



Der Prüfingenieur

18 April 2001

Seite 4

Das DPÜ: Mittler des überlappenden Wissens

Seite 14

Vom Sand zum künstlichen Herzen

Seite 23

Seile und Zugstäbe

Seite 28

Das Vier-Augen-Prinzip bei Baugrundgutachten

Seite 39

Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1 und EC 2:
Prüfen oder nicht prüfen?

Seite 49

Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen
EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP-2001)

Seite 55

BÜV-Empfehlungen für die Bemessung
und Konstruktion von Glas im Bauwesen

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Gerhard Feld
Das DPÜ: Mittler des überlappenden Wissens 4

NACHRICHTEN

- Ab 1. Mai gelten in Sachsen-Anhalt die neue Bauordnung
und die neue Sachverständigen-Verordnung 6
- Sehr erfolgreiches Tragwerksplaner-Seminar
der Landesvereinigung Hessen 7
- VPI, DPÜ und BIngK haben einen
gemeinsamen Bauwerkspass herausgegeben 8
- Ein grundsätzlicher Verzicht auf die
unabhängige Prüfung ist nicht zu verantworten 9
- TOS kritisiert „zu großzügige“ Übergangsregelungen
im neuen Gerätesicherheitsgesetz 10
- Schlaich und Duddeck bei der Arbeitstagung in Freudenstadt 11
BVPI-Arbeitstagung 2001 vom
23. bis 25. September im Dorint-Hotel in Potsdam 12
- NRW ruft die saSV zur Einhaltung der BKS-Regelungen auf 13
- Die Adressen der Bewertungs- und Verrechnungsstellen 13

CHEMIETECHNIK

Prof. Dr.-Ing. Norbert Auner
Vom Sand zum künstlichen Herzen 14

STAHLBAU

Dr.-Ing. Wolfgang Sundermann
Seile und Zugstäbe 23

GEOTECHNIK

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach/Dipl.-Ing. Julia Kinzel
Das Vier-Augen-Prinzip bei Baugrundgutachten 28

BETONBAUNORMEN

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner/Dipl.-Ing. Stefan Kempf
Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1
und EC 2: Prüfen oder nicht prüfen? 55

STANDSICHERHEITSNACHWEISE

Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen
EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP-2001) 49
(Auch als separat gedruckte Beilage)

GLASBAU

BÜV-Empfehlungen für die Bemessung
und Konstruktion von Glas im Bauwesen 55

IMPRESSUM 70

Das ^{DPÜ}: Mittler des „überlappenden Wissens“

Das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung: Eine Organisation freiberuflich tätiger Prüfsachverständiger, die sich der schadensvorbeugenden Prüfung von Planung und Ausführung im Bauwesen ganzheitlich widmet.

Die präventive Kontrolle von Planung und Ausführung ist am meisten im Bereich der Bautechnik, hier verbunden mit dem Begriff der Standsicherheit, bekannt und mit dem Begriff „Prüfingenieur für Baustatik“ verbunden. So bilden denn auch diese Prüfingenieure eine wichtige Basis des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung DPÜ. Sie werden vom Gesetzgeber auf der Basis eines hohen Anforderungsprofils anerkannt.



*Dipl.-Ing. Gerhard Feld
Präsident des Deutschen
Instituts für Prüfung
und Überwachung DPÜ*

Der Begriff „Baustatik“ umfasst dabei nicht nur die rechnerischen Nachweise der Standsicherheit, sondern auch die zugehörigen Tragwerkspläne, die auf der Grundlage der statischen Nachweise erstellt werden und auf deren Basis vor Ort tatsächlich gebaut wird. Diese Unterlagen werden (oder wurden) also dem „Vier-Augen-Prinzip“ durch einen Prüfingenieur für Baustatik unterzogen.

Hinzu kommt die Prüfung des konstruktiven Brandschutzes wegen seiner Bedeutung für die Gefahrenabwehr und wegen seiner engen Verknüpfung mit dem statisch-konstruktiven Gefüge von Gebäuden.

Dies gilt auch für die Schall- und Wärmeschutznachweise, die folgerichtig in die Prüfung einbezogen wurden. Vor allem der Wärmeschutznachweis gewinnt unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung eine immer höhere Bedeutung. Daher wurde die Prüfung dieses Nachweises in das Aufgabenfeld der Prüfingenieure für Baustatik integriert. Schließlich verfolgt der Gesetzgeber doch wohl die Absicht, dass seine gesetzlich geregelten Vorgaben auch tatsächlich auf den Baustellen beachtet und umgesetzt werden.

Doch zwischenzeitlich haben sich die politischen Vorgaben in vielen Bundesländern verändert!

Der Gesetzgeber gibt trotz der geschilderten Umstände und erheblicher jährlicher Schadensraten wichtige Prüffelder ganz oder teilweise auf. Aspekte des Ver-

braucherschutzes, die in alle hier skizzierten Prüfaufgaben integriert sind, zählt der Gesetzgeber nicht (mehr) zu den Aufgaben der von ihm bestellten Prüfingenieure.

Durch die BSE-Krise aufgeschreckt, gibt es nun ein Bundesministerium, das in seinem Namen auch das Wort Verbraucherschutz führt. Ob der Verbraucherschutz angesichts der hohen volkswirtschaftlichen Werte im Bauwesen und der mannigfaltigen „Schutzbedürfnisse“ wieder Eingang in das Denken der Politiker findet, bleibt abzuwarten.

Das DPÜ tritt mit Nachdruck dafür ein, die bisher den Prüfingenieuren für Baustatik übertragenen Prüfaufgaben im Sinne der Ganzheitlichkeit und die unabhängige Stellung der Prüfingenieure zu erhalten.

Die Prüfsachverständigen des DPÜ ergänzen dieses Leistungsbild der Prüfingenieure mit der Kontrolle der Ausbaugewerke vor Ort, das schließt also auch die Wärmedämm-Maßnahmen ein. Hinzu kommen die wichtigen Bereiche der Anlagentechnik wie Heizung, Lüftung, Elektrotechnik etc. Die DPÜ-Prüfsachverständigen dieser Fachrichtungen übernehmen neben den privatrechtlichen Prüfungen von Planung und Ausführung auch Aufgaben der Unteren Bauaufsichtsbehörde, nämlich die Überprüfung haustechnischer Anlagen bei Sonderbauten im Rahmen sog. Verordnungsprüfungen. Diese Sachverständigen werden von den Länderregierungen anerkannt.

Bei denjenigen Gebäudetypen allerdings, bei denen der Gesetzgeber die Prüfpflicht der bautechnischen Nachweise und die zugehörigen Ausführungskontrollen „ersatzlos“ abgeschafft hat, versuchen die Prüfsachverständigen des DPÜ auch hier die früheren Aufgabenfelder der Prüfingenieure für Baustatik privatrechtlich ohne gesetzliche Grundlage beizubehalten und damit eine entstandene Lücke zu schließen. Dabei sind dann allerdings auch Merkmale wie die Gebrauchstauglichkeit im

Sinne des Verbraucherschutzes wichtige Prüfkriterien. Neben der Standsicherheit gehören der Schall- und Wärmeschutz dazu.

Die Wahl des Wortes „ersatzlos“ kennzeichnet folgende auf der langjährigen Erfahrung der Tätigkeit als Prüfsachverständiger beruhenden Bewertung: Die Einhaltung der Anforderungsfelder ist umfassend nur durch das „Vier-Augen-Prinzip“ sicherzustellen. Marktmechanismen wirken hier eher ungünstig. Auch der Versuch, Kompensationsmechanismen in Form von Anforderungen an die Aufsteller bautechnischer Nachweise – zumal bisher mit einem geringen Anforderungsprofil – vorzuhalten, kann bei weitem nicht die gleiche Wirkung wie das „Vier-Augen-Prinzip“ haben.

Das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung unterhält verschiedene Arbeitskreise. Gemeinsam mit der Bundesingenieurkammer und der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik wurden die Grundlagen des Bauwerkspasses erarbeitet.

Die ersten Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren haben ihre Zertifizierung erhalten. Die weitere Integration der Akkreditierungs- und Zertifizierungsaufgaben der Trägerorganisationen des DPÜ auf der Basis europäischer Normen wird angestrebt. Trägerorganisationen sind z. Zt. der Bau- und Überwachungsverein e.V. (BÜV) – eine „Unterorganisation“ der Bundesvereinigung der Prüfsachverständigen für Bautechnik (BVPI) – sowie die Technische Organisation von Sachverständigen e.V. (TOS).

Die Mitglieder des BÜV vertreten ganzheitliche Prüfaufgaben im Bereich der Bautechnik, die der TOS im Bereich der Anlagentechnik. Exemplarisch für die interdisziplinäre Ausrichtung des DPÜ ist der Arbeitskreis AwS (Anlagen wassergefährdender Stoffe) zu nennen.

Die Aufgaben der zu bestellenden Sachverständigen auf der Grundlage des § 19, Wasserhaushaltsgesetz, sind interdisziplinär angelegt. Die Bestellung der Sachverständigen erfolgt durch die TOS in Verbindung mit dem DPÜ. Die Zuordnung der Fachrichtung erfolgt intern.

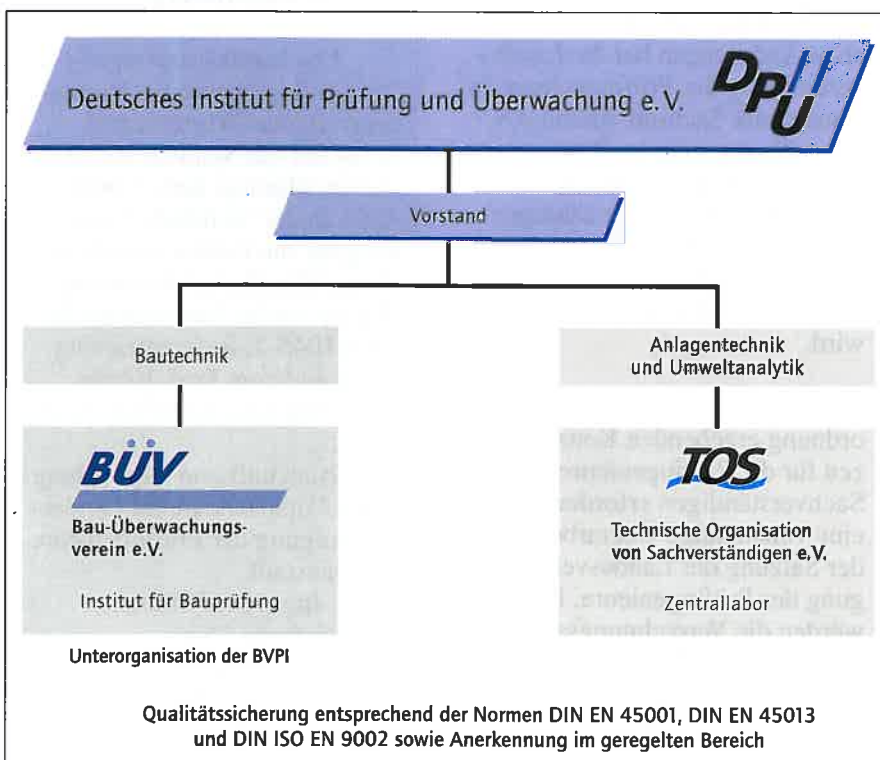
Das DPÜ stützt sich auf Organisationen mit freiberuflich tätigen Sachverständigen hoher Kompetenz. Es ist in erster Linie dem Prinzip der Vorbeugung verpflichtet. Im Bereich des Bauwesens ist dieses am wirksamsten durch das „Vier-Augen-Prinzip“, nämlich durch die unabhängige Prüfung der Planung und der darauf basierenden Ausführungskontrolle erreichbar.

Schließlich handelt es sich um die „Betreuung“ hoher volkswirtschaftlicher Werte, die in der Regel nicht durch „Probebelastungen“ wie bei Massenprodukten (z. B. Autoindustrie) unter verschiedenen Aspekten getestet werden können.

Im Deutschen Institut für Prüfung und Überwachung werden die der präventiven Kontrolle von Planung und Ausführung im Bauwesen verpflichteten freiberuflichen Sachverständigen fachübergreifend institutionell zusammengeführt, fortgebildet und im Sinne ganzheitlichen Denkens geprägt.

An der hohen jährlichen Schadensrate im Bauwesen sind alle Fachbereiche beteiligt. Dem „überlappenden Wissen“, d.h. dem fachübergreifenden Wissen der beteiligten Sachverständigen, kommt neben dem Spezialistenwissen eine hohe Bedeutung zu. Das DPÜ ist im Besonderen dieser Brückenfunktion zwischen den Fachbereichen im Sinne der Förderung überlappenden Wissens verpflichtet.

Um Prüfsachverständiger im DPÜ zu werden, bedarf es der Mitgliedschaft der unabhängigen, freiberuflich tätigen Sachverständigen im Bau- und Überwachungsverein e.V. (BÜV) oder in der Technischen Organisation von Sachverständigen e.V. (TOS). Auf diese Weise wird die erforderliche hohe Qualifikation für die Übernahme präventiver Prüfaufgaben im Bauwesen sichergestellt.



Auch in Sachsen-Anhalt wird das Baurecht „vereinfacht“

Ab 1. Mai gelten in Sachsen-Anhalt die neue Bauordnung und die neue Sachverständigen-Verordnung

Trotz ihrer sehr intensiven berufs- und landespolitischen Bemühungen haben die Landesvereinigung der Prüflingenieur in Sachsen-Anhalt und die Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt die Politiker und Abgeordneten ihres Landes nicht von der Notwendigkeit der Beibehaltung der hoheitlichen Prüfung für alle Bauvorhaben überzeugen können. Die Folge: Die Beauftragung der bautechnischen Prüfung durch den privaten Bauherren an den Sachverständigen ist jetzt im Gesetz festgeschrieben. Die Abrechnung der Honorare erfolgt über die Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Verantwortlichen Sachverständigen in Bayern (BVS Bayern).

Nach der neuen Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt, veröffentlicht im Gesetzblatt LSA Nr.6/2001 vom 15.02.2001, werden die Sonderbauten im Baugenehmigungsverfahren hoheitlich im Auftrag der unteren Bauaufsicht durch den Prüflingenieur für Baustatik geprüft. Im vereinfachten Genehmigungsverfahren werden Gebäude bis zur Hochhausgrenze jetzt durch den Sachverständigen zur Prüfung der Standsicherheit im Auftrage des Bauherren geprüft.

Dieser Sachverständige muß die Bauausführung stichprobenartig überwachen und am Ende gegenüber dem Bauherren und der Bauaufsichtsbehörde die Standsicherheit der baulichen Anlage bescheinigen. Die Anerkennung der Sachverständigen nach Sachverständigen-Verordnung erfolgt durch die Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt für die Sachverständigen zur Prüfung der Standsicherheit bzw. durch die Architektenkammer für die Anerkennung der Sachverständigen zur Prüfung des baulichen Brandschutzes.

Das Anerkennungsverfahren für die Sachverständigen zur Prüfung der Standsicherheit ist nahezu identisch mit dem Anerkennungsverfahren für den Prüflingenieur

für Baustatik, weil auch die Gutachterausschüsse mit den gleichen Personen besetzt werden.

Mit Inkrafttreten der neuen Sachverständigen-Verordnung wird auch eine neue Sachverständigen-Entgeltregelung in Kraft treten. Diese Entgeltregelung basiert auf der in diesem Gesamtzusammenhang überarbeiteten Baugewerkeordnung des Landes Sachsen-Anhalt.

Im Zuge dieser umfangreichen Änderungen hat die Landesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik Sachsen-Anhalt e.V. einen Vertrag mit der Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Verantwortlichen Sachverständigen in Bayern (BVS Bayern) vorbereitet, der mit Inkrafttreten aller angrenzenden Verordnungen wirksam wird.

Die sich aus der neuen Bauordnung ergebenden Konsequenzen für die Prüflingenieure und Sachverständigen erforderten auch eine vollständige Überarbeitung der Satzung der Landesvereinigung der Prüflingenieure. Hiernach werden die Verrechnungsstellen anderer Bundesländer grundsätzlich anerkannt; außerdem können jetzt auch die Sachverständigen zur Prüfung des baulichen Brand-

schutzes Mitglieder der Landesvereinigung werden.

Für in Sachsen-Anhalt prüfende Sachverständige anderer Bundesländer gilt damit auch, dass die Abrechnung über die BVS in Bayern erfolgen muss.

Die bisher in Bayern so erfolgreiche und auch von Bauherrenseite anerkannte Arbeit der BVS soll durch diese vertraglichen Vereinbarungen auch in Sachsen-Anhalt umgesetzt werden. Über diesen Verfahrensweg soll die Einhaltung der Prüfhonorare der Sachverständigen gewährleistet werden.

Dipl.-Ing. Ulrich Beyer

DIN-1045-1-Seminar am 7. Mai in Leonberg

Die Landesvereinigung der Prüflingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg weist auf ein Seminar hin, das sie am Montag, dem 7. Mai 2001 in der Stadthalle Leonberg für die Prüflingenieure und deren Mitarbeiter durchführt. Thema ist die Anwendung der DIN 1045-1. Referenten sind unter anderem Prof. König, Prof. Graubner und Prof. Avak.

Auskunft und Anmeldung beim Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüflingenieure für Baustatik
Dipl.-Ing. Josef Steiner
Besselstraße 16 a
68219 Mannheim
Tel.: 0621/41949-0
Fax: 0621/41949-75.

Audimax der TU Darmstadt war ausverkauft

Sehr erfolgreiches Tragwerksplaner-Seminar der Landesvereinigung Hessen

**800 Teilnehmer hörten Vorträge über
DIN 1045, DIN 1055 und über Glasbau**

Kürzlich fand in Darmstadt das 14. Seminar Tragwerksplanung statt, mit dem die Veranstalter – das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, die Vereinigung der Prüfengeure für Baustatik in Hessen e.V. und die Ingenieurkammer des Landes Hessen – nicht nur fachliche Informationen vermitteln, sondern auch die Aufmerksamkeit der Fachöffentlichkeit auf die in Kürze anstehenden Veränderungen wichtiger Baunormen lenken wollten.

Das große Interesse an dieser Fortbildungsveranstaltung kann allein an der Tatsache abgelesen werden, dass das 800 Personen fassende Audimax der Technischen Universität Darmstadt vollständig ausverkauft war.

Nach der Eröffnung durch den Vorsitzenden der Vereinigung der Prüfengeure in Hessen, Dr.-

Ing. M. Heunisch, und dem Grußwort des Präsidenten der Ingenieurkammer Hessen, Dipl.-Ing. H. Riehl, berichtete Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner über die wesentlichen Neuerungen und deren praktische Auswirkung in der Neufassung von DIN 1045-1.

Über den Entwurf der DIN 1055 mit ihren differenzierten An-

gaben zu Lastansätzen sprach dann Dr.-Ing. G. Timm, und der Präsident der TU Darmstadt, Prof. Dr.-Ing. J.-D. Wörner, referierte über Entwurf und Bemessung von Konstruktionen aus Glas und Kunststoffen mit ihren besonderen Genehmigungswegen als neue Bauarten.

In seiner Anmoderation hatte Ministerialrat Jasch vom hessischen Wirtschaftsministerium den Bereich von neuen Glaskonstruktionen abgesteckt, der jetzt in Hessen von der Pflicht zur Zustimmung im Einzelfall freigestellt worden ist.

Dipl.-Ing. H. Steiger trug zu Baugrubensicherungen vor, wie sie praxisgerecht und standsicher zu entwerfen sind.

Den Schluss der erfolgreichen Veranstaltung bildeten wieder Berichte über Schäden. Die Vortragenden – Dr.-Ing. U. Deutsch und Dipl.-Ing. G. Klingelhöfer – sensibilisierten die Zuhörer für teilweise ganz alltägliche Fehler, die einem Planer schnell unterlaufen können.

Nach internen Audits

Österreichische Aufzugs-Prüfer wurden jetzt TOS-Mitglieder

Eine namhafte Gruppe von österreichischen Aufzugssachverständigen ist kürzlich in die Technische Organisation von Sachverständigen TOS aufgenommen worden, die nach EU-Richtlinien auch für die Endabnahme und für die Einzelprüfung von Aufzugsanlagen akkreditiert und zertifiziert ist.

Möglich wurde die Aufnahme der österreichischen Sachverständigen, in das zentrale Prüflaboratorium der TOS nach erfolg-

reicher Durchführung eines internen Audits, mit dem die österreichischen Aufzugs-Experten ihre uneingeschränkte Befähigung zur Aufzugs-Prüfung belegten.

Gleichwohl blicken die deutschen Aufzugsprüfer etwas neidisch nach Süden, denn sie dürfen, im Gegensatz zu ihren österreichischen Kollegen, im eigenen Land nicht uneingeschränkt prüfen. Denn auch auf diesem Gebiet herrscht in Deutschland noch immer das Monopol des TÜV, weil

bei der Neufassung der Aufzugsverordnung zusätzlich zu den Prüfungen zum Inverkehrbringen von den deutschen Behörden eine „Abnahmeprüfung“ eingeführt wurde, deren Prüfinhalte noch vollkommen umstritten sind und die nur von TÜV-Sachverständigen durchgeführt werden darf.

Damit wurde der TOS, wie auch anderen notifizierten Stellen in Deutschland, auch das Recht zur Durchführung der wiederkehrenden Prüfungen in Deutschland nicht erteilt. Ausgenommen davon sind Aufzugsanlagen in Gebäuden, die ausschließlich Wohnzwecken dienen sowie – in Hamburg, Hessen und im Saarland – Anlagen mit Sonderregelungen.

Behördliche Archivierungspflicht wird eingeschränkt VPI, DPÜ und BIngK haben einen gemeinsamen Bauwerkspass herausgegeben

Er liefert eine gesicherte Grundlage
für die bautechnische Dokumentation

Einen Bauwerkspass, der alle diejenigen Daten aufnehmen soll, die für eine sachgerechte Archivierung bautechnischer Unterlagen notwendig sind, haben die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (VPI), das Deutsche Institut für Prüfung und Überwachung (DPÜ) und die Bundesingenieurkammer (BIngK) erarbeitet und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



Ingenieure
in Deutschland

Bundesingenieurkammer



Bundesvereinigung
der Prüfsingenieure
für Bautechnik e.V.



Deutsches Institut
für Prüfung
und Überwachung e.V.

Er ist nach Ansicht ihrer Herausgeber notwendig geworden, weil die Dokumentationspflicht der Unteren Bauaufsichtsbehörden immer mehr eingeschränkt und teilweise sogar ganz abgeschafft wird, um den Staat von solchen Archivierungsaufgaben zu entlasten. Mit der beginnenden Auflösung der behördlichen Archive gehen aber auch wichtige Dokumente alter Bausubstanz verloren, die bei Umbauten dringend gebraucht würden.

In der Erkenntnis, dass „die Archivierung von Bestandsunterlagen aus Planung und Ausführung von Bauwerken einem absolut technischen Erfordernis und ei-

nem wichtigen Aspekt der öffentlichen Sicherheit entspricht“, haben die drei Organisationen diesen Bauwerkspass geschaffen.

Er kann sowohl für bestehende als auch für noch zu errichtende Bauwerke genutzt werden, um den Eigentümern eine gesicherte Grundlage für die bautechnische Dokumentation z.B. aus der Sicht des statisch-konstruktiven Gefüges ihrer Immobilien zu

verschaffen. Damit werden, wie die Herausgeber des Bauwerkspasses betonen, gleichzeitig aber auch „unnötige Mehrausgaben vermieden, die aus Sicherheitsgründen wegen fehlender bautechnischer Unterlagen sonst vorgesehen werden müssten“. Außerdem würden Schadensgutachter und Wertermittler auf der Basis der Daten dieses Gebäudepasses gesicherte Bestandsunterlagen erhalten.

Die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik, das DPÜ und die Bundesingenieurkammer sind überzeugt, dass dieser Bauwerkspass „alle wichtigen Elemente des Bauwerks erfasst“.

Die Herausgeber des Bauwerkspasses wollen erreichen, dass geprüfte bautechnische Nachweise und zugehörige Ausführungspläne sowie Abnahmeprotokolle über durchgeführte Ausführungskontrollen in den Bauwerkspass integriert werden. Dabei sind die rechtlichen Voraussetzungen der jeweiligen Landesbauordnung zu berücksichtigen.

Stahlbauseminar mit attraktiven Referaten

Am Mittwoch, dem 9. Mai 2001, findet in der Stadthalle von Rheine das nächste „Steinfurter Stahlbauseminar“ statt, das Prof. Dipl.-Ing. R. Hacken vom Lehrgebiet Stahlbau und Festigkeitslehre der Fachhochschule Münster nun schon das 20. Mal organisiert und leitet. Mitveranstalter sind die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik, der Deutsche Stahlbauverband und der Verband für Schweißen und verwandte Verfahren.

Sieben hochinteressante Themen stehen auf der Vortragsliste:

- Realitätsnahe Erfassung des Gesamtstabilitätsverhaltens von Stahlverbundträgern (Dr.-Ing. Sven Berger);
- Gebrauchstauglichkeit von Bauprodukten (Ltd. Ministerialrat Dipl.-Ing. Dieter Eschenfelder);

■ Die Cargolifter-Luftschiffhalle in Brand, Niederlausitz (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hartmut Pasternak);

■ Nichtrostende Stähle im Bauwesen (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Saal);

■ Brandsicherheit im Stahlbau (Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Schumann);

1. MBO-Entwurf schränkt hoheitliche Prüfungen ein

Ein grundsätzlicher Verzicht auf die unabhängige Prüfung ist nicht zu verantworten

**Bundesvereinigung der Prüfengeure:
Wo nicht unabhängig geprüft wird,
häufen sich die Schäden und Einstürze**

Die Bundesvereinigung der Prüfengeure für Bautechnik (VPI) wehrt sich gegen die in dem ersten Entwurf einer neuen Musterbauordnung der Länder vorgeschlagene Einschränkung der unabhängigen hoheitlichen Prüfung. Die Prüfengeure gewährleisten, so heißt es in einer Stellungnahme der VPI, durch die Prüfung der Planung und Ausführung Sicherheit und Qualität baulicher Anlagen und verhindern dadurch umfangreiche Bauschäden und Einstürze. Die Politiker müssen erkennen, so die VPI, dass die Prüfeinschränkung erhebliche Folgen für Leib und Leben hat und zur Verschwendung des Volksvermögens führt.

Auch die im ersten MBO-Entwurf vorgeschlagenen Kompensationsmaßnahmen seien unwirksam, da sie die unabhängige hoheitliche Prüfung der Standsicherheit, des vorbeugenden Brandschutzes, des Schall-, Wärme- und

Erschütterungsschutzes sowie des baulichen Arbeitsschutzes erheblich einschränken. Kosten der öffentlichen Hand würden dadurch nicht eingespart, weil die Schadensregulierung ein Vielfaches umfassen, heißt es in der Stellungnahme der VPI weiter, in der sie der ARGEBAU „Unkenntnis der Sachlage“ vorwirft.

Sie begründet diesen Vorwurf mit der falsch verstandenen Deregulierungspolitik des letzten Jahrzehnts, die, wenn sie grundsätzlich auf die obligatorische hoheitliche und damit unabhängige präventive Prüfung verzichte, den Pfusch am Bau fördere, Volksvermögen vernichte, die Zahl der Bauprozesse erhöhe, Unsicherheit und Verwirrung produziere und das öffentliche Interesse an vorbeugender Gefahrenabwehr und an Sicherheit für Leib und Leben außer Acht lasse, der in Artikel 2 (2) des Grundgesetzes verankert sei. Wesentlich dafür sei aber die strikte Einhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, für die im Bereich des Bauens wiederum die Gewährleistung der Standsicherheit und des vorbeugenden

Brandschutzes unerlässlich sei. Daher müsse es vor allem unter diesem Blickwinkel Aufgabe der Bauaufsichtsbehörden bleiben, darüber zu wachen, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften und die auf Grund dieser Vorschriften erlassenen Anordnungen eingehalten werden.

Ganz eklatant widerspreche diesem Gedanken aber der Entwurf für die neue Musterbauordnung, in dem der Verzicht auf die unabhängige und hoheitliche Prüfung der Standsicherheit, des vorbeugenden Brandschutzes, des Schall-, Wärme- und Erschütterungsschutzes sowie des baulichen Arbeitsschutzes erstmals grundsätzlich als Leitbild für die Gesetzgebung der Länder formuliert worden ist.

Diese Forderung der ARGEBAU zeige, so die VPI in ihrer Stellungnahme weiter, dass die ARGEBAU die tatsächlichen Gegebenheiten einer Abwicklung eines Bauvorhabens mißachte – und dies in fachlichem Konflikt mit der eigenen ARGEBAU-Fachkommission Bautechnik, die das Vier-Augen-Prinzip der unabhängigen Prüfung nach wie vor für unverzichtbar halte.

Verbraucherschutz wird negiert

Auch unter dem Aspekt des Verbraucherschutzes hält die VPI den MBO-Entwurf für unzureichend. Der Staat könne einerseits nicht ein Verbraucherschutz-Ministerium einrichten und andererseits die fundamentalen Verbraucherinteressen am Bau negieren. Unabhängige Kontrollmechanismen seien auch hier zwingend erforderlich, auch um langfristige Verbraucherinteressen zu sichern. Denn: „Die Erfahrung lehrt“, so schreibt die VPI in ihrer Stellungnahme, „wo nicht unabhängig geprüft wird, wird auch nicht ordnungsgemäß geplant und gebaut.“

■ Resonanz unerwünscht – Zur Instandsetzung schwingender Glockentürme – mit praktischen Vorführungen (Dipl.-Ing. Josef Steiner);

■ Die Änderungen in der neuen Lastnorm DIN 1055 (Dr.-Ing. Günter Timm).

Die Teilnahme an dem ganztägigen Seminar kostet 320,00 DM.

Auskünfte und Anmeldung:
Fachhochschule Münster
Abt. Steinfurt
Sekretariat Fachbereich 3
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Telefon: 02551/962-195
Fax: 02551/962-120
www.fh-muenster.de/fb3

TÜV-Monopol bleibt bis mindestens 2007 bestehen

TOS kritisiert „zu großzügige“ Übergangsregelungen im neuen Gerätesicherheitsgesetz

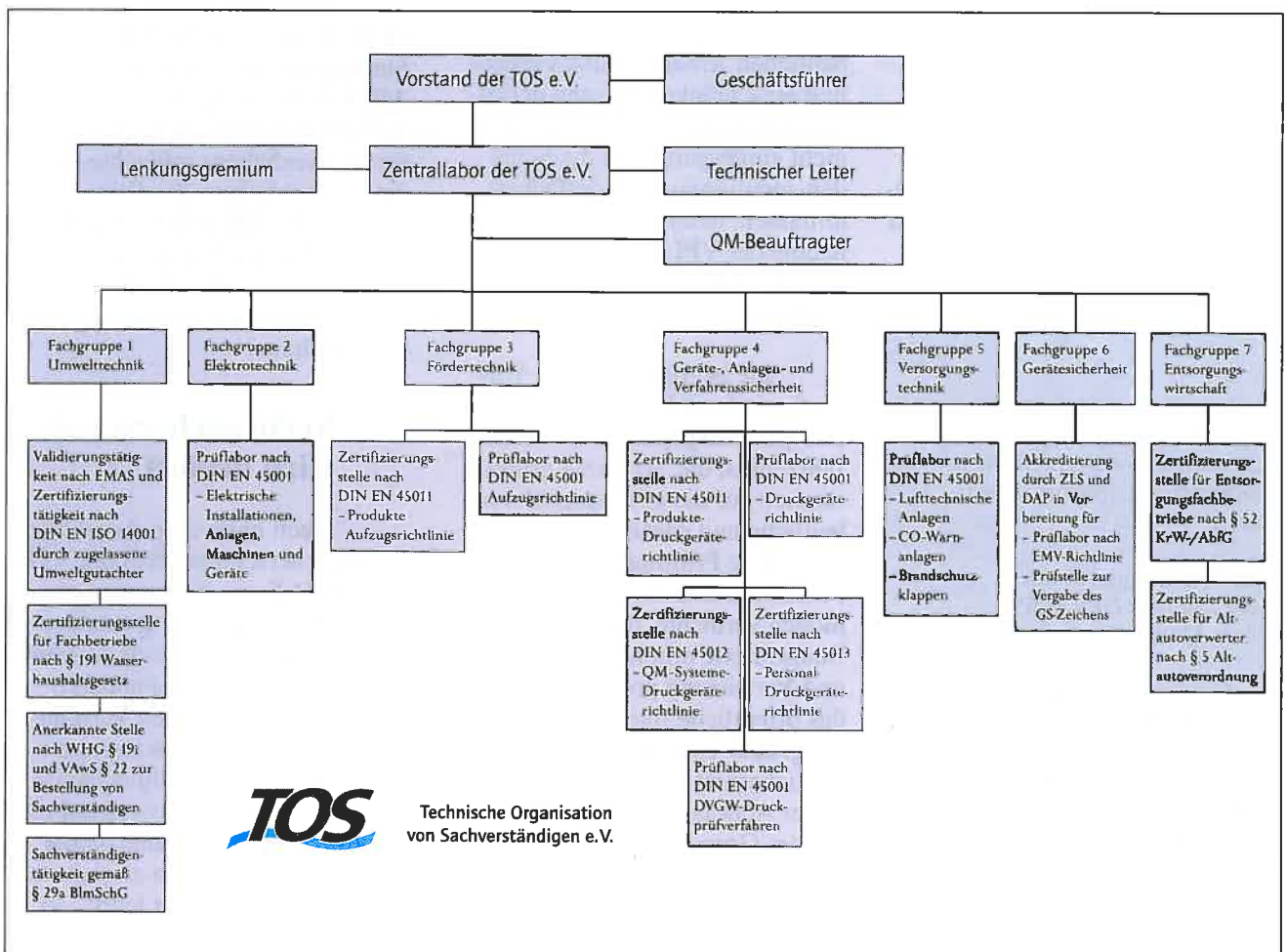
Die Umstellung vom personenbezogenen auf das organisationsbezogene Prüfwesen wird jetzt auch in Deutschland vollzogen

Die Technische Organisation von Sachverständigen (TOS) hat die ihrer Ansicht nach „zu großzügig bemessenen Übergangsregelungen“ kritisiert. Denn: Durch das geänderte Gerätesicherheitsgesetz werde „das Monopol des TÜV“ bei wiederkehrenden Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen bis 2007 gesichert. Die TOS organisiert als Mitglied des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung DPÜ (s. a. „Editorial“, Seite 4) solche Sachverständige, die auf den Gebieten der technischen Überwachung, des Umweltschutzes und des technischen Prüfwesens tätig sind.

Das „Gesetz zur Änderung des Gerätesicherheitsgesetzes“ (GSG) vom 27. Dezember 2000 ist jetzt im Bundesgesetzblatt (BGBl I, Nr. 61, S. 2048 ff) veröffentlicht und damit in Kraft gesetzt worden.

