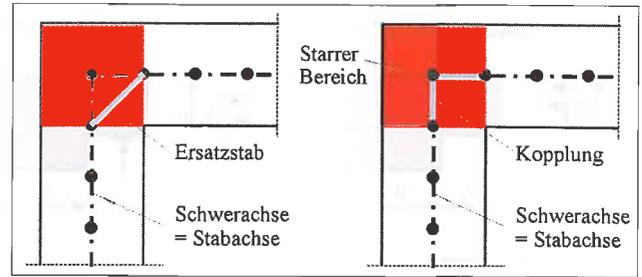


Abb. 7: Rahmenecke

sonders bei gegliederten Wandscheiben deutlich (Abb. 8).

Die Berücksichtigung der starren Bereiche ist jedoch auch bei relativ kleinen Rahmenecken erforderlich, wie aus folgendem Beispiel hervorgeht. Abb. 9 zeigt das numerische Modell einer Hohlkastenbrücke, welche durch eine Ersatzlast von  $F = 10 \text{ kN}$  in Feldmitte beansprucht wird. Es werden die Biegemomente und Verformungen mit und ohne Berücksichtigung der Rahmenecken bestimmt.

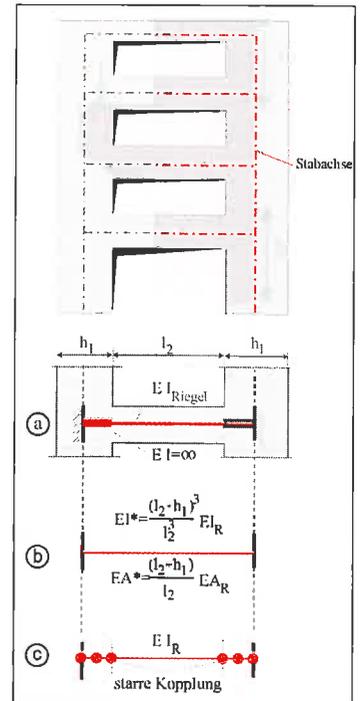


Abb. 8: Modelle für eine gegliederte Wandscheibe

Bei den Biegemomenten betragen die Differenzen zwischen beiden Modellen in den maßgebenden Schnitten ca.  $\pm 11 \%$  und bei den Verformungen  $\pm 46\%$ . Die Biegemomentenspitzen in den Rahmenecken werden für die Bemessung nicht benötigt. Durch die Kopplung der Eckknoten wird der Einspanngrad erhöht sowie die Stützweite der Fahrbahnplatte reduziert. Daher treten bei den Verformungen größere Unterschiede auf als bei den Biegemomenten.

### 3.2 Aussteifungsberechnung von Gebäuden

Eine Aussteifungsberechnung dient zum Nachweis der Gesamtstabilität eines Tragwerkes sowie zum Lastabtrag. Für einfache Systeme mit konformem Verformungsverhalten der Bauteile kann die Aussteifungsberechnung von Hand nach dem so genannten Ersatzstabverfahren [3] erfolgen. Oftmals treten jedoch komplizierte Tragwerke mit nicht affinem Verformungsverhalten oder großer Torsionsmo-

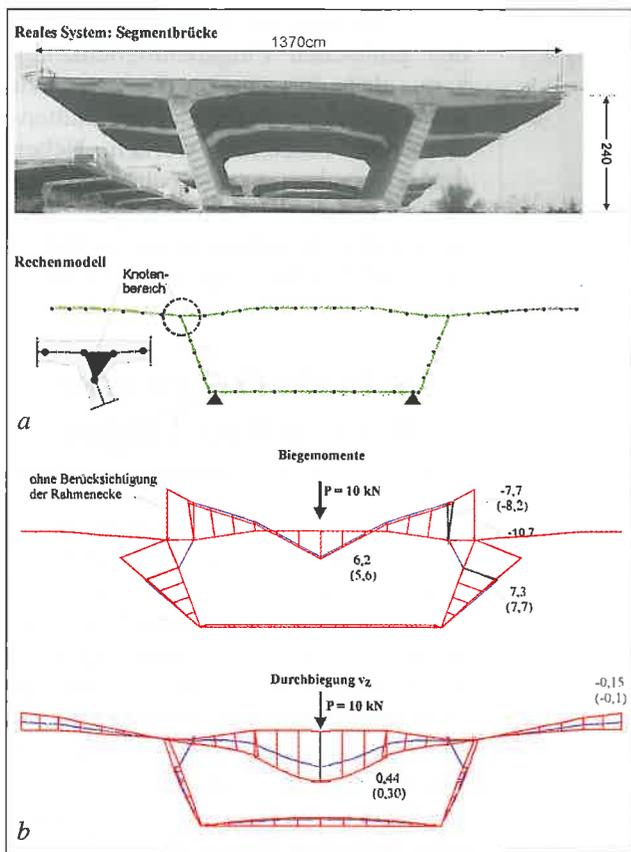


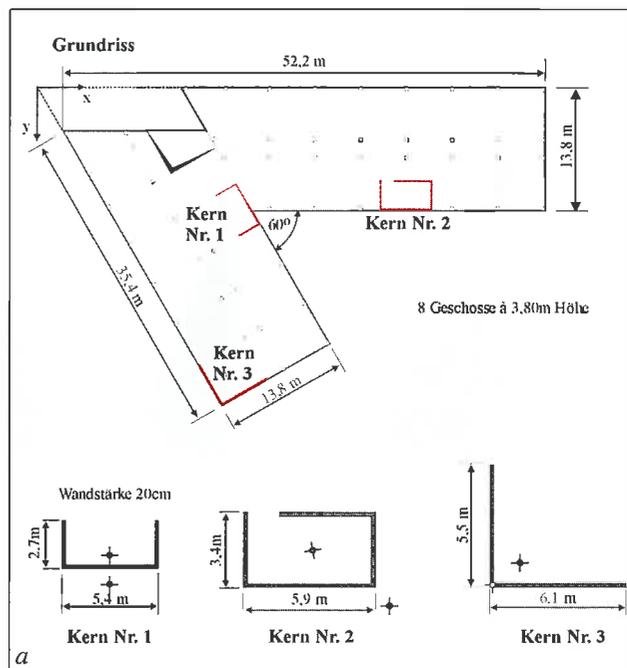
Abb. 9: Hohlkastenbrücke (Klammerwerte: Mit Kopplung der Eckknoten)

mentenbeanspruchung auf, für welche das Näherungsverfahren nicht mehr geeignet ist. In diesem Falle greift man auf räumliche Stabwerkmodelle zurück (Abb. 10).

Auch bei dieser alltäglichen Berechnung ist der Ingenieurverstand gefordert. Zunächst sind die Querschnittswerte der einzelnen aussteifenden Elemente festzulegen. Diese weisen oftmals große Öffnungen (z.B. Türöffnungen) auf, welche sowohl die Biege- als auch die Torsionssteifigkeit des Bauteils erheblich reduzieren. Näherungsweise können Öffnungen nach [4] durch Ersatzwanddicken berücksichtigt werden.

Die Schwerachsen der einzelnen Stäbe liegen in der Grundrissebene im Schwerpunkt des Querschnitts. Da alle Lasten in der Schwerachse angreifen, muss das Rechenprogramm das resultierende Stabtorsionsmoment automatisch berücksichtigen, wenn der Schubmittelpunkt nicht mit dem Schwerpunkt des Stabes übereinstimmt (Abb. 11). Der Stab kann somit ein Torsionsmoment aufweisen, während das resultierende Moment um die Stabachse in der Einspannebene Null ist.

Der Ansatz der Steifigkeit der Stäbe, insbesondere der Torsionssteifigkeit erfordert eine nähere Be-



trachtung. Es ist allgemein bekannt, dass die Torsionssteifigkeit  $GI_t$  eines Stahlbetonbauteils durch Rissbildung sehr abgemindert wird. Ein Tragfähigkeitsnachweis ist daher nur bei so genannter Gleichgewichtstorsion erforderlich. Ein Rechenprogramm wird jedoch immer die Torsionsbeanspruchung ermitteln und hierfür einen Nachweis führen. Das Problem kann umgangen werden, indem man  $GI_t$  entsprechend dem realen Materialverhalten (Zustand I oder II) ansetzt. Gegebenenfalls sind sehr kleine Werte zu wählen. Bei Aussteifungsberechnungen ist die Torsionssteifigkeit gewöhnlich nicht von großer Bedeutung, da die Kerne zweckmäßigerweise meistens so angeordnet sind, dass der Gesamtquer-

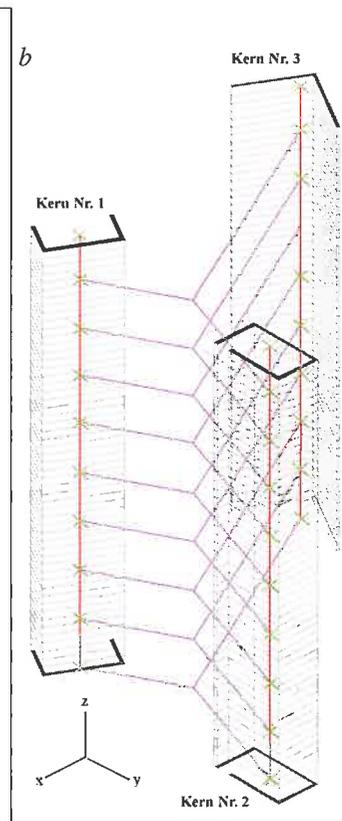


Abb. 10: Querschnitt

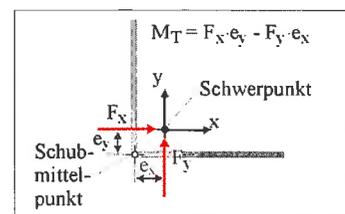


Abb. 11: System und Balkenmodell

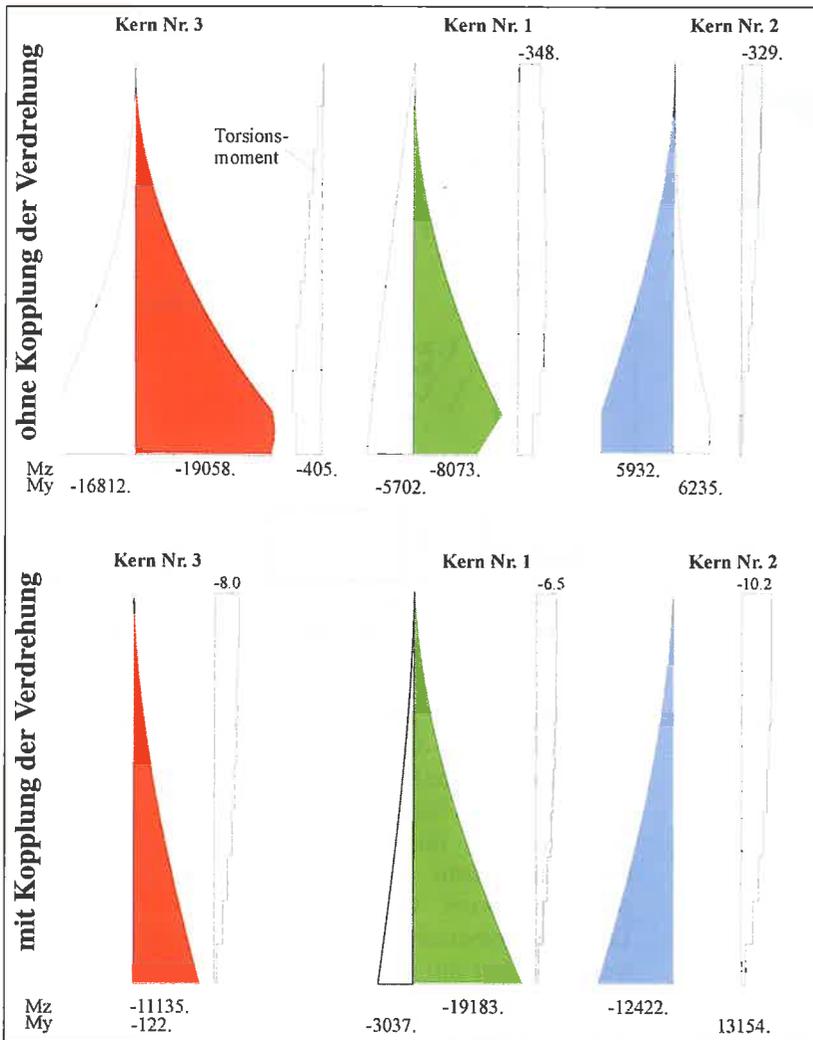


Abb. 12: Biege- und Torsionsmomente der Kerne mit und ohne Kopplung der Verdrehung um die Vertikalachse

schnitt einer geringen Torsionsbelastung ausgesetzt ist.

Die Decken werden meistens als biegeeweiche Scheibe mithilfe von steifen Stäben oder entsprechenden Kopplungsbedingungen berücksichtigt. Bei ersteren können numerische Probleme auftreten. Wichtig hierbei ist, dass bei einer steifen Massivdecke die Verdrehungen der einzelnen Kerne um die Vertikalachse in einer Ebene identisch sind. Wird dies in der numerischen Berechnung nicht berücksichtigt, so können gravierende Fehler entstehen, wie das Ergebnis der in **Abb. 12** dargestellten Berechnung zeigt.

Für die programminterne Bemessung der Querschnitte müssen zusätzlich die angreifenden Vertikallasten berücksichtigt werden. Eine Biegebemessung mit den Schnittgrößen aus den angreifenden Horizontallasten genügt nicht. Liegt eine hohe Normalkraft vor ( $e/d < 3,5$ ) so ist ein Nachweis als Druckglied erforderlich.

Mit den zur Verfügung stehenden grafischen Eingabemöglichkeiten kann das dargestellte System sehr schnell auch mit Schalen- und Plattenelementen modelliert werden. Neben dem Eingabe- und Rechenaufwand sprechen weitere Punkte gegen diese aufwändige Vorgehensweise, worauf in Abschnitt 6 näher eingegangen wird.

## 4 Scheibentragwerke – Wandartige Träger

Auf Grund der Modellannahmen treten bei elastischen FE-Berechnungen von Scheiben im Bereich von punktförmigen Lagerungen bzw. Einzellasten oder an einspringenden Ecken Singularitäten, d.h. unendliche große Hauptmembrankräfte auf. In der Realität werden diese Lastspitzen durch Rissbildung oder Plastifizierung des Betons abgebaut. Eine Berechnung unter Berücksichtigung des nichtlinearen Materialverhaltens ist jedoch größtenteils nicht erforderlich. Meistens können die Singularitäten durch Lastausbreitung bzw. einer elastischen Lagerung vermieden werden. Oftmals genügt eine Bemessung dieser Bereiche mit Stabwerkmodellen (**Abb. 13**).

Die weiteren Ausführungen beschränken sich auf wandartige Träger.