Mit ihm wird EU-Recht in deutsches Recht umgesetzt und damit auch das bisher in Deutschland personenbezogene Prüfwesen von einem organisationsbezogenen Prüfwesen abgelöst. Außerdem gibt das Gesetz jetzt auch ausländischen, EU-europäischen Dienstleistern die Möglichkeit, im deutschen Prüf- und Sachverständigenwesen tätig zu werden.

Der Gesetzgeber hat bei der Änderung dieses Gesetzes aber starke Rücksichten auf die TÜV-Organisationen genommen. Um



Die TOS ist – neben diversen Anerkennungen und Akkreditierungen – auf Basis der Druckgeräterichtlinie seit April 2000 durch die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) als Prüflaboratorium sowie als Zertifizierungsstelle für Produkte, Personal und Qualitätssicherungssysteme akkreditiert.

die finanziellen Belastungen durch den Verlust ihrer bisherigen Monopolstellung bei der Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen erträglich zu gestalten, sieht das Gesetz Übergangsregelungen vor, die den TÜV-Organisationen ihr Monopol für die wiederkehrende Prüfung an überwachungsbedürftigen Anlagen bis zum 31. Dezember 2007 sicherstellt.

Die anderen Übergangs-Regelungen sehen so aus:

■ Wiederkehrende Prüfungen an Anlagen, die nach europäischem Recht durch notifizierte Stellen geprüft und in Verkehr gebracht wurden, können nach dem neuen Gesetz erst ab dem 1. Januar 2006 durch zugelassene Überwachungsstellen erfolgen.

■ Wiederkehrende Prüfungen an überwachungsbedürftigen Anlagen dürfen erst ab dem 1. Januar 2008 von zugelassenen Überwachungsstellen vorgenommen werden. Die Akkreditierung dieser zugelassenen Überwachungsstellen ist Aufgabe der nach Landesrecht zuständigen Behörde.

Als technische Überwachungsorganisation sind die Sachverständigen der TOS bereits seit vielen Jahren im technischen Prüfwesen tätig. Neben diversen Anerkennungen und Akkreditierungen (s. Organigramm auf Seite 10) ist die TOS auf Basis der Druckgeräterichtlinie seit April 2000 durch die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) als Prüflaboratorium sowie als Zertifizierungsstelle für Produkte, Personal und Qualitätssicherungssysteme akkreditiert. Damit besitzt die TOS auch die Berechtigung, Konformitätsbewertungen und Beurteilungen der Auslegung und Fertigung von Dampfkesseln, Druckbehältern und Rohrleitungen durchzuführen sowie Qualitätssicherungssysteme und Personal für die Ausführung von dauerhaften Werkstoffverbindungen zu zertifizieren.

Ein Vertrag mit der Materialprüfanstalt für Werkstoffe des Maschinenwesens und Kunststoffe (MPA) in Hannover sichert der TOS ferner die Nutzung des ebenfalls nach DIN EN 45001 akkreditierten Prüflaboratoriums der MPA und seiner Experten für zerstörungsfreie und zerstörende Prüftätigkeit gem. Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 über Druckgeräte.

Von der EG-Kommission wurden die Zertifizierungsstellen der TOS unter der Kenn-Nr. 0686 notifiziert.

Interessenten für die Arbeit der TOS oder für eine Mitgliedschaft in der TOS wenden sich an: TOS-Zentrallabor
Fischerweg 408
18069 Rostock
Tel.: 0381/8113469-70
Fax: 0381/8113471

Vorträge, Damenprogramm, Gesellschaftsabend

Schlaich und Duddeck bei der Arbeitstagung in Freudenstadt

Die Berichtsbände auch der vergangenen Arbeitstagungen können noch bestellt werden

Am 29. und 30. Juni veranstaltet die Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Baustatik in Baden-Württemberg die nächste ihrer traditionellen Arbeitstagungen in Freudenstadt. Auch in diesem Jahr sind bekannte und kompetente Referenten dabei, so dass die Teilnehmer eine professionell anregende Tagung erleben dürften.

Neben dem offiziellen Programm gibt es in Freudenstadt aber auch wieder ein attraktives Damenprogramm und, am Freitag, dem 29. Juni, einen festlichen Gesellschaftsabend.

Die Referenten und ihre Themen im einzelnen:

- Wie Wissenschaft den Menschen kränkt (Prof. Duddeck),
- Umsetzung der Energieeinspar-Verordnung in Baden-Württemberg (Ministerialrat Ernst),
- Glaube und Wirklichkeit (Dr. Wippel),
- Leichtbau – Warum? Wie? (Prof. Schlaich),
- Der Prüfm Ingenieur für Baustatik – ein Auslaufmodell? (Dr. Wagner),

- Dereguliert und eingestürzt – Schäden an Unterfangungen, Baugruben und Stützmauern (Prof. Hilmer),
- Nagelplattenbinder (Prof. Steinmetz, Dipl.-Ing. Gerold).

Auskünfte und Anmeldungen beim Vorsitzenden der Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Baustatik

Dipl.-Ing. Josef Steiner
Besselstraße 16 a
68219 Mannheim
Tel.: 0621/41949-0
Fax: 0621/41949-75

Die Berichtsbände mit den Vorträgen der Freudenstädter Arbeitstagungen der vergangenen Jahren können dort übrigens auch noch bestellt werden.

Gentechnik/Industriebau/Betonbrücken

BVPI-Arbeitstagung 2001 vom 23. bis 25. September im Dorint-Hotel in Potsdam

Mit gewohnt großem fachlichem Aufwand wird die Bundesvereinigung der Prüflingenieur für Bautechnik (VPI) vom 23. bis 25. September 2001 im Dorint-Hotel in Potsdam ihre jährliche Arbeitstagung durchführen. Das Programm dieses Bundeskongresses der deutschen Prüflingenieur sieht auch wieder einen Vortrag über ein Thema vor, das abseits der bautechnischen Interessen seiner Teilnehmer liegt: Gentechnik.

Dieses Thema wird am Vormittag des 24. September der Medizin-Professor Dr. med. Laufs vor dem Plenum der Arbeitstagung vortragen und dabei die „Grundlagen der Gentechnik und ihre Anwendung bei der Enträtselung eines neuen Virus“ erklären. Daneben werden, am Nachmittag des 24. September und am 25. September ganztags, die Fachvorträge

dieser Arbeitstagung gehalten, die sich mit folgenden Themen beschäftigen werden:

- Die neue Industriebaurichtlinie,
- Stahlbetonbrücken,
- die Interoperabilitäts-Richtlinie des Eisenbahn-Bundesamtes,
- praktische Bemessungsbeispiele für ein umfassendes Brandsicherheitskonzept,

■ Erfahrungen bei der Prüfung des vorbeugenden baulichen Brandschutzes,

■ Dauerhaftigkeit von Konstruktionen,

■ Finite-Elemente-Berechnungen (Grenzen und Probleme).

Als ausländischer Gast wird am 25. September außerdem der Geschäftsführer des Österreichischen Instituts für Bautechnik und gleichzeitige Präsident der Europäischen Organisation für technische Zulassungen (EOTA), Dipl.-Ing. Dr. Rainer Mikulits, über das österreichische Bauordnungssystem sprechen.

Wie üblich gibt es auch wieder ein touristisch sehr attraktives Damenprogramm. Die Einladungen werden im Juni versandt, ergänzende Auskünfte erteilt vorher die VPI-Geschäftsstelle in Hamburg (Fax: 040/353565, E-Mail: info@bvpi.de).

Ernst Buchholz †

Ernst Buchholz wurde am 26. Juni 1932 in Niedaltdorf im Saarland geboren.

Das Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule Karlsruhe schloss er 1958 mit dem Diplom ab. Anschließend war er bis 1968 wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Baustatik von Prof. Dr.-Ing. Bernhard Fritz. Dort wurde er 1963 mit einer Arbeit über Platten mit veränderlichen Querschnitten promoviert.

Zusammen mit seinen Studienfreunden Klaus Stiglat, Horst Weckesser und Herbert Wippel gründete er 1965 die „Ingenieurgruppe Bauen“ und begann seine freiberufliche Tätigkeit als Beratender Ingenieur. Den grünen Haken des Prüflingenieur hat Ernst Buchholz erstmals vor 43 Jahren am Institut seines Lehrmeisters Prof. Fritz geübt, 1973 ist er selbst als Prüflingenieur für Baustatik anerkannt worden. Prüflingenieur war er bis zum 68. Geburtstag im vergangenen Jahr, als er anlässlich seines letzten Vortrags im Rahmen der Arbeitstagung der

Prüflingenieur in Freudenstadt das grüne Dienstsiegel an seinen Dienstherrn zurückgab.

Er hat in Freudenstadt gesagt, er habe 42 Jahre mit der Skepsis bzw. mit der ständigen Frage gelebt, ob er sich bedingungslos einem absoluten Lehrsatz der Mechanik unterworfen habe oder ob vieles nur Magie gewesen sei.

Von einer gewissen Skepsis war die Arbeit von Ernst Buchholz immer geprägt. Er ging den Dingen auf den Grund, sein Anspruch an Genauigkeit war nicht jedem, der mit ihm zu tun hatte, zu vermitteln.

Bei aller Genauigkeit in der eigenen Arbeit hat er sich in den Normungsgremien, in denen er mitgewirkt, hat es die Mauerwerksbauweise oder die Erdbebensicherheit, beständig dafür eingesetzt, dass die Regeln, mit denen wir als Ingenieure täglich arbeiten, möglichst einfach, kurz und verständlich bleiben und nicht mit unnötigem Zierrat überfrachtet werden.

Bei allem Hang zur Genauigkeit und zum Grübeln war Ernst Buchholz aber ein äußerst geselliger und unterhaltender Mensch.

Als Beratendem Ingenieur und als Prüflingenieur galt seine Sorge der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit der Bauwerke, die ihm anvertraut waren. Der eigenen Standsicherheit hat er nicht die gleiche Sorgfalt angedeihen lassen.

Sein letzter Vortrag in Freudenstadt war bereits geprägt von der Ahnung, dass er dort zum letzten Mal gewesen sein könnte. Er hat sein Leiden nicht gezeigt, er hat die Krankheit mit Würde getragen. Er hatte Zeit, sich auf den Abschied vorzubereiten. Tragisch ist, dass dieser Abschied zusammenfiel mit der Beendigung der aktiven Berufstätigkeit. Es war ihm nicht gegönnt, das zu leben, was er sich für die Zeit danach vorgenommen hatte.

An der Verabschiedung der Gründer der Ingenieurgruppe Bauen konnte er nicht mehr teilnehmen. Am 09. März 2001 ist unser Kollege, Freund und Partner Ernst Buchholz gestorben.

Josef Steiner

NRW ruft die saSV zur Einhaltung der BKS-Regelungen auf

Bis Ende Februar hat fast die Hälfte aller Prüfsachverständigen für Baustatik, die in NRW als Prüfsachverständige nicht zugelassen sind, weil sie aus anderen Bundesländern kommen, die sich in Nordrhein-Westfalen aber als staatlich anerkannte Sachverständige (saSV) für die Prüfung der Standsicherheit haben eintragen lassen, eine Erklärung unterschrieben, nach der auch sie sich zur Einhaltung der Regeln verpflichten, die von der Bewertungs- und Kontrollstelle der in Nordrhein-Westfalen staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit (BKS) in NRW aufgestellt worden sind.

Der Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüfsachverständigen in Nordrhein-Westfalen, Dr.-Ing. Jörg Erdmann, hat dieses Faktum als einen Ausdruck „besonderer Solidarität“ der auswärtigen Prüfsachverständigen mit ihren Kollegen in NRW bezeichnet und alle anderen saSV mit Sitz außerhalb von NRW gebeten und aufgefordert, die

BKS-NRW ebenfalls „durch ihr solidarisches Verhalten zu unterstützen“.

Wesentliche Bestandteile der Verpflichtungserklärung, die den auswärtigen Prüfsachverständigen zur Unterschrift vorgelegt wird, sind:

■ die konsequente Einhaltung der Verordnung über staatlich

anerkannte Sachverständige nach Landesbauordnung (SV-VO),

■ die Bereitschaft der saSV, die richtige Ermittlung und die – besonders hinsichtlich der Entgeltregelung korrekte – Abrechnung der Honorare durch die BKS NRW überprüfen zu lassen.

Das Ziel der BKS ist es, wie Erdmann ergänzend mitteilt, alle in NRW tätigen saSV zur Mitarbeit in der BKS zu ermutigen, weil nur so auf einem wichtigen Teilgebiet ein Äquivalent zu der früher vorhandenen Einbindung der Prüfsachverständigen in das bauaufsichtliche Verfahren geschaffen werden könne.

Außerdem seien solche Kontrollmechanismen, so Erdmann angesichts des „Spannungskonflikts zwischen einer privaten Beauftragung und der Verpflichtung des saSV zur Wahrnehmung öffentlicher Interessen“ unabdingbar.

Die Adressen der Bewertungs- und Verrechnungsstellen

Wie im *Prüfsachverständigen* verschiedentlich berichtet wurde, sind in einigen Bundesländern so genannte Bewertungs- und Verrechnungsstellen gegründet worden, an die sich jeder Prüfsachverständige wenden muss, wenn er aus den entsprechenden Ländern eine Anfrage erhält. Dies geschah, weil in einigen Bundesländern ein Teil der Prüfaufgaben privatisiert worden ist, die privaten Bauherren und Prüfsachverständigen aber dennoch verlässliche und einheitliche Gebühren und Honorare haben wollen. Die Namen und Adressen der Bewertungs- und Verrechnungs- sowie Kontrollstellen lauten:

Baden-Württemberg

BVS
Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsachverständigen Baden-Württemberg GmbH & Co.KG an der Ingenieurkammer Baden-Württemberg
Dipl.-Ing. Hartmut Scheef
Zellerstr. 26
70180 Stuttgart
Tel.: 0711/6017160
Fax: 0711/601716-99

Bayern

BVS
Bewertungsstelle der Verantwortlichen Sachverständigen in Bayern GmbH an der Bayerischen Ingenieurkammer-Bau
Dipl.-Ing. Bernhard Hautum
Elektrastr. 5
81925 München
Tel.: 089/929276-0
Fax: 089/929276-50
E-mail: BVS.BY@t-online.de

Hamburg

BVS
Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsachverständigen für Bautechnik GmbH
c/o Dipl.-Ing. Karl L. Widow
Rupertistr. 25
22609 Hamburg
Tel./Fax: 040/827694

Nordrhein-Westfalen

BKS-NRW GmbH
Bewertungs- und Kontrollstelle der in Nordrhein-Westfalen staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit GmbH
Dr.-Ing. U. Paas
Rüttenscheider Str. 144
45131 Essen
Tel.: 0201/438720
Fax: 0201/43872-10
E-mail: BS-NRW@t-online.de

Rheinland-Pfalz/Saarland

BVS Rheinland-Pfalz/Saarland
Bewertungs- und Verrechnungsstelle der Prüfsachverständigen für Baustatik GbR
Dipl.-Ing. Gerhart Dieterich
Hauptstr. 160
55120 Mainz
Tel.: 06131/997733
Fax.: 06131/997750

Thüringen

BVS-Informationsstelle Thüringen
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Langrock
Silberblick 12
99425 Weimar
Tel/Fax: 03643/901311

Vom Sand zum künstlichen Herzen

Silicium kann in fast allen Bereichen unseres Lebens zum Stoff der Zukunft werden

Zu Beginn einer jeden Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüflingenieur für Bautechnik gibt es einen Vortrag, dessen Thema nicht eines der Themen ist, mit denen sich die Prüflingenieure im Besonderen und die Ingenieure im Allgemeinen normalerweise professionell beschäftigen. Im vergangenen Jahr sprach der Frankfurter Chemie-Professor Norbert Auner über den Stoff der Zukunft, über Silicium. Da dieser Stoff in praktisch unbegrenztem Vorrat auf der Erde vorhanden ist und unter den Händen der Wissenschaft erstaunliche Fähigkeiten und Eigenschaften beweist, könnte er – wo er es heute noch nicht ist – in der Zukunft zu einem der wichtigsten Stoffe werden, die wir überhaupt haben. Hier folgt Auners Vortrag im Wortlaut, eine Tour d'Horizon durch das weite Land des Siliciums und der Silikone und ihrer heutigen und künftigen Anwendungen.

Prof. Dr.-Ing. Norbert Auner



Jahrgang 1952, studierte und promovierte an der TH Darmstadt, habilitierte sich an der Universität Münster und wurde an der TU München 1988 Universitätsprofessor für Anorganische Chemie auf Lebenszeit; 1993 folgte er dem Ruf auf ein Ordinariat für das Fachgebiet „Allgemeine und Anorganische Chemie“ an der Humboldt-

Universität zu Berlin; seit 1977 hat er einen Lehrstuhl für Anorganische Chemie an der Goethe-Universität Frankfurt inne; Herausgeber zahlreicher Fachbücher; Mitglied etlicher chemischer Industriegremien.

Schon solange es die Naturwissenschaften – und hier vor allem die Chemie – gibt, war es das Bestreben der Menschen, Vergängliches in Unvergängliches oder vergleichsweise Wertloses in etwas Wertvolles umzuwandeln; daran hat sich bis heute nichts geändert.

Beispielsweise waren es schon die Alchimisten im 11. Jhd, die versuchten, unedle Metalle in das begehrte Edelmetall Gold zu verwandeln (Transmutation), oder es war Böttger in Meißen, der 1709 aus Kalkolin, Quarz und Feldspat kostbares Porzellan herstellte, das bis zu dieser Zeit aus China eingeführt werden musste: Den Chinesen waren derartige Arbeiten bereits 600 n. Chr. bekannt, man kann nach heutiger Auffassung selbst das Grau-Porzellan der chinesischen West-Chou-Kulturen (1122 bis 770 v. Chr.) bereits als echtes Porzellan bezeichnen.

Die Sehensweise, bzw. die Einschätzung kostbarer Werte wechselte im 20. Jahrhundert, u.a. stark beeinflusst durch die Wirren und Bedürfnisse zweier Weltkriege:

Hier nutzte man vor allem die natürlichen Kohlenstoffressourcen, um daraus polymere Werkstoffe, Treib- und Sprengstoffe und Pharmazeutika zu generieren. Auch war der Physikochemiker Haber erfolgreich, den Stickstoff aus der Luft zur Gewinnung von Düngemitteln nutzbar zu machen (Haber-Bosch-Verfahren zur Darstellung von Ammoniak); ein ähnlicher Erfolg, Gold aus Meerwasser zu gewinnen, war ihm jedoch nicht vergönnt. Diese Aufzählung ließe sich beliebig fortsetzen und soll nun auf das Thema des heutigen Vortrages zugeschnitten werden.

Bedenkt man die gegenwärtigen Erfordernisse und die Fragestellungen der vor uns liegenden Zeit, so lassen sich diese schwerpunktmäßig unter Begriffe wie Gesundheit, Nahrung und Energie einordnen.

Dahinter verbergen sich Schlagworte wie z.B. Bio- und Gentechnologie, das Design neuer Pharmaka, die Handhabung alternativer Energieformen und die Schaffung neuer Materialien mit außergewöhnlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Zur Umsetzung und zur Beantwortung dieser Fragen sollten die natürlichen Ressourcen an Ausgangsmaterialien vernünftig genutzt und nach Möglichkeit wiedergewonnen werden, die verschiedenen

Prozessstufen sollten umweltrelevant vollzogen werden.

Beleuchtet man unsere natürlich vorhandenen Ressourcen an Ausgangsmaterialien, so stand das nun vergangene Jahrhundert eindeutig im Zeichen des Kohlenstoffs, dem Element des organischen (natürlichen) Lebens.

Dies verwundert nicht, wenn man die Variationsbreite der organischen Chemie und damit ihre Anwendbarkeit bedenkt, es verwundert aber, wenn man sich vor Augen hält, dass der Gehalt an Kohlenstoff auf der uns zugänglichen Erdkruste (obere 16 km) gerade einmal 0,087% beträgt – ein Vergleich möge dies verdeutlichen: die Elemente Aluminium (7,57%), Eisen (4,70%) und Calcium (3,38%) machen immerhin 15,65% der Erdoberfläche aus, der Gehalt an Silicium beträgt gar 26,3%, der von Sauerstoff 48,9%!

Dadurch wird Sand, ein ungiftiger Naturstoff und Träger des anorganischen Lebens, das Material, das uns praktisch in unbegrenztem Maß zur Verfügung steht. Rund 75% unserer Erde, einschließlich der verschiedenen Arten von „Biomasse“ in Form von Pflanzen (Reis, Schachtelhalm u.a.), Steinen, Bergkristallen oder Edelsteinen wie beispielsweise dem Opal, in Form der Diatomeen (im Meerwasser) und vielem mehr, bestehen vorwiegend aus Siliciumdioxid (SiO₂) (Abb. 1).



Abb. 1: Rund 75 Prozent der Materialien auf unserer Erde bestehen vorwiegend aus Siliciumdioxid.

Das Silicium ist damit so häufig wie alle anderen Elemente zusammen. Bezieht man die Zusammensetzung der Luft in diese Überlegungen mit ein (21% Sauerstoff, O₂; 78% Stickstoff, N₂; 1% Edelgase, zum Vergleich Wasserstoff, H₂: 5 × 10⁻⁵ %), in der der Stickstoff den im Vergleich zum Sauerstoff nahezu vierfachen Anteil hat, so kristallisieren sich als die natürlichen Ressourcen für die Erzeugung von Mate-

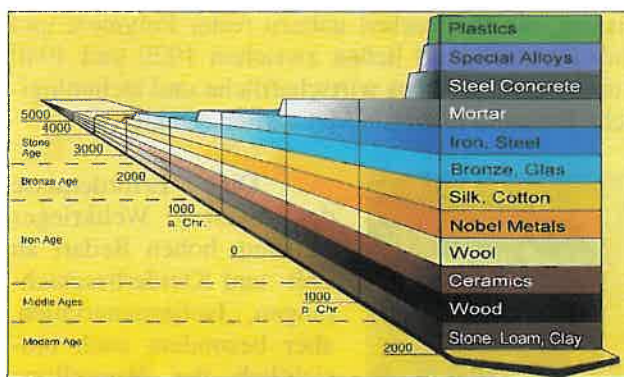


Abb. 2: Der Mensch hat den Sauerstoff der Luft schon immer benutzt, um Feuer zum Kochen und Wärmen zu erzeugen, aber auch zum Bearbeiten von Metallen.

rialien und die Speicherung von Energie zwei Bestandteile heraus: das Silicium des Quarz-Sandes und die Luft!

Dass diese Aussage nicht neu ist, belegt **Abb. 2** – „Building -Blocks for the Cultural Development of Mankind“, aus der hervorgeht, dass Sand, Tone und Steine schon ca. 3000 bis 5000 v. Chr. zum Bau von Behausungen und Werkzeugen genutzt wurden (Steinzeitalter, der Name Silicium leitet sich aus dem Lateinischen silex, bzw. silicis für Kieselsteine ab).

Seit Bestehen der Menschheit nutzt man den Sauerstoff der Luft, um Feuer zum Kochen und Wärmen zu erzeugen, aber auch zur Bearbeitung von Metallen (Schmieden, Schweißen: 2000 v. Chr. Bronzezeitalter, um Chr. Geburt Eisenzeitalter (siehe **Abb. 2**)).

Aufgrund der hohen Affinität des Siliciums zum Sauerstoff kommt dieses Element in der Natur immer silikatisch vor, natürlich vorkommende Silicium-Kohlenstoffbindungen sind bis heute unbekannt.

Erstmals dargestellt wurde das elementare Silicium (in einer amorphen Form) 1824 von J.J. Berzelius, seine Umsetzung im Chlorstrom führte zum Siliciumtetrachlorid (SiCl₄); aus diesem wurden im Zeitraum zwischen 1850 und 1900 synthetisch Silicium-Kohlenstoffbindungen geknüpft, Laborkuriositäten, für die es keinerlei Anwendungen gab.

Dies änderte sich, als Kipping bemerkte, dass die Hydrolyse eines partiell organosubstituiereten Siliciums, das noch weitere Chlorfunktionalitäten besaß (R₂SiCl₂, R = Methyl oder Phenyl), zu polymeren Verbindungen (R₂SiO)_n, den Silikonen, führte.

Das sind Kunststoffe auf Silicium/Sauerstoffbasis und Werkstoffe mit ganz außergewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften, wie z.B. den Fähigkeiten, Wasser abweisend, abdichtend und gegenüber Wärme und Strom isolierend zu wirken. Außerordentliche chemische und thermische Re-

sistenz, die Biegsamkeit nahezu fester Polymere und ihre Ziehfestigkeit ließen zwischen 1920 und 1940 nur erahnen, welches wirtschaftliche und technologische Potential in diesen Materialien steckte.

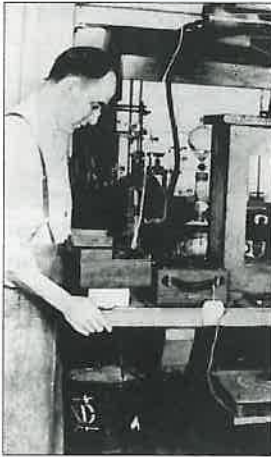


Abb. 3: Eugene Rochow, einer der Erfinder des „Direkten Prozesses“, am Labortisch

Die Erfordernisse des zweiten Weltkrieges mit dem hohen Bedarf an Zelt- und Kleiderbeschichtungen, Isoliermaterialien, aber besonders auch hinsichtlich der Herstellung von Fahrzeugen, U-Booten und Flugzeugen, machten dann eine großtechnische Synthese dieser Werkstoffe, des Siliciums selbst und den Silikonen, zwingend notwendig: Auf beiden Seiten der Fronten wurden die Wissenschaftler aktiviert, und so waren es letztendlich die Professoren Eugene Rochow (General

Electric, USA) und Richard Müller (Universität Dresden, Chemiewerk Nünchritz), die vor ca. 55 Jahren nahezu zeitgleich den „Direkten Prozess“ vorstellten. Hierbei handelt es sich um eine großtechnische Synthese der Methylchlorsilane, $(CH_3)_4SiCl_{4-n}$, und hier besonders des Dimethyldichlorsilans $(CH_3)_2SiCl_2$, dem Ausgangsmaterial zur technischen Produktion von PDMS (Polydimethylsiloxan), dem „block buster“ der Silikonhersteller: Abb. 3 zeigt E. Rochow in den 40-iger Jahren am Labortisch, und Abb. 4 die beiden Pioniere Rochow und Müller anlässlich der Silikonpreisverleihung in München 1992.

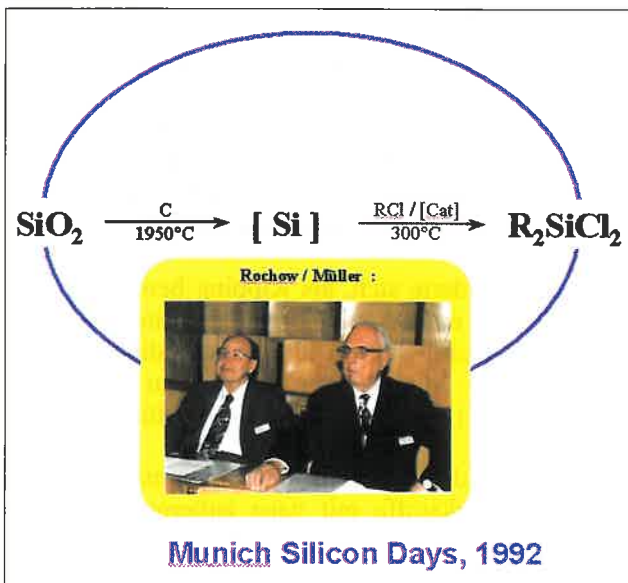


Abb. 4: Eugene Rochow und Richard Müller bei der Silikonpreis-Verleihung in München 1992

Siliciumdioxid (SiO_2) wird heute großtechnisch im Lichtbogenverfahren ($T \sim 2000^\circ C$) durch Kohle reduziert (formal: $SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2 CO$) und in kristallines Silicium überführt (dazu werden ca. 12 000 kWh/t Silicium benötigt; der Preis für 1 Tonne Si beträgt derzeit etwa 1000 USD), dass (1.) nach Nachbehandlung zum Reinstsilicium bestimmten hochtechnischen Verwendungen wie z.B. Halbleitern, die speziell in Transistoren und integrierten Schaltkreisen Anwendung finden und (2.), wie oben beschrieben, der „Direkten Synthese“ zugeführt wird. In dieser wird elementares Silicium mit Methylchlorid (CH_3Cl) am Kupferkatalysator ($T = 280-320^\circ C$, Wirbelschicht- oder Fließbettreaktor) umgesetzt. Die Silikone werden heute weltweit im Megatonnenmaßstab produziert und vielfältig genutzt (Umsatz im Jahr 2000: ca. 9 Mrd. USD).

Und ab diesem Zeitpunkt setzte eine Entwicklung ein, deren Ende bis heute nicht abzusehen ist: Umsatzzahlen und neue Märkte – geographisch sowie auch anwendungstechnologisch –, gemessen an der Anzahl neuer Produkte, an wissenschaftlichen Publikationen und wirtschaftlich nutzbaren Patenten, entwickelten sich in unerwarteter Art und Weise nach oben. Dies wird durch Abb. 5 „The Universe of Silicon Technology“, verdeutlicht.

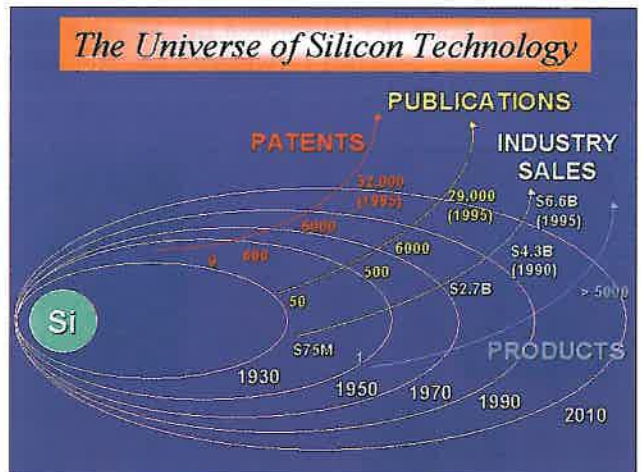


Abb. 5: Ein Ende der Entwicklung der Nutzung der Silikon-Technologie ist noch nicht abzusehen.

Und damit komme ich zum Kern dieses Vortrages und der Verwirklichung des alten und nach wie vor aktuellen Traumes der Menschheit, vergleichsweise Wertloses in etwas Wertvolles, vielleicht sogar Unvergängliches, zu überführen.

War es zurzeit der Alchimisten das Gold, aus dem sich Münzen prägen und Schmuckstücke anfertigen lassen, so liegen wesentliche Fragestellungen unserer Zeit in der Herstellung neuer Materialien.

Dabei verhilft besonders die Chemie des Siliciums den Silikonen zu herausragenden Materialei-

genschaften, u.a. auch in medizinischen Anwendungen, während die Physik dieses Elementes dazu genutzt wird,

■ eine noch schnellere und umfassendere Datenübermittlung zum effizienteren Informationsaustausch zu ermöglichen. Sie dient auch

■ der Entwicklung noch schnellerer und noch intelligenterer Computer- und Rechensysteme und hilft, die Sonnenenergie einzufangen, zu speichern und in Form elektrischer Energie wieder abzugeben (Solar-Technik, Photovoltaik).

Wie anfangs erläutert, finden wir Quarz-Sand und Steine überall: SiO_2 Sand wird zum elementaren Silicium reduziert, das über den „Direkten Prozess“ zum Dimethyldichlorsilan umgesetzt wird; dessen Hydrolyse führt zum Dimethylsilandiol, $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OH})_2$, das durch Kondensationsreaktion (Wasserabspaltung) ein 1,3-Siloxandiol bildet.

Dieses wird mit weiterem Dimethylsilandiol entweder zu kettenförmigen Siloxan-Polymeren oder zu definierten Silicium-Sauerstoffcyklen (hier am Beispiel der Bildung eines Sechsrings) umgesetzt. Die Abb. 6 verdeutlicht die chemischen und prozesstechnologischen Abläufe zur Silikonherstellung.

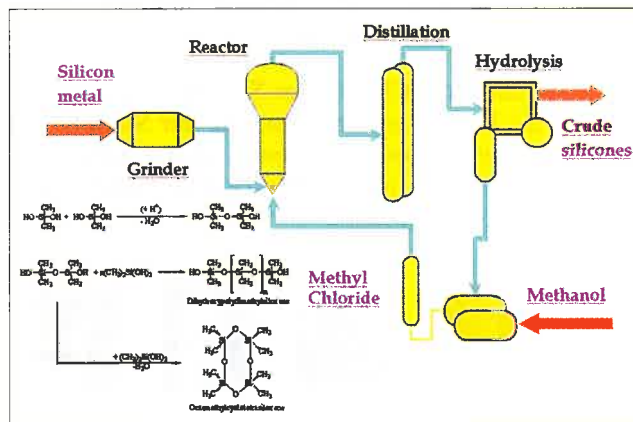


Abb. 6: Der chemische und prozesstechnologische Ablauf der Silikonherstellung.

Ringöffnungspolymerisationen, gezielte Vernetzungsreaktionen („Curen“) und Copolymerisationen mit weiteren Siloxanen oder mit organischen Polymeren führen zum Aufbau einer enormen Palette polymerer Materialien, die zahlreichen Verwendungszwecken zugeführt werden: Die Silikone sind je nach Kettenlänge, Verzweigungsgrad und Substituenten niedrig – bis hochviskos oder fest. Sie sind wärmebeständig, hydrophob und gelten als physiologisch verträglich. Je nach Höhe des erzielten Molekulargewichtes (M) im Polymer, werden Sili-

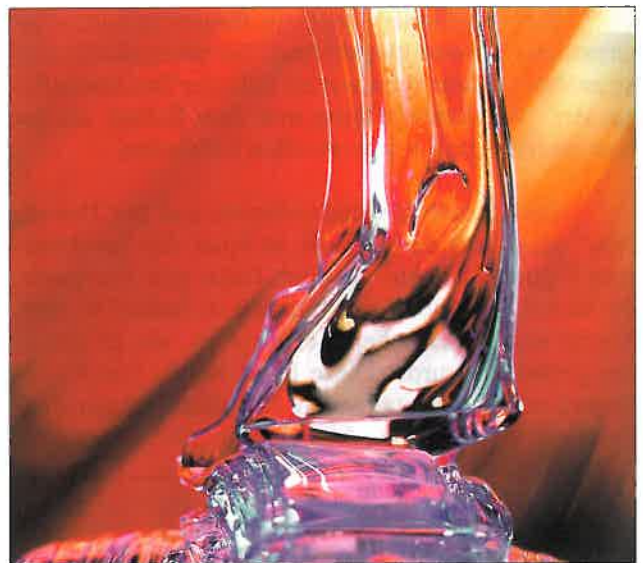


Abb. 7: Silikonöl in seiner ästhetischsten Form.

kone unterschiedlich klassifiziert¹⁻³) (siehe Anhang am Ende des Textes).