### 4.1 Modellierung der Lagerung auf Stützen

Die Schnittgrößen von wandartigen Trägern hängen stark von den vorhandenen Lagerungsbedingungen ab. Insbesondere eine horizontale Festhaltung

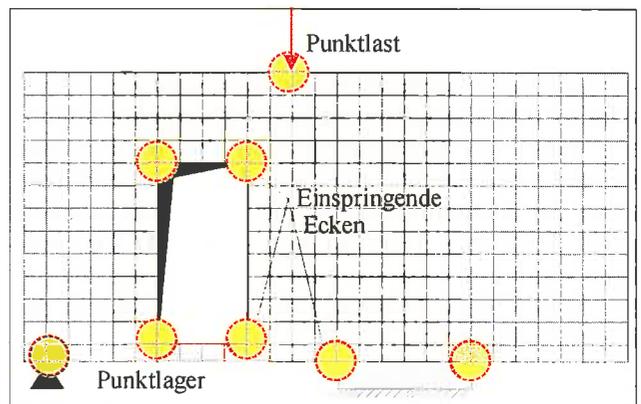


Abb. 13: Singuläre Bereiche in einer Scheibe

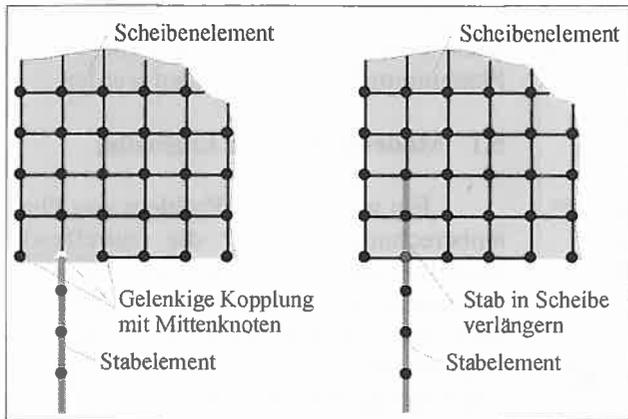


Abb. 14: Stützenverbindung

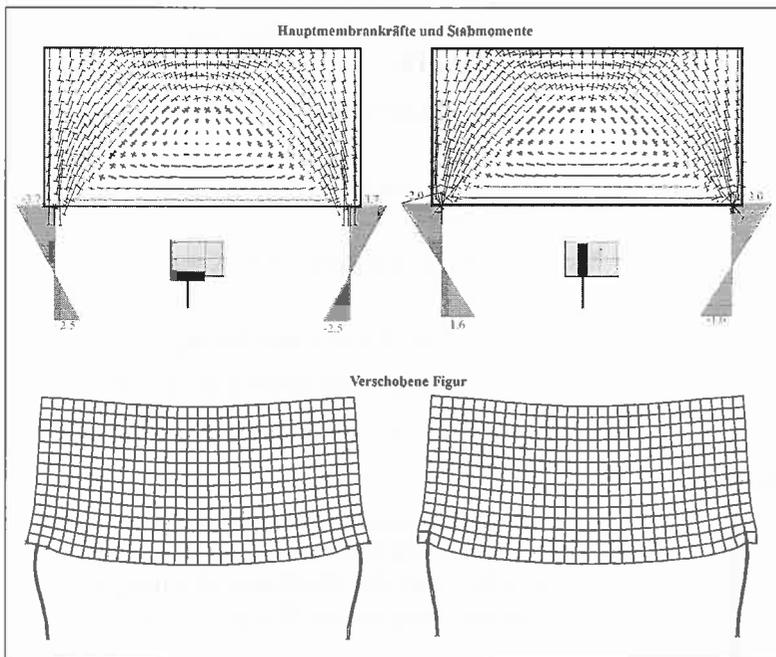


Abb. 15: Hauptmembrankräfte und Verformungsfigur bei unterschiedlicher Modellierung der Verbindung zwischen Stütze und wandartigem Träger ( $l_x/l_y=7,20/3,60$  m,  $q=20$  kN/m)

sollte kritisch betrachtet werden, da die hierdurch entstehende Gewölbewirkung die Zugkräfte im Feld erheblich reduziert.

Zur Vermeidung von Singularitäten bzw. von ungewollter Einspannung sollte die Lagerung von Scheiben mit Feder- oder Randelementen abgebildet werden. Auch durch diese Modellierung kann jedoch die reale Auflagerungsbedingung nur näherungsweise erfasst werden, da das nichtlineare Materialverhalten infolge der hohen Kantenpressungen nicht berücksichtigt wird.

Alternativ kann man die Auflagerung auf Stützen durch Stabelemente modellieren. Hierbei muss auf Grund der Inkompatibilität der Balken- und Scheibenelemente die biegesteife Verbindung durch

eine Kopplung oder Verlängerung des Stabes in die Scheibe näherungsweise erfasst werden (Abb. 14). Die beiden Modelle liefern teilweise sehr unterschiedliche Stabmomente wie Abb. 15 zeigt.

## 4.2 Bemessung von Scheiben

Eine programmgesteuerte Bemessung von Scheiben liefert im Allgemeinen keine sinnvolle Bewehrungsanordnung, da jedes Element getrennt ausgewertet wird. Weiterhin trifft die Annahme eines elastischen Materialverhaltens im Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht zu. Bei Scheiben sollte jedoch bei der Bewehrungsanordnung die Spannungsverteilung im gerissenen Zustand II berücksichtigt werden. Die

Bemessung kann entweder durch Integration der Zugkräfte oder mithilfe von Stabwerkmodellen erfolgen (Abb. 16).

## 5 Plattentragwerke

Der größte Aufwand bei FE-Platten-Berechnungen liegt normalerweise bei der Generierung der Elementnetze. Aber auch bei einer ausreichend feinen Diskretisierung sind sowohl die Modellannahmen als auch die Lagerungsbedingungen zu beachten.

Plattenelemente gehen generell von einer ebenen Dehnungsverteilung über die Querschnittshöhe aus. Diese Annahme trifft beispielsweise im Bereich von Lagerungen nicht zu. Weiterhin kann das dem FE-Element zu Grunde liegenden Plattenmodell (Kirchhoff oder Reißner-Midlin) und die Schubsteifigkeit auf die numerisch bestimmten Schnittgrößen und Verformungen einen großen Einfluss haben, worauf u.a. Schaper [6] hingewiesen hat.

Waren es bei den Stabtragwerken die Diskontinuitätsbereiche, welche einer näheren Betrachtung bedurften, so sind es bei Flächentragwerken die Singularitätsstellen, in welchen sich die Schnittgrößen aus prinzipiellen Gründen nicht zutreffend ermitteln lassen.

Waren es bei den Stabtragwerken die Diskontinuitätsbereiche, welche einer näheren Betrachtung bedurften, so sind es bei Flächentragwerken die Singularitätsstellen, in welchen sich die Schnittgrößen aus prinzipiellen Gründen nicht zutreffend ermitteln lassen.

Diese Unendlichkeitsstellen sind jedoch lediglich ein Ergebnis der Modellvereinfachungen. Beispielsweise trifft die Annahme einer linearen Dehnungsverteilung im Bereich einer Stützenlagerung nicht zu. Außerdem werden hohe Lastspitzen in Stahlbetontragwerken durch Rissbildung oder Plastifizierung abgebaut. Daher genügt es oftmals die Problembereiche entsprechend konstruktiv auszubilden

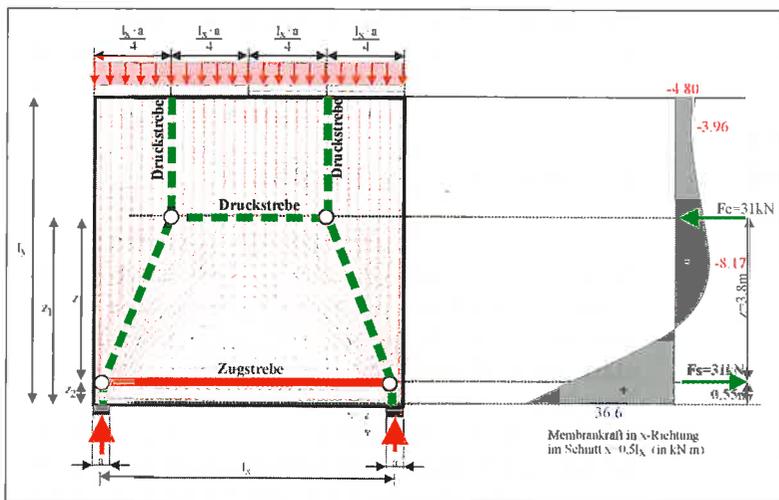


Abb. 16: Stabwerkmodell für einen einfeldrigen wandartigen Träger

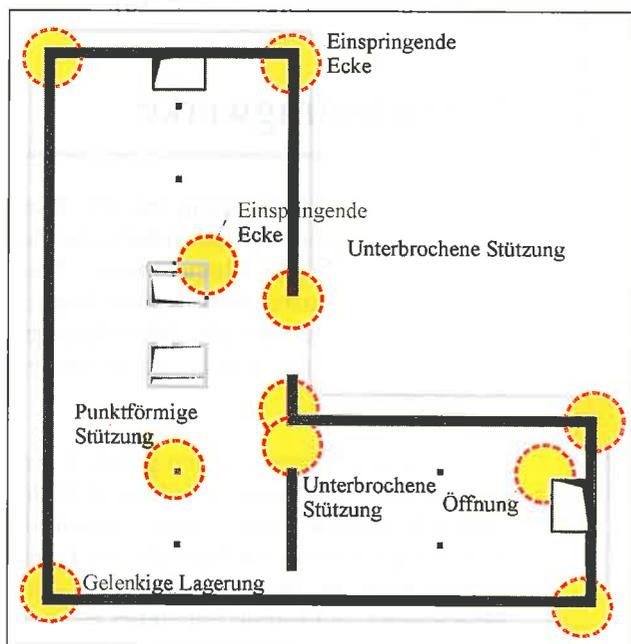


Abb. 17: Singularitätsbereiche in einer Platte

oder für die Bemessung integrale Werte der Schnittgrößen anzusetzen. Werden Schnittgrößen benötigt, wie beispielsweise im Stützbereich einer Flachdecke, so sind jedoch genauere Betrachtungen erforderlich. Hierauf wird im weiteren exemplarisch eingegangen.

Singularitäten treten bei Platten an folgenden Stellen auf (Abb. 17):

- Wände, welche im Inneren von Platten enden,
- unterbrochene Stützungen,
- punktförmige Stützungen,
- Punktlasten,
- stumpfe Ecken,
- Öffnungen,
- einspringende Ecken.

Konzentrierte Lasten sollten möglichst durch eine Lastausbreitung bis zu Plattenmittelfläche vermieden werden.

## 5.1 Modellierung der Lagerung

Ein wesentliches Problem von Plattenberechnungen stellt die zutreffende Modellierung der Lagerung dar, sei es einer linienförmigen Lagerung auf Wänden oder eine punktförmige Lagerung auf Stützen. Insbesondere die Modellierung von Flachdecken wird kontrovers diskutiert [7].

Es sind folgende Modelle für die Abbildung einer Stützung gebräuchlich (Abb. 18):

- a) Zwei- bzw. dreidimensionale Abbildung des Systems,
- b) Punktlagerung eines Knotens in Lagermitte (vertikal + Drehfeder),
- c) Vertikale Punktlagerung aller Knoten im Auflagerbereich,
- d) Einspannung der Knoten am Auflagerand,
- e) Punktförmige Lagerung einer starren Scheibe,
- f) Elastische Bettung der Elemente im Bereich der Unterstützung.

Eine dreidimensionale Abbildung des gesamten Tragsystems scheidet auf Grund des großen Eingabeaufwandes und der Probleme der programmgesteuerten Bemessung für die Baupraxis aus.

Alle diese Modelle stellen Idealisierungen des realen Tragsystems dar. Es sei daher nochmals darauf hingewiesen, dass ein Plattenmodell prinzipiell nicht in der Lage ist, das komplexe dreidimensionale Spannungsfeld im Bereich einer Lagerung (Abb. 19) abzubilden und dies unabhängig davon, wie die Lagerung modelliert wird. Weiterhin ist das nichtlineare Materialverhalten, d.h. die Rissbildung im Bereich hoher Zugspannungen für den Schnittgrößenverlauf von Bedeutung. Ein Plattenmodell ist somit immer inkonsistent. Die genauen Schnittgrößen können nicht bestimmt werden. Ziel einer Berechnung ist es daher, die Bewehrung für ein tragsicheres und gebrauchsfähiges Bauwerk zu ermitteln.

Nachfolgend wird die Problematik der Lagerung von Platten zunächst an einem sehr einfachen System, einer einachsigen gespannten zweifeldrigen Platte mit einer Stützweite von  $l = 2 \times 5,0$  m erörtert. Zum Vergleich werden die Werte einer Balkenberechnung herangezogen. Auch diese stellen jedoch nur eine Näherung dar.

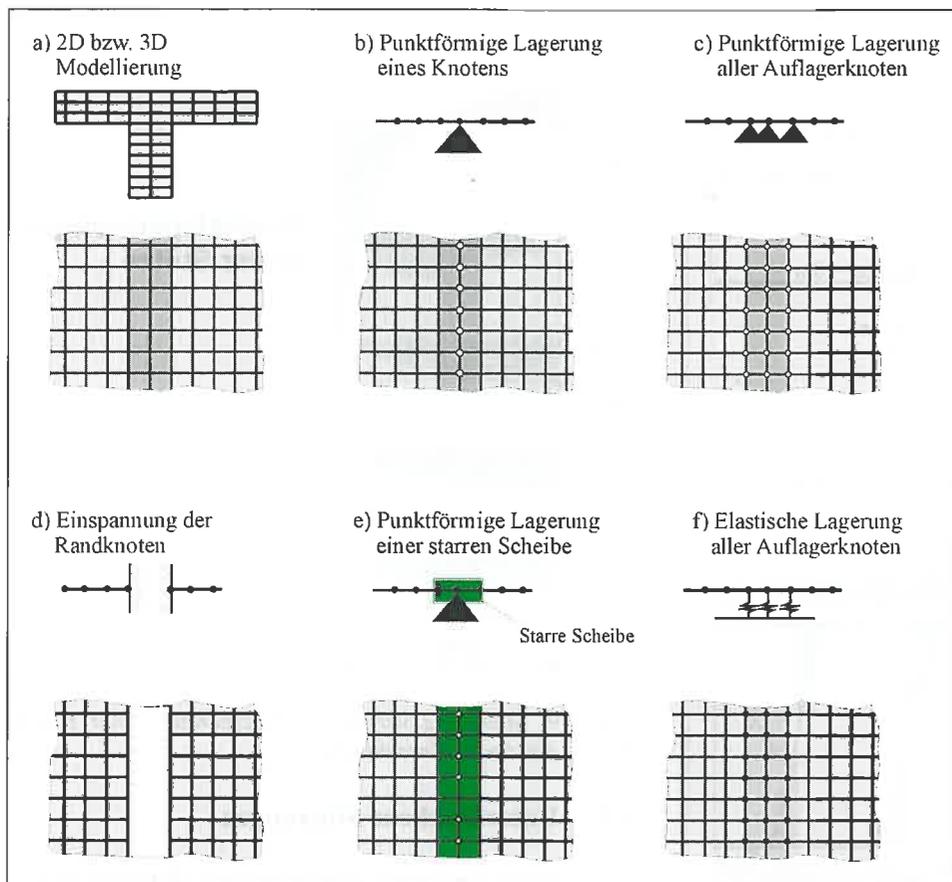


Abb. 18: Modellierung einer Linienlagerung

Abb. 20 zeigt den Biegemomentenverlauf für eine einseitige gleichförmige Belastung. Man erkennt, dass eine Punkt Lagerung, wie erwartet, die besten Ergebnisse im Vergleich zur Balkenberechnung liefert. Die übrigen Varianten führen zu Zwängungen (Einspannungen) und sind daher ungeeignet, das reale System abzubilden.

Durch eine elastische Bettung wird eine Momentenausrundung erzielt. Es tritt keine Singularität auf. Der genaue Verlauf wird jedoch von der angesetzten Bettungsziffer beeinflusst. Die Federsteifigkeit lässt sich jedoch sehr häufig nicht eindeutig bestimmen. Eine elastische Lagerung erzeugt neben der gewünschten Bettung auch einem Widerstand gegen Verdrehungen. Mit einer Materialkonstanten (Bettungszahl  $k$ ) lässt sich somit nicht gleichzeitig die Vertikal- und Drehsteifigkeit einer Stütze erfassen. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass durch eine elastische Bettung die realen, nichtlinearen und dreidimensionalen Spannungsverhältnisse in der Platte nicht abgebildet werden.

## 5.2 Flachdecken

Eine punktförmige Stützung führt bei Platten-tragwerken zu Momentensingularitäten. Die Schnittgrößen in diesen Bereichen nehmen mit ab-

nehmender Elementgröße stark zu (Abb. 21). Daher erscheint diese Modellierung zur Abbildung der Stützenlagerung bei Flachdecken ungeeignet zu sein. Wie jedoch die in Abb. 22 gezeigten Momentenverläufe für die bereits in vorhergehenden Abschnitt erläuterten Varianten zeigen, sind die Werte in den maßgebenden Schnitte am Stützenrand und in Feldmitte für baupraktisch relevante Bauteilabmessungen  $d/l < 0,1$  ( $d$  = Stützendurchmesser,  $l$  = Stützweite der Platte) von der Modellierung und der Elementgröße nahezu unabhängig. Somit kann bei einer Flachdecke eine punktförmige Stützung angesetzt werden, wobei die Bemessung am Stützenrand erfolgen sollte.

Bei Randstützen sollten die Einspannmomente sowohl in der Platte als auch in der Stütze berücksichtigt werden. Diese können durch eine elastische Bettung im Stützbereich bestimmt werden, wobei die Bettungszahl sinnvoll abzuschätzen ist. Bei Innenstützen wird man bei der Bemessung im Allgemeinen schon aus Gründen der Bewehrungsführung keine Einspannmomente berücksichtigen. Weiterhin wird der Einspanngrad durch die Rissbildung erheblich reduziert. Insofern ist es gerechtfertigt, die Stützmomente in den Innenfeldern bei der Bemessung zu vernachlässigen. Durch eine geeignete Bewehrungsführung ist sicherzustellen, dass die Rissbreite begrenzt wird.

In [7] wird ein so genanntes Koppelfederelement zur Modellierung der Stützenlagerung vorgeschlagen. Ziel ist es, sowohl das Einspannmoment als auch die Vertikalkraft in der Stütze genauer zu bestimmen. Hierbei wird jedoch von einer linearen Dehnungsverteilung ausgegangen, welche selbst bei einer linear elastischen Berechnung im Stützbereich nicht zutrifft, wie Abb. 19 zeigt.

Weiterhin ist auch das nichtlineare Materialverhalten (Rissbildung) für die Schnittgrößenverteilung von Bedeutung. Daher sind mit diesem Modell keine genaueren Ergebnisse als mit den zuvor geschilderten Verfahren zu erwarten.

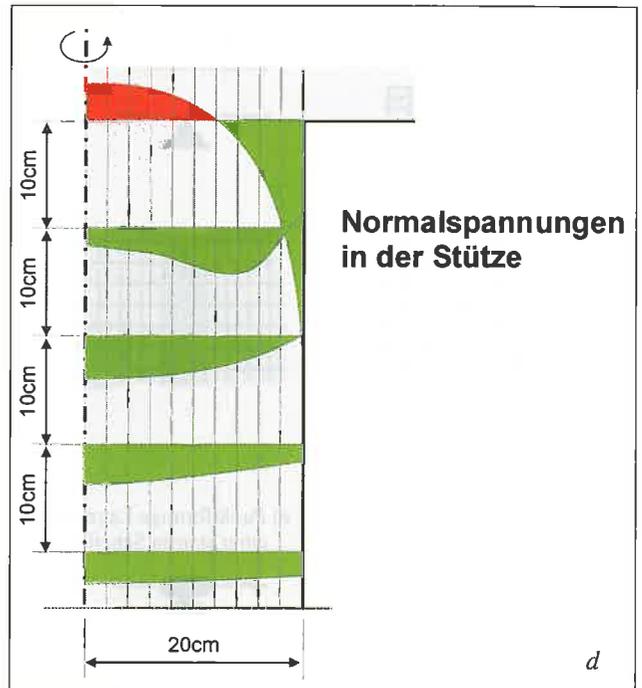
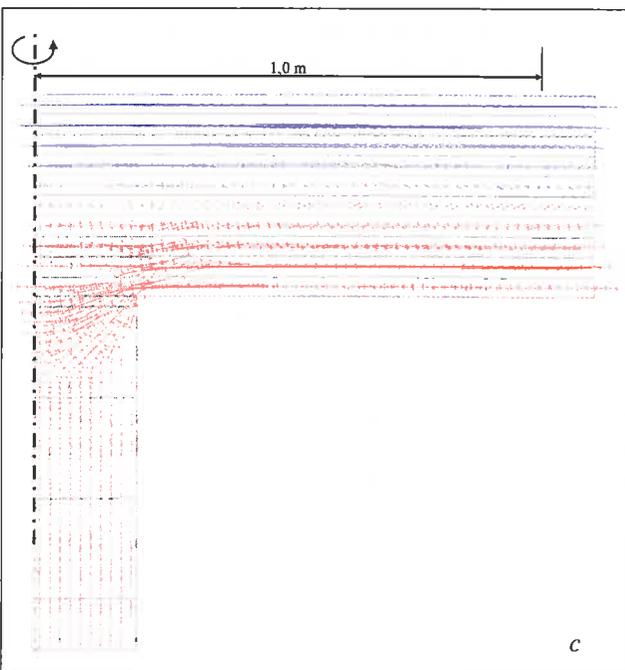
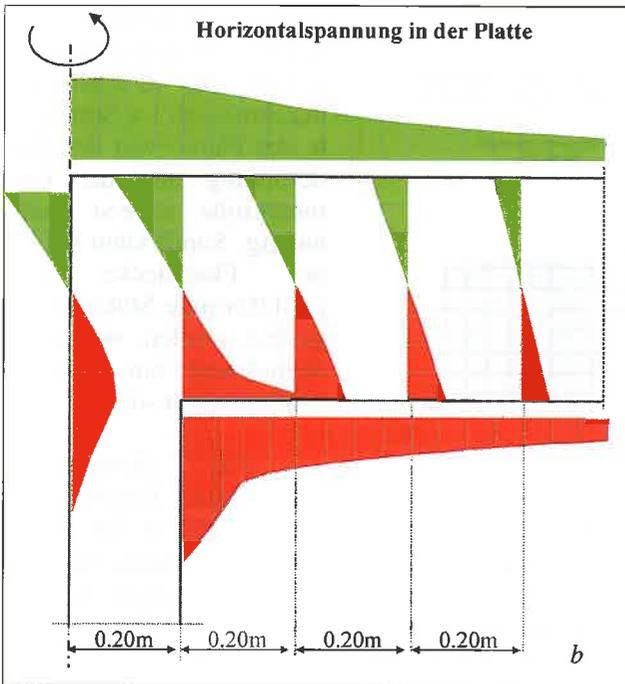
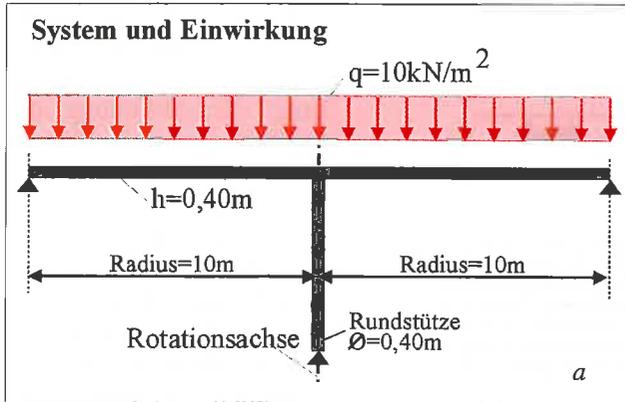


Abb. 19: Spannungsverlauf im Stützbereich einer Flachdecke (elastische Berechnung)

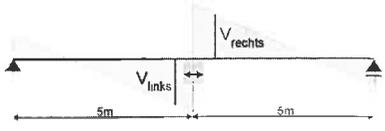
### 5.3 Unterbrochene Stützungen

Wird eine starre linienförmige Stützung innerhalb einer Platte unterbrochen so tritt am Beginn der Öffnung auf Grund der sprunghaften Änderung der Randbedingungen eine Momenten- und Querkraftsingularität auf. Um dieses Problem zu umgehen, empfiehlt es sich bei kleinen Öffnungen ( $l_{\text{eff}} / h < 15$ ) die fehlende Stützung in der FE-Berechnung zu vernachlässigen und anschließend diese Bereiche von Hand zu bemessen. Erst bei größeren Spannweiten sollte die Öffnung im FE-Modell berücksichtigt werden. Die Lastspitzen können durch eine nachgiebige Auflagerung erheblich reduziert werden, wie den Ergebnissen in **Abb. 23** zu entnehmen ist. Die Nachgiebigkeit der Lagerung wird üblicherweise aus der Stützen- oder Wandsteifigkeit ( $C = E \cdot h / l$ ) bestimmt. Es handelt sich hierbei jedoch lediglich um eine ingenurmäßige Vorgehensweise. Das reale Tragverhalten am Ende der Wand kann durch ein zweidimensionales Plattenmodell nicht erfasst werden.

## 6 Berechnung ganzer Tragwerke mit FE-Modellen

Die getrennte Berechnung der einzelnen Tragelemente eines Gebäudes, wie es in den vorhergehenden Beispielen gezeigt wurde, erscheint aufwändig und erfordert Erfahrung. Ziel der Softwareentwickler ist es daher, das Tragwerk in einem Gesamtmodell

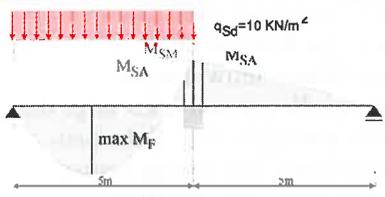
**Tab. 1: Querkräfte im Abstand  $d=17,5$  cm vom Auflagerrand**

	Gleichlast Querkräft links/rechts [kN/m]		Einseitige Belastung Querkräft links      rechts [kN/m]			
	Punktlagerung eines Knotens	28,0	(99%)	24,9	(99%)	3,1
Punktlagerung von 3 Knoten	28,1	(100%)	28,4	(113%)	0,0	
Einspannung der Randknoten	28,5	(101%)	28,5	(114%)	0,0	
gelenkige Kopplung	28,1	(100%)	24,9	(99%)	3,2	(100%)
Elastische Bettung ( $C = 9 \cdot 10^6$ kN/m <sup>3</sup> )	28,0	(99%)	25,8	(103%)	2,2	(69%)
<b>Balkenberechnung</b>	<b>28,3</b>		<b>25,1</b>		<b>3,2</b>	

Lage, Problembereiche zu identifizieren. Weiterhin bereitet die Bewehrungsermittlung d.h. die programmgesteuerte Bemessung von Schalen erhebliche Probleme.

Ein Beispiel aus [5] soll die Probleme verdeutlichen. In **Abb. 24** ist das FE-Netz eines Gebäudes einschließlich des Tiefgeschosses dargestellt. Das Modell umfasst ca. 25000 Schalen- und ca. 400 Stabelemente. Grund für diese aufwändige Berechnung waren Probleme beim Nachweis der Aussteifung sowie der Erdbbensicherheit (Erdbbenzone II). Das Gebäude besitzt nahezu keine durchgehenden aussteifenden Tragglieder. Die Obergeschosse lagern im Wesentlichen auf Rundstützen mit 30 bis 40 cm Durchmesser. Weiterhin sei auf die 14,50 m großen Öffnung im Erdgeschoss hingewiesen (Deckenspannweite 7,50 m). Wird das Tragverhalten der Konstruktion

**Tab.2: Feld- und Stützmente für einseitige Belastung im linken Feld**

	Feldmoment	Stützmoment	Stützmoment
	max $M_F$	$M_{SA}$	$M_{SM}$
[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]
b) Punktlagerung eines Knotens	23,9 (100%)	-12,2/-15,2 (99/99%)	-15,6 (99%)
c) Punktlagerung von 3 Knoten im Bereich der Wand	17,5 (73%)	-27,8/0 (226/-5)	-7,5 (48%)
d) Einspannung der Randknoten	16,7 (70%)	-25,9/0 (211/-)	0
e) gelenkige Kopplung	23,7 (99%)	-12,5/-15,5 (101/101%)	-14,5 (92%)
f) Elastische Bettung ( $C = 9 \cdot 10^6$ kN/m <sup>3</sup> )	21,9 (91%)	-16,9/-10,5 (137/68%)	-14,6 (92%)
<b>Balkenberechnung</b>	<b>24,0</b>	<b>-12,3/ -15,4*</b>	<b>-15,8</b>

\*) Biegemoment am linken bzw. rechten Auflagerrand

mithilfe von Schalen- und Stabelementen abzubilden. In der Vergangenheit war dies meistens auf Grund der ungenügenden Rechenleistung der PCs nicht möglich. Diese Grenzen bestehen heutzutage nicht mehr. Ganze Gebäude können mit der gängigen Hardware berechnet werden. Die Rechenleistung, d.h. die Lösung von Gleichungssystemen mit mehr als 100.000 Unbekannten stellt kein wesentliches Problem mehr dar. Es gibt PC-Programme, welche keine Begrenzung der Datenbankgröße (> 2 GByte) mehr aufweisen. Weiterhin ist die Generierung auch komplexer Systeme mit den zur Verfügung stehenden grafischen Eingabetools einfach möglich.

Diese Entwicklung ist nicht aufzuhalten. Wie der Kollaps der Slepner Plattform [1] jedoch eindrucksvoll gezeigt hat, besteht bei großen Systemen die Gefahr, dass wichtige Detailpunkte übersehen werden. Es ist sehr gefährlich, wenn nur auf die Ergebnisse von FE-Berechnungen vertraut wird. Auch eine automatische Fehlerkontrolle ist nur bedingt in der

durch dieses aufwändige Modell richtig erfasst?

Lastumlagerungen infolge Rissbildung des Betons können durch eine elastische Berechnung nicht berücksichtigt werden. Die Eingabe der maßgebenden Laststellungen für die einzelnen Tragglieder erscheint sehr aufwändig. Es mag daher bezweifelt werden, ob die Gebrauchsfähigkeit des Tragwerks mithilfe einer elastischen Berechnung nachzuweisen ist.

Auf einen wichtigen Aspekt sei in diesem Zusammenhang noch hingewiesen: Es genügt nicht nachzuweisen, dass ein Bauwerk die in den Normen festgelegten Einwirkungen aufnehmen kann. Weiterhin sollte das Tragwerk ein duktileres Tragverhalten aufweisen, um Überbeanspruchungen aufnehmen zu können, wie sie beispielsweise bei starken Erdbeben auftreten. Gelenkketten sind zu vermeiden. Weiterhin ist auf eine gute konstruktive Durchbildung der relevanten Bereiche zu achten. Bei Tragwerken, welche sehr nachgiebig auf Stützen gelagert sind besteht die

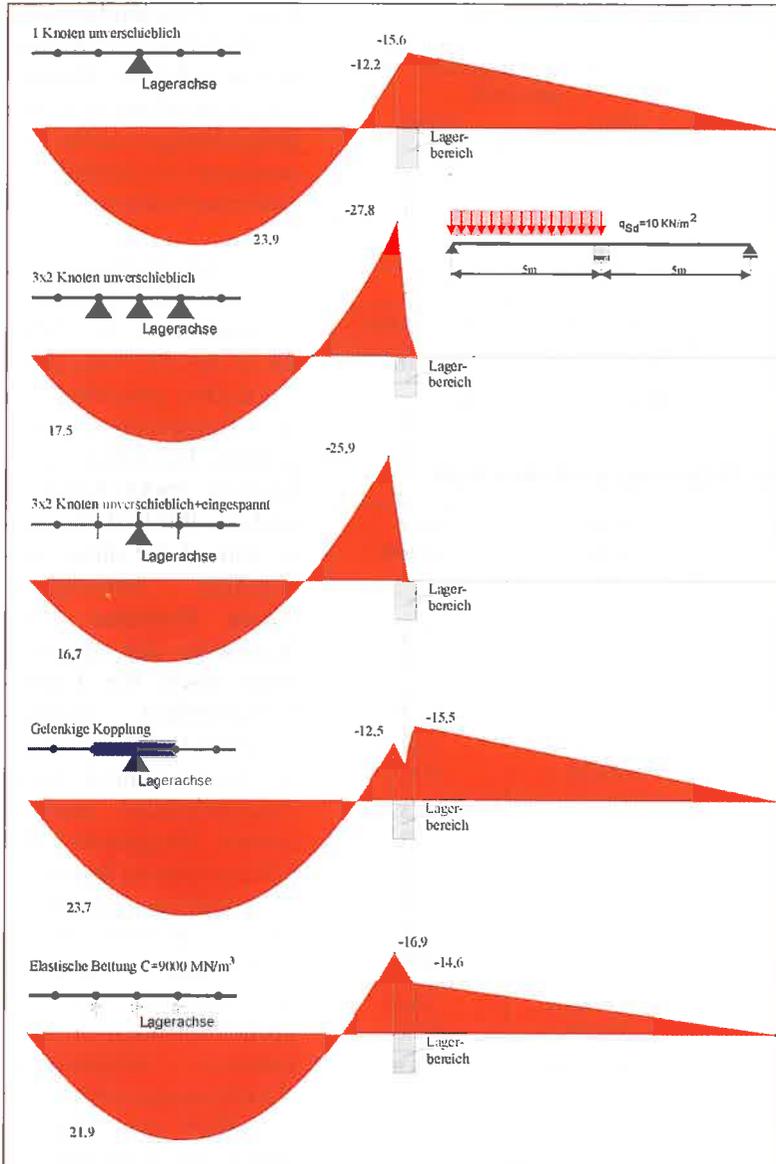


Abb. 20: Biegemomentenverlauf für Gleichlast im linken Feld (Stützweite 5,0m)

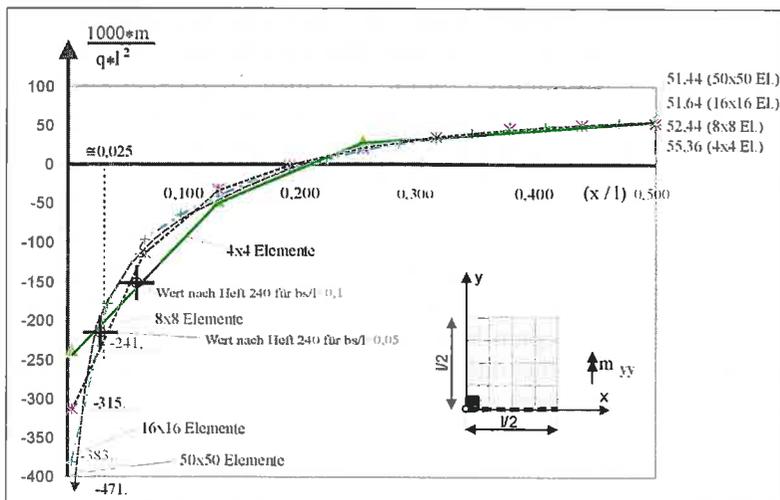


Abb. 21: Verlauf des Biegemomentes  $m_{yy}$  am Plattenrand  $y=0$  im Bereich einer Innenstütze für unterschiedliche Elementierung ( $l_x/l_y=5,0/5,0m$ )

Gefahr, dass bei Erdbeben die Stützenanschlüsse versagen und so das gesamte Untergeschoss einstürzt.