Die Abb. 7 zeigt ein Silikonöl in seiner ästhetischsten Form.

In Medizin und Kosmetik dienen Silikonöle als Bestandteile von Hautschutzsalben, Salbengrundlagen, zur Frisurstabilisierung, und als Fixateur für Duftstoffe und Bestandteile in Zahnpasten.

Silikon-Pasten finden als Schutz- und Dichtungspasten für empfindliche Metall- und Apparate-teile Verwendung, Silikon-Fette als Schmiermittel bei tiefen, hohen bzw. stark schwankenden Temperaturen (z.B. im Bereich zwischen -70 bis $+230$ °C).

Die breite Palette bevorzugter Anwendungsgebiete für Silikone wird in Abb. 8 gezeigt.

Eine Beschreibung der Silikonharze finden sich in unter Fußnote²), die der Silikonöle unter³).

Die verschiedenartigen Silikonformen halten heute wegen ihrer großartigen physiologischen Verträglichkeit Einzug in zahlreiche medizinische Anwendungen, auf die ich später noch einmal zurückkomme.

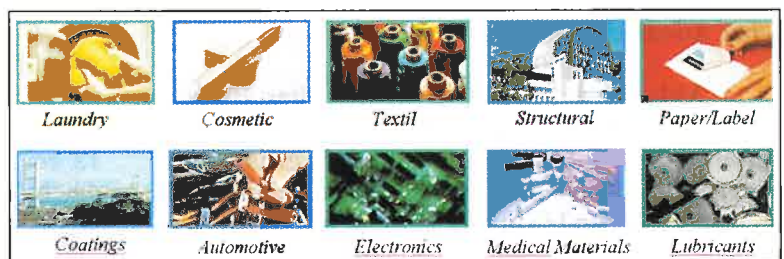


Abb. 8: Die verschiedenen Silikonformen werden heute in fast allen industriellen Techniken genutzt.

Ein – besonders auch für Bauingenieure – interessanter Anwendungsbereich für Silikonkautschuke eröffnet sich in dem weiten Feld der Denkmalpflege, der Wiederherstellung und dem Schutz antiker Kunstschätze und von wertvollen Gebäuden.

Die „Kunst des Restaurierens und des Bewahrens“ zeigt sich beispielhaft an einer der berühmtesten Figuren der Antike, dem Torso von Belvedere, der in der Glyptothek in München zu finden ist. **Abb. 9** zeigt den griechischen Helden Aias, wie er seinerzeit gefunden wurde. Diese Figur wurde von Kunsthistorikern und gestaltenden Künstlern wegen ihrer Faszination als eine Art „Heiligtum“ betrachtet,



Abb. 9: Der „sinnende Aias“ wie er als Torso gefunden wurde . . .



Abb. 10: . . . und nach seiner Wiederherstellung dank der Silikon-Technik.

selbst Michelangelo, der oft bewundernd vor diesem Torso stand, weigerte sich hartnäckig, diesen nach seinen Vorstellungen wiederherzustellen, seine Hochachtung verbot ihm dies. Moderne Computer- und Silikontechnologie ermöglichten nun seine Rekonstruktion und zeigen den „sinnenden Aias“ bevor er sich in sein Schwert stürzte (**Abb. 10**). Dank der Silikone wurde aus einem geheimnisumwitternden Torso ein faszinierender Held mit menschlich-melancholischer Ausstrahlung.

Abb. 11 zeigt ein herrliches, altes Barock-Schloss aus Wiesbaden-Biebrich, das durch Steinverwitterung, Salz-, Anstrich- und Fugenschäden, sowie durch weitere schädliche Umwelteinflüsse unanschaulich und baufällig geworden war. Konventionelle Wiederherstellung des Gebäudes und sein Schutz durch Behandlung mit Alkoxysilanen und Silikonen führten zu einer schützenden Haut (lipo-

phile Hülle), die eine „Atmung“ der Steine ermöglicht, gleichzeitig aber auch wasser- und schadstoffabweisend wirkt.

Inzwischen sind viele historisch wertvolle Gebäude, wie beispielsweise die Münster in Ulm und Freiburg, das Capitol und Weiße Haus in Washington, das Brandenburger Tor und die Kaiser Wilhelms-Gedächtniskirche in Berlin u.a.m. derart für die Nachwelt „verpackt“ worden, ohne, dass der wertvolle Inhalt bewundernden Blicken verschlossen wäre!

Eine – wenn auch unvollständige – Zusammenstellung von Wiederherstellung und Bewahrung auf Silikonbasis gibt **Abb. 12**.

Zeichnet die Chemie des Siliciums verantwortlich für die Erzeugung und Nutzung der Silikone, so dient die Physik dieses Elementes als Grundlage zu seiner Verwendung in der Photovoltaik-, Halbleiter- und Computertechnologie.



Abb. 11: Ein Barock-Schloß in Wiesbaden: Beispiel für die silikontechnische Wiederherstellung und den Schutz von verwitterten Gebäuden.

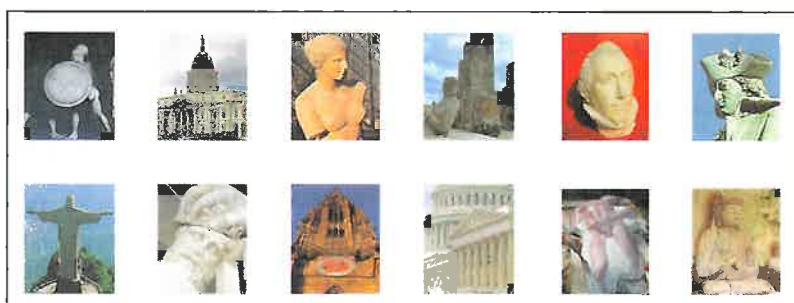


Abb. 12: Die Palette der Wiederherstellung und Bewahrung auf Silikonbasis im Bauwesen ist sehr groß.

Die Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Kraft kann vielseitig genutzt werden, die Anwendungsbeispiele werden täglich größer. Wie **Abb. 13** zeigt, kann derart eine Farm genauso betrieben, d.h. beheizt oder gekühlt werden, wie auch ein Satellit, oder ein superleichtes Einmannflugzeug, das viele Teile unserer Erdkugel bereits umflogen hat. Besonders reizvoll erscheint eine solarzellenbetriebene Kühlbox, in der leicht verderbliche Medikamente auf

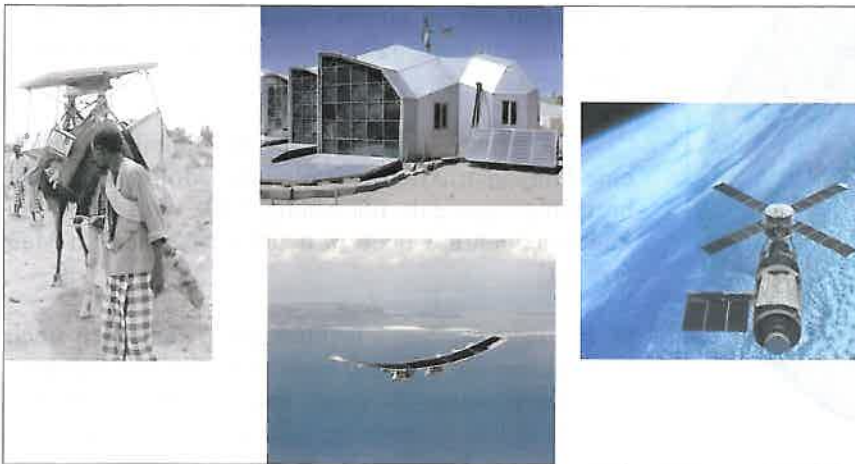


Abb. 13: Die Physik des Silikons hilft dem Menschen beim Heizen und Kühlen.

dem Rücken eines Kamels durch die Wüste transportiert werden.

Die heute bestehende Computertechnologie, die immer schnellere Information auf noch kleiner werdendem Raum vermitteln möchte, wäre ohne das Element Silizium nicht denkbar. Die Sequenz polykristallines Silizium → Reinraumtechnologie → einkristallines Material von mehr als 1 m Länge und 30 cm Durchmesser → Siliziumscheibe und → Aufbringen kleiner elektrischer Schaltkreise und deren Zerschneidung in kleinste Chips ist in Abb. 14, 15 und 16 dargestellt.



Abb. 14: Von der Reinraumtechnologie . . .

Ein Ende dieser Entwicklungen, die durch die Produktion preiswerter „Handies“ einen enormen Boom erfahren hat, ist bis heute noch nicht absehbar! Silicium und Zukunft, zwei Begriffe die nicht voneinander trennbar sind!

Dies wird auch durch die photolumineszenten Eigenschaften einiger Siliciumverbindungen angezeigt, deren Verarbeitung einen Zugang zu immer flacheren und biegsameren Displays führt: Der Bildschirm als „Leinwand“ ist heute sicherlich keine Vision mehr.

Eine der zentralen Fragestellungen unserer Tage lässt sich mit dem Begriff Alternative Energieformen, ihre Erzeugung und ihr Transport beschreiben.

Straßenblockaden wegen zu hoher Benzinpreise belegen dies ebenso, wie Politgerangel um den Ausstieg aus der Kernenergie oder die Diskussionen um Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen.

Dass wir neue Energieträger brauchen, geht zweifellos aus der Tatsache hervor, dass die Menschheit pro Tag mehr Kohle, Gas und

Erdöl verbrennt, als erdgeschichtlich in 1000 Jahren gebildet wurden!

Und Greenpeace geht davon aus, dass sich der Verbrauch an kohlenstoffgebundenen Energien in den nächsten vierzig Jahren verdoppeln wird.



Abb. 15: ... über das Aufbringen kleiner elektrischer Schaltkreise und deren Zerschneidung . . .

Deshalb *muss* warnenden Schlagzeilen wie etwa „Allmählich läuft die Erde leer“ (F. Vahrenholdt, Vorstandsmitglied der Shell AG) oder „Energie aus Biomasse eine oftmals überschätzte Ressource“ (Prof. H. Mohr, Freiburg) große Bedeutung beigegeben werden.

Die Fragestellungen sind weltweit verstanden, doch wo liegen Antworten und Lösungsansätze? Vor diesem Hintergrund ist ein Energie/Produkt-bezogenes Konzept auf Siliciumbasis entstanden, das sich wie folgt zusammenfassend wiedergeben lässt:

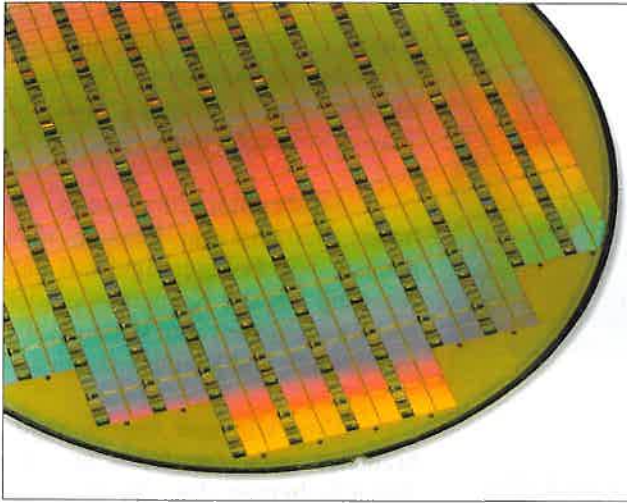


Abb. 16: . . . bis zum kleinsten Chip: die Zukunft des Siliciums hat gerade erste begonnen.

Das aktuelle Konzept zur Energieerzeugung basiert im Wesentlichen auf dem Kohlenstoff als Rohstoffquelle, der energieliefernde Prozess produziert konsequenterweise das Klimagas Kohlendioxid.

Abnehmende Öl- und Erdgasressourcen und der Treibhauseffekt machen die Suche nach zukünftigen alternativen Energieträgern zwingend notwendig. Dieser Energieträger sollte (1.) in unbegrenztem Maß zur Verfügung stehen oder zumindest recycelbar sein, (2.) eine hohe Energiedichte aufweisen, die Energie permanent speichern, ungiftig und gefahrlos transportierbar sein, (3.) in hoch technisierten Ballungszentren kein CO₂ freisetzen und (4.) nach Möglichkeit wertvolle Verbrennungsprodukte liefern.

Diese Bedingungen erfüllen nur zwei Grundstoffe: Silicium und Luft, wobei Silicium der Energieträger ist.

Dieses wird zwar heute noch – wenn auch sehr energieeffizient – unter Verwendung von Kohle (Biomasse, Ölrückstände) und elektrischer Energie und unter lokaler Freisetzung von CO₂ aus Sand gewonnen, jedoch gibt es schon Technologien, diesen Vorgang zukünftig Kohle/CO₂-frei zu betreiben.

Silicium lässt sich gefahrlos transportieren und die gespeicherte Energie kann an einem Ort der Wahl mit ca. 70%iger Effizienz wieder freigesetzt werden. Dieser Wert ist – nach Wasserstoff – der derzeit höchste im Vergleich zu anderen gut zugänglichen und reichlich vorhandenen Energieträgern!

Silicium lässt sich in der Folge unterschiedlicher Verwendung zuführen:

■ In einer ersten Route wird es technologisch in einen noch kohlenstoffhaltigen Benzin- und Ölersatzstoff überführt, der Gebäude beheizt, Prozesswärme

liefert und der in einem Sterling-Motor „das kann, was Öl auch kann“, z.B. Kraftfahrzeuge und Schiffe antreiben.

Alternativ dazu wird für den mobilen Antrieb eine Umkonstruktion existierender Motore und Verbrennungsaggregate notwendig, CO₂ wird in beiden Fällen jedoch nur noch in deutlich reduziertem Maß erzeugt!

■ In einer zweiten – technologisch sicherlich noch bedeutsameren – Route nutzt man die Möglichkeit, fein pulverisiertes Silicium unter moderaten Bedingungen mit Luft und/oder Stickstoff unter Wärmeerzeugung zur Reaktion zu bringen: Bei thermodynamisch bedingter abnehmender Energieeffizienz entstehen dabei neben Sand jedoch wertvolle Verbrennungsprodukte, im Falle der N₂-Verbrennung sogar ausschließlich Siliciumnitrid. Dieses keramische Material, ein sehr widerstandsfähiger Werkstoff, kann in chemischer Reaktion mit Wasser unter definierten Bedingungen in Ammoniak, den Grundstoff für die Düngemittelindustrie (120 Mio t/Jahr), überführt werden. Ferner ist eine Nutzung von Ammoniak als Brennstoff ebenso möglich, wie auch zur energieeffizienten Erzeugung von Wasserstoff. Dies prädestiniert diese Trägersubstanz als Medium für einen Einsatz als Wasserstofflieferant in der Brennstoffzelle, z.B. in mobilen Antriebssystemen.

Für einen Einsatz in Kraftwerken bietet sich eine Silicium/Luft-Verbrennung in modernen Turbinen-Triebwerken, die prozesstechnisch auch produktorientiert arbeiten können, an: Bedingt durch das verbesserte Verdichtungsverhalten vor der Brennkammer verdoppelt sich deren Wirkungsgrad nahezu.

Diese neuartige Technologie macht eine Energie- und Ammoniakproduktion schon heute im Vergleich zu bestehenden Technologien wirtschaftlich nahezu konkurrenzfähig und belegt, dass es in einem „ölfreien“ Zeitalter, in dem dann konsequenterweise auch die Wasserstoffquelle auf der Basis von Kohlenwasserstoffen versiegt ist, keine Alternative gibt. Zudem ist die Produkt/Energie-Erzeugung auf den beiden letztgenannten Routen CO₂-frei!

Die auf Ölbasis aufbauende, heute existierende Energieerzeugung ist der zukünftigen auf Siliciumbasis in **Abb. 17** gegenübergestellt; die angegebenen Preise pro kWh ergeben sich aus einer groben Abschätzung der zu verwirklichenden Prozesstechnologie. Die durchaus erheblichen Produktwerte sind dabei nicht eingerechnet.

Sand und damit Silicium als Grundstoff für Materialien und selbst als Speichersubstanz für Energie sind besprochen! Um die chemische, physikalische

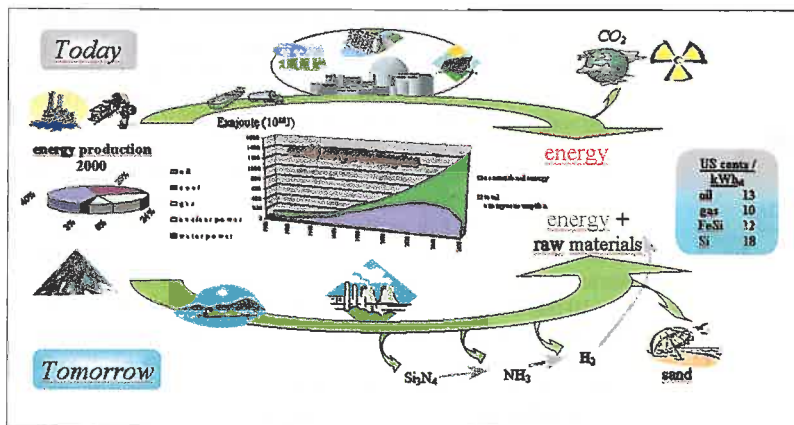


Abb. 17: Die auf Öl basierende heutige Energieerzeugung kann morgen schon von einer Energieerzeugung auf Siliciumbasis abgelöst werden.



Abb. 18: In der Medizin werden die Eigenschaften der Silikone für die Rekonstruktion von Haut . . .



Abb. 19: . . . und für die Herstellung von Kontaktlinsen genutzt.

und anwendungsbezogene Variationsbreite nachdrücklich herauszuarbeiten, möchte ich, wie vorlaufend versprochen, einige Verwendungsmöglichkeiten der Silikone im Bereich Gesundheit und körperliche Wiederherstellung nennen: Vom Sand zum künstlichen Herzen.

Werkstoffeigenschaften der Silikone, wie z.B. ihrer Gasdurchlässigkeit.

Wie schon mehrfach angedeutet, basieren diese Anwendungen auf der physiologischen Unbedenklichkeit und den herausragenden

So erfreute sich beispielsweise eine unter einer Silikonhaube eingeschlossene Schnecke noch nach

72 Stunden bester Gesundheit, und Dustin Hoffmann verwandelte sich unter einer sauerstoffdurchlässigen Silikonhaut in einen Mann mit einem Lebensalter von 121 Jahren (im Film „Little big Man“ Abb. 18).

Die Nutzung dieser Eigenschaften führt in der Medizin zu Anwendungen im Bereich der Herstellung von künstlicher Haut (Rekonstruktion bei Verbrennungen und Vernarbungen, von Kontaktlinsen (Abb. 19), von Pflastern, Dialyse-Membranen u.a.).

Wie aus Abb. 20 hervorgeht, ist selbst eine ungefährliche, permanente und doch reversible Empfängnisverhütung auf Silikonbasis möglich: Ein Silikonpropfen wird in den Eileiter eingespritzt und blockiert somit eine Befruchtung. Bei Kinderwunsch lässt sich dieser Propfen problemlos wieder beseitigen. Auch das Einbringen von Medikamenten (wie z.B. Hormonen oder von Insulin) in eine Silikonhülle mit kontrollierbarem Diffusionsvermögen ermöglicht nach einer Implantation eine langanhaltende Verhütung oder aber eine gezielte Kontrolle des Zuckerspiegels bei Diabetis. Und wer kennt sie nicht, die Schönheitsoperationen zur Vergrößerung der weiblichen Brust – in der Vergangenheit kontrovers diskutiert, aber dennoch heute noch vielfach durchgeführt, die Einsetzung der gelartigen Silikonkissen (Abb. 20). Doch hier geht es nicht nur um die Verwirklichung persönlicher Schönheitsideale, es geht auch um die Wiederherstellung nach Unfällen, Krebsoperationen und Amputationen.

Und nun zum künstlichen Herz aus Silikonen: Der ohne dieses „Organ“ zum Tode verurteilte Patient lebte mit dem in Abb. 20 abgebildeten Herzen noch 670 Tage! Das Anfertigen maßgeschneiderter Herzklappen oder anderer „Ersatzteile“ (Pumpen, Arterien, Hüftgelenke u.a.) aus Silikonen ist heute Routinearbeit.

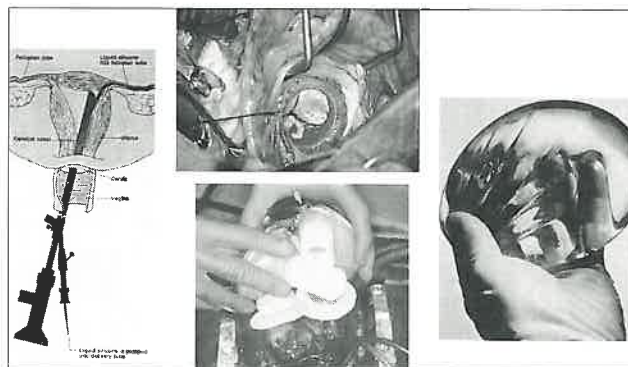


Abb. 20: Empfängnisverhütung, künstliche Herz-Ersatzteile und Brustimplantate auf Silikonbasis sind heute schon reine Routine.

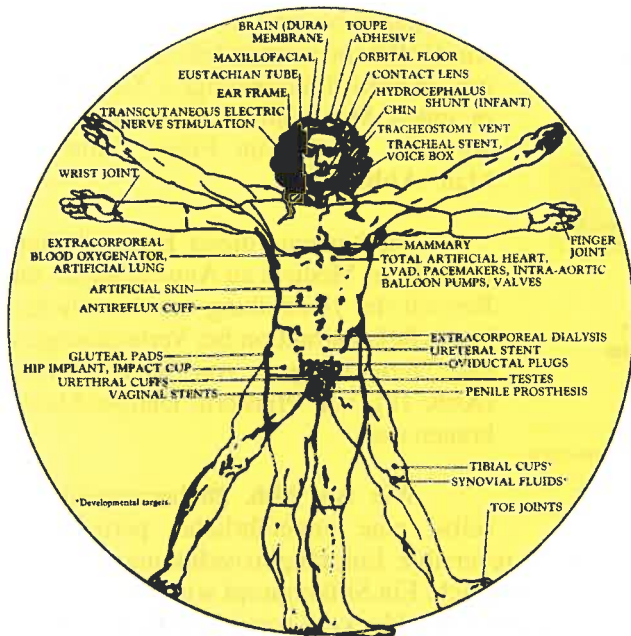


Abb. 21: Der „Silikonmensch“.

Zusammenfassend zeigt der „Silikonmensch“ in Abb. 21, welche Körperteile und Organe aus Silikon heute für die Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit des menschlichen Körpers Verwendung finden: Wohlbefinden und Gesundheit eines Menschen sind dessen höchstes Gut! Sand, der kostbare Werkstoff, eine nicht versiegbare Quelle – vielleicht erinnern wir uns an diesen Vortrag beim nächsten Spaziergang am Strand und möchten diesen Sand dann am liebsten nicht mehr mit Füßen treten!

¹⁾ Silikonöle: Lineare Polydimethylsiloxane sind klare, farblose, neutrale, geruchsfreie, hydrophobe Flüssigkeiten mit M_R 1000-150000, einer Dichte von $0,94 - 0,97 \text{ gcm}^{-3}$ und Viskositäten zwischen 10 und $10^6 \text{ m Pa} \cdot \text{s}$ (nur wenig temperaturabhängig). Sie sind an der Luft dauerwärmeständig bis ca. 200°C , haben Stockpunkte von -80 bis -40°C und Siedepunkt $>200^\circ\text{C}$. Weitere herausragende Eigenschaften sind ihre Gasdurchlässigkeit (\rightarrow Membranen), sie sind wärmeabweisend und gute Isolatoren für elektrischen Strom. An diesen Eigenschaften leiten sich ihre vielseitigen Anwendungen ab, die hier nur stichwortartig angegeben

werden: Schaumdämpfungsmittel, Hydrauliköl, Formtrennmittel, zum Hydrophobieren von Glas, Keramik, Textilien, Leder, Papier usw., als Gleitmittel für die Kunststoffverarbeitung, Schmiermittel in (Kunststoff)Getrieben, Poliermittelzusatz für Autolacke, Leder und Möbel, Diffusionspumpenöle. . . .

²⁾ Silikonharze: Mehr oder minder vernetzte Polymethyl- oder Polymethylphenylsiloxane, deren Elastizität und Wärmeständigkeit mit dem Gehalt an Phenyl-Gruppen steigt. Die Dauerwärmeständigkeit ist hoch ($\sim 200^\circ\text{C}$), die günstigen dielektrischen Werte temperaturabhängig. Ein Methylphenyl-Silikon-Harz kann z.B. 10 000 Stunden, ein Harz auf Kohlenstoffbasis (Epoxidharz) dagegen nur wenige Stunden bei 200°C beansprucht werden. Silikon-Kombinationsharze sind Copolymerisate aus niedrigmolekularen, hydroxyfunktionellen Silikonem mit Polyestern, Alkyl- und Acrylharzen, die zu sog. Silikon-email, einer dekorativen, hitzebeständigen Beschichtung für Küchengeräte usw. verarbeitet werden. Zur Erzeugung von Pressmassen und Laminaten werden Silikonharze mit geeigneten Füllstoffen wie Glasfasern, Quarzmehl, Glimmer usw. abgemischt. Da die Harze generell mit Hilfe von Kondensationskatalysatoren und bei erhöhter Temperatur kondensiert (gehärtet) werden müssen, werden sie den Einbrennharzen zugeordnet. Bei Temperaturen zwischen 250 und 600°C zersetzen sich die Materialien unter Bildung von Kieselsäure; diese gibt ggf. mit beigemischten Pigmenten (Zn, Al) einen beständigen, korrosionsschützenden Oberflächenfilm, z.B. zum Rostschutz bei Auspuffrohren. Mit gelösten der pulverförmigen Silikonharzen oder Silikonaten wie Natriummethylsilikonat $[\text{H}_3\text{C-Si}(\text{OH})_2\text{ONa}]$ werden Mauern Wasser abweisend gemacht, ohne deren Poren zu verstopfen und die Atmung zu behindern (\rightarrow Bautenschutz, Bautenrestauration). Mit letzterem entsteht unter Einwirkung von Kohlendioxid (CO_2) ein vernetztes Silikon (und Natriumcarbonat).

³⁾ Silikonkautschuke: Das sind in den gummielastischen Zustand überführbare Massen, welche als Grundpolymere Polydiorganosiloxane enthalten, die Vernetzungsreaktionen zugängliche Gruppen aufweisen. In diese Systeme sind Füllstoffe als Verstärker eingearbeitet, deren Art und Menge das mechanische und chemische Verhalten der Vulkanisate deutlich beeinflussen. Die Silikon-Kautschuke stellen meist plastisch verformbare, eben noch fließfähige Materialien dar, welche hochdisperse Kieselsäure sowie als Vernetzungskatalysatoren organische Peroxide enthalten und nach Vulkanisation bei Temperaturen $> 100^\circ\text{C}$ wärmebeständige, zwischen -100°C u. $+250^\circ\text{C}$ elastische Siliconelastomere (S.-Gummi) ergeben, die z.B. als Dichtungs-, Dämpfungs-, Elektroisoliermaterialien, Kabelummantelungen und dergleichen verwendet werden. Ein anderer Vernetzungsmechanismus besteht in einer meist durch Edelmetall-Verbindung katalysierten Addition von SiH-Gruppen an Silicium-gebundene Vinyl-Gruppen, die beide in die Polymerketten bzw. an deren Ende eingebaut sind.

Seile und Zugstäbe

Seile und Zugstäbe sind feste Bestandteile der modernen Architektur

Der Entwurf gestalterisch hochwertiger Architektur ist ohne die Zuhilfenahme filigraner Zuelemente heute kaum mehr vorstellbar. Dabei muss, je nach Anwendungsfall, zwischen den hochfesten, aber relativ dehnweichen Seilen und den weniger festen, aber dafür relativ dehnsteifen und an den Stab-Enden mit Gabelköpfen versehenen Zugstäben entschieden werden. Im Folgenden wird daher ein einführender Überblick über diese Strukturelemente mit einigen ausgeführten Projektbeispielen gegeben.

1 Seile

Die im Bauwesen verwendeten Seile lassen sich überwiegend in die drei Kategorien Spiralseile (offen oder vollverschlossen), Rundlitzenseile und Seilbündel einteilen (Abb. 1).

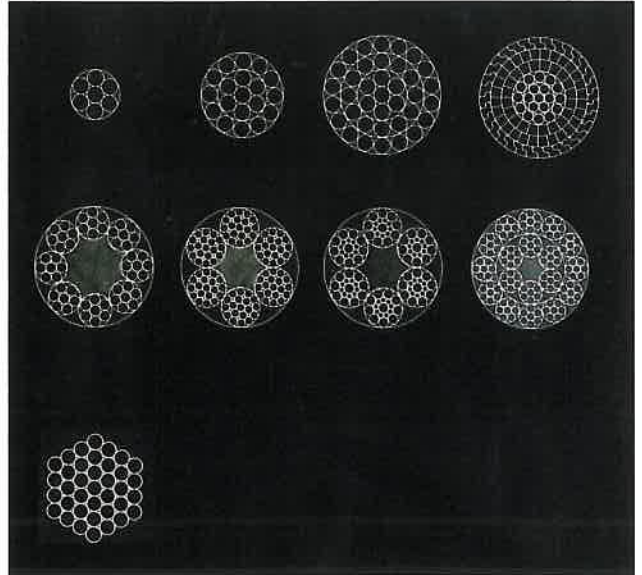


Abb. 1: Typischer Querschnittsaufbau für Spiralseile, Rundlitzenseile und Seilbündel

Die Spiralseile bestehen aus einzelnen Lagen von Stahldrähten, die aus verzinkten, galvanbeschichteten oder aus Edelstahl-Drähten bestehen. Diese Rund- oder Formdrähte werden in gegensinnig geschlagenen Lagen um einen Kerndraht herum zu einem Seil zusammengefügt (Abb. 2a).

Die Rundlitzenseile (Abb. 2b) werden durch das ein- oder mehrlagige Verseilen fertiger Litzen (= offene Spiralseile) hergestellt, wobei der meist eingesetzte Kreuzschlag die Drehmomente der Einzellitzen gegenseitig aufhebt.

Seilbündel werden aus parallelen Drähten oder Litzen zusammengefügt und können ausgesprochen hohe Traglasten (z.B. 30 MN bei einem Durchmesser von 160 mm) aufnehmen, wobei ihre Steifigkeit mit ca. 200.000 N/mm² deutlich höher liegt als bei den Spiralseilen (E-Modul ca. 150.000 N/mm²) bzw. bei den Rundlitzenseilen (E-Modul ca. 100.000 N/mm²).

Die Seilenden werden durch Pressfittinge oder durch Vergusshülsen eingefasst. Die Pressfittinge haben eine Länge von 5 bis 7 mal des Seildurchmessers

Dr.-Ing. Wolfgang Sundermann



Jahrgang 1957, studierte von 1977 bis 1983 Ingenieurwesen an der RWTH Aachen, war 1983 bis 1985 Mitarbeiter der Ed. Züblin AG in Stuttgart und von 1985 bis 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Tragwerksentwurf und -konstruktion der Universität Stuttgart; neben der Promotion an der Universität Stuttgart

(1993/94) war er freier Mitarbeiter im Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Peter Mutschler in Ludwigsburg, seit 1994 ist er Projektingenieur und Projektleiter bei der Werner Sobek Ingenieure GmbH in Stuttgart, seit 2000 auch als Prokurist.

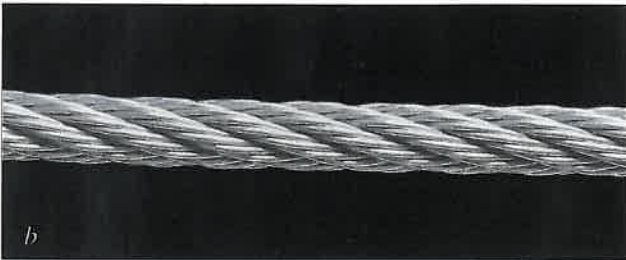
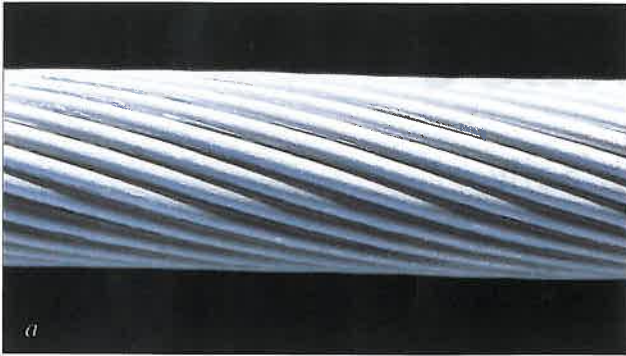


Abb. 2: Seilansichten a) Spiralseil b) Rundlitzenseil

(max. 40 mm) und werden gequetscht (6-kantig) oder gerollt (rund), (Abb. 3).



Abb. 3: Seilendbeschlag (Gabel) als runder Pressfitting

Durch diese Kaltverformungen im Bereich der Seilenden bedarf der Korrosionsschutz hier einer erhöhten Aufmerksamkeit. Bei der Vergusschülse wird ein Seilbesen (Abb. 4) in einem konusförmigen Innenraum mit einem Verguss (Zink-Aluminium oder Kunststoff) reibungsfest verbunden. Diese Vergusschülse können als zylindrische Elemente mit einem Außen- oder Innengewinde versehen werden, um eine kraftschlüssige Verbindung zur tragenden Unterkonstruktion herzustellen.



Abb. 4: Seilbesen zur Verankerung in einer Vergusschülse

Alle Seile werden generell vor dem Einbau vorgereckt und schwellbelastet mit 20 bis 40 Prozent der Mindestbruchkraft. Die Markierungen für die Seilendbeschläge bzw. Seilklemmen werden dann in diesem vorgereckten Zustand aufgebracht. Während früher für die Seilkonstruktionen

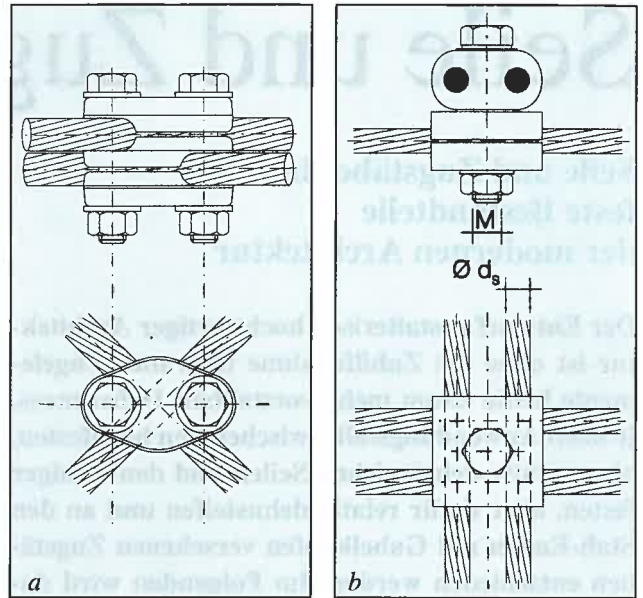


Abb. 5: Seilnetzklappen a) ohne Verdrehbarkeit, b) mit Verdrehbarkeit

durch konstruktive Abweichungen von den Normvorschriften in der Regel eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich war, liegen inzwischen auch für Normal- und Edelstahlseile inklusive deren Endbeschläge Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen vor.