## 7 Anmerkungen zu stofflich nichtlinearen Berechnungen

Es ist bekannt, dass Stahlbeton ein nichtlineares Materialverhalten (Plastifizierung, Rissbildung) aufweist. Bei Stabtragwerken sind Berechnungen mit Berücksichtigung der stofflichen und physikalischen Nichtlinearitäten seit langem üblich. Sie führen teilweise zu einer wirtschaftlicheren Bemessung. Es liegt daher nahe, Berechnungen von Scheiben- und Schalentragwerke mit einem realistischen Materialverhalten durchzuführen, zumal dies in den neuen Betonnormen ausdrücklich zugelassen ist.

Bei der nichtlinearen Berechnung von Flächentragwerken treten zahlreiche Probleme auf. Die zutreffende Beschreibung des Materialverhaltens des reinen Betons unter beliebigen Lastpfaden ist noch Gegenstand der Forschung. Stahlbeton ist ein inhomogener Verbundwerkstoff (Abb. 25), dessen Materialeigenschaften auf Grund der unterschiedlichen Herstellungsbedingungen starken Streuungen unterliegen. Infolge von Temperaturzwängen können bereits bei der Herstellung Rissen entstehen. Hierdurch wird die für die numerische Berechnung wichtige Betonzugfestigkeit  $f_{ct}$  erheblich reduziert. Die Materialparameter für eine numerische Berechnung sind somit nicht eindeutig bekannt. Die Beschreibung des Verbundes zwischen der Bewehrung und dem Beton bereitet sowohl auf der stofflichen als auch numerischen Seite Schwierigkeiten. Das Gleiche trifft auch auf die Modellierung von Rissen zu.

Auf die Probleme des Sicherheitskonzeptes sowie des großen Aufwandes auf Grund der meistens nicht mehr gültigen Superpositionsprinzips sei hier nur hingewiesen.

Auch wenn sich nichtlineare FE-Modelle in der Forschung zum Standard-

verfahren entwickelt haben, so erscheint es doch auf Grund der geschilderten Probleme zweifelhaft, ob stofflich nichtlineare Berechnungen allgemeiner Flächentragwerke für baupraktische Probleme angewendet werden sollten. Für derartig komplexe Berechnungen sind ein großes Fachwissen sowie umfangreiche Untersuchungen erforderlich. Der Aufwand dürfte daher nur bei Sonderbauwerken, wie z.B. Kühlturmschalen [9], gerechtfertigt sein.

## 8 Konsequenzen für die Prüftätigkeit

Die Entwicklung geht zu immer komplexeren numerischen Berechnungen. Große FE-Modelle werden zunehmend auch bei einfachen Tragsystemen eingesetzt. Da die Handhabung der Programme immer einfacher wird ist zu befürchten, dass in Zukunft unerfahrene Ingenieure oder beispielsweise Bauzeichner, welche mit CAD sehr gut umgehen können, die Berechnungen durchführen. Diese Entwicklung hat auch gravierende Auswirkungen auf die Tätigkeit des Prüfingenieurs.

Eine Kontrolle der statischen Berechnung ist nicht mehr durch Nachvollziehen der eingereichten Unterlagen möglich. Unabhängige Vergleichsrechnungen sind in einem erheblich größerem Maß als in der Vergangenheit erforderlich. Damit wird deutlich, dass der Umfang der Prüfung in Zukunft wesentlich zunehmen wird.

Leider ist vermehrt zu beobachten, dass die Prüfingenieure zur Kontrollinstanz von FE-Berechnungen missbraucht zu werden. Die Gefahr, dass für das Tragverhalten wesentliche Aspekte übersehen werden, nimmt zu, wenn man das allgemein akzeptierte 4-Augen Prinzip auf die Tätigkeit des Prüfingenieurs reduziert.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die numerisch erstellten Standsicherheitsnachweise des Aufstellers für eine Prüfung noch erforderlich sind. Was macht es für einen Sinn, mit großen Auf-

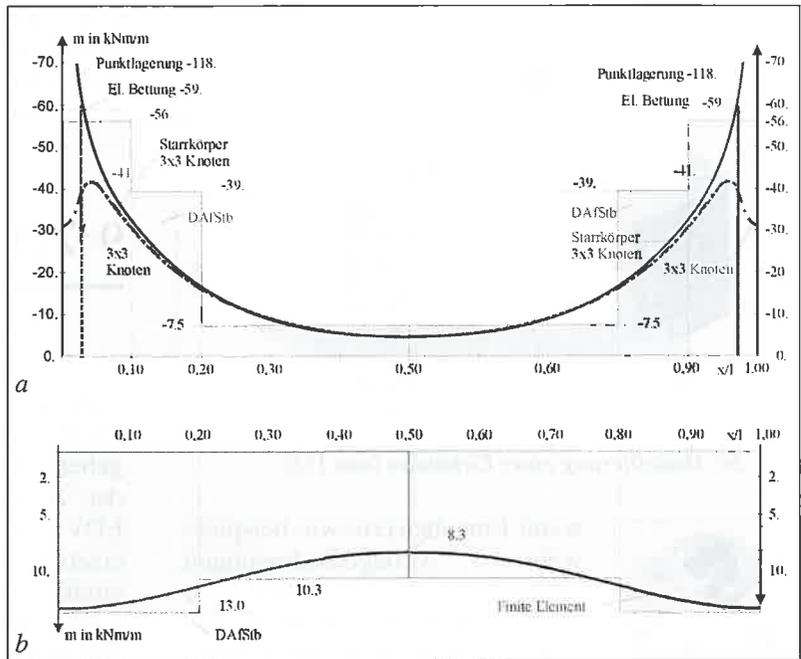


Abb. 22: Verlauf der Biegemomente im Stütz- und Feldbereich

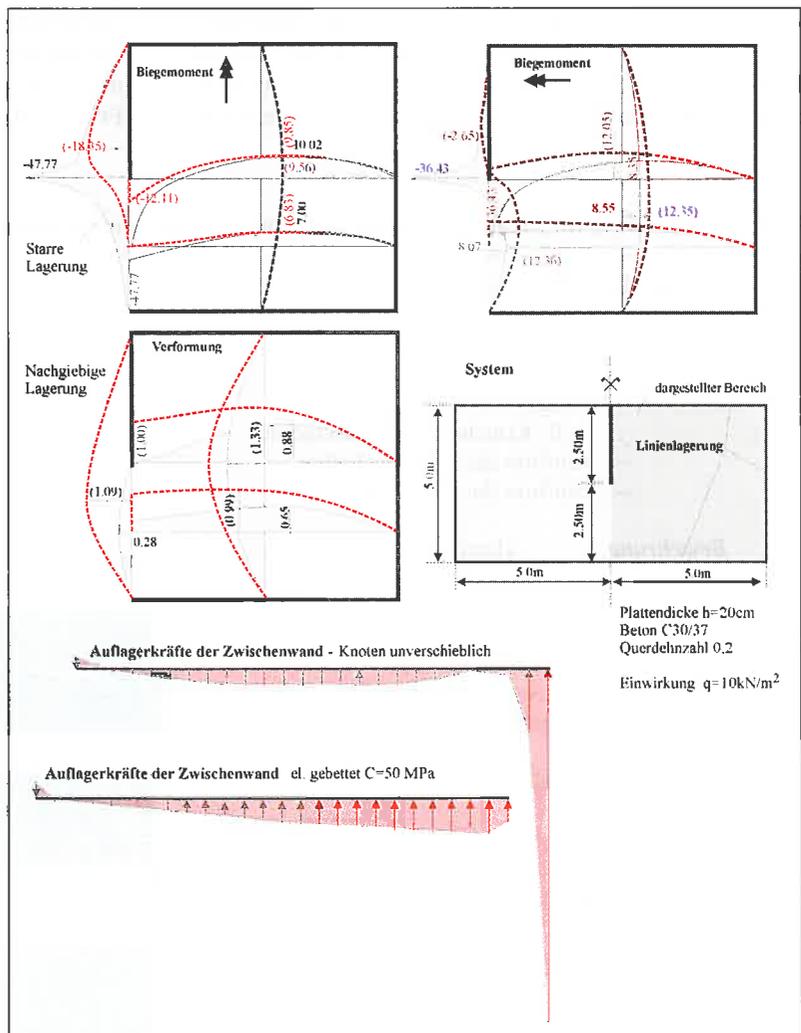


Abb. 23: In einer Platte endende Wand mit starrer und elastischer Lagerung

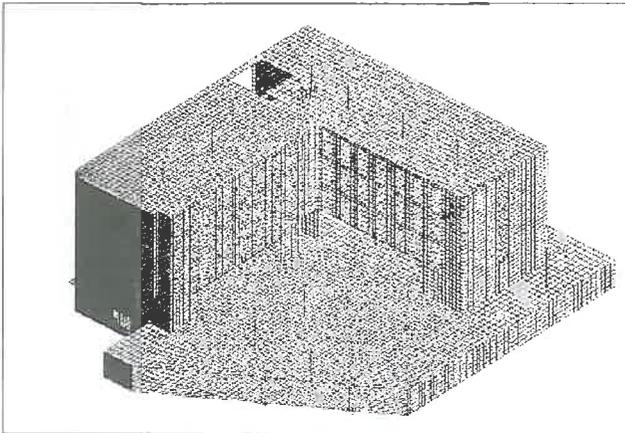


Abb. 24: Modellierung eines Gebäudes (aus [5])

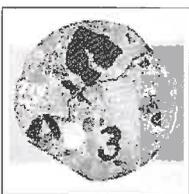


Abb. 25: Verbundwerkstoff Stahlbeton

wand Eingabewerte wie beispielsweise Auflagerbedingungen, Querschnittswerte und Abmessungen zu überprüfen, wenn die Berechnung nicht mehr nachvollzogen werden kann? Weiterhin garantiert eine Überprüfung der Eingabewerte nicht automatisch auch zutreffende Ergebnisse. Was ist eine prüffähige programmgesteuerte

Berechnung? Es ist sehr zu begrüßen, dass nach der neuen EDV-Richtlinie [8] der Umfang der zur Prü-

fung einzureichenden Unterlagen eines programmgesteuerten Standsicherheitsnachweises erheblich reduziert wird. Auf die numerische Ausgabe wird weitgehend zugunsten der grafischen Darstellung verzichtet.

## 9 Zusammenfassung

An einfachen Strukturen wurden exemplarisch die prinzipiellen Probleme von Finite-Elemente-Berechnungen aufgezeigt. Wie die Beispiele zeigen, sind für die Anwendung numerischer Verfahren eingehende Kenntnisse des Material- und Tragverhaltens der zu untersuchenden Struktur erforderlich. Die EDV ist nicht in der Lage, den Ingenieurverstand zu ersetzen. Der Kollaps der Slepner Plattform [1] hat eindrucksvoll gezeigt, wozu blinder Glaube in die Fähigkeiten eines komplexen numerischen Modells führen können: Dem Einsturz eines Tragwerks.

Die Zunahme programmgesteuerter Standsicherheitsnachweise wird die Prüftätigkeit wesentlich verändern. Die Anforderungen an den Prüfer und den Aufsteller werden ebenso wie der Prüfumfang zunehmen. Ein positiver Aspekt hat diese Entwicklung: Die Prüftätigkeit wird noch wichtiger als bisher.

**Tab. 3: Probleme nichtlinearer Schalen- und Scheibenberechnungen**

<p><b>Stoffmodelle:</b></p> <p><i>Beton</i> – einaxial – mehraxial          – Zugfestigkeit <math>f_{ct}</math>          – Langzeitverhalten (z.B. Kriechen und Schwinden)          – Einfluss der Lastgeschichte          – Einfluss der Rissbildung</p> <p><i>Bewehrung:</i> elastisch – plastisch</p> <p><i>Verbund:</i> – starr – verschieblich          – „tension“ Stiffening</p> <p><i>Risse:</i> – Kornverzahnung          – Verdübelung durch Bewehrung</p> <p><b>Numerische Modellierung</b></p> <p><i>Bewehrung:</i> diskret – verschmiert</p> <p><i>Verbund:</i> Kontaktelemente</p> <p><i>Risse:</i> diskret – verschmiert</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Spannungszug</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Druckbewehrung</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>
---	--

## 10 Literatur

---

- [1] Schlaich J.; Reineck K.-H.: Die Ursache für den Totalverlust der Betonplattform Slepner A. Beton- und Stahlbetonbau 88 (1993), Heft 1, S. 1-4
- [2] Rombach G.: Anwendung der Finite-Elemente-Methode im Betonbau – Fehlerquellen und ihre Vermeidung. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000
- [3] Beck H.; Schäfer H.: Die Berechnung von Hochhäusern durch Zusammenfassung aller aussteifenden Bauteile zu einem Balken. Der Bauingenieur 44 (1969), S. 80 – 87
- [4] Steinle A.; Hahn V.: Bauen mit Betonfertigteilen. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1998, S. 33
- [5] Quint M.: Das große Ganze. 13. Sofistik Anwender Seminar, München, 2000
- [6] Schaper G.; Schole H.; Trippe K.: Berechnung der Momente von Stahlbetonplatten mit Finite Elemente Programmen. Der Prüferingenieur April 1997, S. 62-77
- [7] Werkle H.: Konsistente Modellierung von Stützen bei der Finite –Elemente-Berechnung von Flachdecken. Bautechnik 77 (2000), Heft 6, S. 416-425
- [8] Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise. Ausgabe April 2001. Der Prüferingenieur April 2001
- [9] Maiswinkel R.: Nichtlineares Nachweisverfahren für Stahlbeton-Flächentragwerke. Beton- und Stahlbetonbau 96, 2001, Heft 1, S. 27-34

# Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise

**Die Ausgabe 2001 ist verfügbar: Erläuterungen der Anpassungen und praxisbezogene Beispiele**

Seit Mitte der 60-er Jahre, seit der Computer auch im Bauwesen genutzt wurde, hat die Hard- und Software eine rasante Entwicklung genommen. Seit dieser Zeit gibt es auch allgemeine Rahmenrichtlinien für das Aufstellen und Prüfen statischer EDV-Berechnungen. 1989 wurden sie das erste Mal den neuen Entwicklungen angepasst, dieses Jahr ein zweites Mal. Mittlerweile ist diese „Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP 2001)“ in der Praxis verfügbar. Im folgenden Beitrag werden wesentliche Anpassungen der 1989-er Ausgabe gegenüber der Fassung von 2001 beschrieben, und die Anwendung der Richtlinie wird mit einigen Erläuterungen und drei praktischen Beispielen demonstriert.

**Dr.-Ing. Günter Griebenow**



*studierte 1962 bis 1968 Bauingenieurwesen mit der Vertiefungsrichtung Konstruktiver Ingenieurbau an der TH Hannover und promovierte 1977 an der TU Braunschweig auf dem Gebiet der experimentellen Statik. Seit 1978 ist er freiberuflich als Beratender Ingenieur mit Schwerpunkt Brückenbau tätig. 1981 wurde er als Prüfingenieur für Baustatik bestellt und arbeitet seitdem auch als Sachverständiger auf dem Gebiet der Prüfung bautechnischer Unterlagen des Massivbrückenbaus. Außerdem betreibt er die Ingenieurpartnerschaft Dr. Griebenow + Partner GmbH in Braunschweig und Schönebeck bei Magdeburg.*

*1981 wurde er als Prüfingenieur für Baustatik bestellt und arbeitet seitdem auch als Sachverständiger auf dem Gebiet der Prüfung bautechnischer Unterlagen des Massivbrückenbaus. Außerdem betreibt er die Ingenieurpartnerschaft Dr. Griebenow + Partner GmbH in Braunschweig und Schönebeck bei Magdeburg.*

## 1 Einführung

Regeln für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise sind erstmals 1965 [1] formuliert worden. Für den damals beginnenden Einsatz von Computern bei der Aufstellung von statischen Berechnungen wurden allgemeine Rahmenrichtlinien entwickelt. Diese vorläufigen Richtlinien mit ihren sehr allgemein gehaltenen und recht unverbindlichen Regeln haben nicht die notwendige Ordnung in die Flut der teilweise regellos aufgestellten EDV-Standsicherheitsnachweise gebracht.

Auf der Basis eines Entwurfes der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik wurde in einem Arbeitskreis, der sich aus Beauftragten des Bundesministeriums für Verkehr, der Straßenbauverwaltungen, der Deutschen Bundesbahn, dem Verband Beratender Ingenieure, dem Deutschen Beton Verein und der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik zusammensetzte, die Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP 89) erarbeitet. Sie ist 1989 im Verkehrsblatt-Verlag als Drucksache erschienen.

In dieser Richtlinie wurden u.a. die Aufgabenverteilung und Verantwortlichkeit von Aufsteller und Prüfingenieur geregelt. Formale und inhaltliche Anforderungen an die Programme, an die Eingaben wie z.B. hinsichtlich der mechanischen Strukturmodelle, der Materialien und Steifigkeiten, sowie der Einwirkungen wurden detailliert formuliert.

Besonderes Gewicht wurde auf die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse sowie der notwendigen Kontrollen gelegt. Mögliche Prüfverfahren wurden vorgestellt und bewertet. Der Prüfbericht schloss mit einer Bestätigung der Vollständigkeit und Richtigkeit der Berechnungen und der Übereinstimmung mit den gültigen Technischen Baubestimmungen ab. Abweichungen zwischen den Ergebnissen des Aufstellers und denen des Prüfingenieurs waren im Prüfbericht ebenfalls zu werten.

Diese Richtlinie von 1989 hat ein hohes Maß an Verbindlichkeit dadurch erreicht, dass sie an die ZTV-K [2] vertraglich gekoppelt ist. Die EDV-Richtlinie ist in der Bundesrepublik Deutschland im Eisenbahn- und Straßenbrückenbau Vertragsbestandteil.

Seit 1989 hat sich insbesondere die Hardware auf dem PC-Sektor in enormen Schüben entwickelt. Man möge sich hierzu nur einmal die Entwicklung der Taktrate der PC-Prozessoren und die Aufrüstung der Festplattenkapazitäten vergegenwärtigen.

1990: Taktrate: ca. 33 MHz (Megahertz);  
Festplatten: ca. 10 MB (Megabyte),

2001: Taktrate; größer als 1 GHz (Gigahertz),  
Festplatten: größer als 40 GB (Gigabyte)

Bei der Baustatik(dynamik)-Software kann man ebenfalls deutliche Entwicklungen feststellen:

- das Programmhandling ist wesentlich einfacher und anwenderfreundlicher geworden,
- grafische Darstellungen der Eingaben (z.B. Struktur, Einwirkungen) und der Ergebnisse (z.B. Schnittgrößen, Spannungen, Verformungen, Bewehrungsquerschnitte) sind heute Standard,
- die grafischen Darstellungen werden zunehmend durch Farbe verbessert,
- die Leistungsfähigkeit der Hardware und das Preisdumping bei einigen Softwareherstellern haben insbesondere für ebene und räumliche FE-Berechnungen einen größeren Anwenderbereich geöffnet.

Diese Entwicklungen waren im Rahmen einer Überarbeitung der Richtlinie zu beachten.

## 2 Änderungen und Ergänzungen zur Ri-EDV-AP 89

### 2.1 Allgemeines

Ein Arbeitskreis<sup>1)</sup> hat die Überarbeitung der Richtlinie übernommen und Anfang 2001 fertig gestellt. Die neue Richtlinie baut auf der Ri-EDV-AP 89 von 1989 auf und wird durch Anpassungen fortgeschrieben. Sie wurde im April mit der Bezeichnung Ri-EDV-AP-2001 von der Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik e.V. VPI<sup>2)</sup> herausgegeben und kann von ihr bezogen werden (der vollständige Text der Ri-EDV-AP-2001 ist in Heft 18 des Prüferingenieurs (April 2001) veröffentlicht worden).

Nachfolgend sollen Hintergrundinformationen, Erläuterungen und Anmerkungen zur Richtlinie selbst und zu den Änderungen im Vordergrund stehen.

### 2.2 Farbige Darstellungen

Im Abschnitt 2.2 (letzter Absatz) werden farbige Darstellungen erwähnt, die zur Übersichtlichkeit vorteilhaft beitragen können. Dies gilt natürlich nur dann, wenn alle zur Prüfung und Dokumentation einzureichenden Exemplare die farbigen Darstellungen enthalten. Schwarz-Weiß-Kopien von farbigen Vorlagen sind in der Regel wegen gleicher Grautöne unterschiedlicher Farben unübersichtlicher als Schwarz-Weiß-Darstellungen mit variabler Schraffur oder mit abgesetzten Grautönen.

### 2.3 Fachliche Verantwortung des Prüferingenieurs

Ganz neu hinzugekommen ist der Absatz 3.3 *Fachliche Verantwortung des Prüferingenieurs*: „Der Prüferingenieur hat seine Prüftätigkeit unparteiisch und gewissenhaft nach den bauaufsichtlichen Vorschriften und den technischen Baubestimmungen auszuüben. Er ist für die Richtigkeit und Vollständigkeit der bautechnischen Prüfung allein verantwortlich.“

Diese Ergänzung war notwendig, um klarzustellen und zu dokumentieren, dass auch der Prüferingenieur selbstverständlich seine fachliche und persönliche Verantwortung trägt.

Der Prüferingenieur ist für die Richtigkeit und Vollständigkeit der bautechnischen Prüfung allein

<sup>1)</sup> Dem Arbeitskreis der Ri-EDV-AP-2001 haben folgende Mitglieder angehört:

*Dipl.-Ing. Klaus Banze*  
(Stahlbau Lamparter GmbH)  
*Dr.-Ing. Frank Fingerloos*  
(Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.)  
*Dr.-Ing. Günter Griebenow*  
(VPI Niedersachsen) (Leitung)  
*Dipl.-Ing. Peter Kröger*  
(EBA, Ast Hamburg/Schwerin)  
*Dr.-Ing. Martin Mertens*  
(Landesbetrieb Straßenbau NRW)  
*Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer*  
(VPI Hamburg)  
*Dipl.-Ing. Catharina Stahr*  
(VPI Hamburg)  
*Dr.-Ing. Marco Tschötschel*  
(Deutscher Betonverein e.V.)  
*Dipl.-Ing. Jürgen Windeler*  
(Nds. Landesamt für Straßenbau)

<sup>2)</sup> VPI Bundesvereinigung der Prüferingenieure für Bautechnik e.V. Ferdinandstr. 47, 20095 Hamburg, Tel.: 040/3037950-0, Fax: 040/353565, E-Mail: info@bvpi.de

verantwortlich. Er kann diese Verantwortung also nicht auf Mitarbeiter abwälzen oder übertragen.

#### 2.4 Teilsicherheitsbeiwerte, Kombinationsbeiwerte

Die Abschnitte 4.4.4 und 4.6.1 werden hinsichtlich der Teilsicherheitsbeiwerte, Lastkombinationen und Kombinationsbeiwerte ergänzt.

Die Ergebnisse von Standsicherheitsnachweisen sind nur dann eindeutig interpretierbar, wenn die Teilsicherheitsbeiwerte den Einwirkungen und die Kombinationsbeiwerte den Lastkombinationen direkt zugeordnet sind.

#### 2.5 Anhänge

Der *Anhang 1* (Programmkenndaten) wird beibehalten, der *Anhang 2* (Musterblatt Programmkenndaten) ist ersatzlos gestrichen und der *Anhang 3* der alten Richtlinie ist im Literaturverzeichnis der neuen Richtlinie erwähnt.

## 3 Kerninhalte der Richtlinie

### 3.1 Standsicherheitsnachweise als geschlossenes Ganzes

„Der Standsicherheitsnachweis muss unter Einschluss der EDV-Berechnungen und aller sonstigen technischen Unterlagen ein technisch und rechnerisch geschlossenes Ganzes bilden.“

Gegen diese Regel wird – so möchte der Verfasser behaupten – am meisten verstoßen, wenn mehrere Aufsteller einzelne Abschnitte für eine Baumaßnahme statisch bearbeiten. Als Beispiel hierfür sei ein Bauwerk mit folgenden Merkmalen beschrieben:

- Dacheindeckung: Trapezbleche
- Dachstuhl: Nagelbrettbinder
- Decken: Fertigteilenelementdecken mit Ortbetonergänzung
- Unterzüge, Stützen: Fertigteile
- Wände: Mauerwerk
- Fundament: Stahlbetonsohlplatte
- Gründung: Tiefgründung mit Pfählen

In solchen Fällen wirken mehrere Aufsteller, teilweise bei den einzelnen Lieferfirmen ansässig, an Standsicherheitsnachweisen mit. Meist fehlt auf der Aufstellerseite der Koordinator, der für die Vollstän-

digkeit insbesondere an den Schnittstellen der einzelnen Gewerke zuständig und verantwortlich ist. Dies führt nicht selten zu Ungereimtheiten, Fehlern und Lücken in den Nachweisen. Diese mangelnde Koordination übernimmt häufig der Prüfenieur ohne Auftrag und Vergütung.

### 3.2 Programmkenndaten

Notwendige Angaben zu den Programmen liegen selten den Standsicherheitsnachweisen bei. Hier sind die Softwarehäuser gefordert, die gemäß *Anhang* zur Richtlinie diese Angaben in einer ausdrückbaren Datei zum Programm schreiben sollten. Leider muss man immer wieder feststellen, dass der Anwender die Grundlagen, Methoden, Rechenverfahren, Anwendungsbereiche, fachliche Voraussetzungen, Einschränkungen u.a. zum Programm nicht hinreichend kennt und darüber Auskunft geben kann. Dieses gilt insbesondere für FE-Programme.

### 3.3 Mechanisches Strukturmodell

Die Umsetzung der Bauteile und Bauwerke in rechenbare mechanische Strukturmodelle bleibt immer noch eine Ingenieuraufgabe. Sie ist häufig, insbesondere bei FE-Berechnungen, von entscheidender Bedeutung.

Nicht sinnvoll definierte Randbedingungen (z.B. Festhaltungen, Singularitäten, Steifigkeiten) können ein Bauteil zum rechnerischen Kollaps führen, obwohl unbedenkliche lokale Fließerscheinungen oder Rissbildungen die „Unendlichkeitsstellen“ auf ein „normales Maß“ zurückführen.

Das Rechenprogramm berechnet – Programmfehler werden hier ausgeschlossen – im Rahmen der programmierten Methode, der begrenzten Rechengenauigkeit und der Eingabe des Aufstellers richtig. Die Ergebnisse können aber trotzdem für die zu lösende baustatische Aufgabe völlig unbrauchbar und falsch sein. Der Einfluss vom Steifigkeiten, Elementgröße und Singularitäten wird in Kapitel 4 an Beispielen erläutert.

### 3.4 Aufbereitung der Eingaben und Ergebnisse

Für die Aufbereitung der Eingaben und Ergebnisse ist wichtig, dass alle relevanten Daten eindeutig, übersichtlich, verständlich, nachvollziehbar und reproduzierbar sind.

Notwendige Angaben und Darstellungen werden hier beispielhaft genannt:

- maßstäbliche Darstellung mit Angabe der Ordnungssysteme (Koordinatensysteme, Vorzeichen etc (vgl. Kapitel 4.3.5),

- Darstellung der Lagerungsbedingungen (für alle 6 Freiheitsgrade – evtl. mit ergänzenden Erläuterungen),
- Materialkennwerte, Querschnittsgrößen, Steifigkeiten (vgl. Kapitel 4.4.3),

### 3.4.1 Grafische Darstellungen (Kapitel 4.6.2)

Die zunehmenden grafischen Darstellungen für z.B. Strukturmodelle, Querschnittswerte, Einwirkungen und Ergebnisse sind grundsätzlich positiv zu bewerten.

Maßstäbliche Linien- und Flächengrafiken erlauben in vielen Fällen eine übersichtliche, verständliche und konzentrierte Darstellung von Struktur, Eingaben und Ereignissen. Farbige Darstellungen können die Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit noch verbessern.

### 3.4.2 Kontrollen

Der Aufsteller muss sich von der Plausibilität der Eingaben und Ergebnisse durch Kontrollen überzeugen.

Hierzu gehören z.B.:

- Kontrollen der Eingaben,
- Gleichgewichts- und Verformungskontrollen,
- Plausibilität der Verformungen mit den Einwirkungen,
- Kontrollen mit vereinfachten Strukturmodellen,
- Berechnungen mit veränderter Netzanordnung bei finiten Elementen,
- Referenzbeispiele.

Von den Kontrollmöglichkeiten wird auf der Seite des Aufstellers viel zu selten Gebrauch gemacht. Daher werden manche unsinnigen Ergebnisse gar nicht wahrgenommen. Vor der reinen Computer-Statik, möglichst für das ganze Bauwerk durchgängig, ohne interaktive Teilhabe des Ingenieurs ist nur zu warnen. Kontrollen gehören zum Pflichtprogramm des Aufstellers.

## 3.5 Prüfen

Die Prüfung der Standsicherheitsnachweise erfolgt in der Regel durch Vergleichsberechnung des Prüfenieurs mit anderen Programmen. Die Ergebnisse der Prüfberechnung müssen gegenüber den Aufstellerergebnissen unabhängig sein. Beim Prüfenieur liegt die Verantwortung für die Anwendbarkeit und Unabhängigkeit des Prüfprogramms und seiner Ergebnisse.

Die Prüfung durch Stichproben als eigenständiges Prüfverfahren wurde herausgenommen und als Teilmethode für die Prüfung durch Vergleichsberechnung interpretiert. Die Prüfmethode „Stichprobe“ allein ist nur unter definierten Bedingungen anwendbar und ist im Alltag des Prüfenieurs keine gleichwertige Methode zur Prüfung durch Vergleichsberechnung.

Die Prüfmethode „Modellversuch“ wurde durch Probelastungen ergänzt. Bei neuen Werkstoffen oder Bauarten z.B. tragende Glaskonstruktionen gewinnt diese Methode zunehmende Bedeutung und ist teilweise im Zustimmungsverfahren vorgeschrieben.

Die Prüfung wird im Ganzen oder abschnittsweise durch Prüfberichte abgeschlossen. Prüfberichte müssen, spätestens im Abschlussbericht, die Vollständigkeit und Richtigkeit der maßgeblichen Ergebnisse, die Einhaltung der gültigen Technischen Bau Bestimmungen und die Übereinstimmung der Standsicherheitsnachweise mit den geprüften Ausführungsunterlagen bestätigen.