Die Verknüpfung einzelner Seile zu Seilnetzen erfolgt über Seilnetzklappen, wobei die zu verknüpfenden Seilebenen (Trag- und Spannseile) entweder in einen festen Winkel zueinander oder aber als Zwillingseile über einen mittleren durchgehenden Bolzen verdrehbar fixiert werden (Abb. 5). Die Befestigung der Zwillingseile an einem Randseil erfolgt über eine spezielle Randseilklemme. Bei konventionellen Randseilklemmen wird bei schrägen Seilan-

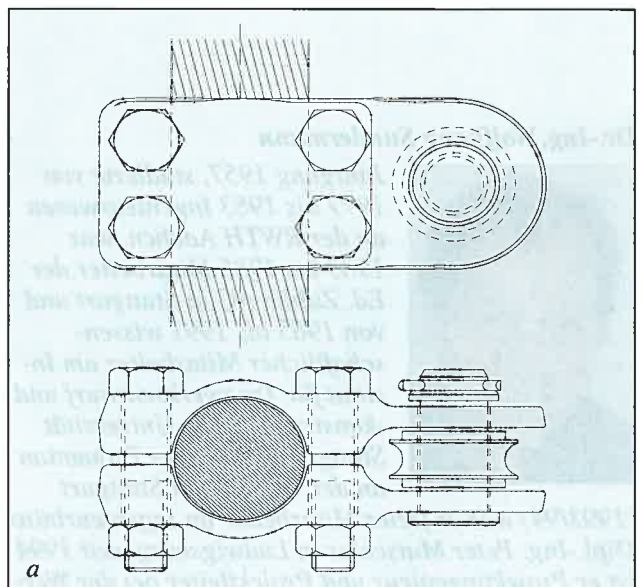


Abb. 6: Randseilklemmen a) starre Verknüpfung mit dem Randseil

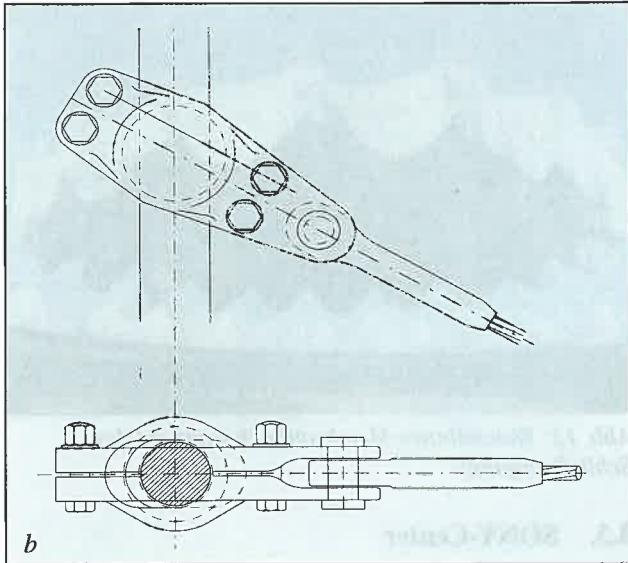


Abb. 6: Randseilklemmen
b) gelenkige Verknüpfung mit dem Randseil

schließen eine Biegebeanspruchung im Randseil verursacht. Abhilfe kann eine technisch aufwendigere, aber verdrehbare Randseilklemme liefern (Abb. 6).

Um die optisch schwierig gestaltbaren Spannschlösser zu vermeiden, sollten die komplett mit Seilnetzklammern vormontierten Seilnetze im Bereich der Auflagerpunkte vorgespannt werden (z.B. durch Hochdrücken von Masten).

2 Zugstäbe

Zugstäbe haben zwar gegenüber den Seilen geringere Festigkeiten pro Querschnittsfläche, weisen

aber eine deutlich größere Steifigkeit auf und sind bei Verwendung von Rechts-Links-Gewinden an den Stabenden in der Länge justierbar. Gestalterisch wichtig sind die Zugstabsköpfe (als Gabeln oder Ösen), die in der Regel eine Kontermutter zur Fixierung der Zugstangen an den Köpfen aufweisen (Abb. 7).



Abb. 7: Gabel eines Zugstabesystems (hier Macalloy) mit Kontermutter

Da die geometrische Form der Gabelköpfe bzw. Ösen von den Grenzwerten in der Norm abweichen, sind hierfür Zustimmungen im Einzelfall mit eigenen Zugversuchen oder allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen erforderlich. Sollen die Anschlussbleche bündig mit den Gabelköpfen ausgeführt wer-

den, so sind diese Anschlussbleche in die Versuche mit zu integrieren.

3 Projektbeispiele

3.1 Rhönklinik Neustadt

Für die Rhönklinik in Neustadt wurden verschiedene Klinikgebäude durch ein lichttransparentes, wetterschützendes Dach verbunden. Dieses Dach besteht aus einem mit Glasschindeln belegten Seilnetz, das auf runden Stützen aus Brettschichtholz aufgesetzt wird (Abb. 8).



Abb. 8: Seilnetz mit Glasschindeln für die Rhönklinik Neustadt

Die sich gegenseitig überlappenden Glasschindeln werden dabei auf speziell gebogenen Bügeln befestigt, die auf den Seilnetzknoten einseitig verschieblich montiert werden, um die räumliche Bewegung des Seilnetzes aufnehmen zu können (Abb. 9).

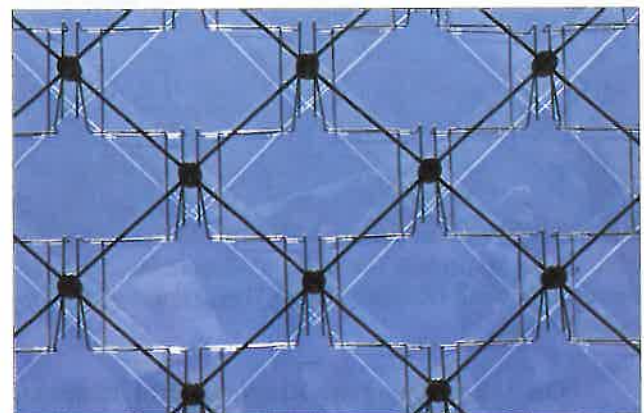


Abb. 9: Glasschindeln mit Haltebügeln

Das Seilnetz wurde mit vormontierten Seilnetzklammern auf die Baustelle geliefert und hydraulisch in den Auflagerpunkten vorgespannt.

3.2 Tennisanlage Rothenbaum

Für die Tennisanlage am Rothenbaum in Hamburg wurde ein großes wandelbares Membrandach entworfen, um einen ungestörten Turnierverlauf auch unter schlechten Wetterbedingungen zu gewährleisten. Dabei wird um ein festes äußeres Dach die verfahrbare, im Ruhezustand gefaltete Membran mittig, aber exzentrisch angeordnet (Abb. 10).



Abb. 10: Tennisanlage Rothenbaum mit einem festen und einem offenen Membrandach

Die Unterkonstruktion für das wandelbare Dach besteht aus einem äußeren Druckring, von dem eine obere und untere Seilebene zum Zentrum hin führen. Dabei werden diese Seilebenen durch ein auf den Luftstützen sitzendes Gussteil mit den umlaufenden Ringseilen gekoppelt (Abb. 11).



Abb. 11: Luftstütze mit Gussteil zur Verbindung der Radial- und Ringseile (Radialseile mit Vergusshülsen als Seilendbeschlag)

Die Vorspannung der Ringseile erfolgte nur an zwei Stellen, wobei Montagetoleranzen und Vorspannwege durch ein separates, nach Aufmaß angefertigtes Augblech aufgenommen wurden. Das Öffnen und Schließen des Dachs erfolgt durch eigens entwickelte Fahrmechanismen mit Hydraulik-Feststellvorrichtungen (Abb. 12).



Abb. 12: Wandelbares Membrandach während des Schließvorgangs

3.3 SONY-Center

Im SONY-Center Berlin, das aus den Gebäuden A bis F besteht, gibt es eine große Vielzahl von unterschiedlichen Fassadensystemen und Sonderkonstruktionen, bei denen zahlreiche Seile und Zugstäbe zum Einsatz kommen.

Im Gebäude D befindet sich beispielsweise ein U-förmiger Gebäudeausschnitt, der durch zwei gegenüberliegende Glasfassaden und ein Glasdach eingehaust wird. Die Fassaden werden dabei durch horizontale Zugstabbinder gehalten, die an die Stahlbetondecken angeschlossen sind. Um die unterschiedlichen Bewegungen der beiden Gebäudehälften und zum Ausgleich von Temperaturdehnungen werden die Zugstabbinder in den Kreuzungspunkten durch Federelemente vorgespannt (Abb. 13).



Abb. 13: Fassade und Dach des Skygardens im SONY-Center Berlin

Zusammen mit den punktgehaltenen, ca. 3,50 m hohen Scheiben lassen sich mit dieser Konstruktion äußerst transparente Glasfassaden herstellen (Abb. 14).

Im Gebäude C wird die gekrümmte Fassade über einen im Grundriss U-förmigen Gebäudeausschnitt über zwei Geschosse weitergeführt, wobei die Fassadenelemente durch ein filigranes Seilnetz an der zurückliegenden Gebäudestruktur verankert werden (Abb. 15). Zum Ausgleich von Gebäudebewegungen und Temperaturdehnungen kommen auch hier in den Auflagerpunkten angeordnete Feder Elemente mit Verformungsbegrenzung zum Einsatz.

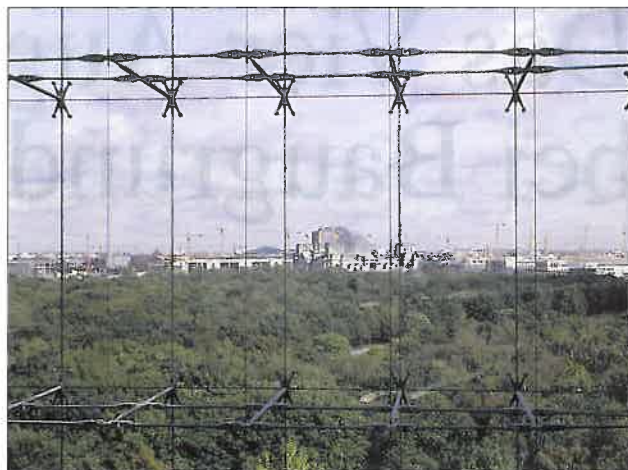


Abb. 14: Innendurchsicht durch Skygarden-Fassade

Literatur

- [1] Schulitz, Sobek, Habermann: Stahlbau-Atlas. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München 1999
- [2] Betonkalender, Teil 1: Stahl im Bauwesen (D. Bertram). Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [3] Firmenprospekt Seilbauwerke (z.B. Fa. Pfeifer)



Abb. 15: Seilnetz für Screenwall im SONY-Center Berlin

Das Vier-Augen-Prinzip bei Baugrundgutachten

Bei komplexen Ingenieurbauwerken ist die zutreffende Beurteilung des Baugrundes von essentieller Bedeutung

Das bewährte Vier-Augen-Prinzip wird derzeit durch eine falsch verstandene Liberalisierung und Deregulierung eingeschränkt, abgeschafft oder auf andere Ebenen verlagert. Das ist jedoch nur duldbar, wenn anstelle der hoheitlichen Qualitätssicherungs- und Überwachungselemente gleichwertige Ordnungs- und Überwachungsstrukturen geschaffen werden, die die wirtschaftliche Unabhängigkeit des Prüfenden sicherstellen. Vor diesem Hintergrund soll mit dem folgenden Beitrag exemplarisch verdeutlicht werden, dass im Besonderen bei Baugrundgutachten das Vier-Augen-Prinzip fallbezogen erforderlich ist, denn gerade bei komplexen Ingenieurbauwerken ist die zutreffende Beurteilung der Baugrundverhältnisse von essentieller Bedeutung für die Standsicherheit und für die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach



studierte und promovierte an der TU Darmstadt; nach 12-jähriger Tätigkeit im Geotechnik-Consulting wurde er 1993 auf den Lehrstuhl für Grundbau, Boden- und Felsmechanik der TU Darmstadt berufen, wo er seitdem das Institut und die Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt leitet. Außerdem betreibt er die Ingenieursozietät

Professor Katzenbach GmbH in Frankfurt am Main.



Dipl.-Ing. Julia Kinzel

studierte von 1991 bis 1997 Bauingenieurwesen an der TU Karlsruhe mit der Vertiefungsrichtung Bodenmechanik und Grundbau; seit 1997 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt.

1 Einleitung

Das inhaltlich und strukturell klar gegliederte Qualitätssicherungskonzept des Vier-Augen-Prinzips bei der Überprüfung von Bauvorlagen durch den Prüfengeieur ist ein unverzichtbarer Bestandteil zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung.

Durch eine falsch verstandene Liberalisierung laufen diesem Konzept jedoch seit der jüngsten Vergangenheit aktuelle Entwicklungen entgegen, mit denen im Rahmen der zum Teil nicht nachvollziehbaren Bestrebungen zur Deregulierung wichtige hoheitliche Aufgaben der Bauaufsichtsbehörden entweder eingeschränkt, abgeschafft oder auf andere Ebenen verlagert werden.

Diese Form der Deregulierung ist nur duldbar, wenn anstelle der bewährten, i.w. staatlichen, d.h. hoheitlichen Qualitätssicherungs- bzw. Überwachungselemente gleichwertige Ordnungs- und Überwachungsstrukturen geschaffen werden, die die wirtschaftliche Unabhängigkeit des Prüfenden vom Antragsteller, Investor bzw. Betreiber sicherstellen, und die nicht dem Preiswettbewerb unterworfen sind.

Vor diesem Hintergrund soll mit diesem Beitrag verdeutlicht werden, dass im Besonderen bei Baugrundgutachten das Vier-Augen-Prinzip fallbezogen erforderlich ist.

Gerade bei komplexen Ingenieurbauwerken ist die zutreffende Beurteilung der Baugrundverhältnisse von essentieller Bedeutung für die Standsicherheit und vor allem für die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks. Aber ist die ausreichende und zutreffende Beurteilung des Baugrunds für ein Bauprojekt immer gegeben?

- Wo liegen die Probleme?
- Worauf ist bei Baugrundgutachten zu achten, und was genau ist bei Baugrundgutachten zu prüfen?
- Kann trotz mängelfreier Baugrunderkundung jedes Restrisiko ausgeschlossen werden, und wie wird das Vier-Augen-Prinzip bei Baugrundgutachten gehandhabt?

Diese Fragestellungen werden ausführlich in diesem Beitrag behandelt und abschließend anhand von drei Fallbeispielen verdeutlicht.

2 Technische Regelwerke für die Baugrunderkundung und -beurteilung

2.1 Allgemeines

Grundlage eines jeden Entwurfs für ein Gebäude oder ein Ingenieurbauwerk ist eine auf der Basis von § 91ff der HOAI vorgenommene Baugrund- und Grundwasserbeurteilung, die auf der Grundlage der standort- und projektspezifischen Baugrund- und Grundwassererkundungen erarbeitet worden ist [6]. Gemäß § 9, Nr. 3, Abs. 3 VOB/A hat der Auftraggeber die Pflicht, „die für die Ausführung der Leistung wesentlichen Verhältnisse der Baustelle, z.B. Boden- und Wasserverhältnisse, so zu beschreiben, dass der Bewerber ihre Auswirkungen auf die bauliche Anlage und die Bauausführung hinreichend genau beurteilen kann“.

Die Baugrunderkundung und -beurteilung müssen bereits während der Grundlagenermittlung und Vorplanung nach § 55, Nr. 1 und 2 der HOAI geplant und durchgeführt werden.

Die Durchführung von projektspezifischen Baugrunderkundungen, worin im Folgenden auch die Grundwassererkundung mitverstanden werden soll, sind normativ geregelt. In den Technischen Regelwerken werden diese unter dem Oberbegriff „Geotechnische Untersuchungen“ zusammengefasst.

Auf europäischer Ebene ist für die Geotechnik, also für den Baugrund und die Disziplinen Bodenmechanik, Erd- und Grundbau der Eurocode 7 (EC 7): Entwurf, Berechnungen und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln (ENV 1997-1) erarbeitet worden und wird derzeit immer noch fortgeschrieben.

Das nationale Anwendungsdokument DIN V ENV 1997-1 regelt den Zusammenhang zwischen der ENV 1997-1 und den nationalen Bezugsnormen, die in Form von Vornormen, z.B. DIN V 1054-100:1996-04 bzw. als aktueller neuer Entwurf der DIN V 1054-100 in Form der E DIN 1054:2000-12, vorliegen. Sofern das Nationale Anwendungsdokument DIN V ENV 1997-1 nicht auf nationale Besonderheiten bei der Anwendung der ENV 1997-1 hinweist, gilt diese uneingeschränkt.

Auf nationaler Ebene gilt gemäß dem Nationalen Anwendungsdokument weiterhin die DIN 4020 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke“, die Anforderungen von geotechnischen Untersuchungen für die Planung, Ausführung und Auswertung gibt und sicherstellen soll, dass Aufbau und Eigenschaften des Baugrunds bereits in der Entwurfsphase bekannt sind. Sie soll damit beitragen, die Unsicherheiten bezüglich des Baugrunds zu verringern, Bauschäden vorzubeugen und eine möglichst wirtschaftliche Lösung zu erreichen.

Vor der Durchführung einer Baumaßnahme ist gemäß EC 7 (ENV 1997-1, Abschn. 3) immer „eine sorgfältige Sammlung, Auswertung und Beurteilung der geotechnischen Informationen durchzuführen“.

Gemäß DIN V ENV 1997-1, die wiederum auf DIN V 1054-100:1996-04 verweist, müssen „für jede Bauaufgabe Schichtgrenzen, Einschlüsse und Kenngrößen von Boden und Fels sowie die Grundwasserverhältnisse ausreichend bekannt sein“. In DIN 4020, Abschn. 4.1 heißt es: „Für jede Bauaufgabe müssen Aufbau und Beschaffenheit von Boden und Fels im Baugrund sowie die Grundwasserverhältnisse ausreichend bekannt sein. Hierzu sollen Untersuchungen projektbezogen ausgeführt werden.“

Aus den zahlreichen technischen Regelwerten ergibt sich die folgende, haftungsrelevante Schlussfolgerung:

Die Ausführung von Baumaßnahmen ohne vorherige bzw. baubegleitende geotechnische Untersuchungen verstößt gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT).

In Deutschland sind die geotechnischen Untersuchungen, die sich mit der Untersuchung der Bodenproben und der Baugrunderkundung befassen, durch insgesamt 25 DIN-Normen geregelt (s. **Tab. 1** und **Tab. 2**).

Darüber hinaus existieren noch weitere 16 DIN-Normen zu den geotechnischen Standsicherheitsnachweisen sowie die Technischen Regelwerke EAU, EAB, EVB, KPP-Richtlinie [3], GDA-Empfehlung, ZTVE.

2.2 Baugrunderkundung nach DIN 4020

2.2.1 Anforderungen und Ablauf der geotechnischen Untersuchungen

Gemäß DIN 4020 werden geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke als zur bautechnischen Beschreibung und Beurteilung von Boden und Fels notwendige bodenmechanische und felsmechanische, ingenieurgeologische, hydrogeolo-

gische, hydrologische und geophysikalische Arbeiten definiert.

Nach DIN 4020 hat der Entwurfsverfasser die geotechnischen Untersuchungen für den Entwurf rechtzeitig zu veranlassen. Die Beauftragung der Untersuchungen erfolgt durch den Bauherrn. Der beauftragte Sachverständige für Erd- und Grundbau (Geotechnik) hat dann die erforderlichen Untersuchungen zu planen, die fachgerechte Ausführung der Aufschlüsse und der Feld- und Laboruntersuchungen zu überwachen, die sich aus den Aufschlüssen und dem Untersuchungsbefund ergebenden Schlussfolgerungen hinsichtlich der Planung, Konstruktion und Ausführung zu ziehen und diese dem Entwurfsverfasser und dem Sachverständigen benachbarter Fachbereiche, insbesondere dem Tragwerksplaner und auch dem Prüflingenieur, darzulegen.

Die Zusammenfassung und Kommentierung der Ergebnisse sowie der daraus gezogenen Schlussfolgerungen münden in den Geotechnischen Bericht, der auch als Baugrund- bzw. Baugrund- und Gründungsgutachten bezeichnet wird.

Für die Planung der geotechnischen Untersuchungen ist nach DIN 4020 eine Aufstellung über die einschlägigen bautechnischen Fragen, die bei der baulichen Anlage auftreten, vorzunehmen. Sie muss die Standortgegebenheiten berücksichtigen und den im Laufe der Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen laufend angepasst werden.

Erst die richtig formulierten Fragestellungen ermöglichen einen zweckmäßigen Einsatz der Aufschluss- und Untersuchungsverfahren. Führt das Ergebnis der geotechnischen Untersuchung zur Änderung der Planung, ist zu prüfen, ob ergänzende Untersuchungen notwendig sind.

Der mit der geotechnischen Untersuchung beauftragte Sachverständige muss sowohl über die für das Bauwerk als auch die für die Baudurchführung entscheidenden Fragestellungen nach dem jeweiligen Planungs- und Ausführungsstand informiert werden.

Der Sachverständige hat seinerseits dem Bauherrn bzw. dem vom Bauherrn beauftragten Entwurfsverfasser mitzuteilen, welche Informationen für

Tab. 1: Normen für die Baugrunderkundung

DIN	Ausgabe	Titel
DIN 1054	November 1976	Zulässige Belastung des Baugrundes
DIN V 1054-100	April 1996	Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten
DIN 1997 V ENV 1997	April 1996	Nationales Anwendungsdokument für ENV 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN 4020	Oktober 1990	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
DIN 4020 Beibl. 1	Oktober 1990	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke; Anwendungshilfen, Erklärungen
DIN 4021	Oktober 1990	Baugrund; Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
DIN 4022 Teil 1	September 1987	Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels
DIN 4022 Teil 2	März 1981	Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein)
DIN 4022 Teil 3	Mai 1982	Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein)
DIN 4023	März 1984	Baugrund- und Wasserbohrungen; zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
DIN 4030 Teil 1	Juni 1991	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte
DIN 4030 Teil 2	Juni 1991	Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben
DIN 4094	Dezember 1990	Baugrund; Erkundung durch Sondierung
DIN 4094 Beibl. 1	Dezember 1990	Baugrund; Erkundung durch Sondierungen; Anwendungshilfen, Erklärungen
DIN 4096	Mai 1980	Baugrund; Flügelsondierung, Maße des Gerätes, Arbeitsweise, Auswertung
DIN 18196	Oktober 1988	Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

Tab. 2: Normen für die Untersuchung von Bodenproben

DIN	Ausgabe	Titel
DIN ISO 3310	Februar 1992	Analysensiebe; Anforderungen und Prüfungen; Teil 1 und Teil 2
DIN 18121 Teil 1	April 1998	Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt, Bestimmung durch Ofentrocknung
DIN 18121 Teil 2	September 1989	Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte; Wassergehalt; Bestimmung durch Schnellverfahren
DIN 18122 Teil 1	Juli 1997	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
DIN 18122 Teil 2	September 2000	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Bestimmung der Schrumpfgrenze
DIN 18123	November 1996	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung
DIN 18124	Juli 1997	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korndichte – Kapillarpyknometer, Weithalspyknometer
DIN 18125 Teil 1	August 1997	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung der Dichte des Bodens; Laborversuche
DIN 18125 Teil 2	November 1999	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens; Feldversuche
DIN 18126	November 1984	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
DIN 18127	November 1997	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch
DIN 18128	November 1990	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung des Glühverlustes
DIN 18129	November 1996	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung
DIN 18130 Teil 1	Mai 1998	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes; Laborversuche
DIN 18132	Dezember 1995	Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
DIN 18134	Januar 1993	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch
DIN 18136	August 1996	Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Einaxialer Druckversuch
DIN 18137 Teil 1	August 1990	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen
DIN 18137 Teil 2	Dezember 1990	Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Scherfestigkeit; Triaxialversuch

die optimale Durchführung und Aussagekraft der geotechnischen Untersuchung benötigt werden. Nur wenn das Bauobjekt bekannt ist, können Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen optimal geplant werden, beispielsweise die erforderliche Anzahl und die Erkundungstiefe von Bohrungen.

Die Interaktion zwischen Baugrund und Tragwerk erfordert eine ständige Berücksichtigung des jeweiligen Standes der Entwurfsbearbeitung. Der Sachverständige für Geotechnik ist fortlaufend und rechtzeitig über Ergänzungen oder Änderungen der Entwurfsbearbeitung zu unterrichten. Er hat daraufhin die Notwendigkeit von Änderungen oder Ergänzungen zur vorangegangenen Beurteilung zu überprüfen und gegebenenfalls ergänzende geotechnische Untersuchungen vorzuschlagen.

Während der Bauausführung ist ständig zu überprüfen, ob die tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse den im Baugrundgutachten be-

schriebenen entsprechen, und ob die Empfehlungen des Baugrundgutachtens berücksichtigt wurden.

2.2.2 Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen

Nach Abschnitt 6.2 der DIN 4020 bzw. nach E DIN 1054:2000-12 sind Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen in Abhängigkeit von bestimmten Einflussmerkmalen, wie z.B. Art, Größe und Konstruktion der baulichen Anlage, Geländeform und Baugrundverhältnisse, Grundwasser, Erdbebengefährdung etc. festzulegen.

Der Untersuchungsaufwand richtet sich nach der Schwierigkeit von baulicher Anlage und Baugrund unter Berücksichtigung von Randbedingungen, wobei der Schwierigkeitsgrad in eine von drei geotechnischen Kategorien eingestuft wird.

Die Einstufung in eine der drei geotechnischen Kategorien ist unter Berücksichtigung der Einflus-

merkmale vor Beginn der geotechnischen Untersuchung festzulegen und ist später aufgrund der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu berichtigen.

Die Geotechnische Kategorie GK 1

umfasst kleine, einfache Bauobjekte bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen, so dass die Standsicherheit aufgrund gesicherter Erfahrungen beurteilt werden kann. Dazu gehören u.a. setzungsunempfindliche Bauwerke mit Stützenlasten bis 250 kN und Streifenlasten bis 100 kN/m, Stützmauern von weniger als 2 m Höhe, wenn dahinter keine hohen Auflasten sind, Dämme bis 3 m Höhe, Gründungsplatten, die ohne Berechnung nach empirischen Regeln bemessen werden und Gräben bis 2 m Tiefe.

Die Geotechnische Kategorie GK 2

umfasst Bauobjekte und Baugrundverhältnisse mittleren Schwierigkeitsgrades, die eine ingenieurmäßige Bearbeitung mit geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen verlangen. Dazu gehören alle bauliche Anlagen und geotechnischen Gegebenheiten, die nicht den geotechnischen Kategorien GK 1 und GK 3 zuzuordnen sind.

Die Geotechnische Kategorie GK 3

umfasst Bauobjekte mit schwieriger Konstruktion bzw. mit schwierigen Baugrundverhältnissen, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen. Dazu gehören große und nicht herkömmliche Konstruktionen sowie Konstruktionen mit hohem Sicherheitsanspruch oder hoher Verformungsempfindlichkeit, wie z.B. Bauwerke mit besonders hohen Lasten, tiefe Baugruben, Staudämme mit Wasserdrücken von mehr als 2 m Wassersäule, Veränderungen des Grundwasserspiegels, Flugplatzbefestigungen, Hohlraumbauten, weitgespannte Brücken, Schleusen und Sile, Maschinenfundamente mit hohen Lasten, kerntechnische Anlagen, Offshore-Bauten, Chemieanlagen, Deponien, hohe Türme, Schornsteine, Großwindanlagen.

Nach DIN 4020 kann bei der geotechnischen Kategorie GK 1 im Einzelfall die Einschaltung eines Sachverständigen für Geotechnik erforderlich sein, bei der geotechnischen Kategorie GK 3 ist die Einschaltung eines erfahrenen Sachverständigen für Geotechnik zwingend erforderlich.

Anhand der Kenntnis der Eigenschaften und Kenngrößen des Baugrunds müssen unter anderem festgestellt bzw. beurteilt werden:

■ Verformungen, die durch die Baumaßnahmen und das Bauwerk hervorgerufen werden, ihre räumliche

Verteilung und ihr zeitlicher Verlauf sowie die Möglichkeiten, durch konstruktive Maßnahmen ein verträgliches Zusammenwirken von Baugrund und Bauwerk zu erzielen.

■ Die Sicherheit gegen Grenzzustände wie z.B. gegen Grundbruch, Geländebruch, Auftrieb, Gleiten, Knicken von Pfählen usw.

■ Lasteinwirkungen auf das Bauwerk aus dem Baugrund und Abhängigkeit dieser Kräfte von der konstruktiven Gestaltung des Bauwerks und der Art der Baudurchführung.

■ Die Auswirkungen, die auf das Bauwerk über die zuvor genannten Ursachen hinaus wirksam werden können.

■ Die Auswirkungen der Bauausführung sowie des Bauwerks selber und seines Betriebs auf die Umgebung.

Darüber hinaus ist die Kenntnis der Grundwasserverhältnisse von grundlegender Bedeutung für die Bemessung.

Die geotechnischen Untersuchungen für die geotechnischen Kategorien GK 2 und GK 3 gliedern sich in Voruntersuchung und Hauptuntersuchung. Die Voruntersuchung des Baugrunds dient der Standortwahl und der Vorplanung eines Bauwerks und der Entscheidung, ob ein geplantes Bauwerk unter Berücksichtigung der vorhandenen Baugrundverhältnisse überhaupt errichtet werden kann und welche besonderen Anforderungen für die Gründung, die Baukonstruktion und die Baudurchführung zu beachten sind.

Die Hauptuntersuchung des Baugrunds ist die geotechnische Untersuchung für den Entwurf, die Ausschreibung und die Baudurchführung sowie für die Schadensanalysen. Sie muss u.a. die Sichtung und Bewertung von vorhandenen Unterlagen, die Erkundung der Konstruktionsmerkmale und Gründungsverhältnisse der im Einflussbereich der Baumaßnahme liegenden baulichen Anlagen, die allgemeine Standortbeurteilung, direkte Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe), ggfs. indirekte Aufschlüsse (Sondierungen, geophysikalische Verfahren), Feldversuche und Laborversuche umfassen. Hauptuntersuchungen müssen durch Art und Umfang die Beurteilung der Ausführbarkeit voraussehbarer Varianten der Gründung und der Baudurchführung zulassen.

Am Schluss der Untersuchungen stehen die baubegleitenden Untersuchungen, die Prüfungen, Messungen und Versuche einschließlich der geotechnischen Dokumentation der Maßnahmen, die während der Bauausführung zur Überprüfung der vorausgesetzten Verhältnisse, zur Beobachtung des Verhaltens von Baugrund, Grundwasser und Bau-

werk und zur Überprüfung der Tragfähigkeit von Gründungselementen ausgeführt werden.

2.2.3 Zusammenfassende Beurteilung der geotechnischen Untersuchungen

In einer zusammenfassenden Beurteilung der gewonnenen Baugrunddaten ist eine Bewertung der Baugrundverhältnisse vorzunehmen und darzulegen, welche grundsätzliche Folgerungen sich für das zu erstellende oder zu überprüfende Bauwerk sowie für die Bauhilfsmaßnahmen und für die Baudurchführung ergeben. Die Schlussfolgerungen sollen auch Angaben oder Hinweise zu eventuell erforderlichen ergänzenden oder baubegleitenden Untersuchungen oder Kontrollen sowie eine etwa erforderliche Überwachung von Baugrund und Bauwerk nach der Fertigstellung enthalten.

In der zusammenfassenden Beurteilung ist auch die vorausgegangene Eingruppierung in die geotechnische Kategorie in Bezug auf Baugrund, Grundwasser und die Beeinflussung durch und auf die Umgebung zu überprüfen.

3 Grenzen und Fehlerquellen bei der Baugrunderkundung und -beurteilung

Anhand der geotechnischen Untersuchungen sollen der räumliche Verlauf der Bodenschichten und Trennflächen, die Grundwasserverhältnisse sowie die maßgebenden Baugrundeigenschaften bestimmt werden. In der Realität ist es jedoch wegen des bis dato stichprobenhaften Charakters der Baugrunderkundung nicht möglich, den Baugrund in all seinen Facetten vollständig und zutreffend zu identifizieren.

Die Problematik liegt darin, dass der Baugrund durch Bohrungen und Sondierungen stets nur an spezifisch ausgewählten Punkten erkundet werden kann. Eindeutige Informationen über den Baugrund liegen dabei nur punktuell und bis in die erkundeten Tiefen vor. Gemäß [6] können auch bei der Realisierung eines umfangreichen Baugrunderkundungsprogramms 99,9 % des durch die Baumaßnahme beeinflussten Baugrunds nicht direkt aufgeschlossen werden und die Eigenschaften nicht unmittelbar bestimmt werden. Infolgedessen kann nur aus den punktuellen direkten Aufschlüssen auf die räumliche Anordnung der Baugrundsichten und der -eigenschaften geschlossen werden.

Die mechanischen Eigenschaften des Baugrunds, beispielsweise seine Festigkeits- oder Verfor-

mungseigenschaften, können mittels Laborversuchen lediglich an einer begrenzten Anzahl von Proben bestimmt werden. Die Versuchsergebnisse weisen, selektiert nach den einzelnen Baugrundsichten, stets eine Streuung auf, die aus der Inhomogenität des Baugrunds und aus den der Probenentnahme und der Versuchsdurchführung zugrunde liegenden Randbedingungen resultiert [10].

Die anhand der Baugrunderkundung gewonnenen Ergebnisse für den Aufbau der Baugrundsichtung und für die Baugrundeigenschaften stellen somit Stichproben aus einem weiten Feld von unbekanntem Daten dar.

Der geotechnische Sachverständige steht nun vor der Aufgabe, auf Grundlage dieser Stichproben die für die Bemessung und den Entwurf maßgebenden Kenngrößen sowie ein realitätsnahes Baugrundmodell zu bestimmen. Dabei spielt die persönliche Erfahrung des geotechnischen Sachverständigen eine maßgebende Rolle, was andererseits bedeutet, dass die Festlegungen stets von subjektiven Abschätzungen und Annahmen geprägt sind.

Hieran ist schon zu erkennen, dass die richtige Einschätzung der Baugrundverhältnisse und die Festlegung richtiger Annahmen vom Erfahrungsschatz und der Fachkompetenz jedes einzelnen geotechnischen Sachverständigen abhängt.