Häufig werden bei Bauwerken der Klasse 3 nur die Standsicherheits- und Wärmeschutz nachweise zur Prüfung beauftragt. Aus vordergründigen Kostenüberlegungen und aus fehlender Erkenntnis für ihre Wichtigkeit werden Ausführungspläne zu selten in die Prüfung einbezogen.

Nach Erfahrung und Meinung des Verfassers ist die Prüfung der Ausführungspläne ab Bauwerksklasse 3 dringend geboten, weil

- im allgemeinen Schal-, Bewehrungs- und Konstruktionspläne für die Bauausführung sowieso benötigt werden,
- in der Regel nicht nach der Statik, sondern nach den bautechnischen Plänen gebaut wird,
- nicht selten gravierende Mängel in Ausführungsplänen festzustellen sind (insbesondere bei „gemischter Bauweise“: Holz, Mauerwerk, Beton, Stahl, Fertigteile),
- die Kosten z.B. für die Prüfung von Bewehrungsplänen kein ernsthaftes Argument sein können, denn bei ca. 1,0 Mio. Rohbaukosten (d.h. ca. 2,5 Mio. Baukosten) betragen die Prüfgebühren für Bewehrungspläne etwa 4.145 DM (50 % bei Bauwerksklasse 3 in Niedersachsen). Das sind ca. 0,17 % der Baukosten.

Die Überwachung der Bauausführung oder die Abnahmen einzelner Bauteile durch den Prüfenieur werden von den Bauordnungsämtern noch seltener beauftragt. Umso wichtiger sind geprüfte Ausführungspläne auf der Baustelle.

## 4 Beispiele zur Erläuterung der Anforderungen der Richtlinie

Zur Veranschaulichung der Anforderungen der Richtlinie – insbesondere bei FE-Berechnungen – werden drei Beispiele vorgestellt.

### 4.1 Stahlbeton-Brückenwiderlager mit Zugband/Zugscheibe

Im allgemeinen werden die Steifigkeiten für die Platten- und Scheibenelemente nach Zustand I ermittelt. Für die Widerlagerwände, -flügel und -sohlplatte trifft diese Beschreibung meist mit hinreichender Genauigkeit zu, da hierfür die Biegespannungen maßgebend sind und die Bauteildicken so gewählt werden, dass die Betonrandspannungen begrenzt werden. (vgl. [3])

Das Zugband oder die Zugscheibe im oberen Bereich (Abb. 1) erfahren bei Überschreiten der Betonzugfestigkeit in regelmäßigen Abständen durchgehende Trennrisse (die Betonzugfestigkeit wird bei wirtschaftlicher Auslegung in der Regel überschritten). Bei konstruktiv sinnvoller Bemessung und Bewehrungsverteilung bleiben die Rissbreiten unter 0,25 mm, sodass diese Risse für die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit unbedenklich sind.

Die Rissbildung reduziert die Steifigkeit im Zugband/in der Zugscheibe erheblich. Dadurch vermindern sich einerseits die Zugkräfte und andererseits vergrößern sich die maßgeblichen Biegemomente der Widerlager, Flügel und Fundamentplatte.

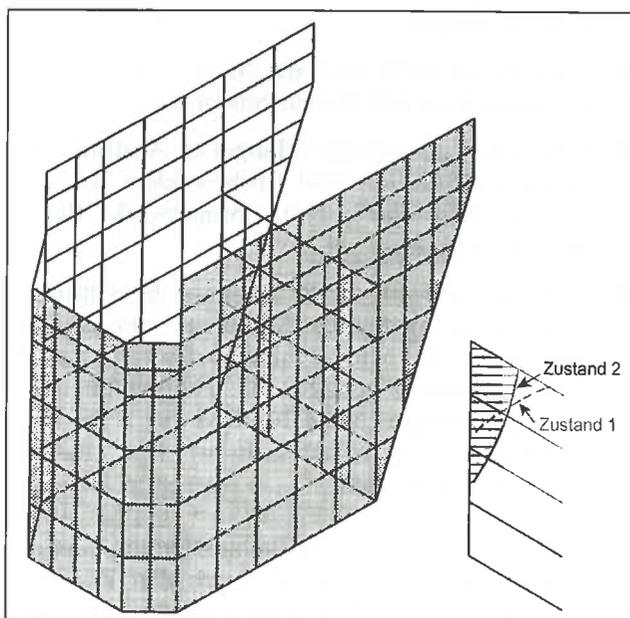


Abb. 1: Räumliches Finite-Element-Netz eines Brückenwiderlagers mit Zugscheibe

Die Änderungen bei den Schnittgrößen infolge wirklichkeitsnaher Beschreibung der Steifigkeit im Betonzugband kann durchaus in der Größenordnung der Sicherheitsbeiwerte liegen.

Das vorgestellte Widerlager mit Zugband/Zugscheibe ist ein Beispiel dafür, dass Steifigkeitsänderungen aus Rissbildung in der Strukturbeschreibung des Rechenmodells im Einzelfall berücksichtigt werden müssen, um wirklichkeitsnahe Ergebnisse zu erhalten.

### 4.2 Biegestörungen bei Schalentragerwerken

Die Berechnungen von Biegestörungen an Schalentragerwerken verlangen eine Elementierung, die an die Abklinglänge der Randbiegemomente angepasst ist.

In dem Beispiel einer Kreiszylinderschale aus Beton mit freiem Rand oben und Einspannung des unteren Randes (Abb. 2) sind die Randstörungen aus Temperatureinwirkungen für unterschiedliche Elementlängen dargestellt. Die Elementlänge  $\Delta L = 1,00 \text{ m} = 10\text{-fache}$  Wanddicke liefert völlig unbrauchbare Ergebnisse.

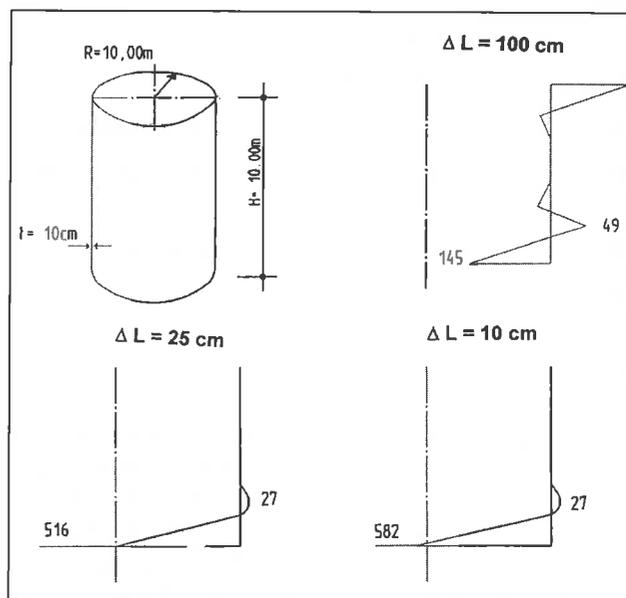


Abb. 2: Einfluss der Längen finiter Elemente bei Randstörungen einer Kreiszylinderschale

Die Reduzierung auf  $\Delta L = 25 \text{ cm} = 2,5\text{-fache}$  Wanddicke ergibt brauchbare Biegemomente. An diesem Beispiel ist für die wirklichkeitsnahe Berechnung einer Randstörung die Elementlänge auf die Größenordnung der Schalendicke zu reduzieren.

### 4.3 Eckbereiche von Platten

Wie bedeutsam die ingenieurgerechte Anwendung von Rechenprogrammen und die Aufbereitung

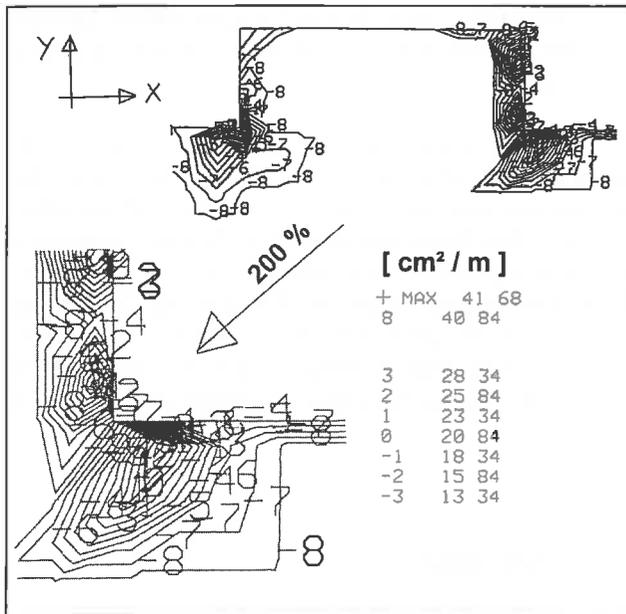


Abb. 3: Sohlplatte mit Randbalkenverstärkung (Verteilung der Schubbewehrung in Y-Richtung: FEM)

der Ergebnisse sind, soll ein drittes Beispiel verdeutlichen: Eine Sohlplatte mit Randverstärkungen auf elastischer Bettung mit einspringenden Ecken (Abb. 3).

Die aus einer FE-Berechnung dargestellte Verteilung der Schubbewehrung im Eckbereich ist wirklichkeitsfremd und für Planer und Prüfer nicht lesbar. Die Darstellung ist auch bei Vergrößerung völlig unübersichtlich.

Hier sind auch softwareseitig Verbesserungen erforderlich:

- z.B. könnten in diesem Beispiel ideale Randstreifen vom Anwender definiert werden (etwa 0,5 m), für die die erforderliche Bewehrungsmenge in cm<sup>2</sup> durch Integration ermittelt wird,
- bei sehr steilen Gradienten – wie hier an Singularitätsstellen – sind die engen Höhenschichtlinien keine geeignete Darstellung.

Wichtig ist die Aufbereitung der Eingaben und Ergebnisse durch eine angemessene Auswahl von Gesamt- und Teildarstellungen, durch notwendige (warum nicht handschriftliche?) Erläuterungen und tabellarische Ergänzungen.

Es kann nicht akzeptiert werden, dass die früheren Tabellenkolonnen durch einen Satz von Grafiken ersetzt werden, die weder verständlich, noch übersichtlich, noch lesbar sind. In vielen Fällen reicht auch eine Lupenvergrößerung nicht, um einzelne Zahlenwerte lesen zu können.

## 5 Grundanforderungen an Standsicherheitsnachweise

Unabhängig von der Darstellungsart, ob grafisch oder tabellarisch, handschriftlich oder als PC-Ausdruck: Standsicherheitsnachweise müssen folgende Grundforderungen erfüllen:

- **Vollständigkeit:** Standsicherheitsnachweise müssen ein technisch und rechnerisch geschlossenes Ganzes bilden.
- **Programmkenndaten:** Sie müssen insbesondere enthalten:
  - eindeutige Programmbezeichnung,
  - Kurzbeschreibung der verwendeten Rechenverfahren und der implementierten Vorschriften und Regeln,
  - Zuständigkeiten für Rückfragen und ergänzende Unterlagen zum Programm.
- **Formale Anforderungen:** Hierzu gehören Inhaltsverzeichnisse Kennzeichnung der Seiten, notwendige Querverweise, Ordnungssysteme wie Koordinatensysteme, Vorzeichenkonventionen, Knoten-, Elementnummerierungen.
- **Mechanisches Strukturmodell** mit allen erforderlichen Angaben der Lagerungsbedingungen, Querschnittsgrößen, Randbedingungen et cetera.
- **Eindeutige Einwirkungen** auf das Strukturmodell nach Lage, Größe, Wirkung.
- **Einteilung der Einwirkungen** in Lastfälle mit Teilsicherheitsbeiwerten und in Lastkombinationen mit Kombinationsbeiwerten.
- **Übersichtliche und verständliche Ausgabe** der maßgeblichen Ergebnisse, zweckmäßig in grafischer Form.
- **Darstellung der Beanspruchungen und Widerstände** unter Angabe der charakteristischen Werte sowie der zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte.
- **Programmkontrollen und Kontrollen** des Aufstellers zu den Eingaben, zum Gleichgewicht, zu den Verformungen und zu den Ergebnissen.
- **Berechnung mit veränderter Netzanordnung** finiter Elemente bei komplexen Systemen (z.B. Randstörungen von Schalen).
- **Bei häufigen Strukturwiederholungen** können Referenzbeispiele hilfreich sein.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

---

Die Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise Ri-EDV-AP-2001 wird wie die Vorgängerin immer dann Vertragsbestandteil sein, wenn die ZTV-K vereinbart ist. Es ist wünschenswert, dass die Richtlinie außerhalb des Eisenbahn- und Straßenbrückenbaus an Einfluss gewinnt, damit die Aufgabenverteilung, Zuständigkeit und Verantwortlichkeit von Aufsteller und Prüfer eindeutig geregelt sind.

Die formalen und inhaltlichen Grundlagen sollen beim Aufstellen beachtet, Eingaben und Ergebnisse übersichtlich, leicht verständlich und auf das Notwendige beschränkt werden. Die grafische Darstellung erhält den unbedingten Vorrang.

Der Prüfer ist im Sinn persönlicher und fachlicher Verantwortung fest eingebunden. Er bestätigt die Vollständigkeit und Richtigkeit der Ergebnisse, die Einhaltung der gültigen Technischen Baubestimmungen und die Übereinstimmung der Standsicherheitsnachweise mit den geprüften Ausführungsunterlagen in einem schriftlichen Prüfbericht.

Bei relevanten Abweichungen sollen Aufsteller und Prüfer gemeinsam deren Ursachen aufklären.

Die konzentrierte Zusammenfassung der geprüften maßgeblichen Ergebnisse soll auch der Komprimierung der Dokumentationsunterlagen dienen. Bei den Archivierungsmöglichkeiten stoßen die Bauordnungsämter zunehmend an ihre Grenzen. Diese Problematik kann die Ri-EDV-AP-2001 nicht lösen, sie kann aber über die grafische „Straffung“ der Eingaben und Ergebnisse den Gesamtumfang der Standsicherheitsnachweise erheblich reduzieren helfen.

## 7 Literatur

---

- [1] Vorläufige Richtlinien für das Aufstellen und Prüfen elektronischer Standsicherheitsberechnungen, 1965. Betonkalender 1969, Berlin: Ernst & Sohn
- [2] ZTV-K 96: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Kunstbauten – Ausgabe 1996, Verkehrsblatt-Verlag
- [3] EZV-K-NS 89: Technische und vertragliche Ergänzungen zu der ZTV-K (Niedersachsen), Ausgabe 1989, Niedersächsisches Landesamt für Straßenbau

# Die Industriebau-Richtlinie auf dem Weg zu ihrer bauaufsichtlichen Einführung

**Brandschutzanforderungen können rechnerisch objektiv nachweisbar ermittelt werden**

Die neue Industriebau-Richtlinie wurde in Hessen und in Nordrhein-Westfalen als Technische Baubestimmung allgemein bauaufsichtlich eingeführt; für weitere Bundesländer steht die Einführung auf der Basis der in Brüssel „notifizierten“ Fassung der ARGEBAU-Projektgruppe vom März 2000 unmittelbar bevor. Mit dieser allgemein anerkannten Regel der Technik können somit Anforderungen an Bauteile und Baustoffe, aber auch viele andere Brandschutzfestlegungen für Industriebauten objektiv nachweisbar ermittelt werden. Wir geben daher hier einen Überblick über Grundlagen und Inhalte dieser Richtlinie.

**Dipl.-Ing. Udo Kirchner**



ist Mitinhaber der „Halfkann + Kirchner Sachverständigenpartnerschaft + Brandschutzingenieure“ in Erkelenz, öbv Sachverständiger für vorbeugenden Brandschutz und staatlich anerkannter Sachverständiger (saSV) für die Prüfung des Brandschutzes in NRW.

**Dr.-Ing. Jürgen Wiese**



studierte Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig, war wiss. Mitarbeiter am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig und Referatsleiter für Schadenverhütung und Vorbeugenden Brandschutz beim VdS; seit 1997 wiss. Leiter im Sachverständigenbüro für Brandschutz Halfkann und Kirchner.

## 1 Einführung

Industriebauten gelten nach § 51 der Musterbauordnung (MBO) und nach den Bauordnungen aller Bundesländer als Sonderbauten (Gebäude besonderer Art oder Nutzung). Für die Beurteilung der Brandsicherheit von Industriebauten reichen die Kriterien mit den konkreten materiellen Anforderungen an den Brandschutz der Landesbauordnungen jedoch nicht aus, weil hier die benötigten, zusammenhängenden Flächen normalerweise deutlich größer sind als die zulässigen Brandabschnitte, und weil die mögliche Wärmeeinwirkung auf die Bauteile wegen häufig begrenzter Brandlasten und wegen einer ausgeprägten brandschutztechnischen Infrastruktur in den Betrieben auch verminderte materielle Anforderungen an den Feuerwiderstand der tragenden und aussteifenden Bauteile zulassen.

Die statistisch belegte, äußerst geringe Mortalitätsrate (verschwindend geringe Zahl der Brandtoten unter den gewerblichen Nutzern) im Industriebau lässt hier verlängerte Rettungswege und großzügige Rettungsweggestaltungen zu. Dies gilt auch für Gewerbebauten, die der Produktion (Herstellung, Behandlung, Verwertung, Verteilung) oder Lagerung von Produkten oder Gütern dienen.

Bereits seit einigen Jahren liegen mit der kombinierten Anwendung der Industriebaurichtlinie (MIndBauRL) [01] und der „Bemessungsnorm“ DIN 18230 [02] umfangreiche und in der Regel positive Erfahrungen aus allen Bundesländern vor – insbesondere aber aus den Ländern Nordrhein-Westfalen [03], Hessen [04], [05] und den fünf neuen Bundesländern, die dieses Regelwerk bauaufsichtlich eingeführt haben. Unmittelbar nach der sehr umfangreichen Überarbeitung der DIN 18230, die 1996 technisch abgeschlossen war und zur Weißdruckveröffentlichung der DIN 18230 Teil 1 im Mai 1998 geführt hat [10], wurde mit der Anpassung der Muster-Industriebaurichtlinie an die Erkenntnisse aus den Arbeiten an der DIN 18230 begonnen.

Dabei wurden auch beispielsweise

- der fortgeschrittene Stand üblicher Brandschutzmaßnahmen,
- die Anforderungen an Gesamt-Brandschutzkonzepte [5], [6], [7],
- die Nachweismöglichkeiten der Brandsicherheit mit ingenieurgemäßen Methoden und
- erkennbare Tendenzen aus neueren bauordnungsrechtlichen Vorschriften [11]

berücksichtigt.

Die MIndBauRL wurde von den betroffenen Kreisen in der ARGEBAU-Projektgruppe „Brandschutz im Industriebau“ erarbeitet und einvernehmlich verabschiedet; von der ARGEBAU-„Fachkommission Bauaufsicht“ im März 2000 verabschiedet und den Ländern zur Anwendung empfohlen. Sie ist in Brüssel „notifiziert“ worden. Somit gilt die MIndBauRL als allgemein anerkannte Regel der Technik und ist zu beachten – und zwar auch dann und solange, wie einzelne Bundesländer eine formale „Einführung“ über ihre Bauregellisten noch nicht vorgenommen haben.

Als erstes Bundesland hat Hessen die Industriebau-Richtlinien in der neuen Form allgemein bauaufsichtlich eingeführt; von den übrigen Bundesländern liegen teilweise Erlass-Stellungnahmen vor, dass gegen die Anwendung keine Bedenken bestehen bzw. eine bauaufsichtliche Einführung am Ende des Jahres 2001 beabsichtigt wird.

Im nachfolgenden werden daher die Hintergründe und Grundlagen der Industriebau-Richtlinie erläutert.

## 2 Anrechenbare Maßnahmen der brandschutztechnischen Infrastruktur

In den Vordergrund der MIndBauRL ist die Bewertung der brandschutztechnischen Infrastruktur gerückt, welche analog den Regelungen der Löschwasserrückhalte-Richtlinien im System der Sicherheitskategorien wie folgt bewertet werden.

Sicherheitskategorien sind Klassierungsstufen für die brandschutztechnische Infrastruktur. Sie ergeben sich aus den Vorkehrungen für die Brandmeldung, der Art der Feuerwehr und der Art einer Feuerlöschanlage. Sie werden wie folgt unterschieden:

### ■ Sicherheitskategorie K 1:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte ohne besondere Maßnahmen für Brandmeldung und Brandbekämpfung

### ■ Sicherheitskategorie K 2:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage

### ■ Sicherheitskategorie K 3.1:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage in Industriebauten mit Werkfeuerwehr in mindestens Staffelstärke; diese Staffel muss aus hauptamtlichen Kräften bestehen

### ■ Sicherheitskategorie K 3.2:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage in Industriebauten mit Werkfeuerwehr in mindestens Gruppenstärke

### ■ Sicherheitskategorie K 3.3:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage in Industriebauten mit Werkfeuerwehr mit mindestens 2 Staffeln

### ■ Sicherheitskategorie K 3.4:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage in Industriebauten mit Werkfeuerwehr mit mindestens 3 Staffeln

### ■ Sicherheitskategorie K 4:

Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit selbsttätiger Feuerlöschanlage

Ist zur Einstufung eines Brandabschnitts oder eines Brandbekämpfungsabschnitts in eine Sicherheitskategorie eine automatische Brandmeldung erforderlich, so gilt dies auch als erfüllt, wenn in einem Brandabschnitt oder Brandbekämpfungsabschnitt durch ständige Personalbesetzung eine sofortige Brandentdeckung und Weitermeldung an die Feuerwehr sichergestellt ist.

Eine Werkfeuerwehr im Sinne der MIndBauRL ist eine nach Landesrecht anerkannte Werkfeuerwehr, die jederzeit in spätestens fünf Minuten nach ihrer Alarmierung die Einsatzstelle erreicht; Einsatzstelle ist die Stelle des Industriebaus, von der aus vor Ort erste Brandbekämpfungsmaßnahmen vorgetragen werden.

### 3 Gliederung und Nachweisverfahren der MIndBauRL

Die MIndBauRL [12] unterscheidet

- zwischen Allgemeinen Anforderungen (Abschnitt 5) an den Brandschutz sowie
- Anforderungen an Baustoffe und Bauteile und die maximal zulässigen Flächen von Brandbekämpfungsabschnitten.

Für letztgenanntes stehen dabei als Nachweisverfahren folgende Wege zur Verfügung:

- ein vereinfachtes Nachweisverfahren (Abschnitt 6);

- ein Nachweisverfahren auf der Grundlage der DIN 18 230 (Abschnitt 7);
- der Nachweis über Methoden des modernen Brandschutzingenieurwesens (Anhang 1).

### 4 Allgemeine Anforderungen an den Brandschutz von Industriebauten

Nachfolgend wird in tabellarischer und verkürzter Form ein Überblick über die allgemeinen Brandschutzanforderungen der MIndBauRL [12] gegeben:

#### Allgemeine Anforderungen an den Brandschutz von Industriebauten (MIndBauRL)

Abschnitt / Kriterium	Anforderungen	Bemerkungen
5.1 Löschwasserbedarf	a Fläche < 2500 m <sup>2</sup> : 96 m <sup>3</sup> /h für 2 Std b Fläche > 4000 m <sup>2</sup> : 192 m <sup>3</sup> /h für 2 Std c Fläche zwischen 2500 m <sup>2</sup> und 4000 m <sup>2</sup> : zwischen 96m <sup>3</sup> /h und 192 m <sup>3</sup> /h interpolieren d Feuerlöschanlage: 92 m <sup>3</sup> /h für 1 Std	Brandschutzdienststelle einbinden
5.2 Lage und Zugänglichkeit	a Brandabschnitte (BA) und Brandbekämpfungsabschnitte (BBA) ohne automatische Feuerlöschanlage müssen mit mindestens einer Seite an einer Außenwand liegen b Feuerwehrumfahrt ab einer Grundfläche des Gebäudes > 5000 m <sup>2</sup>	keine
5.3 Zweigeschossige Industriebauten mit Zufahrten	a das obere Geschoss kann wie ein erdgeschossiger Industriebau behandelt werden, wenn beide Geschosse Zufahrten für die Feuerwehr haben	das untere Geschoss muss vollständig in der Qualität F 90 errichtet sein
5.4 Geschosse unter der Geländeoberfläche	a das erste UG darf maximal 1000 m <sup>2</sup> groß sein b weitere UG dürfen maximal 500 m <sup>2</sup> groß sein c automatische Feuerlöschanlagen erlauben UG mit der 3,5-fachen Fläche	diese Flächenbegrenzungen gelten für UG-Räume, die für die Feuerwehr von außen nicht hinreichend sicher (z.B. von einer ganzen Seite) zugänglich sind
5.5 Rettungswege	a Rettungswege bestehen aus: Hauptgängen, Ausgängen aus Räumen, notwendige Flure und Treppen, Ausgänge ins Freie b Rettungswege können unmittelbar ins Freie oder in einen benachbarten Brand- oder Brandbekämpfungsabschnitt führen c mehrgeschossige Industriebauten ab 1600 m <sup>2</sup> Grundfläche benötigen in jedem Geschoss mindestens zwei bauliche Rettungswege (ungeschützte Aussentreppen sind zulässig) d die zulässige Rettungsweglänge (Entfernung in Luftlinie) beträgt d1 grundsätzlich in Abhängigkeit von der lichten Höhe: ab H = 5 m: 35 m; ab H = 10 m: 50 m d2 bei (BMA oder FLA) in Verbindung mit einer Alarmierungseinrichtung: ab H = 5 m: 50 m; ab H = 10 m: 70 m	a Hauptgänge müssen mindestens 2 m breit sein und spätestens nach 15 m Lauflänge erreichbar sein b der Rettungsweg darf über maximal einen benachbarten Brand- oder Brandbekämpfungsabschnitt ins Freie führen d Zwischenwerte dürfen interpoliert werden Die tatsächliche Lauflänge darf innerhalb der „Entfernungskreise“ maximal das 1,5-fache betragen
5.6 Rauchabzug	a Für Räume von weniger als 200 m <sup>2</sup> sind keine Maßnahmen für den Rauchabzug erforderlich b Räume zwischen 200 m <sup>2</sup> und 1600 m <sup>2</sup> benötigen Öffnungen für die Rauchableitung ins Freie von ca. 2% (geometrisch) der Grundfläche des Raumes c Räume ab 1600 m <sup>2</sup> benötigen Rauchabzugsanlagen	b hiermit wird keine raucharme Schicht für die Brandbekämpfung angestrebt. c1 Räume ohne automatische Feuerlöschanlagen erfordern eine raucharme Schicht von mindestens 2,5 m für die Brandbekämpfung c2 Räume mit automatischen Feuerlöschanlagen erfordern mindestens 0,5% RA oder Lüftungsanlagen ohne besondere Brandschutzanforderungen

## Allgemeine Anforderungen an den Brandschutz von Industriebauten (MIndBauRL)

Abschnitt / Kriterium	Anforderungen	Bemerkungen
5.7 Selbsttätige Feuerlöschanlagen	Nur flächendeckende Raumschutzanlagen dürfen berücksichtigt werden; sie müssen für das Brandgut geeignet sein	Grundsätzlich sind für die Auslegung von FLA technische Regelwerke anzuwenden; eine Bemessung mit ingenieurgemäßen Methoden ist zulässig.
5.8 Brandwände und Brandbekämpfungsabschnittswände	<p>a es ist immer eine Überdachführung von mindestens 50 cm erforderlich</p> <p>b Schutzmaßnahmen gegen eine horizontale Brandausbreitung in benachbarte Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte sind erforderlich: vorstehender Teil der Brand- oder Brandbekämpfungsabschnittswand aus nichtbrennbaren Baustoffen von mindestens 50 cm oder Fassadenabschnitte von je mindestens 1,0 m Breite beiderseits der Abschnittsbildung aus nichtbrennbaren Baustoffen oder bei brennbaren Außenwandverkleidungen je 1 m breite Streifen in der Feuerwiderstandsklasse der Trennwand</p> <p>c Öffnungen müssen in der Feuerwiderstandsklasse der Trennwand geschützt werden</p> <p>d bei einer Abschnittsbildung in einer „einspringenden“ Ecke bis 120° muss die Trennwand mindestens 5 m über die innere Ecke hinausragen</p>	keine
5.9 Feuerüberschlagsweg	Eine vertikale Brandausbreitung in obere „versetzte Brandabschnitte“ oder Brandbekämpfungsabschnitte ist mit baulichen Maßnahmen zu behindern. Bei Vorhandensein einer anrechenbaren Werkfeuerwehr dürfen die baulichen Maßnahmen abgemindert werden.	Geeignete Vorkehrungen können sein: mindestens 1,5 m auskragende, feuerwiderstandsfähige Bauteile mindestens 1,5 m hohe, feuerwiderstandsfähige Bauteile Erforderlicher Feuerwiderstand: wie die Decken und aus nichtbrennbaren Baustoffen oder mit nichtbrennbarer Bekleidung.
5.10 Nichttragende Außenwände und Außenwandbekleidungen	Bei Industriebauten mit Grundflächen über 2500 m <sup>2</sup> werden folgende Anforderungen an die nichttragenden Außenwände gestellt: a bei Industriebauten ohne Feuerlöschanlagen: erdgeschossiger IndBau: schwerentflammbare Baustoffe mehrgeschossiger IndBau: nichtbrennbare Baustoffe b bei Industriebauten mit Feuerlöschanlagen: erdgeschossiger IndBau: normalentflammbare Baustoffe mehrgeschossiger IndBau: schwerentflammbare Baustoffe	Keine Anforderungen werden an Wärmeabzugsflächen in den Außenwänden gestellt.
5.11 Bedachungen	Bedachungen von mehr als 2500 m <sup>2</sup> müssen eine Brandausbreitung auch innerhalb des jeweiligen Abschnittes durch die Dachkonstruktion / Bedachung behindern; z. B. durch folgende Dachaufbauten: – nach DIN 18234 (einschl. Beiblatt 1) – aus nichtbrennbaren Baustoffen – tragende Dachschale aus nichtbrennbaren Baustoffen (wie Beton)	Bedachungen bestehen z.B. aus Dachhaut, Wärmedämmung, Dampfsperre, Träger der Dachhaut. Dachdurchdringungen sind konstruktiv zu schützen. RWA müssen nicht die Bedingungen an „harte Bedachungen“ erfüllen.
5.12 sonstige Brandschutzmaßnahmen, Gefahrenverhütung	<p>a Feuerlöscher und ab 1600 m<sup>2</sup> großen Räumen, dort auch Wandhydranten</p> <p>b Feuerwehrpläne ab Summe der Geschossflächen über 2000 m<sup>2</sup></p> <p>c Brandschutzbeauftragter ab Summe der Geschossflächen über 5000 m<sup>2</sup></p> <p>d Brandschutzordnung ab Summe der Geschossfläche über 2000 m<sup>2</sup></p> <p>e Belehrung der Betriebsangehörigen alle 2 Jahre</p> <p>f Vorkehrungen für die Funkkommunikation der Feuerwehr ab einer Geschossfläche über 30000 m<sup>2</sup></p> <p>g Brandmeldeanlagen müssen unmittelbar zur zuständigen Feuerwehralarmierungsstelle aufgeschaltet werden</p>	<p>b Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle</p> <p>c die Aufgaben des Brandschutzbeauftragten sind im Einzelfall festzulegen</p> <p>d Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle</p> <p>e Feuerlöschgeräte und einrichtungen, BMA, Brandschutzordnung</p> <p>g BMA müssen in der Betriebsart TM ausgeführt werden. Sie dürfen durch ständige Personalbesetzung gleichwertig ersetzt werden.</p>

## 5 Anforderungen an Baustoffe und Bauteile sowie an die Größe der Brandabschnitte

Im Verfahren nach Abschnitt 6 wird die Brandbelastung weder festgestellt noch festgelegt. Der Industriebau wird durch Brandwände nach den Bestimmungen der jeweiligen Landesbauordnung in Verbindung mit den allgemeinen Anforderungen des Abschnitts 5.8 in Brandabschnitte gegliedert. Dieses Verfahren greift auch dann, wenn ein genauere Nachweis der Brandbelastung (nach Abschnitt 7 der MIndBauRL) zu erforderlichen Feuerwiderstandsdauern für das Haupttragwerk von mehr als 90 Minuten führt.