Planungs- und Ausführungsfehler bei der Baugrunderkundung und ihre Verantwortlichen sind in [4] zusammengestellt. Dabei sind folgende Punkte aufgeführt:

- **Fehlende geotechnische Untersuchungen** (verantwortlich: Auftraggeber (Bauherr), Architekt);
- **unzureichende geotechnische Untersuchungen** (verantwortlich: Geotechnischer Sachverständiger, Auftraggeber (Bauherr), Architekt);
- **Fehleinschätzung und/oder unzutreffende Beurteilung der geotechnischen Untersuchung** (verantwortlich: Geotechnischer Sachverständiger);
- **ungeeignete Aufschlusstechniken, z.B. ungeeignete Bohrverfahren und/oder ungeeignete Laboruntersuchungen** (verantwortlich: Geotechnischer Sachverständiger, Auftraggeber).

Die obigen Ausführungen zeigen, dass die Bandbreite möglicher Fehlerquellen bei Baugrundgutachten beachtlich ist.

Auch bei mängelfreier Baugrunderkundung verbleibt ein unvermeidbares Restrisiko, das „Baugrundrisiko“, das bei Inanspruchnahme des Baugrun-

des bzw. der im Baugrund vorhandenen Inhaltsstoffe zu unvorhersehbaren Wirkungen bzw. Erschwernissen führen kann.

4 Stellenwert der Baugrunderkundung und des Baugrundgutachtens

Im Vergleich zu den übrigen im Bauwesen eingesetzten Werkstoffen stehen für den Baugrund mit Abstand die wenigsten Informationen hinsichtlich seiner Zusammensetzung und seines mechanischen Verhaltens zu Verfügung [5].

Der Baugrund hat jedoch entscheidenden Einfluss auf die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit eines jeden Bauwerks. Werden die Tragfähigkeit oder das Verformungsverhalten des Baugrunds falsch eingeschätzt, so hat das überaus fatale Folgen für das Bauwerk, die Nachbarbebauung oder für Leib und Leben betroffener Personen.

Die Basis aller geotechnischen Aktivitäten ist daher die Baugrunderkundung in situ [7]. Die Baugrunderkundung muss in der Geotechnik stets der erste Bearbeitungsschritt als Grundlage für die Modellbildung, für den Entwurf und die Prüfung sein (Abb. 1).

Dieser methodische Ablauf ist der grundsätzliche Unterschied zu den anderen Disziplinen des Konstruktiven Ingenieurbaus, bei denen die Werkstoffe

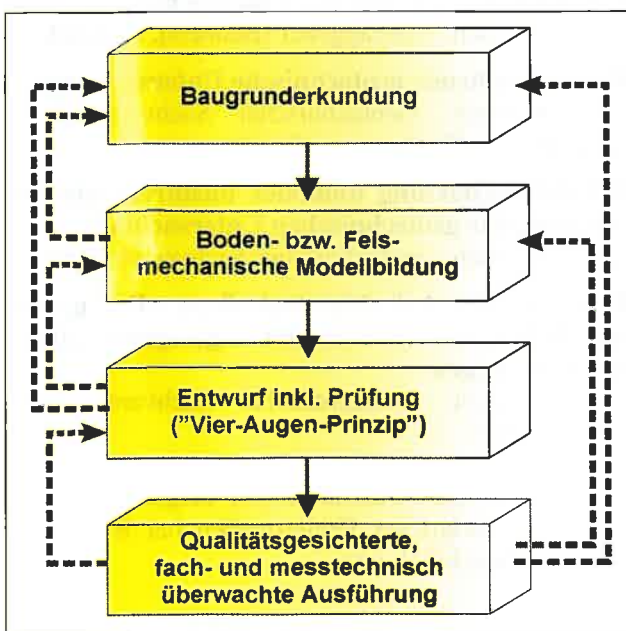


Abb. 1: Methodik des Planungs- und Ausführungsprozesses in der Geotechnik

im Sinne des Vorwärtsdesigns hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Qualitäten als Ergebnis des Entwurfs definiert und spezifiziert werden im Gegensatz zu dem Werkstoff Baugrund, der deduktiv und stichprobenartig detektiert und identifiziert wird und sich sogar oft erst während der Bauausführung umfassend erkennen lässt.

Es ist zu hoffen, dass durch die aktuelle Gestaltung des Anhangs der neuen E DIN 1054 „Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“ dieser grundsätzliche Unterschied zwischen den Bauingenieurdisziplinen des Konstruktiven Ingenieurbaus nicht verwischt wird.

Das Baugrundgutachten muss den Umfang der durchgeführten Untersuchungen, die Beschreibung des Baugrunds, die ermittelten bodenmechanischen sowie die ingenieurmäßigen Schlussfolgerungen für die Gründungsmaßnahme enthalten. In der DIN 4020 wird folgende Gliederung vorgeschrieben, (vgl. auch HOAI, § 92):

- 1) Darstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse
- 2) Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse
- 3) Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise.

Im Baugrundgutachten sind somit alle Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen sowie die Interpretation der Ergebnisse enthalten. In ihm finden sich alle wichtigen Informationen bezüglich der für die Baumaßnahme maßgebenden Baugrundeigenschaften, auf deren Grundlage alle weiteren Planungen und Entwürfe aufbauen. Je nachdem wie stark z.B. Besonderheiten oder Merkmale des Baugrundaufbaus hervorgehoben werden oder z.B. wie prägnant Gründungsempfehlungen ausfallen, können die Inhalte bei der Umsetzung unterschiedlich aufgefasst werden. Es ist also von enormer Wichtigkeit, dass erstens die gewonnenen Erkenntnisse richtig interpretiert und zweitens die Informationen richtig, klar und unmissverständlich wiedergegeben und dargestellt werden, eine nicht triviale Qualitätsanforderung.

5 Vier-Augen-Prinzip bei Baugrundgutachten

Die Probleme für eine nicht mängelfreie Beurteilung des Baugrunds liegen hauptsächlich in der Durchführung unvollständiger bzw. ungeeigneter Baugrunduntersuchungen, in der fehlerhaften Anwendung der Technischen Regelwerke, in der man-

gelnden Fachkompetenz bei der Beurteilung der Baugrund-Tragwerk-Interaktion, in der fehlerhaften Baugrundbeurteilung und ihrer Schlussfolgerungen sowie in der Erstellung unpräziser Baugrundgutachten.

Darüber hinaus liegen weitere Probleme darin, dass eine Schnittstellenproblematik zwischen dem Tragwerksplaner und dem Sachverständigen für Erd- und Grundbau existiert oder dass eine fehlerhafte Baugrundbeurteilung bei der bodenmechanischen Abnahme durchgeführt wird bzw. die bodenmechanische Abnahme gar nicht durchgeführt wurde.

Zur Vermeidung der daraus entstehenden Fehler bei der Baugrundbeurteilung muss vor allem bei den geotechnischen Kategorien GK 2 und GK 3 geprüft werden, ob die Erkundungsmaßnahmen den Anforderungen der Technischen Regelwerke und den Anforderungen des Bauobjektes entsprechen und die richtigen Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen getroffen wurden. Das Vier-Augen-Prinzip ist bei Baugrundgutachten unentbehrlich.

Ein weiteres Problem ist, dass auch nach erfolgter Prüfung Mängel im Baugrundgutachten nicht erkannt werden. Ein Grund dafür kann in der prinzipiellen Vorgehensweise bei der unabhängigen Prüfung von Baugrundgutachten und von geotechnischen Nachweise nach der Bautechnischen Prüfungsverordnung (BauPrüfVO) liegen.

Bisher sieht die Prüfung so aus, dass die Bauaufsichtsbehörde einen Prüfingenieur für Baustatik mit der unabhängigen Prüfung der Verhältnisse und Nachweise beauftragt. Zum Prüfumfang gehört es, die Ergebnisse aus dem Baugrundgutachten bezüglich der Verformungs- und Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrunds dahingehend zu überprüfen, ob sie größenordnungsmäßig im Erfahrungsbereich vergleichbarer Bauvorhaben und Baugrundverhältnisse liegen [2]. Wird dieser Erfahrungsbereich verlassen, muss die prüfende Stelle der unteren Bauaufsichtsbehörde vorschlagen, einen bauaufsichtlich anerkannten Sachverständigen für Erd- und Grundbau einzuschalten, der die Prüfung des Baugrundgutachtens übernimmt.

Das Problem liegt darin, dass nicht jeder Prüfingenieur bereit sein mag, der Behörde zu erklären, dass seine Kompetenz bei der Beurteilung des Baugrunds und seiner Einflüsse auf das Bauwerk erschöpft ist. Hierin liegt ein enormer Nachteil des Verfahrens, da es eine Ermessensentscheidung der prüfenden Stelle ist, einen bauaufsichtlich anerkannten Sachverständigen für Erd- und Grundbau einzuschalten oder nicht [1]. Diese Entscheidung mag von vielen Gründen abhängen und ist deshalb objektiv unbefriedigend.

Nach Noebel [9] haben die bauaufsichtlich anerkannten Sachverständigen für Erd- und Grundbau allgemein bauaufsichtlich Bedeutung, weil sie sicherheitstechnische Probleme erheblicher Tragweite im Bereich des Erd- und Grundbaus aus fachtechnischer Sicht beurteilen können. Nach § 1 der Musterverordnung über die Anerkennung von Sachverständigen für Erd- und Grundbau [8] gehört es zu den Aufgaben des anerkannten Sachverständigen für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht, die Bauaufsichtsbehörde oder die von ihr beauftragte Person oder Stelle auf dem Gebiet der Bodenmechanik und des Erd- und Grundbaus bei der Beurteilung

1. der Baugrundverformung und ihrer Wirkung auf die bauliche Anlage (Boden-Bauwerk-Wechselwirkung),
2. der Sicherheit der Gründung der baulichen Anlage,
3. der getroffenen Annahmen,
4. der bodenmechanischen Kenngrößen

zu beraten und hierüber ein Gutachten anzufertigen. Als Sachverständige für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht werden nur Personen anerkannt, welche ein Bauingenieurstudium mit der Vertiefung Bodenmechanik, Erd- und Grundbau (Geotechnik) absolviert haben und die allgemeinen und die besonderen Voraussetzungen erfüllen.

6 Fallbeispiele

6.1 Fehlende Prüfung beim Neubau eines Wohnhauses mit Garage

Durch den Neubau eines Wohnhauses mit Garage im Abstand von ca. 0,3 m zu einem benachbarten Anbau (**Abb. 2**) kam es zu erheblichen klaffenden Rissen in dem Anbau, woraufhin der Anbau abgerissen werden musste. Der Neubau selbst hat sich um 13 cm schiefgestellt.

Die Gebäude befinden sich an einem nach Westen ansteigenden Hang neben einem Bachlauf am Rand der Talauflage dieses Baches. Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden während der Fundamentierungsarbeiten kurz vor Errichtung des Wohnhauses 2 durch vier 6 m tiefe Bohrsondierungen von der Baugrubensohle aus erkundet. Demnach war bekannt, dass im nördlichen Bereich bis in eine Tiefe von ca. 1 m unterhalb der Baugrubensohle stark sandiger Schluff, danach bis in eine Tiefe von 5,5 m Mudde und sandiger Schlick und darunter Sand anstehen (**Abb. 3**). Dieser Baugrundaufbau bestätigte sich auch bei den später ausgeführten Kernbohrungen, die der Untersuchung des Schadensfalls dienten.

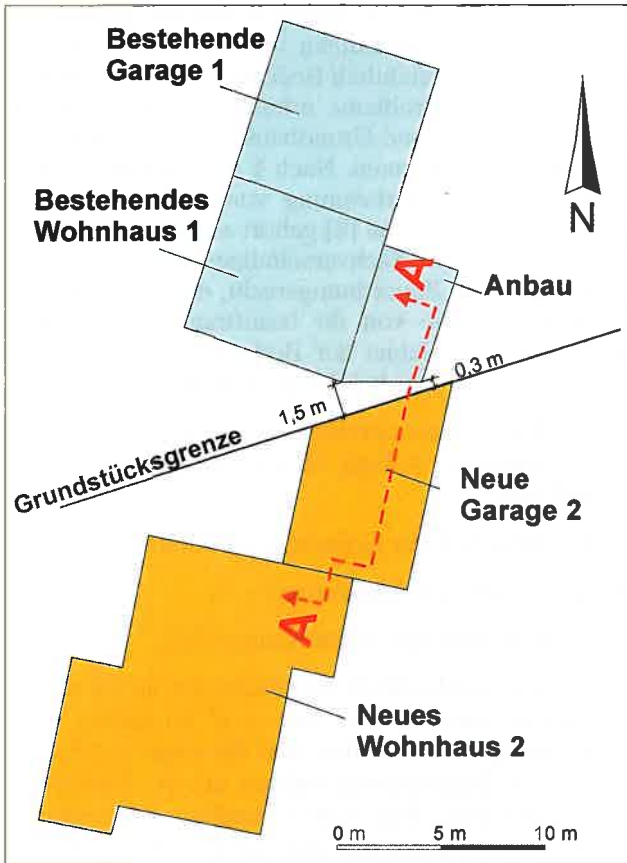


Abb. 2: Lageplan des Anbaus und des Neubaus

Die starke Rissbildung im Anbau zeigte sich erst etwa ein Jahr nach Baubeginn des Neubaus (Abb. 4). Ursache für die Schäden am Anbau waren die durch den Neubau aufgebrachten Lasten, insbesondere die etwa 1 m hohe Auffüllung unter dem Garagenfußboden (Abb. 3), die aufgrund des variablen Abstands zwischen der Garage und dem Anbau (Abb. 2) zu ungleich großen Mitnahmesetzungen des Fundamentes des Anbaus führten. Dass die Risse erst nach Errichtung des Neubaus entstanden sind, liegt daran, dass die Setzungen bei weichen, bindigen Böden aufgrund der Konsolidierungserscheinungen zeitverzögert auftreten.

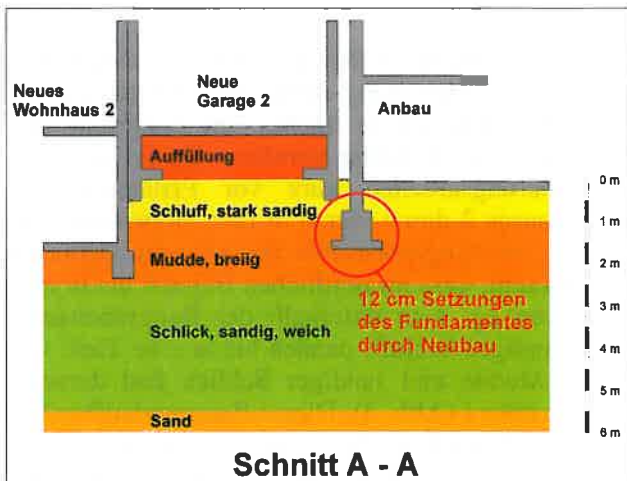


Abb. 3: Schnitt A-A gemäß Abb. 2 inkl. Baugrundaufbau

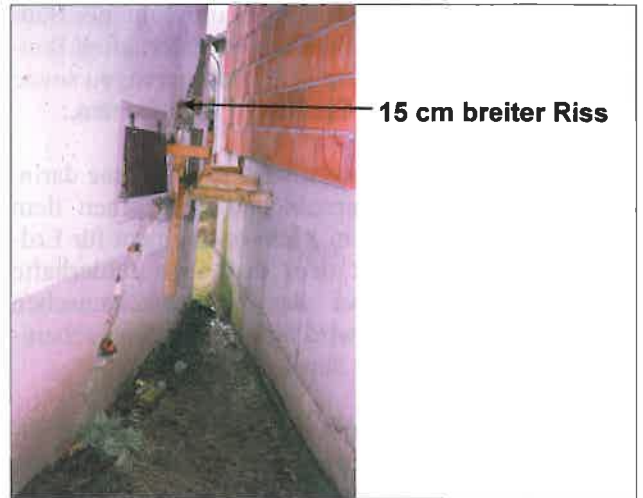


Abb. 4: Riss im Altbau

Dieser allmähliche Setzungsprozess wäre bei einer Tiefgründung in den setzungsarmen tieferen Schichten und bei Verzicht auf das Einbringen der Auffüllung unter dem Garagenfußboden nicht aufgetreten. Die bautechnischen Nachweise einschl. des Nachweises der Gründung waren hierbei von der Bauaufsichtsbehörde bzw. von dem von der Bauaufsichtsbehörde eingeschalteten Prüfingenieur für Baustatik für in Ordnung befunden worden. Das Heranziehen eines geotechnischen Sachverständigen wäre in diesem Fall ratsam gewesen und hätte Schlimmes verhindert.

6.2 Bodenmechanische Prüfung des Baugrundgutachtens und des Gründungskonzepts für das neue Frankfurter Hochhaus Gallileo

Im Rahmen der baustatischen Prüfung des neuen Frankfurter Hochhauses Gallileo wurde die Bauaufsichtsbehörde vom Prüfingenieur für Baustatik um Einschaltung eines bauaufsichtlich anerkannten Sachverständigen für Erd- und Grundbau ersucht. Im Zuge der Erkundungs- und Prüfmaßnahmen wurde eine bis dato unbekannte Situation erkannt, dass nämlich der Übergang vom setzungsaktiven Frankfurter Ton zu den felsigen Frankfurter Kalken im Baufeld um mehrere Meter verspringt und die Oberkante der Frankfurter Kalke höher liegt als ursprünglich angenommen, sodass die Pfähle der Kombinierten Pfahl-Plattengründung (KPP) in ihrer ursprünglich geplanten Länge in die Schicht der Frankfurter Kalke eingebunden hätten (Abb. 5b). Die in einer frühen Entwurfsphase anfänglich angenommenen Baugrundverhältnisse und die dementsprechend geplante KPP sind in Abb. 5a dargestellt.

Da die Pfähle der KPP nicht in die felsigen Frankfurter Kalke einbinden dürfen, hätte die Nichtberücksichtigung der tatsächlichen Baugrundverhältnisse schädliche Folgen für das Hochhaus gehabt. Die

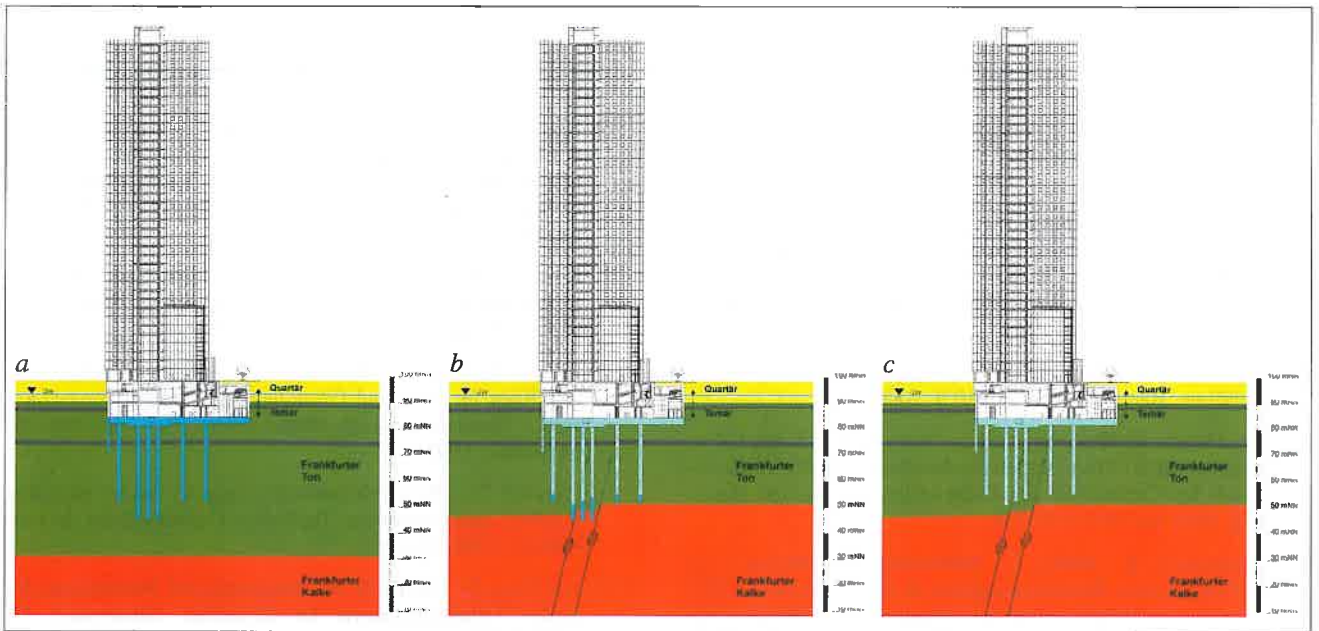


Abb. 5 a – c: Hochhaus inkl. Gründung und schematischem Baugrundaufbau

im Fels stehenden Pfähle wären überbeansprucht worden, der Durchstanznachweis wäre für die Fundamentplatte nicht erfüllt und das Hochhaus hätte sich unzulässig verkantet. Um dies zu verhindern, wurde die KPP umgeplant, indem die Pfähle verkürzt wurden, sodass die KPP mängelfrei realisiert wurde (Abb. 5c).

6.3 Falsche Berechnungsannahmen für die Bemessung einer Unterfangung

Bei der Erstellung einer 5 m tiefen Baugrube wurde ein bestehender Altbau unterfangen (Abb. 6). Für die Bemessung der Unterfangung wurde fälschlicherweise angenommen, dass die Unterfangung lediglich zentrisch belastet wird und die aus dem Erd- druck resultierenden horizontalen Kräfte von den

vorhandenen Konstruktionen des Gebäudes übernommen werden. Beim Aushub sind sehr starke Rissbildungen in dem unterfangenen Altbau aufgetreten.

Bei der Schadensanalyse wurde festgestellt, dass die der Bemessung zugrundegelegte Annahme falsch war. Bei der Bemessung hätte auch der auf die Unterfangung wirkende Erddruck berücksichtigt werden müssen. Aufgrund der falschen Annahme wurde beim Grundbruchnachweis eine Sicherheit gegen Versagen von 1,84 ermittelt, wohingegen die Grundbruchsicherheit unter Berücksichtigung des wirkenden Erddrucks $\leq 1,0$ ist. Das System war labil und musste zusätzlich gestützt werden. Erhebliche Bauzeitverzögerungen und Kostenerhöhungen waren die Folge.

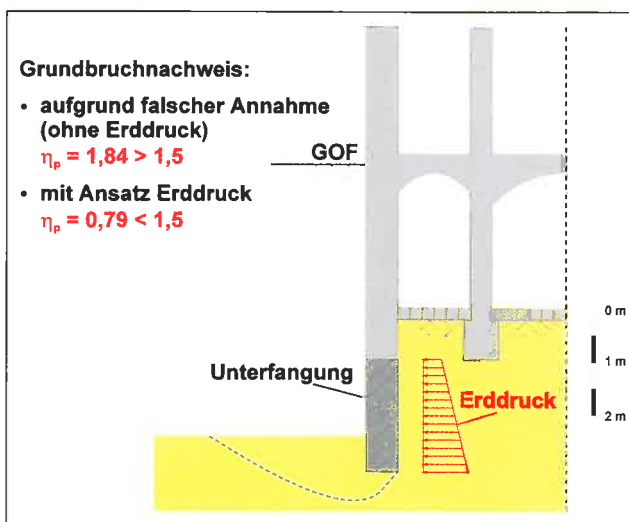


Abb. 6: Schematische Darstellung des Altbaus und der Unterfangung

7 Schlussbemerkung

Die Anwendung des seit Jahrzehnten bewährten Vier-Augen-Prinzips in den Disziplinen Baustatik, Massivbau, Metall-/Stahlbau, Holzbau und der Geotechnik ist zur Qualitätssicherung in der Bautechnik, zum Schutz der Verbraucher (Bauherren und Nutzer) und zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung unverzichtbar. In diesem Sinne sollten alle Bauingenieure (Fachleute / Sachverständige für Bautechnik) konstruktiv zusammenarbeiten. Der immer stärker werdende und zum Teil existenzgefährdende Kosten- und Termindruck und die Diversifizierung der Entwurfs- und Bauabläufe machen die unabhängige Prüfung von Entwurf und Bauausführung, also die Anwendung des Vier-Augen-Prinzips notwendiger denn je!

Literatur

- [1] Eschenfelder, D.: Bauordnungsrecht und Bauordnungspolitik der Länder bei Baugrundrisiken. *Geotechnik* 19, Nr. 1, 1996, 48-53
- [2] Eschenfelder, D.: Sicherheit im Erd- und Grundbau – Anmerkungen zum Bauordnungsrecht und zur Baupolitik der Länder. *Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt*, Heft 43, 1999, 31-40
- [3] Hanisch, J., Henning, R., Jasch, Klauke: Entwurf der KPP-Richtlinie. *Bauingenieur* 75, Heft 9, 2000
- [4] Katzenbach, R.: Baugrundrisiko – Wer ist in welchen Fällen verantwortlich? *Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Hochschule Darmstadt*, Heft 34, 1995, 147-156
- [5] Katzenbach, R., Boley, C., Moormann, C., Rückert, A.: Rechtsrelevante Sicherheitsaspekte in der Geotechnik. *Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt*, Heft 43, 1999, 71-96
- [6] Katzenbach, R., Turek, J., Boley, C., Moormann, C.: Entwurf, Bemessung, Prüfung und Ausführung tiefer Baugruben im Grundwasser – Nachweis von Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit in Theorie und Praxis. *VDI Berichte*, Nr. 1436, 1999, 61-81
- [7] Katzenbach, R.: Forschung, Lehre und neue Entwicklungen in der Geotechnik – Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektiven. *Bauingenieur* 75 (2000), Heft 7/8
- [8] Muster-Verordnung über die Anerkennung von Sachverständigen für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht, Hrsg.: Bundesingenieurkammer, Bonn, Fassung vom 18. September 1997
- [9] Noebel, Th.: Neue Musterverordnung für Sachverständige des Erd- und Grundbaus. *Deutsches IngenieurBlatt*, Januar/Februar 1998, 38-40
- [10] von Soos, P.: Die Rolle des Baugrunds bei Anwendung der neuen Sicherheitstheorie im Grundbau. *Geotechnik* 13, 1990, 82-91

Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1045-1 und EC 2: Prüfen oder nicht Prüfen?

Gebrauchstauglichkeitsnachweise sollten immer dann geprüft werden, wenn Schäden entstehen können

Der folgende Beitrag befasst sich mit der Frage, wann und ob die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einer Prüfungspflicht in baustatischer Hinsicht unterliegen. Hierfür werden zunächst die in den Länderbauordnungen und Bauprüfverordnungen aufgeführten Anforderungen an Bauwerke sowie die dort definierten Aufgaben der Prüfingenieure dargestellt. Weiterhin werden die Gebrauchstauglichkeitsnachweise der „neuen“ Betonbaunormen aufgeführt und anhand von Beispielen deren Prüfrelevanz diskutiert.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner



studierte Bauingenieurwesen und promovierte an der TU München; nach Dozententätigkeit für Spannbetonbau an der Fachhochschule der Deutschen Bundesbahn und verschiedenen leitenden Anstellungen in der Bauindustrie machte er sich 1995 als Beratender Ingenieur selbständig; 1997 wurde er Prüfingenieur für Baustatik

(Massivbau) und Universitätsprofessor am Massivbau-Institut der TU Darmstadt, dessen Geschäftsführender Direktor er heute ist.



Dipl.-Ing. Stefan Kempf

studierte Bauingenieurwesen an der TU Darmstadt und ist seit 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter an deren Institut für Massivbau

1 Einführung

Im Gegensatz zu den derzeit noch angewendeten Betonbaunormen DIN 1045 [1] und DIN 4227 [2] unterscheiden die neuen Normenwerke DIN 1045-1 [3] und EC 2 [4] bei der Bemessung konsequent zwischen den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit. Während im Grenzzustand der Tragfähigkeit das Versagen durch einen ausreichenden Sicherheitsabstand zwischen den Einwirkungen auf das Bauteil und dessen Widerstand mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden soll, dient die Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit der Sicherstellung folgender Tragwerkseigenschaften:

- Die Betondruckspannungen sind derart zu begrenzen, dass keine Längsriss- bzw. Mikrorissbildung im Beton erfolgt und keine übermäßigen Kriechverformungen entstehen, welche die Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können.
- Stahlspannungen, die unter Gebrauchsbedingungen zu nichtelastischen Verformungen des Stahls führen können, sind zu vermeiden.
- Zur Vermeidung der Spannungsrissskorrosion sind die Spannstahlspannungen entsprechend zu begrenzen.
- Die Rissbreite wird so beschränkt, dass das Aussehen, die Dauerhaftigkeit und gegebenenfalls die Dichtigkeit des Bauwerks nicht beeinträchtigt bzw. sichergestellt sind.
- Verformungen und Durchbiegungen werden derart limitiert, dass das Erscheinungsbild oder die planmäßige Nutzung eines Bauwerks (einschließlich Betriebsstörungen an Maschinen und Installationen) nicht gestört und anschließende Bauteile nicht beschädigt werden.
- Schwingungen, die ein Unbehagen bei Menschen, Schäden am Bauwerk oder dessen Einrichtungen hervorrufen und dadurch dessen Benutzung einschränken, sollen vermieden werden.

Im Allgemeinen ist gemäß einschlägiger Bauprüfverordnungen [5, 6] im Rahmen der Prüfung einer statischen Berechnung lediglich die Standsicherheit (Tragfähigkeit) und gegebenenfalls der Brand-, Schall- und Wärmeschutznachweis sowie der Schutz gegen Erdbeben zu überprüfen. Die Prüfung der Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerksentwurfs wird nicht explizit gefordert. Allerdings ergeben sich in der Praxis durchaus Fälle, in denen die Dauerhaftigkeit und damit Standsicherheit eines Tragwerkes durch die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit beeinflusst wird oder die Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit von besonderem öffentlichen Interesse ist. In solchen Fällen ist die Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise aus sachlicher Sicht geboten, auch wenn dies formal zunächst nicht gefordert wird.

In der nachfolgenden **Tabelle 1** sind die üblichen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu führenden Nachweise nach alten und neuen Vorschriften zusammengestellt. Eine Bewertung hinsichtlich der Prüfrelevanz verdeutlicht, dass insbesondere für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit Klärungsbedarf besteht.

Tabelle 1: Prüfrelevanz der einzelnen Nachweise im Betonbau

	Norm Nachweis	DIN 1045	DIN 4227	DIN 1045-1 / EC 2	
				Stahlbeton	Spannbeton
Tragfähigkeit	Biegung (+ Normalkraft)	ja	ja	ja	ja
	Mindestlängsbewehrung	n.e.	ja	ja?	ja
	Querkraft	ja	ja	ja	ja
	Mindestschubbewehrung	n.e.	ja	ja?	ja
	Torsion	ja	ja	ja	ja
Gebrauchstauglichkeit	Spannungsnachweise	n.e.	ja	?	?
	Rissbreitenbeschränkung	?	ja	?	?
	Durchbiegung	?	?	?	?

Die Aufgaben der Prüfämter und Prüfsachverständigen orientieren sich an gesetzlichen Vorgaben. Im Folgenden werden zunächst die Anforderungen an bauliche Anlagen gemäß einzelner Länder-Bauordnungen (z.B. HBO [7], BayBO [8]) sowie die in verschiedenen Bauprüfverordnungen (BauprüfVO [5, 6]) definierten Aufgaben der Prüfsachverständigen zusammengestellt. Im Anschluss werden die Regelungen von DIN 1045-1 bezüglich des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit detailliert vorgestellt und erläutert. Da die Regeln des EC 2 denen von DIN 1045-1 sehr ähnlich sind, wird nur an den Stellen, an denen die Vorgaben des EC 2 von denen der DIN 1045-1

abweichen, auf die Regeln des EC 2 eingegangen. Ein Vergleich der Intentionen der normativen Regelungen mit den Anforderungen an die baustatische Prüfung ermöglicht eine sachliche Einschätzung, in welchen Fällen die Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise notwendig ist.

2 Gesetzliche Vorschriften und Aufgaben der Prüfsachverständigen

Die Anforderungen an bauliche Anlagen und ihrer einzelnen Teile werden in den Länder-Bauordnungen geregelt. Nach HBO [7] § 3 bzw. BayBO [8] Art. 3 sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instandzuhalten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben und Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. Diese Grundsätze müssen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung dauerhaft erfüllt werden. Zusätzlich wird in HBO § 15 festgelegt, dass jede bauliche Anlage im Ganzen, in ihren einzelnen Teilen und für sich allein standsicher und dauerhaft sein muss. Außerdem müssen Bauwerke so beschaffen und gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit und Einflüsse der Witterung Gefahren oder unzumutbare Nachteile für den Nutzer und die Allgemeinheit nicht entstehen (HBO § 16).

Weiterhin sind in den Länder-Bauordnungen auch die Aufgaben und Verantwortungen der am Bau Beteiligten sowie der Bauaufsichtsbehörden geregelt. Von besonderem Interesse sind im Rahmen dieses Beitrages zunächst die Verantwortungen des Entwurfsverfassers bzw. des Tragwerksplaners. Nach HBO § 57 ist für die Vollständigkeit und Brauchbarkeit des Entwurfes die Person verantwortlich, die ihn verfasst hat. Sie hat dafür zu sorgen, dass die für die Ausführung notwendigen Zeichnungen, Berechnungen usw. dem genehmigten Entwurf und den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen. Hat der Entwurfsverfasser auf einzelnen Fachgebieten (z.B. Tragwerksplanung) nicht die erforderliche Sachkunde und Erfahrung, so hat er den Bauherren zu veranlassen, geeignete Sachverständige heranzuziehen. Diese sind für die von ihnen gefertigten Unterlagen verantwortlich (BayBO Art. 57).

Die Bauaufsichtsbehörden haben bei baulichen Anlagen für die Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Vorschriften zu sorgen. Sie müssen nach pflichtgemäßem Ermessen notwendige Maßnahmen treffen, um von der Allgemeinheit oder einzelnen Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung durch bauliche Anlagen abzuwehren. Die Bauaufsichtsbehörden können zur Erfüllung ihrer Aufgaben Sachverständige heranziehen (HBO § 61).

Bauliche Anlagen weisen in der Regel eine hohe Komplexität, ein überdurchschnittliches Schadenspotential in wirtschaftlicher Hinsicht und ein großes Gefahrenpotential für die Allgemeinheit auf. Die Tragfähigkeit von Bauteilen und Bauwerken wird durch die Einhaltung entsprechender Standsicherheitsnachweise erbracht. Zur präventiven Gefahrenabwehr und zur Vermeidung bzw. Verringerung hoher volkswirtschaftlicher Schäden ist daher die Prüfung der Standsicherheitsnachweise nach dem Vier-Augen Prinzip als hoheitliche Aufgabe unabdingbar. Diese kann an Prüfsingenieure oder Prüfämter übertragen werden. Der Prüfungsumfang wird in den Länder-Bauprüfverordnungen definiert und kann zusätzlich zur Kontrolle der Standsicherheitsnachweise auch die Prüfung der Nachweise des bautechnischen Schall- und Wärmeschutzes, des konstruktiven Brandschutzes und des Schutzes gegen Erdbeben umfassen.

Die gesetzlichen Vorschriften unterscheiden zwischen den Begrifflichkeiten Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Während der Entwurfsverfasser nach HBO § 57 bzw. BayBO Art. 57 für die Vollständigkeit und Brauchbarkeit seines Entwurfes (Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Einhaltung öffentlich-rechtlicher Vorschriften etc.) verantwortlich zeichnet, wird der Prüfsingenieur „nur“ mit der Prüfung der Standsicherheitsnachweise und gegebenenfalls aller bauphysikalischer Nachweise sowie der Erdbebennachweise beauftragt (z.B. § 1 hess. Bauprüfverordnung).

Wie bereits erwähnt, differenzieren die „neuen“ Betonbaunormen eindeutig zwischen den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (DIN 1045-1, Abschnitt 10) und der Gebrauchstauglichkeit (DIN 1045-1, Abschnitt 11). Daher könnte man zu der Auffassung gelangen, dass eine baustatische Prüfung der Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit im Sinne einer Gefahrenabwehr nicht erforderlich ist und nur die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit prüfungsrelevant sind. Nach Meinung der Verfasser ist eine Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise aber auch dann geboten, wenn diese die Tragfähigkeit direkt beeinflussen oder aber wenn die Gebrauchstauglichkeit von besonderem öffentlichen Interesse ist.

3 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

3.1 Einwirkungen

Die charakteristischen Werte der Einwirkungen sind den entsprechenden Normen (DIN 1055-100, EC 1) zu entnehmen. Die im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit auftretenden Einwirkungen wirken sich deutlich auf die Bemessung der Bauteile aus. Daher wird in der neuen Normengeneration der unterschiedlichen Auftretenswahrscheinlichkeit der Verkehrslasten und deren Kombination durch die Bildung von Einwirkungskombinationen Rechnung getragen. Dementsprechend sind folgende Einwirkungskombinationen zu beachten:

Seltene Kombinationen

$$\sum G_{k,j}(+P) + Q_{k,l} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.1)$$

Häufige Kombinationen

$$\sum G_{k,j}(+P) + \psi_{1,l} \cdot Q_{k,l} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.2)$$

Quasi-ständige Kombinationen

$$\sum G_{k,j}(+P) + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.3)$$

Die Kombinationsbeiwerte ψ sind in den Lastnormen EC 1 und DIN 1055-100 geregelt.

3.2 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen

3.2.1 Allgemeines

Hohe Betondruckspannungen führen zur Bildung von Längs- oder Mikrorissen im Beton. Für ein einwandfreies und dauerhaftes Verhalten eines Betonbauteils sind deshalb die Betondruckspannungen zu begrenzen. Außerdem führen hohe Betondruckspannungen zu überproportionalen Kriechverformungen. Falls durch diese Verformungen die Gebrauchstauglichkeit eines Bauteils beeinträchtigt werden kann, ist die Begrenzung der Betonspannungen ebenfalls geboten.

Nicht-elastische Verformungen des Betonstahls können zu großen und ständig offenen Rissen führen. Um dies zu vermeiden, ist eine Limitierung der im Gebrauchszustand auftretenden Betonstahl-

spannungen nötig und darüber hinaus sind die Spannstahlspannungen zur Verhinderung der Spannungsrissskorrosion zu beschränken.

Zur Berechnung der Spannungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit dürfen folgende Annahmen getroffen werden:

■ Überschreiten die Betonzugspannungen im Querschnitt unter der seltenen Einwirkungskombination den Mittelwert der Betonzugfestigkeit f_{ctm} , sind die Nachweise stets für einen gerissenen Querschnitt im Zustand II zu führen.

■ Für Beton darf sowohl im Zustand I als auch im Zustand II eine lineare Spannungs-Dehnungs-Beziehung angenommen werden.

■ Die Langzeiteinflüsse auf die Dehnungsverteilung im Querschnitt sind zu berücksichtigen, wenn die Spannungen unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination mehr als 50% derjenigen unter der seltenen Einwirkungskombination betragen. Für baupraktisch übliche Verhältnisse von ständigen und veränderlichen Einwirkungen ist dies in der Regel der Fall.

■ Für die Spannungsberechnung unter Langzeitauswirkungen darf vereinfachend ein Verhältnis der Elastizitätsmoduln des Betonstahls und des Betons von $\alpha_E = E_s/E_c = 15$ angenommen werden.

Der Nachweis der Spannungen darf in der Regel für nicht vorgespannte Tragwerke des üblichen Hochbaus entfallen, wenn

- die Bemessung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN 1045-1, Abschnitt 10 erfolgt ist,
- die bauliche Durchbildung nach DIN 1045-1, Abschnitt 13 (EC 2: Abschnitt 5) durchgeführt wird,
- die Festlegungen für die Mindestbewehrung eingehalten werden,
- die im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach der Elastizitätstheorie ermittelten Schnittgrößen nicht mehr als 15% (EC 2: 30%) umgelagert wurden.

Die Bedingungen a) bis c) werden bei einer normgerechten Bemessung der Bauteile stets eingehalten. Nach EC 2 ist auch der Grad der Schnittgrößenumlagerung bei einer Berechnung nach Elastizitätstheorie auf 30 % beschränkt. Daraus folgt, dass nach EC 2 sämtliche Spannungsnachweise bei Bauwerken des üblichen Hochbaus (auch für vorgespannte Bauteile) nur zu führen sind, wenn die Schnittgrößenermittlung nach Plastizitätstheorie oder mit Hilfe nichtlinearer Verfahren erfolgt.

DIN 1045-1 gestattet im Grenzzustand der Tragfähigkeit bei Verwendung von hochduktilen Stahl eine Umlagerung der elastizitätstheoretisch ermittelten Schnittgrößen um 30% (15% bei normalduktilen Stahl). Somit kann bei Einsatz von hochduktilen Betonstahl nach DIN 1045-1 die Einhaltung der Spannungsbegrenzungen auch im üblichen Hochbau erforderlich sein, obwohl die Schnittgrößen auf der Grundlage der Elastizitätstheorie ermittelt wurden. Bei Ingenieurbauwerken und bei Bauwerken, die nicht dem üblichen Hochbau zuzuordnen sind, sowie bei vorgespannten Konstruktionen ist die Einhaltung der Spannungsgrenzen stets nachzuweisen.

3.2.2 Nachweis der Spannungen

Im Einzelnen sind folgende Nachweise für die Betondruckspannungen und die Stahlzugspannungen zu führen:

- Bei Außenbauteilen mit Frost-Tausalz-Belastung (Umgebungsclassen XF) sowie bei der Gefahr einer chloridinduzierten Bewehrungskorrosion (Umgebungsclassen XD, XS) sollten zur Vermeidung von Längsrissen, welche durch Überschreitung der aufnehmbaren Querspannung entstehen, die Betondruckspannungen unter der seltenen Einwirkungskombination auf den Wert $0,6 f_{ck}$ begrenzt werden, wenn nicht andere besondere Maßnahmen, wie z.B. eine Erhöhung der Betondeckung in der Druckzone oder eine Umschnürung der Druckzone durch Querbewehrung, getroffen werden.
- Um einen überproportionalen Anstieg der Kriechverformungen infolge einer verstärkten Mikrorissbildung zu vermeiden, sind die Betondruckspannungen unter quasi-ständigen Einwirkungen auf $0,45 f_{ck}$ zu begrenzen. Nach EC 2 sollte dieser Nachweis für biegebeanspruchte Bauteile geführt werden, wenn das Verhältnis von Spannweite zu Nutzhöhe 85% der in EC 2 Abschnitt 4.4.3.2 gegebenen Grenzschnaltheiten überschreitet.
- Bei Überschreiten der Streckgrenze erfährt der Bewehrungsstahl nicht umkehrbare, plastische Dehnungsanteile, die zu breiten und ständig offenen Rissen führen können. Zur Vermeidung dieser Form der Rissbildung ist das Überschreiten der Streckgrenze des Betonstahls unbedingt zu verhindern. Deshalb ist die zulässige Spannung im Betonstahl unter seltener Einwirkungskombination auf $\sigma_s \leq 0,8 f_{yk}$ zu limitieren. Nur bei ausschließlicher Zwangbeanspruchung darf der Grenzwert auf $\sigma_s \leq 1,0 f_{yk}$ angehoben werden. Für Spannbetonbauteile ist nach DIN 1045-1 der Mittelwert der Spannstahlspannung unter der seltenen Einwirkungskombination auf den kleineren Wert von $0,9 f_{p0,1k}$ und $0,8 f_{pk}$ zu beschränken.

d) Zur Verhinderung der Spannungsrissskorrosion sind die mit dem Mittelwert der Vorspannung unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination nach Abzug der Spannkraftverluste infolge Kriechens, Schwindens und Relaxation berechneten Stahlspannungen auf den Wert $0,65 f_{pk}$ zu begrenzen.

3.2.3 Prüfrelevanz

Wie gezeigt, kann im üblichen Stahlbetonhochbau auf die unter 3.2.1 genannten Spannungsnachweise i.d.R. verzichtet werden. Falls diese Nachweise im Stahlbetonbau ausnahmsweise doch erforderlich sein sollten und die entsprechenden Spannungsgrenzen nicht eingehalten sind, würde hierdurch die Dauerhaftigkeit eines Tragwerkes evtl. negativ beeinflusst. Eine direkte Gefahr für den Nutzer geht hiervon allerdings nicht aus, da ein schlagartiges Bauteilversagen nicht zu erwarten ist. Aus diesen Gründen kann für Stahlbetonbauteile (auch im Ingenieurbau) auf eine Prüfung der Spannungsnachweise verzichtet werden.

Durch die Einhaltung von zulässigen Betonrand- bzw. Spannstahlspannungen, insbesondere durch den Nachweis der Dekompression des Querschnittsrandes, wird im Allgemeinen der Spannstahlbedarf für Spannbetonbauteile festgelegt. Außerdem wachsen bei einer schon im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einsetzenden Rissbildung und der damit verbundenen abfallenden Bauteilsteifigkeit die Stahlspannungen bei Laststeigerung deutlich stärker als bei Stahlbetonbauteilen. Deshalb ist die Überprüfung der Spannungsnachweise für Spannbetonbauteile in allen Fällen geboten, zumal durch Spannungsüberschreitungen mit einem deutlich höheren Gefahrenpotential im Vergleich zum Stahlbetonbau zu rechnen ist.

3.3 Beschränkung der Rissbreiten

3.3.1 Allgemeines

In Stahlbetonkonstruktionen ist eine Rissbildung infolge direkter Biege- oder Zugbeanspruchung aus äußeren Einwirkungen oder indirekter Beanspruchung aus innerem Zwang aufgrund der geringen Zugfestigkeit des Betons nahezu unvermeidbar. Deshalb ist das Ziel beim Entwurf von Stahlbetonbauteilen nicht die Vermeidung von Rissen, sondern die Beschränkung der Rissbreiten auf ein Maß, das die ordnungsgemäße Funktion und Dauerhaftigkeit des Bauteils gewährleistet. Hierbei wird im Allgemeinen für Stahlbetonbauteile eine Beschränkung der Rissbreite auf $w_k = 0,3$ mm als ausreichend erachtet. Bei Innenbauteilen in trockener Umgebung hat die Rissbreite

keinen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit, sodass deren Begrenzung weniger streng gehandhabt werden darf (DIN 1045-1: $w_k = 0,4$ mm).

Die Dauerhaftigkeit von Spannbetonbauteilen kann durch Rissbildung erheblich beeinträchtigt werden. Deshalb werden für vorgespannte Bauelemente in Abhängigkeit von festgelegten Anforderungsklassen (diese sind von den Umweltbedingungen und der Art der Vorspannung abhängig) höhere Anforderungen an die zulässige Rissbreite gestellt. Für die Anforderungsklassen A-C (volle und beschränkte Vorspannung) ist zusätzlich der Nachweis der Dekompression zu führen.

Für die Nachweise der Rissbreitenbeschränkung ist grundsätzlich zwischen Last- und Zwangseinwirkungen zu unterscheiden. Zwangbeanspruchungen werden durch Rissbildung und Übergang in Zustand II wesentlich abgebaut und im üblichen Hochbau vielfach nicht nachgewiesen. Zur Beschränkung der Rissbreiten ist dann eine hinreichend dimensionierte Mindestbewehrung anzuordnen, die für eine Verteilung der Risse und entsprechend kleine Rissbreiten sorgt.

3.3.2 Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreite

Die Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung ist in Bauteilen oder in Bereichen eines Bauteils anzuordnen, welche durch Zwangsspannungen beansprucht werden. Sie ist so zu dimensionieren, dass die beim Aufreißen des Querschnitts frei werdende Zugkraft ohne Überschreiten der Streckgrenze des Bewehrungsstahls aufgenommen werden kann und die Rissbreite bei vorliegen entsprechender o.g. Umweltbedingungen auf $w_k = 0,3$ mm beziehungsweise $w_k = 0,4$ mm beschränkt wird.

Weiterhin ist bei der Festlegung des erforderlichen Mindestbewehrungsgrades zu beachten, dass die erforderliche Mindestbewehrung vermindert oder ganz entfallen darf, wenn die Zwangsschnittgröße unter der seltenen Einwirkungskombination die Risschnittgröße nicht erreicht. In diesen Fällen muss die Mindestbewehrung nur für die nachgewiesene Zwangsschnittgröße angeordnet werden.

In vorgespannten Bauteilen ist die Mindestbewehrung zur Rissbreitenbegrenzung nicht in Bereichen erforderlich, in denen im Beton unter der seltenen Einwirkungskombination und unter den maßgebenden charakteristischen Werten der Vorspannung Betondruckspannungen größer 1 N/mm² am Querschnittsrand auftreten.

3.3.3 Rissbreitenbeschränkung ohne direkte Berechnung

Nach dem vereinfachten Nachweisverfahren können – ähnlich wie nach derzeitiger DIN 1045 [1] – die Rissbreiten durch Einhaltung maximaler Stababstände oder maximaler Stabdurchmesser nach den Tabellen 11.3 und 11.4 [3] (EC 2: Tabellen 4.11 und 4.12) in Abhängigkeit von der vorhandenen Stahlspannung auf zulässige Werte begrenzt werden. Allerdings darf Tabelle 11.4 nur zur Rissbreitenbeschränkung bei Lastbeanspruchung herangezogen werden, während Tabelle 11.3 auch für überwiegende Zwangbeanspruchung, d.h. zur Ermittlung der Mindestbewehrung verwendet werden darf. Bei der Ermittlung der Stahlspannung unter Lastbeanspruchung ist zu beachten, dass diese unter Annahme des Zustandes II für die maßgebende Einwirkungskombination zu ermitteln ist.

3.3.4 Berechnung der Rissbreite

Die mehr oder weniger genaue Berechnung der auftretenden Rissbreite kann erfolgen, indem der Rissabstand s_r mit der mittleren Dehnungsdifferenz von Stahl und Beton ($\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$) multipliziert wird. Die Bemessungskonzepte der beiden neuen Normen unterscheiden sich nur dahingehend, dass nach EC 2 eine mittlere Rissbreite ermittelt wird, welche anschließend mit einem Sicherheitsbeiwert beaufschlagt wird, um den Rechenwert der Rissbreite zu erhalten (90% Fraktile). Nach DIN 1045-1 wird hingegen der Rechenwert der Rissbreite direkt bestimmt.

3.3.5 Prüfrelevanz

Durch breite Risse wird die Standsicherheit von Stahlbetonbauteilen in der Regel nicht in einem solchen Maße beeinflusst, dass mit einem plötzlichen Versagen durch Korrosionsschäden zu rechnen ist. Da bei Vorliegen entsprechender Umweltbedingung die Dauerhaftigkeit des Bauteils allerdings erheblich beeinträchtigt werden kann, sind in einem solchen Fall natürlich diesbezügliche Sanierungsmaßnahmen durchzuführen. Eine Überprüfung des Tragwerksentwurfs hinsichtlich der zu erwartenden Rissbreiten durch den Prüfsachverständigen ist in einem solchen Fall aufgrund mangelnden Gefahrenpotentials nicht zwingend geboten.

Anders kann der Sachverhalt liegen, wenn durch die mangelnde Gebrauchstauglichkeit eines Bauteils langfristig die Dauerhaftigkeit und Standsicherheit eines anderen Bauteils gefährdet wird. Ein Beispiel hierfür ist der nachfolgend beschriebene Schadensfall. **Abb. 1** und **Abb. 2** zeigen Grundriss und Schnitt einer Deckenplatte eines Parkhauses. Die Deckenkonstruktion besteht aus Ortbetonhauptträgern, Fertigteilnebenträgern und vorgefertigten Deckenplatten mit einer durchgehenden Ortbetonschicht mit einer Dicke von 7 cm.

Die in **Abb. 3** dargestellten Risse in der Ortbetonschicht sowie die Risse und Betonabplatzungen der Bandkonsole des Hauptunterzuges sind u.a. auf die Dehnungsbehinderung der Deckenplatte durch die aussteifenden Kerne und die daraus resultierenden Zwangbeanspruchungen infolge Temperaturdif-

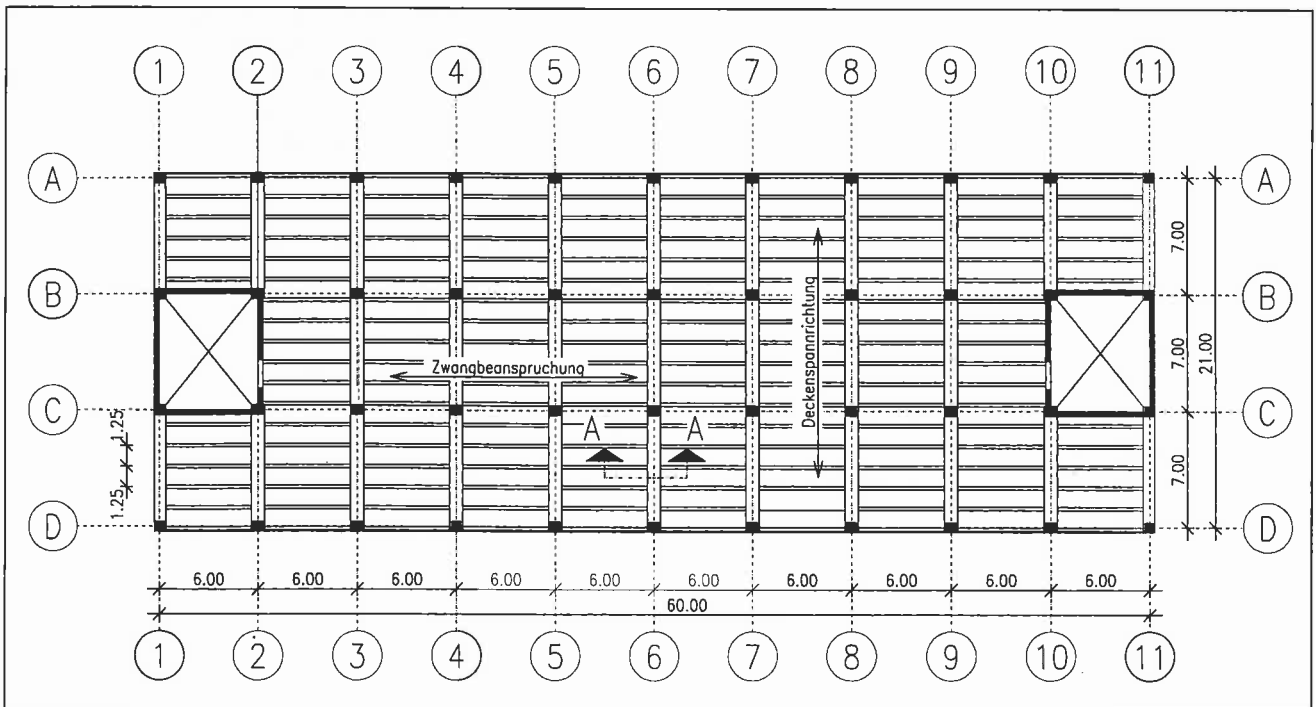


Abb. 1: Grundriss der Deckenplatte eines Parkhauses

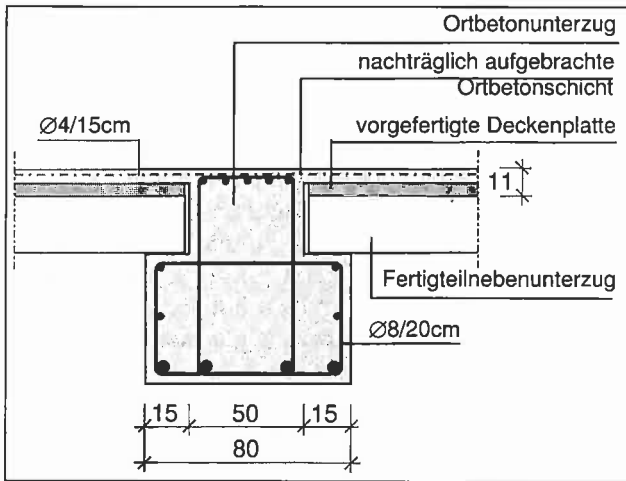


Abb. 2: Querschnitt der Deckenkonstruktion

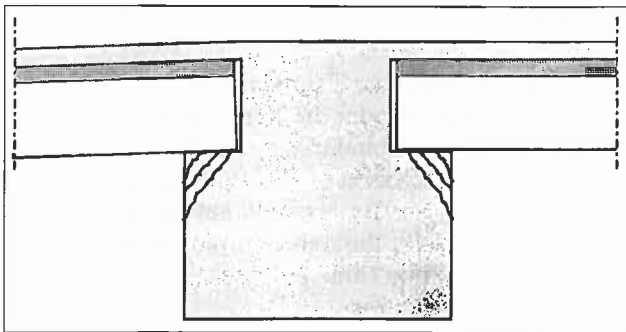


Abb. 3: Schadensbild

ferenzen zurückzuführen. Die u.a. aus dieser Beanspruchung resultierenden Risse in der Deckenplatte (max. $w = 3 \text{ mm}$) treten fast ausschließlich entlang der Hauptunterzüge auf. Die Decke stellt im Anschnitt zum Hauptunterzug eine Schwachstelle dar, weil die Nebenunterzüge nicht durchlaufend ausgebildet sind und ebenso wie die vorgefertigten Deckenplatten vor dem Hauptunterzug stumpf enden. Eine monolithische Verbindung besteht nur über die Ortbetonschicht der Deckenplatte und die Anschluss-

bewehrung mit einem Durchmesser $\varnothing = 4 \text{ mm}$ und einem Abstand $a = 15 \text{ cm}$.

Die aufgrund der zu schwach ausgebildeten Bewehrung entstandenen durchgehenden Risse ermöglichen das Eindringen von Feuchtigkeit. Insbesondere bei nasser und winterlicher Witterung kann die von Fahrzeugen mitgeführte Feuchtigkeit nebst korrosionsfördernder Stoffe (z.B. Chlorid) über die Risse in die Konstruktion eindringen. Dies führte u.a. zu den in **Abb. 3** dargestellten, die Standsicherheit der Nebenunterzüge gefährdenden Betonabplatzungen des Hauptunterzuges. Diese Beispiel zeigt, wie durch die mangelnde Gebrauchstauglichkeit eines Bauteils ein anderes derart beschädigt werden kann, dass dessen Standsicherheit gefährdet werden kann. Deshalb ist eine solche Konstruktion hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit zu prüfen.

Im Zusammenhang mit der Beschränkung der Rissbreite ist natürlich auch die Prüfung von Tragwerksentwürfen von Bauwerken zu diskutieren, an welche Dichtigkeitsanforderungen gestellt werden. Hier erscheint es den Verfassern notwendig, in Fälle zu unterscheiden, welche öffentlichen (z.B. Umweltschutz) oder rein privaten Interessen unterliegen. Zu den erstgenannten gehören beispielsweise dichte Bauwerke für umweltgefährdende Stoffe, Klärbecken oder auch Bodenplatten von Tankstellen. Für diese Bauwerke muss eine Prüfung der bautechnischen Unterlagen als zwingend notwendig angesehen werden, da hier öffentliche Belange berührt werden und Schäden zu enormen Folgekosten für die Gesellschaft führen können. Im Gegensatz hierzu stehen beispielsweise Kellerausführungen als „weiße Wannen“ im privaten Bereich. Eine Prüfung hinsichtlich einer ausreichend dimensionierten Bewehrung zur Erzielung einer geringen Rissbreite und der damit verbundenen Dichtigkeit ist hier nicht unbedingt erforderlich. Zum einen können evtl. auftretende Risse nachträglich

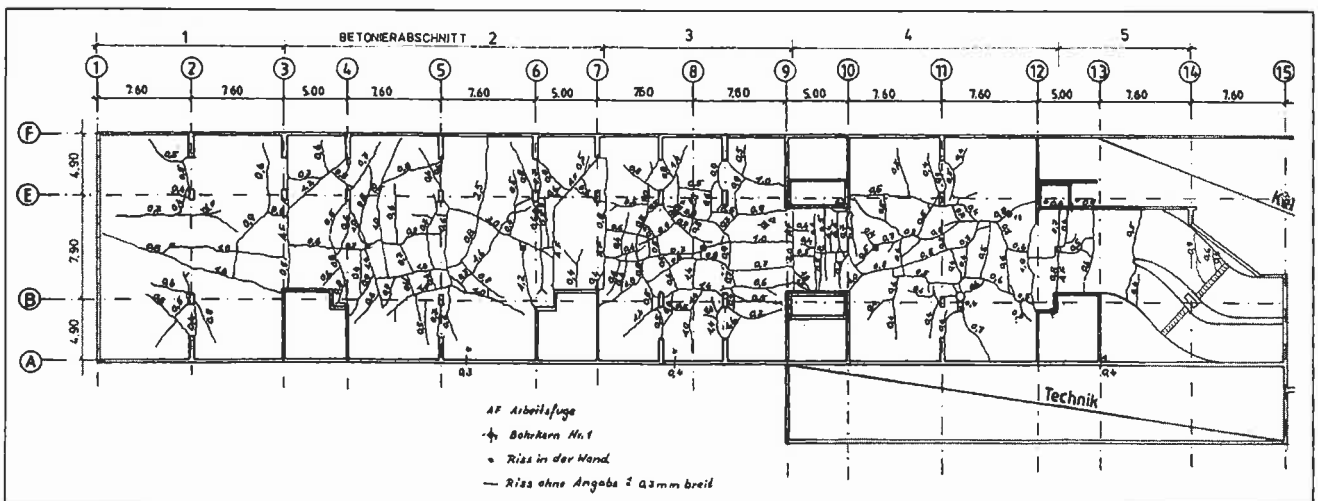


Abb. 4: Grundriss einer gerissenen Bodenplatte

noch verpresst werden, zum anderen kann, wenn nur selten mit hohem Wasserandrang zu rechnen ist, ein Wassereintritt auch in Kauf genommen werden. In diesem Falle sollten die Anforderungen an das Tragwerk zwischen Tragwerksplaner und Bauherr abgestimmt werden und der Entwurfsverfasser alleine für die Einhaltung dieser Festlegungen verantwortlich zeichnen.

Abb. 4 und **Abb. 5** zeigen beispielhaft den Schadensfall einer Stahlbetonbodenplatte. Diese 25 cm dicke Bodenplatte wurde erst nach weitgehender Fertigstellung der aufgehenden Konstruktion abschnittsweise aber ohne Fugen hergestellt. Sie ist aus Gründen des Erschütterungsschutzes mit Mineralfaserplatten unterlegt und auf Kontakt ohne Bewehrungsanschluss zu den Stützen und Wänden hergestellt worden.

Aufgrund der direkten Verbindung der Bodenplatte mit den aufgehenden Bauteilen entstand eine hohe Zwangbeanspruchung der Platte sowohl aus abfließender Hydrationswärme als auch aufgrund von Schwindverkürzungen, welche zu erheblichen Rissbreiten bis zu 1,6 mm führten. Der entstandene Schaden wurde von den Gutachtern auf eine mangelnde Nachbehandlung sowie eine nicht ausreichende Mindestbewehrung zurückgeführt.



Abb. 5: Detailaufnahmen einzelner Risse in der Bodenplatte

Trotz des erheblichen wirtschaftlichen Schadens, welcher durch eine entsprechende Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung sowie entsprechender Nachbehandlungsmaßnahmen hätte vermieden werden können, sind die Verfasser der Meinung, dass auf Grundlage der derzeitigen gesetzlichen Regelungen eine Prüfung der bautechnischen Unterlagen im Hinblick auf die zu erwartende Rissbildung nicht erfolgen musste, da in diesem Fall kein direktes Gefahrenpotential hinsichtlich der Standsicherheit bestand und auch sonst keinerlei Belastungen für die Allgemeinheit zu erwarten sind. Das Beispiel zeigt, dass für Bauwerke mit einem derartig großen Schadenspotential eine Prüfung der bautechnischen Unterlagen auch im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit im Interesse aller Baubeteiligten liegen muss. Hierfür sind aber zunächst die entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen zu präzisieren.

Einen weiteren Gesichtspunkt stellt die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit durch die Einhaltung der Gebrauchstauglichkeitsnachweise dar. Die in Kapitel 3.3.3 beschriebene Beschränkung der Rissbreite ohne direkten Nachweis ist nach Norm dem Gebrauchszustand zuzuordnen, kann jedoch auch langfristig der Gewährleistung der Standsicherheit dienen. Der entsprechende Nachweis wird in der Planungspraxis häufig bei Lastbeanspruchung nicht geführt, sondern im Zuge der konstruktiven Durchbildung (Erstellung der Bewehrungspläne) erbracht. Werden diese – wie nach dem vereinfachten Genehmigungsverfahren vorgesehen – nicht mehr geprüft, so können entsprechende Planungsmängel nicht erkannt werden. Der Sachverhalt zeigt, dass – gerade im vereinfachten Verfahren – die Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsnachweises zur Rissbreitenbeschränkung von großer Bedeutung ist.

Für vorgespannte Tragwerke ist die Einhaltung geringer Rissbreiten oder die Vermeidung von Rissen hinsichtlich der Verhinderung von Korrosionsschäden zwingend erforderlich. Die Prüfung der entsprechenden Nachweise ist generell notwendig, da entsprechende Schäden durchaus zu plötzlichem Versagen der Konstruktion führen können.

3.4 Verformungsbegrenzung

3.4.1 Allgemeines

Die Verformungen eines Bauteils oder eines Tragwerks dürfen weder die ordnungsgemäße Funktion noch das Erscheinungsbild des Bauteils selbst oder angrenzender Bauteile beeinträchtigen. Dies ist im Allgemeinen dann der Fall, wenn die zulässigen Durchbiegungen unter quasi-ständigen Lasten auf $1/250$ der Stützweite beschränkt werden (bei Kragträgern ist für l die 2,5-fache Kraglänge anzusetzen). Um einen Teil oder den gesamten Durchhang auszugleichen, sind Schalungsüberhöhungen bis $1/250$ zulässig.

Um Schäden an angrenzenden Bauteilen (z.B. an leichte Trennwänden etc.) zu vermeiden, sollten die auftretenden Durchbiegungen einschließlich der zeitabhängigen Verformungen deutlicher begrenzt werden. Beide Normen geben hierfür als Begrenzung den Richtwert $1/500$ an, der unter den Ausbaulasten zum Zeitpunkt $t = \infty$ nicht überschritten werden sollte.

Üblicherweise ist in Gebäuden die Durchbiegung infolge quasi-ständiger Einwirkungen nachzuweisen. Bauteile, die unter seltener Einwirkungskombination oder unter Eigenspannungen nicht über die charakteristische Zugfestigkeit des Betons $f_{ctk,0,05}$

hinaus beansprucht werden, dürfen als ungerissen betrachtet werden. Bauteile, bei denen Risse zu erwarten sind, verhalten sich so, als ob sie zwischen dem ungerissenen und dem vollständig gerissenen Zustand liegen.

Nach EC 2 kann der Nachweis der Verformung vereinfacht durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit oder durch eine direkte Berechnung der Durchbiegung erbracht werden. Nach DIN 1045-1 werden die Verformungen analog zu DIN 1045 durch einen Nachweis der Biegeschlankheit beschränkt.

3.4.2 Nachweis der Verformungen

Nach DIN 1045-1:

Der Nachweis der Begrenzung der Durchbiegung darf vereinfacht durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit l_1 / d geführt werden.

Für Platten des üblichen Hochbaus, an die normale Anforderungen im Hinblick auf die Begrenzung der Durchbiegung gestellt werden, ist im Allgemeinen eine Begrenzung der Biegeschlankheit auf den Wert $l_1 / d \leq 35$ ausreichend. Für Bauteile, an die höhere Anforderungen gestellt werden, sollte die Biegeschlankheit nicht größer als $l_1 / d \leq 150 / l_1$ gewählt werden. In der Regel kann die Ersatzstützweite mit $l_1 = \alpha \cdot l$ in Rechnung gestellt werden. Der Beiwert α kann für häufig vorkommende Anwendungsfälle aus Tabelle 11.5 [3] entnommen werden.

Nach EC 2:

Der Nachweis der Begrenzung der Verformung kann vereinfacht durch eine Begrenzung der Biegeschlankheit (Verhältnis der Stützweite zur Nutzhöhe) geführt werden. Wenn die in EC 2 Tab. 4.14 angegebenen Biegeschlankheiten eingehalten werden, darf davon ausgegangen werden, dass der Durchhang $l / 250$ nicht überschreitet. Die Tabellenwerte geben jedoch nur eine grobe, vielfach weit auf der sicheren Seite liegende Abschätzung der auftretenden Durchbiegungen wieder. Daher sieht EC 2 zusätzlich eine genauere Durchbiegungsberechnung vor.

3.4.3 Prüfrelevanz

Durchbiegungs- und Verformungsnachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unterliegen nach Meinung der Verfasser im Allgemeinen nicht der Prüfungspflicht, da sie im Regelfall keine Relevanz für die Standsicherheit eines Bauteils haben. Grenzfälle können auftreten, wenn infolge der Bauteilverformung zusätzliche Einwirkungen entstehen (z.B.: Wassersackbildung auf Flachdächern) und damit die Standsicherheit des Bauwerks indirekt be-

troffen ist. Gleiches gilt, wenn sich infolge der Durchbiegung eines Bauteils die in der statischen Berechnung angenommene Schnittgrößen- bzw. Lastverteilung verändert. Ein Beispiel hierfür sind Decken oder Balken, welche sich infolge von Ausbaulasten sowie Kriech- und Schwindverformungen auf nachträglich ohne Abfugung eingebaute Trennwände aufliegen. Hierdurch können in den lastabgebenden Bauteilen aufgrund der Änderung des statischen Systems, in den lastaufnehmenden Bauteilen oder sogar in den lastweiterleitenden Bauteilen Schäden oder Versagen durch Überbeanspruchungen entstehen. In diesen Fällen ist eine entsprechende Prüfung der Nachweise durchaus angezeigt.

4 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Frage, wann und ob die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit einer Prüfungspflicht in baustatischer Hinsicht unterliegen. Hierfür werden zunächst Auszüge der entsprechenden Länder-Bauordnungen und Bauprüfverordnungen dargestellt, welche die Aufgaben der am Bau Beteiligten sowie speziell die der Prüferingenieure definieren. Weiterhin werden die Gebrauchstauglichkeitsnachweise der „neuen“ Betonbaunormen aufgeführt und anhand von Beispielen deren Prüfrelevanz diskutiert.