Für mehrgeschossige Industriebauten sieht die MIndBauRL zunächst als erforderliche Feuerwiderstandsklasse F 90 vor. Eine Unterbemessung ist sowohl für erd- als auch für mehrgeschossige Industriebauten zulässig, wenn geringere Brandabschnittsflächen realisiert werden. Wenn von einer Unterbemessung Gebrauch gemacht wird, dann sind bei Industriebauten ohne flächendeckende, selbsttätige Feuerlöschanlagen weitere Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen: Bei erdgeschossigen Industriebauten ist die Breite auf 40 m begrenzt und Wärmeabzugsflächen von mindestens 5% der Brandabschnittsflächen im Dach oder in beliebiger Höhenlage der Außenwände (in den Bauarten, die gemäß DIN 18230-1 anerkannt werden). Bei mehrgeschossigen Industriebauten (mit den ohnehin geringeren zulässigen Brandabschnittsflächen) ist lediglich ein Wärmeabzug (bis auf das oberste Geschoss) ausschließlich in den Außenwänden von mindestens 5% vorgesehen.

Die entsprechenden Festlegungen werden in der nachfolgenden der **Tab. 1** wiedergegeben. Die Werte der **Tab. 1** gelten auch für Lager bis zur Hochhausgrenze. Ab einer Lagerguthöhe von 7,50 m müssen diese Lagerbereiche mit einer auf diesen Lagerflächen flächendeckenden automatischen Feuerlöschanlage geschützt werden.

Lager(flächen) ohne automatische Feuerlöschanlagen (also mit Lagerguthöhen bis zu 7,50 m) müssen durch Freistreifen in Lagerbereiche von maximal 1200 m<sup>2</sup> unterteilt werden. Die Mindestbreite dieser Freistreifen richtet sich nach der Lagerguthöhe: bis zu einer Lagerguthöhe von 4,50 m reichen Freistreifen von 3,50 m; bei einer Lagerguthöhe von 7,50 m sind Freistreifen von 4,50 m Breite erforderlich. Zwischenwerte können durch Interpolation ermittelt werden.

## 6 Brandschutztechnische Anforderungen unter Verwendung des Rechenverfahrens nach DIN 18230-1

Mit diesem genaueren Nachweisverfahren ist eine gezielte brandschutztechnische Auslegung des Gebäudes entsprechend des Brandrisikos (bewertet nach DIN 18230) möglich.

### 6.1 Festlegung der zulässigen Brandbekämpfungsabschnittsflächen

Für die Festlegung der zulässigen Brandbekämpfungsabschnittsflächen wird aufbauend auf

**Tab. 1: Zulässige Größe der Brandabschnittsflächen in m<sup>2</sup>**

Sicherheitskategorie	Anzahl der Geschosse des Gebäudes								
	erdgeschossig		2 geschossig		3 geschossig		4 geschossig	5 geschossig	
	Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile								
	ohne Anforderungen	F 30	F 30	F 60	F 90	F 60	F 90	F 90	F 90
K 1	1.800 <sup>1)</sup>	3.000	800 <sup>2)3)</sup>	1.600 <sup>2)</sup>	2.400	1.200 <sup>2)3)</sup>	1.800	1.500	1.200
K 2	2.700 <sup>1)</sup>	4.500	1.200 <sup>2)3)</sup>	2.400 <sup>2)</sup>	3.600	1.800 <sup>2)</sup>	2.700	2.300	1.800
K 3.1	3.200 <sup>1)</sup>	5.400	1.400 <sup>2)3)</sup>	2.900 <sup>2)</sup>	4.300	2.100 <sup>2)</sup>	3.200	2.700	2.200
K 3.2	3.600 <sup>1)</sup>	6.000	1.600 <sup>2)</sup>	3.200 <sup>2)</sup>	4.800	2.400 <sup>2)</sup>	3.600	3.000	2.400
K 3.3	4.200 <sup>1)</sup>	7.000	1.800 <sup>2)</sup>	3.600 <sup>2)</sup>	5.500	2.800 <sup>2)</sup>	4.100	3.500	2.800
K 3.4	4.500 <sup>1)</sup>	7.500	2.000 <sup>2)</sup>	4.000 <sup>2)</sup>	6.000	3.000 <sup>2)</sup>	4.500	3.800	3.000
K 4	10.000	10.000	8.500	8.500	8.500	6.500	6.500	5.000	4.000

1) Breite des Industriebaus  $\leq 40$  m und Wärmeabzugsfläche (nach DIN 18 230-1)  $\geq 5$  %

2) Wärmeabzugsfläche (nach DIN 18 230-1)  $\geq 5$  %

3) Für Gebäude geringer Höhe ergibt sich nach §25 Abs. 1 i. V. m. § 28 Abs. 1 Nr. 2 MBO eine zulässige Größe von 1.600 m<sup>2</sup>

der äquivalenten Branddauer (rein physikalischer Teil der Berechnung nach DIN 18230-1; ohne die „nachgeschalteten“ Aspekte der Sicherheitsphilosophie) unter Beurteilung der brandschutztechnischen Infrastruktur und der Schwierigkeiten beim Einsatz der Feuerwehr aus voneinander unabhängigen Faktoren

- zunächst die zulässige Geschossfläche und daraus
- die zulässige Fläche des (ggf. mehrgeschossigen) Brandbekämpfungsabschnitts ermittelt.

Mit dem Wert für die äquivalente Branddauer  $t_{\text{ä}}$  (aus der Berechnung nach DIN 18230) kann anhand nachstehender Gleichung:

$$\text{zul } A_{G, BBA} = 3.000 \text{ m}^2 \cdot F 1 \cdot F 2 \cdot F 3 \cdot F 4 \cdot F 5$$

die maximal zulässige Fläche für jedes Geschoss des Brandbekämpfungsabschnitts ermittelt werden.

Die Faktoren haben folgende Bedeutung:

**Faktor F 1:** zur Berücksichtigung der äquivalenten Branddauer aus dem globalen Nachweis nach DIN 18230-1

$t_{\text{ä}}$	0	15	30	60	$\geq 90$
<b>Faktor F 1</b>	10	5	3	1,5	1,0

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

**Faktor F 2:** zur Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur

<b>Sicherheitskategorie</b>	K 1	K 2	K 3.1	K 3.2	K 3.3	K 3.4	K 4
<b>Faktor F 2</b>	1,0	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	3,5

**Faktor F 3:** zur Berücksichtigung der Höhenlage des Fußbodens des untersten Geschosses von oberirdischen Brandbekämpfungsabschnitten im Gebäude bezogen auf die mittlere Höhe der für die Feuerwehr zur Brandbekämpfung anfahrbaren Ebene

<b>Höhenlage des Fußbodens des untersten Geschosses eines Brandbekämpfungsabschnitts</b>	-1 m	0 m	5 m	10 m	15 m	20 m
<b>Faktor F 3</b>	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

**Faktor F 4:** zur Berücksichtigung der Anzahl der Geschosse des Brandbekämpfungsabschnitts

<b>Zahl der Geschosse des Brandbekämpfungsabschnitts</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Faktor F 4</b>	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3

**Faktor F 5:** zur Berücksichtigung der Ausführung von Öffnungen in nach den Brandsicherheitsklassen  $SK_b2$  und  $SK_b3$  bemessenen Decken zwischen den Geschossen mehrgeschossiger Brandbekämpfungsabschnitte

<b>Zeile</b>	<b>Öffnungen in Decken</b>	<b>Faktor F 5</b>
1	mit klassifizierten Abschlüssen bzw. Abschottungen	1,0
2	mit nichtbrennbaren Baustoffen dicht geschlossen	0,7
3	gleich groß und übereinander liegend in allen Decken und im Dach, größer als 10 % der Deckenfläche der Geschosse	0,4
4	zur Durchführung von technischen Einrichtungen, $A_{\text{Öffnung}} \leq 30 \% \text{ Deckenspalte}$ max. 2 % von $A_{\text{Öffnung}}$	0,3
5	die von Zeile 1 bis 4 nicht erfasst sind	0,2

Diese Flächenbemessung gilt für Geschossflächen bis zu maximal 60.000  $\text{m}^2$ .

Unter bestimmten Voraussetzungen können auch erdgeschossige Industriebauten mit bis zur Größe von 120.000  $\text{m}^2$  nachgewiesen werden.

## 6.2 Bemessung der Bauteile

Für die Bemessung der Bauteile werden diese so genannten „Brandsicherheitsklassen“ entsprechend ihrer Bedeutung für die Standsicherheit der Gesamtkonstruktion zugeordnet ( $SK_b1$  = geringe Anforderungen – untergeordnete Bauteile des Dachtragwerks,  $SK_b2$  = mittlere Anforderungen und  $SK_b3$  = hohe Anforderungen = abschnittsbildende Bauteile). Die erforderliche Feuerwiderstandsklasse ergibt sich aus der berechneten erforderlichen Feuerwiderstandsdauer nach DIN 18230-1 – also unter Einrechnung der Sicherheitsbetrachtungen der Norm und der Beurteilung der brandschutztechnischen Infrastruktur. Unterbemessungen sind zulässig, wenn für erdgeschossige Gebäude ohne selbsttätige Feuerlöschanlagen zusätzliche kompensatorische Maßnahmen ergriffen werden; hierzu zählen Wärmeabzugsflächen (in den Wänden und zwingend auch teilweise im Dach) sowie maximale Breiten der Brandbekämpfungsabschnitte zwischen den Außenwänden.

## 7 Zusammenfassung

Die MIndBauRL (Stand März 2000) gilt als allgemein anerkannte Regel der Technik und ist gem. MBO §3 zu beachten; Abweichungen von dieser Regel sind zulässig, wenn mit anderen Maßnahmen die Schutzziele in gleicher Weise erfüllt werden. Diese Richtlinie trägt den Charakter einer technischen Baubestimmung und bindet gleichermaßen Bauherren

**Tab. 9: Zulässige Größe der Flächen von Brandbekämpfungsabschnitten erdgeschossiger Industriebauten ohne Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Bauteile in m<sup>2</sup>**

Sicherheitskategorie	äquivalente Branddauer $t_{ig}$ in min			
	15	30	60	90
K 1	9.000	5.500	2.700	1.800
K 2	13.500	8.000	4.000	2.700
K 3.1	16.000	10.000	5.000	3.200
K 3.2	18.000	11.000	5.400	3.600
K 3.3	20.700	12.500	6.200	4.200
K 3.4	22.500	13.500	6.800	4.500
K 4	30.000 <sup>1)</sup>	20.000 <sup>1)</sup>	10.000 <sup>1)</sup>	10.000 <sup>1)</sup>
Mindestgröße der Wärmeabzugsflächen in % nach DIN 18 230-1	1	2	3	4
Zulässige Breite des Industriebaus in m	80	60	50	40

1) Die Anforderungen hinsichtlich der Wärmeabzugsflächen und der Breite des Industriebaus gelten nicht für Brandbekämpfungsabschnitte der Sicherheitskategorie K 4. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

und Genehmigungsbehörden; sie wird über die Bauregellisten „bauaufsichtlich eingeführt“. Damit liegt für Industriebauten wie auch für andere Sonderbauten ein abschließendes Regelwerk vor, das eine rechtssichere Planung ermöglicht.

Eines der wesentlichen Ziele der MIndBauRL ist es, die Voraussetzung für brandschutztechnisch nicht bemessene Gebäude(teile) festzulegen und Industriebauten (besonders erdgeschossige Industriebauten) auch als ungeschützte Stahlbauten zuzulassen sowie die Voraussetzungen für die Genehmigung der erforderlichen übergroßen Flächen von Industriebauten nachvollziehbar nachzuweisen. Die Anforderungen

an den baulichen Brandschutz (Feuerwiderstand der Bauteile, Brennbarkeit der Baustoffe und zulässige Flächen) hängen stark von der brandschutztechnischen Infrastruktur der Industriebauten ab. Dabei werden automatische Feuerlöschanlagen besonders hoch angerechnet.

Erhebliche Erleichterungen gegenüber den Regelanforderungen an den baulichen Brandschutz inklusive der Rettungswegforderungen lassen sich mit dem so genannten „vereinfachten Nachweis“ ohne Brandlasterhebungen erreichen; weitergehende Erleichterungen können bei mäßigen Brandbelastungen oder bei günstigen Wärmeabzugsbedingungen durch den rechnerischen Nachweis mit der DIN 18230 begründet werden.

Verschärfungen gegenüber den Anforderungen der Landesbauordnungen ergeben sich aus der Muster-Industriebaurichtlinie i.A. bei den Dächern und bei den nichttragenden Außenwänden mehrgeschossiger Industriebauten. Besondere Bedeutung hat im Brandschutzkonzept der MIndBauRL die vorhandene brandschutztechnische Infrastruktur des Betriebes.

Die MIndBauRL ist auch geeignet, für andere Nutzungsarten als dem „reinen Industrie- und Gewerbebau“ (z.B. für Autohäuser) angewendet zu werden, um Erleichterungen beim erforderlichen Feuerwiderstand der Bauteile und um vergrößerte Flächen nachzuweisen. Eine Übertragung der Rettungswegregelungen der MIndBauRL ist für diese Fälle allerdings nicht vorgesehen.

## Literatur und Quellen

- [1] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebaurichtlinie); 01.1985
- [2] DIN V 18230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau – rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer“ Beuth-Verlag Berlin; 09.1987
- [3] Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Industriebaurichtlinie – IndBauRI), Anhang zum RdErl. „Baulicher Brandschutz im Industriebau“ v. 23.10.1989, (MBI. NW. S. 1566)
- [4] Industriebaurichtlinie; Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Wohnen, Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz; Anhang 1 zum Erlass vom 24. Mai 1993 – Baulicher Brandschutz im Industriebau
- [5] Erlass; Gliederung für den Nachweis eines brandschutztechnischen Gesamtkonzeptes nach der Industriebaurichtlinie und der DIN V 18230; Erlass vom 24.5.93
- [6] vfdb-RL 01/01 „Brandschutzkonzepte“
- [7] Verordnung zur Änderung der Verordnung über bautechnische Prüfungen und zur Änderung von Sonderbauverordnungen, 20.2.2000, Ministerialblatt NRW S. 232ff, Ministerium für Bauen und Wohnen des Landes Nordrhein-Westfalen
- [8] Erläuterungen zur Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Erl MIndBauRL); Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik; Heft 6/2000
- [9] Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LöRüRL)
- [10] DIN 18230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau – rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer“ Beuth-Verlag Berlin; 05.1998
- [11] Muster-Verkaufsstättenverordnung; ARGEBAU; 01.1995
- [12] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebaurichtlinie – MIndBauRL), Stand März 2000; DIBT-Mitteilungen, Dezember 2000, S. 206ff

**Herausgeber:**

Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik e.V.  
Dr.-Ing. Günter Timm, Ferdinandstr. 38-40, 20095 Hamburg  
ISSN 1430-9084

**Redaktion:**

Klaus Werwath, Lahrring 36, 53639 Ittenbach  
Tel.: 0 22 23/91 23 15, Fax: 0 22 23/9 09 80 01

**Technische Korrespondenten:****Baden-Württemberg**

Dr.-Ing. Peter Hildenbrand, Ludwigsburg

**Bayern:**

Dr.-Ing. Bernd Brandt, Nürnberg

**Berlin:**

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

**Brandenburg:**

Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Füg, Groß Gaglow

**Bremen:**

Dipl.-Ing. Horst Bellmer, Bremen

**Hamburg:**

Dipl.-Ing. Horst-Ulrich Ordemann, 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:**

Dipl.-Ing. Volkmar Frank, Zella-Mehlis

**BVPI:**

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer

**Druck:**

Vogel Verlag und Druck GmbH & Co. KG, 97064 Würzburg

**DTP:**

Satz-Studio Heimerl  
Scherenbergstraße 12 · 97082 Würzburg

Die meisten der in diesem Heft veröffentlichten Fachartikel sind überarbeitete Fassungen der Vorträge, die bei den Arbeitstagen der Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik gehalten worden sind.

Der Inhalt der veröffentlichten Artikel stellt die Erkenntnisse und Meinungen der Autoren und nicht die des Herausgebers dar.

„Der Prüfmgenieur“ erscheint mit zwei Ausgaben pro Jahr.  
Bestellungen sind an den Herausgeber zu richten.