Im Allgemeinen ist nach den o.g. Bauordnungen der Entwurfsverfasser für seine Ausführungen, deren Vollständigkeit und Brauchbarkeit verantwortlich. Die Aufgaben der Prüferingenieure werden von den einzelnen Bundesländern unterschiedlich geregelt. Derzeit sind beispielsweise in Hessen noch alle Bauvorhaben hinsichtlich ihrer Standsicherheit zu überprüfen. Zusätzlich kann die Prüfung auch den bautechnischen Schall- und Wärmeschutz, den konstruktiven Brandschutz und den Schutz gegen Erdbeben einschließen. In Bayern wird im Gegensatz hierzu lediglich die Prüfung der Standsicherheit von Sonderbauten und evtl. der Nachweis der Feuerwiderstandsdauer gefordert.

Auch wenn die gesetzlichen Vorgaben derzeit lediglich die Prüfung der Standsicherheitsnachweise fordern, sind die Verfasser grundsätzlich der Meinung, dass Gebrauchstauglichkeitsnachweise dann einer bautechnischen Prüfung zu unterziehen sind, wenn durch deren Nichteinhaltung die Dauerhaftigkeit eines Bauteils derart beeinflusst wird, dass Schäden entstehen können, welche zu einem plötzlichen, unangekündigtem Bauteilversagen führen. Desweiteren sollte die Gebrauchstauglichkeit von Baukonstruktionen auch geprüft werden, wenn durch man-

gelnde Gebrauchsfähigkeit hohe Schadenspotentiale in ökonomischer oder ökologischer Hinsicht bestehen bzw. entstehen können.

Natürlich bleibt es dem Bauherren unbenommen die Prüfung von Nachweisen zu beauftragen, welche entsprechend der Bauprüfverordnung nicht geprüft werden müssen. Ebenfalls angemerkt sei an dieser Stelle, dass Prüfungenieure hoheitliche Aufgaben wahrnehmen und somit beurteilen müssen, welche Nachweise zusätzlich zu den Standsicherheitsnachweisen zu überprüfen sind, damit die in Kapitel 2 aufgeführten Anforderungen an Bauwerke, im Be-

sonderen öffentliche Sicherheit und Ordnung sowie der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden.

Zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus sowie entsprechender Qualitätsstandards und zur Vermeidung von Fehlern oder Mängeln, welche vielfach erhebliche Folgekosten verursachen, sollten Prüfungenieure daher die wesentlichen Gebrauchstauglichkeitsnachweise überprüfen. Eine diesbezügliche Präzisierung der gesetzlichen Vorschriften zur Aufgabe der baustatischen Prüfung ist angezeigt.

Literatur

- [1] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung – DIN 1045, Juli 1988
- [2] Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): DIN 4227, Spannbeton, Juli 1988
- [3] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1 Bemessung und Konstruktion, E DIN 1045-1, Mai 2000
- [4] Comité Européen de Normalisation (CEN): Eurocode 2, Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1 Deutsche Fassung, ENV 1992-1-1:1991, Juni 1992
- [5] Verordnung über die bautechnische Prüfung baulicher Anlagen, Hessen, 28. Oktober 1994
- [6] 9. Verordnung über die bautechnische Prüfung baulicher Anlagen, Bayern, 11. November 1986
- [7] Hessische Bauordnung, 20. Dezember 1993
- [8] Bayerische Bauordnung, 4. August 1997
- [9] Busse J.: Die neue Bayerische Bauordnung, Handkommentar, 2. Auflage, 1997
- [10] Grasser E., Kupfer H., Pratsch G., Feix J.: Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach EC 2 für Biegung, Längskraft, Querkraft und Torsion, Betonkalender Teil I, 1996
- [11] Kempf St.: Bemessung von Stahlbetonbauteilen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, Darmstädter Massivbau-Seminar, Neue Bemessungsnormen, Band 20, 1998
- [12] Litzner H.-U.: Grundlagen der Bemessung nach Eurocode 2 – Vergleich mit DIN 1045 und DIN 4227, Betonkalender Teil 1, 1995
- [13] Zilch K., Rogge A.: Bemessung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach EC 2 für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit, Betonkalender Teil I, 1998
- [14] Leonhardt F.: Vorlesung über Massivbau, 4. Teil, 2. Auflage, 1978

Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise

Mit dieser neuen Richtlinie kann der Standsicherheitsnachweis erheblich reduziert und übersichtlicher werden

Kürzlich hat der Arbeitskreis Ri-EDV die „Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise (Ri-EDV-AP-2001)“ fertiggestellt, die im Folgenden abgedruckt wird. Sie baut auf der Ri-EDV-AP 89 von 1989 auf. Die rasante Entwicklung der Hard- und Software in den vergangenen 12 Jahren hat eine Anpassung und Fortschreibung dieser Richtlinie herausgefordert. Dazu gehören die enorm gestiegenen Speicherkapazitäten und Rechengeschwindigkeiten sowie die meist verbesserte und bedienerfreundlichere Anwendung und die häufig standardmäßig vorhandenen Grafikmöglichkeiten. Farbige und maßstäbliche Linien- oder Flächengrafiken erlauben in vielen Fällen eine übersichtliche und konzentrierte Darstellung der Eingaben und maßgeblichen Ergebnisse.

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)

Einführung

Die Richtlinie für das Aufstellen und Prüfen EDV-unterstützter Standsicherheitsnachweise wird wie die Vorgängerin Ri-EDV-AP 89 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 Prüfingenieur 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 Prüfingenieur 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 Prüfingenieur 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.

Die Richtlinie hat folgenden Wortlaut:

Inhaltsverzeichnis

- 1 Geltungsbereich und Zweck
- 1.1 Geltungsbereich
- 1.2 Zweck
- 2 Begriffe
- 2.1 EDV-Berechnungen
- 2.2 Daten
- 2.3 Aufsteller
- 2.4 Prüfsingenieur
- 3 Aufgabenverteilung
- 3.1 Abstimmung der Beteiligten
- 3.2 Fachliche Verantwortung des Aufstellers
- 3.3 Fachliche Verantwortung des Prüfsingenieurs
- 4 Aufstellen
- 4.1 Vollständigkeit
- 4.2 Angaben zu den Programmen
- 4.3 Formale Anforderungen
- 4.3.1 Inhaltsverzeichnis
- 4.3.2 Kennzeichnung der Seiten
- 4.3.3 Querverweise
- 4.3.4 Begriffe, Formelzeichen, Einheiten
- 4.3.5 Ordnungssysteme
- 4.4 Eingaben
- 4.4.1 Allgemeine Anforderungen
- 4.4.2 Mechanisches Strukturmodell
- 4.4.3 Materialkennwerte, Querschnittsgrößen, Steifigkeiten
- 4.4.4 Einwirkungen
- 4.4.5 Zusätzliche Eingaben
- 4.5 Ergebnisse
- 4.5.1 Unterteilung der Ergebnisse
- 4.5.2 Maßgebliche Ergebnisse
- 4.5.3 Sonstige Ergebnisse
- 4.6 Aufbereitung der Eingaben und Ergebnisse
- 4.6.1 Übersichtlichkeit und Verständlichkeit
- 4.6.2 Grafische Darstellung
- 4.6.3 Tabellarische Darstellung
- 4.6.4 Darstellung der sonstigen Ergebnisse
- 4.7 Kontrollen
- 4.8 Unterschrift des Aufstellers
- 5 Prüfen
- 5.1 Prüfverfahren
- 5.2 Prüfung durch Vergleichsberechnung
- 5.3 Prüfung durch Modellversuche und Probelastungen
- 5.4 Prüfbericht

Anhang

1 Geltungsbereich und Zweck

1.1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für das Aufstellen und Prüfen von Standsicherheitsnachweisen, die teilweise oder ganz aus EDV-Berechnungen bestehen („EDV-unterstützte Standsicherheitsnachweise“).

1.2 Zweck

Die Richtlinie grenzt Zuständigkeiten und Aufgabenverteilung zwischen Aufsteller und Prüfsingenieur ab. Sie soll insbesondere zu mehr Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der Eingaben und Ergebnisse beitragen.

2 Begriffe

2.1 EDV-Berechnungen

EDV-Berechnungen sind programmgesteuerte Berechnungen.

2.2 Daten

Daten in EDV-Berechnungen sind

- alpha-numerische Angaben, z.B. Knoten-Element-Nummerierungen, Eingaben und Ergebnisse,
- grafische Angaben, z.B. Darstellung der mechanischen Strukturmodelle, der Einflusslinien oder Biegelinien als Ergebnisse,
- Kurztext-Informationen, z.B. Programmkenndaten (siehe Anhang 1), Erläuterung zu den Eingaben, Bestandsunterlagen, Dokumentation.

Die Daten können programmgesteuert aufbereitet und ausgedruckt (z.B. Eingaben und Ergebnisse) oder manuell niedergeschrieben sein (z.B. Kurztext-Informationen, ergänzende Berechnungen). Zur Übersichtlichkeit können farbige Darstellungen vorteilhaft sein.

2.3 Aufsteller

Aufsteller im Sinne dieser Richtlinie ist der Ingenieur, dem die Bearbeitung des Standsicherheitsnachweises übertragen wird. Diese Übertragung kann sich bei der Tragwerksplanung auch auf einzelne Tragwerke oder Tragwerksteile beziehen, wenn deren Standsicherheitsnachweis jeweils ein technisch und rechnerisch geschlossenes Ganzes darstellt.

2.4 Prüfsingenieur

Prüfsingenieur im Sinne dieser Richtlinie ist der mit der Prüfung des Standsicherheitsnachweises beauftragte Ingenieur.

3 Aufgabenverteilung

3.1 Abstimmung der Beteiligten

Bei Tragwerken mit außergewöhnlichen Anforderungen an den Standsicherheitsnachweis – in der Regel „Tragwerke mit überdurchschnittlichem Schwierigkeitsgrad“ nach der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) Teil VIII – ist auf Verlangen des Bauherrn oder dessen Beauftragten, des Prüf-

ingenieurs oder des Aufstellers ein Abstimmungsgespräch zu führen. Dabei muss der Aufsteller seine zur Anwendung vorgesehenen Programme erläutern, sowie Umfang und Darstellungsform der vorzulegenden Ergebnisse mit dem Prüfenieur und ggf. mit dem Bauherrn oder dessen Beauftragten abstimmen.

3.2 *Fachliche Verantwortung des Aufstellers*

Der Aufsteller ist für die technische und rechnerische Vollständigkeit und Richtigkeit des Standsicherheitsnachweises als geschlossenes Ganzes verantwortlich.

3.3 *Fachliche Verantwortung des Prüfenieurs*

Der Prüfenieur 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.

4 **Aufstellen**

4.1 *Vollständigkeit*

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

Es soll dem Standsicherheitsnachweis eine kurze Erläuterung vorangestellt werden.

Der zur Prüfung und Dokumentation vorzulegende Standsicherheitsnachweis muss mindestens enthalten:

- die Programmkenndaten nach Abschnitt 4.2,
- alle Eingaben nach Abschnitt 4.4,
- die maßgeblichen Ergebnisse nach Abschnitt 4.5.

Der Standsicherheitsnachweis muss alle maßgeblichen Bau- und Endzustände sowie die wesentlichen Wechselwirkungen zwischen Bauwerk, Baugrund und Hinterfüllung erfassen (z.B. Baubeschreibung, statisches Konzept, Lastabtrag, Stabilisierung).

4.2 *Angaben zu den Programmen*

Die Programme sind mit Hilfe von Programmkenndaten oder in vergleichbarer Form zu erläutern, wenn deren Grundlagen, Annahmen und Anwendungsgrenzen aus der Niederschrift des Standsicherheitsnachweises nicht zweifelsfrei erkennbar sind. Diese Programmkenndaten sind in deutscher Sprache abzufassen und dem Standsicherheitsnachweis beizufügen. Inhalt

und Umfang müssen dem Anhang entsprechen. Falls die Angaben nicht ausreichen, muss der Aufsteller Informationen nachreichen.

4.3 *Formale Anforderungen*

4.3.1 *Inhaltsverzeichnis*

Dem Standsicherheitsnachweis ist ein Gesamtinhaltsverzeichnis voranzustellen. Dieses Gesamtinhaltsverzeichnis kann auf detaillierte Unterverzeichnisse verweisen und muss jeweils den aktuellen Bearbeitungsstand widerspiegeln.

4.3.2 *Kennzeichnung der Seiten*

Alle Seiten der Berechnung sind fortlaufend oder abschnittsweise fortlaufend zu nummerieren und so zu kennzeichnen, dass jede Seite eindeutig der Gesamtberechnung zugeordnet werden kann. Austauschseiten und Einschubseiten sind zusätzlich zu kennzeichnen.

4.3.3 *Querverweise*

Wird in einem Standsicherheitsnachweis auf einen Wert oder eine Darstellung Bezug genommen, die an anderer Stelle stehen, so ist auf die betreffende Stelle hinzuweisen.

4.3.4 *Begriffe, Formelzeichen, Einheiten*

Begriffe, Formelzeichen und Einheiten müssen den eingeführten technischen Baubestimmungen entsprechen.

4.3.5 *Ordnungssysteme*

Die gewählten Ordnungssysteme sind eindeutig und an exponierter Stelle darzustellen. Werden mehrere Ordnungssysteme verwendet, so müssen die Ordnungssysteme eindeutig einander zugeordnet sein.

Zu den Ordnungssystemen zählen:

- Koordinatensysteme,
- Vorzeichenkonventionen, z.B. bei Schnitt- und Verschiebungsgrößen, bei Spannungen und Dehnungen,
- Zuordnungen, z.B. Positionsnummern, Bauteile, Knoten-Element-Nummerierungen,
- z.B. Lastfälle und Kombinationen aus Lastfällen, Teilsysteme aus einem Gesamtsystem.

Die Zuordnung der in den Ordnungssystemen verwendeten Daten (z.B. Eingaben und Ergebnisse) muss eindeutig erkennbar sein.

4.4 Eingaben

4.4.1 Allgemeine Anforderungen

Die in dem EDV-unterstützten Standsicherheitsnachweis vorzulegenden Eingaben müssen alle Daten umfassen, die für eine Reproduktion der maßgeblichen Ergebnisse notwendig sind. Die Herkunft der Eingaben muss aus dem Standsicherheitsnachweis erkennbar sein. Erforderliche Zuordnungen, Vereinbarungen, Vereinfachungen und Erläuterungen sind dabei anzugeben.

4.4.2 Mechanisches Strukturmodell

Die der Berechnung zugrunde gelegten mechanischen Strukturmodelle (statisches System des Tragwerks, aber auch einfache bis komplexe Modelle für z.B. Lager, Gelenke, Federn, Schraub-, Schweißanschlüsse) sind grafisch darzustellen. Geometrie, Abmessungen, mechanische Randbedingungen, Exzentrizitäten und Vereinfachungen sind eindeutig anzugeben und, sofern erforderlich, zu begründen.

4.4.3 Materialkennwerte, Querschnittsgrößen, Steifigkeiten

Baustoffe und die benötigten Materialkennwerte sind anzugeben. Die Berechnungsgrundlagen für die gewählten Querschnittsgrößen und Steifigkeiten müssen erkennbar sein. Angaben zu den Querschnittsgrößen sind z.B. Schwerpunktlagen, Abstände von Teilquerschnitten, Trägheitsmomente. Angaben zu den Steifigkeiten sind z.B. Dehn-, Biege, Torsions-, Federsteifigkeiten, Steifezahlen, Bettungsziffern.

4.4.4 Einwirkungen

Einwirkungen auf das mechanische Strukturmodell sind als Eingaben eindeutig darzustellen. Einwirkungen sind z.B. ständige Lasten, Verkehrslasten, Temperatur, Vorspannung, Baugrundbewegungen, Lagerverschiebungen, Imperfektionen, Erdbeben. Die Einteilungen der Einwirkungen in Lastfälle mit den Teilsicherheitsbeiwerten und in Lastkombinationen mit den Kombinationsbeiwerten sind zu beschreiben. Auf Vorschriften, Richtlinien und Erlasse ist hinzuweisen.

4.4.5 Zusätzliche Eingaben

Werden problem- oder programmbezogene Eingaben benötigt, so sind sie darzustellen und ggf. zu erläutern.

Hierzu gehören z. B.:

- Verformungsgrenzen,

- durch Bemessungsvorschriften standardisierte und variable Rechenwerte wie Querdehnzahl, Elastizitätsmodul,
- Vereinfachungen wie Ausrundung von Stützmomenten, Momentenumlagerungen,
- Auswahl von Programmverzweigungen (z.B. drillweiche bzw. drillsteife Platten).

4.5 Ergebnisse

4.5.1 Unterteilung der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in maßgebliche und sonstige Ergebnisse zu unterteilen.

4.5.2 Maßgebliche Ergebnisse

Maßgebliche Ergebnisse sind alle Daten, die für die Prüfung und Beurteilung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Tragwerks und einzelner Tragwerksteile erforderlich sind.

Hierzu gehören z. B.:

- Maßgebliche Lastfälle und Lastkombinationen,
- Bemessungskräfte mit Querschnittsverformungen und Querschnittsabmessungen,
- Materialgüten,
- Herstellungsvorgaben,
- Nutzungsvorgaben,
- erforderliche Zwischenergebnisse an Schnittstellen der technischen Bearbeitung (z.B. Auflagerkräfte, einschließlich der zugehörigen Sicherheitsbeiwerte).

4.5.3 Sonstige Ergebnisse

Sonstige Ergebnisse sind alle übrigen Ergebnisse, z.B. Zustandsgrößen für einzelne Lastfälle und Lastfallkombinationen.

4.6 Aufbereitung der Eingaben und Ergebnisse

4.6.1 Übersichtlichkeit und Verständlichkeit

Die Eingaben und maßgeblichen Ergebnisse sind in den Standsicherheitsnachweis in einer für die Prüfung und Beurteilung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Tragwerks und einzelner Tragwerksteile geeigneten Form einzuarbeiten.

Die den EDV-Berechnungen zugrunde liegenden Eingaben sind in einer von den Programmen aufbereiteten und ausgedruckten Form im Standsicherheitsnachweis aufzunehmen.

Alle relevanten Daten müssen nachvollziehbar und reproduzierbar sein (z.B. sind maßgebende

Beanspruchungen und Widerstände unter Angabe der charakteristischen Werte sowie der zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsfaktoren darzustellen).

Daten sollen übersichtlich in der Regel auf DIN-A4-Blattformat ausgedruckt werden. Die Daten müssen ausreichend erläutert und für sich verständlich sein. Texte sollen in deutscher Sprache ausgedruckt werden.

4.6.2 Grafische Darstellung

Die Eingaben und maßgeblichen Ergebnisse sollen in grafischer Form dargestellt werden. Der Maßstab muss in der Regel mit einer Maßstabsleiste abgreifbar sein und bei Veränderungen der Abbildungsgrößen gültig bleiben. Die Darstellung muss eine für die Weiterverwendung der Daten hinreichend genaue Ablesung gestatten und durch Zahlenwerte ergänzt werden.

4.6.3 Tabellarische Darstellung

Die Eingaben und maßgeblichen Ergebnisse dürfen nur dann allein in tabellarischer Form ausgedruckt werden, wenn die Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der Datenmenge durch eine grafische Darstellung nicht wesentlich verbessert werden kann. Aus dem Tabellenkopf müssen Bedeutung und Einheit der Daten in den Zeilen und Spalten erkennbar sein. Auf jeder Seite ist der Tabellenkopf zu wiederholen.

4.6.4 Darstellung der sonstigen Ergebnisse

Die sonstigen Ergebnisse müssen im Rahmen des gesamten Standsicherheitsnachweises in prüffähiger Form dargestellt sein. Sie sind bis zum vollständigen Abschluss der Prüfung des Standsicherheitsnachweises vom Aufsteller vorzuhalten und dem Prüfenieur auf Verlangen vorzulegen.

4.7 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.

4.8 Unterschrift des Aufstellers

Die Unterschrift des Aufstellers unter dem Standsicherheitsnachweis muss eindeutig erkennen lassen, für welche Teile der Tragwerksplanung seine fachliche Verantwortung gilt.

Die Zuordnung der Unterschriften darf über das Inhaltsverzeichnis geregelt werden.

5 Prüfen

5.1 Prüfverfahren

Prüfverfahren sind:

- Prüfung durch Vergleichsberechnung,
- Prüfung durch Modellversuche und Probelastungen.

In der Regel wird die Prüfung durch Vergleichsberechnung durchgeführt.

5.2 Prüfung durch Vergleichsberechnung

Vergleichsberechnungen im Sinne dieser Richtlinie sind vom Prüfenieur durchgeführte unabhängige Berechnungen. Hierbei sind die Kontrollmethoden nach Abschnitt 4.7 anwendbar.

Ein zur Prüfung durch Vergleichsberechnung benutztes Programm muss gegenüber den Ergebnissen des Aufstellers unabhängige Ergebnisse liefern. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit des für die Prüfung benutzten Programms und für die Unabhängigkeit der Ergebnisse liegt beim Prüfenieur.

Vergleichsberechnungen können auch Stichproben enthalten. Die Prüfung durch Stichproben ist dann anwendbar, wenn bestimmte Ergebnisse, z.B. Einflusslinien, Tabellenkolonnen und ähnliche Berechnungen durch eine hinreichende Anzahl von Stichproben geprüft werden. Es muss außerdem über den Verlauf der betreffenden Funktion soweit Klarheit bestehen, dass fehlerhafte Interpolationen z.B. in Unstetigkeitsbereichen auszuschließen sind.

5.3 Prüfung durch Modellversuche und Probelastungen

Bei außergewöhnlichen Tragwerken können die Ergebnisse von Berechnungen auch unabhängig durch Modellversuche und Probelastungen überprüft werden.

Die Prüfung durch Modellversuche und Probelastungen muss mit den Beteiligten abgestimmt werden (z.B. Bauherr, Auftraggeber, Aufsteller, Prüfenieur, Genehmigungsbehörde).

5.4 Prüfbericht

Die gewählten Prüfverfahren sind in einem Prüfbericht anzugeben. Die Vollständigkeit und Richtigkeit der maßgeblichen Ergebnisse, die Einhaltung der gültigen Technischen Baubestimmungen und die Übereinstimmung der Standsicherheitsnachweise mit den geprüften Ausführungsunterlagen sind zu bestätigen.

Bei relevanten Abweichungen zwischen den Ergebnissen des Aufstellers und denen des Prüfenieurs sollen deren Ursachen vom Aufsteller und Prüfenieur gemeinsam aufgeklärt werden. Dabei muss der Prüfenieur sein Prüfverfahren und seine Ergebnisse offenlegen und der Aufsteller die Richtigkeit seiner Berechnung z.B. durch weitere Nachweise belegen.

Der Prüfenieur hat die Auswirkungen verbleibender Abweichungen zu beurteilen. Weitere Angaben zum Inhalt von Prüfberichten sind dem Auftrag zu entnehmen wie z.B. Schall-, Wärme- und Brandschutz.

Anhang

Erläuterung zu den Programmkenndaten

Die Programmkenndaten (in Anlehnung an DIN 66230) müssen mindestens folgende Punkte beinhalten:

Programmbezeichnung

Die Programmbezeichnung besteht aus dem Programmnamen mit Variantenbezeichnung, Versionsbezeichnung und, sofern nicht schon aus dieser ersichtlich, den Freigabedaten.

- *Programmname*
Bezeichnung zur Identifizierung des Programms in der Entwicklung, beim Vertrieb und beim Einsatz. Ggf. sind mehrere Programmnamen durch ihre Geltungsbereiche in dem Datenverarbeitungssystem oder während eines bestimmten Zeitraums voneinander abzugrenzen. Ist das Programm Teil eines Programmsystems, so ist auch dessen Name anzugeben.
- *Variantenbezeichnung*
Zusatz zum Programmnamen, um mehrere gleichzeitig einsetzbare Programmvarianten voneinander zu unterscheiden (z.B. verschiedene Gerätausstattungen oder verschiedene Anwendungsbereiche).
- *Versionsbezeichnung*
Zusatz zum Programmnamen und zur Variantenbezeichnung, um mehrere wegen Änderungen nacheinander gesetzte Versionen eines Programms oder seiner Varianten voneinander zu unterscheiden.

Die Dokumentation muss den Änderungsstand der aktuellen Version beschreiben.

- *Freigabedaten*
Datum der Freigabe sowohl der ersten als auch der aktuellen Programmversion.

Aufgabe

Die mit dem Programm zu lösende Aufgabe und die verwendeten Methoden sind durch eine Kurzbeschreibung zu erläutern; auf Vorschriften und Besonderheiten ist hinzuweisen.

- *Kurzbeschreibung*
Kurzgefasste anwendungsbezogene Beschreibung der Aufgabe, die mit dem Programm gelöst wird, einschließlich der fachbezogenen Beschreibung der Ein- und Ausgabe.

Die Aufgabe kann auch durch ein typisches Anwendungsbeispiel, ggf. mit Skizze, verdeutlicht werden.

- *Methoden*
Kurze Beschreibung der zur Lösung der Aufgabe verwendeten Theorien und Rechenverfahren.
- *Vorschriften*
Hinweise auf Gesetze, Normen, Richtlinien, Erlasse und Vorschriften, die vom Programm berücksichtigt werden.
- *Begriffe, Formelzeichen, Einheiten*
Bei Abweichungen von Begriffen, Formelzeichen und Einheiten im EDV- Programm von den eingeführten technischen Baubestimmungen ist eine erläuternde Zuordnung vom Aufsteller beizufügen.
- *Besonderheiten*
Abgrenzungen von Anwendungsbereichen für das Programm, insbesondere fachliche Voraussetzungen und Einschränkungen.

Zuständigkeiten

Anschriften der Institutionen und Personen sind anzugeben, die für Entwicklung, Vertrieb, Pflege und Weiterentwicklung des Programms zuständig sind.

Unterlagen

Unterlagen, die zur Information über das Programm zur Verfügung stehen, sind wenn möglich in deutscher Sprache mit Quellenangabe und ggf. Bestell-Nr. aufzulisten. Zu den Unterlagen zählen z.B. Anwendungshandbuch, Programmdokumentation.

Literaturverzeichnis

DIN 66230 – Informationsverarbeitung, Programmdokumentation, Beuth Verlag

Standsicherheitsnachweise für Kunstbauten: Anforderungen an den Inhalt, den Umfang und die Form; Heft 504 der Schriftenreihe „Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“ des Bundesministers für Verkehr Abteilung Straßenbau, Typo- Druck- und Verlagsgesellschaft mbH, Bonn-Bad Godesberg, 1987

BÜV-Empfehlung für die Bemessung und Konstruktion von Glas im Bauwesen

Erster Entwurf für die Praxis Verbesserungsvorschläge sind ausdrücklich erwünscht

Der Arbeitskreis Glasbau des Bau-Überwachungsvereins (BÜV e.V.) hat Empfehlungen zur Bemessung von Glaskonstruktionen im Bauwesen erarbeitet, die dem Fachpublikum im Folgenden als Entwurf 2/01 vorgestellt werden. Sie sollen es Ingenieuren ermöglichen, Glaskonstruktionen auf dem heutigen Stand der Technik planen und bemessen zu können. Hiermit soll eine Lücke geschlossen werden, die für viele Glaskonstruktionen trotz Einführung der *Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen* des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) noch besteht. Bisher handelt es sich um Empfehlungen des Arbeitskreises. Sie können aber als Grundlage für ein allgemein anerkanntes Regelwerk für Glaskonstruktionen dienen. Die Fachöffentlichkeit soll hiermit ausdrücklich ermuntert werden, das Regelwerk kritisch zu prüfen und sich mit Verbesserungsvorschlägen formaler und inhaltlicher Art über den BÜV an die Autoren zu wenden.

Mitglieder des Arbeitskreises:

Dr.-Ing. Hanns-Martin Bräuer
 Dipl.-Ing. Hansjörg Braun
 Dipl.-Ing. Matthias Gerold
 Dipl.-Ing. Peter Hof
 Dipl.-Ing. Claus Jung
 Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer
 Dr.-Ing. Karl Morgen (Vorsitzender)
 Dipl.-Ing. Hans Joachim Niebuhr
 Dr.-Ing. Hans-Werner Nordhues
 Dipl.-Ing. Klaus Reußner
 Dipl.-Ing. Jens Schneider
 Dr.-Ing. Schober
 Dipl.-Ing. Catharina Stahr
 Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Vorwort

- 1 Einführung**
 - 1.1 Anwendungsbereich
 - 1.2 Annahmen / Voraussetzungen
 - 1.3 Begriffe
 - 1.3.1 Einheitliche Begriffe in den Eurocodes
 - 1.3.2 Besondere Begriffe des konstruktiven Glasbaus:
- 2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung**
 - 2.1 Grundlegende Anforderungen
 - 2.2 Begriffe und Klasseneinteilungen
 - 2.2.1 Grenzzustände und Bemessungssituationen
 - 2.2.2 Einwirkungen
 - 2.2.3 Baustoffeigenschaften
 - 2.3 Bautechnische Unterlagen
 - 2.4 Anforderungen an Entwurf, Berechnung und Bemessung
 - 2.4.1 Allgemeines
 - 2.4.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit
 - 2.4.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
 - 2.4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen
 - 2.4.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften
 - 2.5 Dauerhaftigkeit
- 3 Baustoffeigenschaften**
 - 3.1 Allgemeines
 - 3.1.1 Festigkeiten und Steifigkeiten
 - 3.1.2 Charakteristische Werte
 - 3.1.3 Klassen der Lasteinwirkungsdauer
 - 3.1.4 Modifikationsfaktoren zur Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer und der Glasflächengröße
 - 3.2 Floatglas
 - 3.2.1 Charakteristische Materialkennwerte
 - 3.2.2 Ausschnitte und Bohrungen
 - 3.3 ESG
 - 3.3.1 Charakteristische Materialkennwerte
 - 3.3.2 Heißlagerungstest
 - 3.3.3 Ausschnitte und Bohrungen
 - 3.4 TVG
 - 3.4.1 Charakteristische Materialkennwerte
 - 3.4.2 Ausschnitte und Bohrungen

- 3.5 Gussglas (einschließlich Drahtglas)
- 3.5.1 Charakteristische Materialkennwerte
- 3.5.2 Ausschnitte und Bohrungen
- 3.6 Verbundsicherheitsglas (VSG)
- 3.6.1 Charakteristische Materialkennwerte
- 3.6.2 Schubverbund
- 3.7 Verbundglas (VG)
- 3.7.1 Charakteristische Materialkennwerte
- 3.7.2 Schubverbund
- 3.8 Profilbauglas und Profilbauglas mit Drahtnetzeinlage
- 3.8.1 Charakteristische Materialkennwerte
- 3.8.2 Ausschnitte und Bohrungen
- 3.9.1 Kunststoffzwischenmaterialien
- 3.9.2 Verbundmaterialien

- 4. Grenzzustände der Tragfähigkeit**
- 4.1 Anforderungen an die Berechnung
- 4.1.1 Berechnungsmodelle
- 4.1.2 Klimalast
- 4.1.3 Stoßlast
- 4.2 Besondere Anforderungen
- 4.2.1 Vertikalverglasung
- 4.2.2 Überkopfverglasungen
- 4.2.3 Absturzsichernde Verglasungen
- 4.2.4 Begehbare / Betretbare Verglasungen
- 4.2.5 Stabilitätsgefährdete Bauteile
- 4.3 Bemessung auf der Grundlage von Versuchen
- 4.3.1 Allgemeines
- 4.3.2 Nachweis der Resttragfähigkeit
- 4.3.3 Stoßbelastungen
- 4.3.3.1 Begehbare Verglasungen
- 4.3.3.2 Betretbare Verglasung

- 5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit**
- 5.1 Allgemeine Anforderungen
- 5.2 Grenzwerte der Durchbiegung

- 6 Verbindungen**
- 6.1 Klebeverbindungen
- 6.2 Lochleibungsverbindungen

- 7 Ausführung und Überwachung**
- 7.1 Allgemeines
- 7.2 Baustoffe
- 7.3 Konstruktionshinweise
- 7.4 Überwachung
- 7.4.1 Herstellungs- und Ausführungsüberwachung
- 7.4.4 Überwachung nach Fertigstellung des Tragwerks

Anhang

- Anhang 1 Normative Verweisungen
- Anhang 2 Einheitliche Begriffe in den Eurocodes
- Anhang 3 S.I. Einheiten
- Anhang 4 Formelzeichen

1. Allgemeines
2. Formelzeichen im Abschnitt 2
3. Formelzeichen in den Abschnitten 3 und folgende:

Vorwort

Ziel der Empfehlung ist eine Formulierung von Grundlagen für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken aus Glas. Da für einige Bereiche bereits Regelungen (Richtlinien, Zulassungen etc.) existieren, wird darauf Bezug genommen bzw. auf abweichende Vorgaben in Fußnoten verwiesen. Bei spezifischen Anforderungen (z.B. Brandschutz) an Glas sind ggf. weitergehende Regelungen zu beachten.

1 Einführung

1.1 Anwendungsbereich

- (1) Diese Empfehlung ist für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Glaskonstruktionen formuliert worden – d.h. Bauwerke und Bauteile aus Glas oder Glaskonstruktionen, zusammengefügt mit Klebstoffen, Kunststoffen oder mechanischen Verbindungsmitteln.
- (2) Die Empfehlung behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Glaskonstruktionen.
- (3) Die Festigkeitswerte gelten nicht für sandgestrahlte, geätzte oder ähnlich behandelte Oberflächen.
- (4) Die für die Bemessung in Betracht zu ziehenden Zahlenwerte für Einwirkungen auf Hochbauten und Ingenieurbauwerke sind in der Empfehlung nicht angegeben. Sie sind in DIN 1055 enthalten. Bei Glas können weitere Szenarien/Einwirkungen maßgebend werden, die nicht in den Vorgaben von DIN 1055 enthalten sind. Insbesondere sind zu nennen:

- Stoßbelastungen (harter und weicher Stoß)
- Klimalasten (Temperatur, Luftdruck)
- Spontanbruch (für Verglasungen mit Einscheiben-Sicherheits-Glas (ESG))

1.2 Annahmen / Voraussetzungen

Es gelten folgende Annahmen:

- Der Entwurf, die Bemessung und die Ausführung von Glaskonstruktionen erfolgt durch hinreichend qualifiziertes und erfahrenes Personal.

- Eine sachgerechte Überwachung der Baustoffgüte, der Fertigung und der Montage ist sichergestellt.
- Die Verwendung von Baustoffen erfolgt entsprechend den Angaben der vorliegenden Empfehlung und maßgebender Bauvorschriften.
- Die Konstruktionen werden sachgemäß gewartet.
- Die Konstruktionen werden entsprechend ihrer Konzeption genutzt.

1.3 Begriffe

1.3.1 Einheitliche Begriffe

Sofern im folgenden nicht anders angegeben, wird die Terminologie nach ISO 8930 angewendet (Anhang 2).

1.3.2 Besondere Begriffe des konstruktiven Glasbaus

Baustoffe bzw. Glaserzeugnisse:

- *Floatglas* nach DIN 1249 (früher Spiegelglas) (engl. float glass)
- *Borosilicatglas* DIN EN 1748-1 (engl. borosilicat glass)*
- *Gussglas* nach DIN 1249 (engl. cast glass)
- *Glaskeramik* nach DIN EN 1748-2 (engl. glass ceramics)*
- *ESG: Einscheiben-Sicherheitsglas* nach DIN 1249-12 (engl. thermally toughened glass)
- *TVG: Teilvorgespanntes Glas* nach DIN EN 1863 (engl. heat-strengthened glass)*
- *Chemisch vorgespanntes Glas* nach prEN 12337 (engl. chemically strengthened glass)*
- *Drahtglas aus Gußglas* nach DIN 1249 (engl. wired glass)*
- *Profilbauglas* nach DIN 1249 (engl. channel shaped glass)**

Zusammengesetzte Gläser und Zwischenmaterialien:

- *VSG: Verbund-Sicherheitsglas* nach DIN EN ISO 12543-2, bestehend aus mindestens zwei Scheiben und organischen Zwischenfolien, z.B. Polyvinylbutyral (PVB-)Folien (engl. laminated safety glass)
- *VG: Verbundglas* nach DIN EN ISO 12543-3, bestehend aus mindestens zwei Scheiben und organischen Zwischenmaterialien, vor allem Gießharz (engl. laminated glass)*

* Derzeit bauaufsichtlich noch nicht eingeführt

** Zulassung beantragt

- *Isolierglas: Mehrscheiben-Isolierglas* nach DIN 1259-2 (engl. insulating glass units), bestehend aus mindestens zwei Scheiben (auch VSG oder VG) und einem Randverbund mit Scheibenzwischenraum (SZR), der gas- oder luftgefüllt sein kann.
- *Brandschutzverglasung*: Ein System, das die Anforderungen der Widerstandsklassen G (z.B. G30) bzw. die Anforderungen der Widerstandsklassen F (z.B. F90) erfüllt. Brandschutzverglasungen können Einfach- oder Isolierverglasungen sein.
- *Sonnenschutzglas*: Ein besonderes Glas, meist Isolierglas, das durch absorbierende und reflektierende Beschichtungen verbesserte Sonnenschutzigenschaften aufweist.
- *Wärmeschutzglas*: Ein Isolierglas, das verbesserte Wärmeschutzigenschaften aufweist.
- *Zwischenmaterialien*: Zwischenschichten zwischen verschiedenen Gläsern oder auch zwischen Glas und anderen Baustoffen (z.B. Silikonklebstoffe, Silikondichtstoffe, PVB-Folien, Gießharze, Aluminiumleisten im Randverbund von Isolierglaseinheiten, Aluminiumhülsen oder Kunststoffhülsen in Bohrungen punktgelagerter Scheiben, Dichtungsprofile aus EPDM) (engl. compound materials)

Glaskonstruktionen:

- *Linienförmig gelagerte Verglasungen* sind Verglasungen, die durchgehend linienförmig gelagert sind.
- *Punktgelagerte Verglasungen* sind Verglasungen, die punktförmig mit einer Unterkonstruktion verbunden sind. Dabei kann die Punktlagerung:
 - a) in Bohrungen oder Ausschnitten mittels durchgehenden Punkthaltern oder
 - b) an den Scheibenecken oder -kanten mittels Klemmhaltern erfolgen.
- *Structural Glazing Fassaden* (SSGS-Fassaden, engl. Structural-Sealant-Glazing-Systems) sind geklebte Ganzglasfassaden nach ETA-Richtlinie (Grundlage für bauaufsichtliche Zulassung) oder E DIN EN 13022.
- *Überkopfverglasungen* sind Verglasungen, die > 10° gegen die Vertikale geneigt sind (engl. overhead glazing systems).
- *Vertikalverglasungen* sind Verglasungen, die ≤ 10° gegen die Vertikale geneigt sind.
- *Begehbare Glas* sind Verglasungen, die planmäßig begangen werden (z.B. Treppen, Decken, etc.).

- *Betretbares Glas* sind Verglasungen, die *nur zu Wartungs- und Reinigungszwecken* betreten werden (z.B. Dächer).
- *Absturzsichernde Verglasungen* sind Verglasungen, die der Absturzsicherung von Personen dienen (z.B. Geländer, Brüstungen, geschoßhohe Verglasungen).

2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung

2.1 Grundlegende Anforderungen

Eine Glaskonstruktion muß so bemessen und ausgebildet werden, dass sie

- unter Berücksichtigung der vorgesehenen Nutzungsdauer und ausreichender Zuverlässigkeit die geforderten Gebrauchseigenschaften behält und
- mit ausreichender Zuverlässigkeit den Einwirkungen und Einflüssen standhält, die während ihrer Ausführung und während ihrer Nutzung auftreten können.

2.2 Begriffe und Klasseneinteilungen

2.2.1 Grenzzustände und Bemessungssituationen

Bei der Bemessung sind folgende Grenzzustände zu beachten:

- (1) Grenzzustand der Tragfähigkeit:
Zustand des Tragwerks, dessen Überschreitung unmittelbar zu einem rechnerischen Einsturz oder anderen Formen des Versagens führt; der Grenzzustand ergibt sich i.a. aus dem größten rechnerischen Tragwiderstand..
- (2) Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Bedingungen für die Gebrauchstauglichkeit einer Konstruktion oder eines tragenden Bauteiles nicht mehr erfüllt sind.

2.2.2 Einwirkungen

Es wird auf DIN 1055 verwiesen. Zusätzlich sind die Konsequenzen aus stoßartigen Einwirkungen, Klimabelasten und Spontanbruch zu berücksichtigen.

* Die Technische Regel für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV) verwendet das Konzept mit zulässigen Spannungen

2.2.3 Baustoffeigenschaften

2.2.3.1 Charakteristische Werte

Eine Baustoffeigenschaft wird durch einen charakteristischen Wert X_k ausgedrückt, der im Allgemeinen einem Fraktilwert in einer angenommenen statistischen Verteilung der betrachteten Eigenschaft entspricht.*

2.2.3.2 Bemessungswerte

- (1) Der Bemessungswert X_d des Glaswiderstands ergibt sich nach Gl. 2.1 aus:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot k_A \cdot X_k}{\gamma_M} \quad (\text{Gl. 2.1})$$

dabei ist:

- γ_M Teilsicherheitsbeiwert, gemäß Abschnitt 2.4.5
- k_{mod} Faktor, der den Einfluss der Lasteinwirkungsdauer auf die Baustoffeigenschaften berücksichtigt.
- k_A Faktor, der den Einfluss der Glasflächengröße auf die Baustoffeigenschaften berücksichtigt

Werte für k_{mod} und k_A sind in Abschnitt 3.1.4 angegeben.

2.3 Bautechnische Unterlagen

- (1) Für tragende Glaskonstruktionen müssen eindeutig gekennzeichnete, nachvollziehbare und vollständige bautechnische Unterlagen (Werk- und Übersichtspläne, Baubeschreibung, Beschreibung und Montageanleitungen des verwendeten Glashaltersystems, statische Berechnungen, ggf. Versuchsberichte, usw.) vorgelegt werden.
- (2) Aus den Zeichnungen und sonstigen Unterlagen müssen alle verwendeten Werkstoffe eindeutig hervorgehen.
- (3) Die Geometrie des Haltersystems ist durch Zeichnungen unter Angabe aller Maße vollständig zu beschreiben. Einzuhaltende Fertigungstoleranzen sind anzugeben. Ebenso sind Angaben zu Glasbohrungen (Durchmesser mit Toleranzangaben, besondere Anforderungen an Bohrwerkzeuge und Bohrlochbearbeitung, zulässige Toleranzen der Bohrlochlage, maximal tolerierbarer Versatz der Bohrlochränder bei mehrschichtigen Verglasungen, Rand- und Bohrlochabstände, usw.) sowie zu verwendbaren Glasarten und Scheibendicken (Kleinst- und Größtwerte) erforderlich. Falls Konstruktionstoleranzen vom Haltersystem aufgenommen werden sollen, sind die maximal zulässigen Abweichungen von der planmäßigen Geometrie anzugeben.

2.4 Anforderungen an Entwurf, Berechnung und Bemessung

2.4.1 Allgemeines

- (1) Die Konstruktion ist unter Berücksichtigung der Sprödigkeit des Glases auszubilden. Insbesondere die Lagerung der Scheiben ist so auszubilden, dass baupraktisch unvermeidbare Toleranzen bei der Montage ausgeglichen werden können.
- (2) Alle maßgebenden Bemessungssituationen sind zu berücksichtigen. Mögliche Abweichungen der Einwirkung von angenommenen Richtungen oder Lagen sind zu berücksichtigen.
- (3) Die Berechnungen sind unter Verwendung geeigneter Bemessungsmodelle, die die Sprödigkeit des Glases durch Erfassung lokaler Spannungsspitzen berücksichtigen und erforderlichenfalls durch Versuche ergänzt werden, unter Einbeziehung aller maßgebenden Parameter durchzuführen. Die Rechenmodelle müssen ausreichend genau sein, um das Tragverhalten in Übereinstimmung mit der erreichbaren Ausführungsgenauigkeit und der Zuverlässigkeit der Eingangsdaten, auf denen die Bemessung beruht, zu erfassen.
- (4) Es ist nachzuweisen, dass die maßgebenden Grenzzustände nicht überschritten werden.
- (5) Bei den rechnerischen Nachweisen der Verglasungen und der Glashalterungen sind alle beanspruchungserhöhenden Einflüsse (Glasbohrungen, Randausschnitte unter Berücksichtigung von Eckausrundungen, Einspannungen, Deformationen der Stützkonstruktion, Temperaturdehnungen, Lagerexzentrizitäten, Montagezwängungen, Toleranzgrenzen, usw.) zu berücksichtigen.
- (6) Alle funktionellen Eigenschaften, insbesondere die Beweglichkeiten, von Punkthalterssystemen sind zu beschreiben und durch die Detailausführung der Konstruktion sicherzustellen.

*2.4.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit**

Es ist nachzuweisen, dass

$$S_d \leq R_d \quad (\text{Gl. 2.2})$$

S_d : Bemessungswert der Einwirkungen

R_d : Bemessungswert des Widerstandes

*2.4.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ***

Es ist nachzuweisen, dass :

* TRLV: Konzept mit zulässigen Spannungen

** TRLV u.a.: Durchbiegungsnachweis

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Gl. 2.3})$$

C_d : Bemessungswert des Widerstands für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis

E_d : Bemessungswert der Einwirkungen

2.4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen

- (1) Die Festlegung der einzelnen Teilsicherheitsbeiwerte sowie die Überlagerung ist gemäß DIN 1055 durchzuführen. Die infolge Klimalast auftretenden Beanspruchungen sind hinsichtlich der Festlegung des Teilsicherheitsbeiwertes wie eine ständige Last zu betrachten.
- (2) Für außergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen mit Eins anzusetzen.

2.4.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften

Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand sind in **Tabelle 2.1** enthalten.

Tabelle 2.1 Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand (γ_M)

Material	Teilsicherheitsbeiwert für die Tragfähigkeit		Teilsicherheitsbeiwert für die Gebrauchstauglichkeit
	Gewöhnliche Bemessungssituation	Außergewöhnliche Bemessungssituation	
Floatglas/ Gussglass	1,8	1,4	1,4
ESG/TVG	1,5	1,3	1,3
Silikon**	5,0*	2,5*	2,5*

* bei genauer Berechnung der Beanspruchungen der Silikonverklebung können die Teilsicherheitsbeiwerte durch 2,5 dividiert werden.

2.5 Dauerhaftigkeit

Die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe muß über den Nutzungszeitraum gewährleistet sein. Diese muß kontrolliert werden können. Die Möglichkeit einer Reparierbarkeit sollte bei der Planung berücksichtigt werden. Insbesondere sind bei Kunststoffen die UV-Beständigkeit sowie Kriech- und Relaxationseffekte zu beachten. Bei metallischen Werkstoffen sind die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit von der Zugänglichkeit und Beurteilbarkeit funktioneller Forderungen festzulegen. Hinsicht-

** Tragende Verklebungen sind derzeit nur über bauaufsichtliche Zulassung bzw. Zustimmung im Einzelfall erfasst.

lich der Verwendung nichtrostender Stähle wird auf die bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6 und DIN 55022 verwiesen.

3 Baustoffeigenschaften

3.1 Allgemeines

3.1.1 Werkstoffkennwerte

Werkstoffkennwerte sind aus den bauaufsichtlich eingeführten Regelwerken zu entnehmen oder auf der Grundlage von Versuchen zu ermitteln.

3.1.2 Charakteristische Werte

Charakteristische Festigkeitskennwerte sind als 5%-Fraktilwerte definiert. Sie können auf der Grundlage von Versuchsergebnissen bestimmt werden.***

3.1.3 Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Tabelle 3.1: Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Größenordnung der akkumulierten Dauer der charakteristischen Lasteinwirkung	Beispiele für Lasten
lang	≥ 3 Monate	Eigenlast, Nutzlasten
mittel	≥ 1 Tag < 3 Monate	Verkehrslasten, Schnee
kurz	≥ 5 sec < 24 Stunden	Wind
sehr kurz	< 5 sec	Stoß

3.1.4 Modifikationsfaktoren zur Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer und der Glasflächengröße

Bei Glas ist die Biegefestigkeit abhängig von der Belastung und der Größe der Glasfläche. Die Modifikationsfaktoren sind **Tabelle 3.2** und **Tabelle 3.3** zu entnehmen.

Tabelle 3.2: Werte des Modifikationsfaktors k_{mod} zur Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer

Material	sehr kurz	kurz	mittel	lang
TVG	1,3	1,0	1,0	1,0
ESG	1,2	1,0	1,0	1,0
Floatglas	1,4	1,0	0,45	0,30
Gußglas	1,4	1,0	0,45	0,30

*** In existierenden Materialnormen wird bei der Bestimmung der Fraktilwert eine Aussagewahrscheinlichkeit von 95% zugrunde gelegt. In bauaufsichtlichen Zulassungen wird für Glas eine Aussagewahrscheinlichkeit von 75% gefordert.

Tabelle 3.3: Werte des Modifikationsfaktors k_A zur Berücksichtigung der Glasflächengröße

$A_0 = 2400 \text{ cm}^2$ A / A_0	Einflußfaktor k_A^*
0,5	1,05
1,0	1,0
5,0	0,95
10,0	0,9
50,0	0,85
100,0	0,80

3.2 Floatglas

3.2.1 Charakteristische Materialkennwerte

Charakteristische Materialkennwerte sind nach DIN 52303-1 bzw. DIN 52292 zu bestimmen. Falls nichts anderes angegeben, kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

Biegezugfestigkeit: $\sigma_{k,t} = 45 \text{ N/mm}^2$
Druckfestigkeit: $\sigma_{k,c} = 500 \text{ N/mm}^2$
E-Modul: $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktionszahl: $\mu = 0,22$
Rohdichte: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
thermischer Längenausdehnungskoeff.: $\alpha_T = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

3.2.2 Ausschnitte und Bohrungen

Ausschnitte und Bohrungen dürfen für Floatglas nur bei nichttragenden Bauteilen vorgenommen werden.

3.3 ESG

3.3.1 Charakteristische Materialkennwerte

Charakteristische Materialkennwerte für ESG aus Floatglas sind nach DIN 52303-1 zu bestimmen. Ohne weitere Nachweise kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

Biegezugfestigkeit:
 nicht bedruckt: $\sigma_{k,t} = 120 \text{ N/mm}^2$
 bedruckt/emailliert:
 Emaille in der Biegezugzone: $\sigma_{k,t} = 70 \text{ N/mm}^2$
 Emaille in der Biegedruckzone: $\sigma_{k,t} = 120 \text{ N/mm}^2$
Druckfestigkeit: $\sigma_{k,c} = 500 \text{ N/mm}^2$
E-Modul: $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktionszahl: $\mu = 0,22$
Rohdichte: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

* Für punktgelagerte Verglasungen sowie Verglasungen aus ESG bzw. TVG ist $k_A = 1.0$ zu setzen.

thermischer Längen-
ausdehnungskoeff. $\alpha_T = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Die Anforderungen nach DIN 1249-12 sind zu erfüllen.

3.3.2 Heißlagerungstest

Bei Einfachverglasungen aus ESG (kein VSG) sowie bei entsprechend vereinbarten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit sind alle ESG Scheiben einem Heißlagerungstest zu unterziehen. Es ist sicherzustellen, dass die Scheiben an allen Stellen über einen Zeitraum von mindestens 2 Stunden einer Temperatur von $290 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ unterworfen werden. Dies kann durch eine entsprechende Kalibrierung des Ofens (für die verschiedenen Beladungsgrade) durch Vorgabe der Lagerungszeiten (z.B. 8 h) erreicht werden.

3.3.3 Ausschnitte und Bohrungen

Bohrungen und Ausschnitte sind vor dem thermischen Vorspannprozess herzustellen. Für Abstände und Grenzabmaße sollten die Vorgaben der DIN 18516-4 bzw. DIN 1249-12 beachtet werden. Besonderer Augenmerk ist der Ausführung der Bohrungen und Ausschnitte zu widmen (Kantenbearbeitung, Genauigkeit der Bohrungen). Die Kanten sind nach DIN 1249-11 mindestens in der Qualität KGN (geschliffen) auszuführen.

3.4 TVG*

3.4.1 Charakteristische Materialkennwerte

Charakteristische Materialkennwerte für TVG aus Floatglas sind nach DIN 52303-1 zu bestimmen. Ohne weitere Nachweise kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

Biegezugfestigkeit: unbedruckt:	$\sigma_{k,t} = 70 \text{ N/mm}^2$
bedruckt/emailliert	
Emaile in der Biegezugzone:	$\sigma_{k,t} = 45 \text{ N/mm}^2$
Emaile in der Biegedruckzone:	$\sigma_{k,t} = 70 \text{ N/mm}^2$
Druckfestigkeit:	$\sigma_{k,c} = 500 \text{ N/mm}^2$
E-Modul:	$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktionszahl:	$\mu = 0,22$
Rohdichte:	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
thermischer Längen- ausdehnungskoeff.	$\alpha_T = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Die Anforderungen nach DIN EN 1863 sind zu erfüllen.

* Für punktgelagerte Verglasungen sowie Verglasungen aus ESG bzw. TVG ist $k_A = 1.0$ zu setzen.

3.4.2 Ausschnitte und Bohrungen

Bohrungen und Ausschnitte sind vor dem thermischen Vorspannprozess herzustellen. Für Abstände und Grenzabmaße sollten die Vorgaben der DIN 18516-4 bzw. DIN 1249-12 und DIN EN 1863 beachtet werden.

3.5 Gussglas (einschließlich Drahtglas)

3.5.1 Charakteristische Materialkennwerte

Charakteristische Materialkennwerte sind nach DIN 52303-1 bzw. DIN 52292 zu bestimmen. Ohne weitere Nachweise, kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

Biegezugfestigkeit:	$\sigma_{k,t} = 25 \text{ N/mm}^2$
Druckfestigkeit	$\sigma_{k,c} = 300 \text{ N/mm}^2$
E-Modul:	$E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktionszahl:	$\mu = 0,22$
Rohdichte:	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ $= 2600 \text{ kg/m}^3$ (Drahtglas)

thermischer Längen-
ausdehnungskoeff. $\alpha_T = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

3.5.2 Ausschnitte und Bohrungen

Ausschnitte und Bohrungen dürfen für Drahtglas nur bei nichttragenden Bauteilen vorgenommen werden.

3.6 Verbundsicherheitsglas (VSG)

3.6.1 Charakteristische Materialkennwerte

Für VSG gelten die charakteristischen Werte der verwendeten Glaserzeugnisse. Als Zwischenmaterial dürfen PVB-Folien verwendet werden, die die Eigenschaften nach 3.9.2 aufweisen.

3.6.2 Schubverbund

Der Schubverbund durch die PVB-Folien kann vereinfachend wie folgt berücksichtigt werden:

Lasteinwirkung:	
Eigengewicht:	kein Schubverbund
Schnee*:	voller Schubverbund bei unmittelbar belasteten Elementen, kein Schubverbund bei mittelbar belasteten Elementen
Verkehrslasten:	kein Schubverbund

* bauaufsichtlich derzeit nicht geregelt, Zulassung in Vorbereitung.

Wind*: voller Schubverbund
 stoßartige Belastung: voller Schubverbund
 Klimlast: Grenzbetrachtungen
 voller/kein Schubverbund

Verformungseinwirkung:
 Prinzipiell voller Schubverbund
 Ein genauerer Nachweis kann in Abhängigkeit von Belastungsdauer, Umgebungstemperatur und Art der Einwirkung geführt werden.

Für den Nachweis der Grenzzustände werden die Beanspruchungen für die entsprechenden Einwirkungen separat ermittelt und superponiert.

3.7 Verbundglas (VG)

3.7.1 Charakteristische Materialkennwerte

Für VG gelten die charakteristischen Werte der verwendeten Glaserzeugnisse. Als Zwischenmaterial dürfen die Materialien nach 3.9.2 verwendet werden. Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit (2.5.2) sind zu beachten. (Dazu kann es teilweise erforderlich sein, den Zwischenspalt des VG-Verbundes gegen Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen.)

3.7.2 Schubverbund

Bei Ansatz des Schubverbundes für Materialien gemäß 3.9.2 ist analog 3.6.2 zu verfahren.

3.8 Profilbauglas und Profilbauglas mit Drahtnetzeinlage*

3.8.1 Charakteristische Materialkennwerte

Profilbauglas ist ein Gußglas. Charakteristische Materialkennwerte sind nach DIN 52303-2 zu bestimmen. Ohne weitere Nachweise kann mit folgenden Werten gerechnet werden:

Flansche in der Zugzone:
 Biegezugfestigkeit: $\sigma_{k,t} = 40 \text{ N/mm}^2$

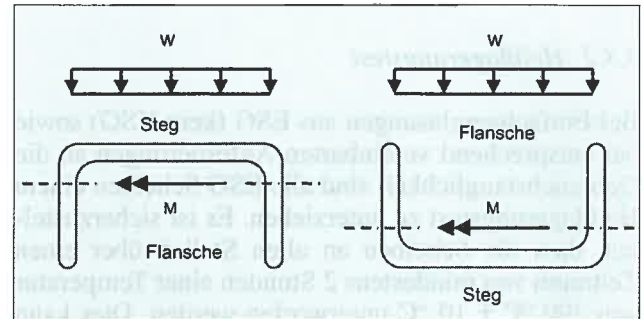
Steg in der Zugzone:
 Biegezugfestigkeit: $\sigma_{k,t} = 25 \text{ N/mm}^2$

unabhängig von der Belastungsrichtung:
 Druckfestigkeit: $\sigma_{k,c} = 300 \text{ N/mm}^2$
 E-Modul: $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$
 Querkontraktionszahl: $\mu = 0,22$
 Rohdichte: $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
 thermischer Längenausdehnungskoeff.: $\alpha_T = 9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

* Bauaufsichtliche Zulassung beantragt.

Die Anforderungen nach prEN 572-7 sind zu erfüllen.

Abb.: 3.1: Belastungsrichtungen Profilglas



Flansche in der Zugzone Steg in der Zugzone

3.8.2 Ausschnitte und Bohrungen

Ausschnitte und Bohrungen dürfen für Profilbauglas nur bei nichttragenden Bauteilen vorgenommen werden.

3.9 Zwischenmaterialien

3.9.1 Kunststoffzwischenmaterialien

Je nach Material sind entsprechende Regelungen (z.B. für Structural sealant glazing structures: ETA Richtlinie) anzuwenden bzw. die Brauchbarkeit im Einzelfall nachzuweisen. Sofern keine genaueren Werte bekannt sind, darf die Querkontraktionszahl mit $\mu = 0,45$ angesetzt werden; für den Elastizitätsmodul sind Grenzbetrachtungen anzustellen.

3.9.2 Verbundmaterialien

Neben den Anforderungen nach Abs. 2.5 müssen PVB-Folien die folgenden Eigenschaften aufweisen, falls nichts anderes gefordert wird:

- Reißfestigkeit bei 23 °C: $\geq 20 \text{ N/mm}^2$
- Bruchdehnung bei 23 °C: $\geq 250 \%$

Bei der Verwendung anderer Verbundmaterialien sind die Eigenschaften, insbesondere die Resttragfähigkeit und die Verbundwirkung, durch entsprechende Untersuchungen nachzuweisen, z.B. durch eine bauaufsichtliche Zulassung.

4 Grenzzustände der Tragfähigkeit

4.1 Anforderungen an die Berechnung

4.1.1 Berechnungsmodelle

- (1) Tragwerke mit besonderen Lagerungsbedingungen (z.B. punktgelagerte Tragwerke) oder beson-

deren Formen (z.B. Dreiecke, einspringende Ecken...) können in der Regel nur durch geeignete Rechenverfahren, z.B. mit Hilfe der Finite-Element-Methode hinreichend genau berechnet werden. Insbesondere die Erfassung lokaler Spannungsspitzen ist durch eine ausreichend feine Netzmodellierung zu gewährleisten.

- (2) Die Verformung der Unterkonstruktion ist bei den Nachweisen der Glaskonstruktion zu berücksichtigen. Sie muss nicht berücksichtigt werden, wenn die Durchbiegung der Auflagerprofile nicht mehr als 1/200 der aufzulagernden Scheibenlänge, höchstens jedoch 15 mm beträgt.
- (3) Alle nicht hinreichend gesicherten Annahmen (z.B. freie Drehbarkeit und/ oder Verschieblichkeit der Lagerpunkte) sind durch entsprechende Detailuntersuchungen oder ingenieurmäßige Grenz betrachtungen zu erfassen.

4.1.2 Klimalast

Für die realitätsnahe Berücksichtigung der Klimalasten sind sowohl die Einflüsse aus Luftdruck und Temperatur als auch der Koppeffekt der Isolierverglasung zu erfassen. Für Standardfälle kann das vereinfachte Rechenverfahren der Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (TRLV) angewendet werden.

4.1.3 Stoßlast

- (1) Weiche Stöße können rechnerisch oder experimentell nachgewiesen werden, harte Stöße erfordern einen experimentellen Nachweis.

4.2 Besondere Anforderungen

4.2.1 Vertikalverglasung

- (1) Über Verkehrsflächen, bei denen mit besonders hohem Verkehrsaufkommen von Personen zu rechnen ist, ist sicherzustellen, dass keine gefährdenden Bruchstücke herabfallen können. Dies kann durch die Verwendung von VSG/VG, zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen, speziellen Qualitätssicherungsmaßnahmen oder gleichwertigen Vorkehrungen erreicht werden.

4.2.2 Überkopfverglasungen

- (1) Überkopfverglasungen bedürfen zusätzlich eines Nachweises der Resttragfähigkeit.

4.2.3 Absturzsichernde Verglasungen*

Bei absturzsichernden Verglasungen sind insbesondere die Anpralllasten durch menschlichen Körperstoß

zu berücksichtigen. Ohne weiteren Nachweis kann dazu der Stoßkörper gemäß E DIN EN 12600 mit einer Fallhöhe von 450 mm** verwendet werden.

4.2.4 Begehbar / Betretbare Verglasungen***

4.2.4.1 Allgemeines

- (1) Es ist zu unterscheiden zwischen begehbarem und betretbarem Glas. Dabei ist die Absturzhöhe nicht maßgeblich.
- (2) Stoßversuche werden in Abs. 4.3.3 beschrieben.

4.2.4.2 Begehbar Verglasungen

- (1) Für begehbares Glas ist ein Aufbau aus Verbund-Sicherheitsglas (VSG) oder Verbundglas (VG) aus mindestens 3 Scheiben zu wählen. Die Deckscheibe (oberste Scheibe) darf beim rechnerischen Nachweis der Tragfähigkeit nicht angesetzt werden.
- (2) Im Regelfall sind folgende Belastungsfälle nachzuweisen:
 1. Einwirkung aus Eigengewicht und Verkehrslasten. Es tragen n-1 Scheiben.
 2. Einwirkung aus Eigengewicht und Verkehrslasten. Es tragen n-2 Scheiben. Für diese außergewöhnliche Bemessungssituation können die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung und Widerstand auf 1,0 gesetzt werden
 3. Einwirkung aus Eigengewicht und je m² Glasfläche eine Einzellast von P = 1,5 kN in ungünstiger Laststellung. Es tragen n-1 Scheiben.
 4. Einwirkung aus Eigengewicht und je m² Glasfläche eine Einzellast von P = 1,5 kN in ungünstiger Laststellung. Es tragen n-2 Scheiben. Für diese außergewöhnliche Bemessungssituation können die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung und Widerstand auf 1,0 gesetzt werden.
- (3) Die Aufstandsfläche für die Einzellasten beträgt 150 × 150 mm².

* In der Technischen Regel für absturzsichernde Verglasungen TRAV sind spezifische Vorgaben für die Verwendung verschiedener Glasarten enthalten.

** In TRAV werden abweichende Fallhöhen (450 mm, 700 mm, 900 mm) in Abhängigkeit der Konstruktionsart vorgegeben.

*** In Vorbereitung befindliche Regelungen der Bauaufsichtsbehörden enthalten teilweise abweichende Vorgaben.

4.2.4.3 Betretbare Verglasungen*

- (1) Glasscheiben, die nur zeitweise zu Wartungs- und Reinigungsarbeiten durch nicht mehr als 1 Person betreten werden, werden als betretbares Glas bezeichnet.
- (2) Für betretbares Glas muss Verbund-Sicherheitsglas (VSG) oder Verbundglas (VG) verwendet werden. Bei Isolierglasscheiben muß die untere Scheibe aus VSG/ VG bestehen.
- (3) Folgende Belastungsfälle sind nachzuweisen :
 1. Einwirkung aus Eigengewicht und Verkehrslasten. Es tragen alle Scheiben.
 2. Einwirkung aus Eigengewicht und je m² Glasfläche eine Einzellast von $P = 1,5 \text{ kN}$ in ungünstiger Laststellung. Es tragen alle Scheiben.
- (4) Die Aufstandsfläche für die Einzellasten beträgt $150 \times 150 \text{ mm}^2$.

4.2.5 Stabilitätsgefährdete Bauteile

Der Einfluss von geometrischen und strukturellen Imperfektionen ist zu berücksichtigen, wenn sie zu einer Vergrößerung der Beanspruchung führen. Die Vorverformungen sind in Abhängigkeit von Herstellverfahren und konstruktiven Randbedingungen festzulegen.

4.3 Bemessung auf der Grundlage von Versuchen

4.3.1 Allgemeines

Der Nachweis der Tragfähigkeit von Glaskonstruktionen darf auf Versuchen beruhen, wobei die Sicherheitsanforderungen denen eines rechnerischen Nachweises entsprechen müssen. Dies bedingt eine Berücksichtigung der tatsächlichen Randbedingungen und der Streuungen des Widerstandes. Bei Versuchen mit der Wertung „bestanden“ bzw. „nicht bestanden“ sind mindestens 3 Versuchskörper zu testen. Alle Versuche müssen als Ergebnis „bestanden“ aufweisen.

4.3.2 Nachweis der Resttragfähigkeit

In Abhängigkeit des Einsatzgebietes der Scheiben ist i.d.R. einer der beiden nachstehend angeführten Versuche durchzuführen.

1. Versuch A: Simulation Vandalismus, herabfallende Gegenstände o.ä.: Für den Nachweis der

Resttragfähigkeit wird ein Kugelfallversuch mit einer 4 kg schweren Stahlkugel aus 3 m Höhe durchgeführt. Das System darf nicht durchschlagen werden.

2. Versuch B: Simulation Spontanversagen, Kantenstoß o.ä.: Alle Scheiben der VSG-/VG-Scheibe werden durch Anschläge zerstört. Während des Versuchs wird eine Zusatzlast von $0,5 \text{ kN/m}^2$ aufgebracht.

Die Dauer der erforderlichen Resttragfähigkeit ist mit dem Betreiber der baulichen Anlage und der Bauaufsichtsbehörde in Abhängigkeit der einzuleitenden Sicherungsmaßnahmen abzustimmen.

4.3.3 Stoßbelastungen

4.3.3.1 Begehbare Verglasungen

Für den Nachweis der Tragfähigkeit unter stoßartiger Belastung ist ein Fallversuch mit einem 40 kg Stahlzylinder mit einer Aufprallfläche, bestehend aus einem Schraubkopf M 8 durchzuführen. Die Mindestfallhöhe beträgt 50 cm^* .

Die Versuchsscheiben sind mit einer Zusatzlast von 2 kN/m^2 , jedoch mindestens 1 kN , jeweils in ungünstigster Laststellung zu belasten. Die Resttragfähigkeitsdauer beträgt mindestens 30 Minuten.

4.3.3.2 Betretbare Verglasung

Für betretbare Verglasungen ist ein Fallversuch mit ein Kugelfallversuch mit einer 4 kg schweren Stahlkugel aus 1 m Höhe durchzuführen. Das System darf nicht durchschlagen werden. Vor dem Versuch ist eine Einzellast von 1 kN in ungünstiger Laststellung aufzubringen**.

5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Verformung eines Tragwerks als Folge von Beanspruchungen und als Folge von Temperatureinwirkungen und Zwängungslasten muss auf Werte begrenzt werden, die für die Art des Bauwerks angemessen sind. Hierbei sind mögliche Schadensfolgen sowie Nutzungsanforderungen und visuelle Anforderungen zu berücksichtigen.

* Bauaufsichtsbehörden fordern z.T. 80 cm Fallhöhe.

** Vorgaben der Berufsgenossenschaft (BG 18) sind ggf. zu berücksichtigen.

* Arbeitsschutzrechtliche Belange (z.B. DIN 4226) sind ggf. zu beachten.

5.2 Grenzwerte der Durchbiegung

Die Gebrauchstauglichkeitsanforderungen (Dichtheit, Abrutschen, Kantenversatz von benachbarten Scheiben etc.) sind durch entsprechende Nachweise einzuhalten. Als Anhaltswerte für Durchbiegungen wird $1/100$ (l = maßgebende Stützweite) verwendet. Verformungsbedingungen der Hersteller von Isolierverglasungen sind zusätzlich zu beachten.

6 Verbindungen

6.1 Klebeverbindungen

Klebeverbindungen müssen unter kontrollierten klimatischen Bedingungen werkseits hergestellt werden. Die Brauchbarkeit der Klebung muss in jedem Einzelfall nachgewiesen werden (Allg. bauaufsichtliche Zulassung, Zustimmung im Einzelfall).

6.2 Lochleibungsverbindungen

Für die Bemessung von Lochleibungsverbindungen ist die Kraftaufteilung auf die Verbindungsmittel, die Geometrie der Verbindung und das Materialverhalten der Verbindungsmittel zu berücksichtigen. Der direkte Kontakt zwischen Bolzen und Glasscheibe ist durch ein Hülsenmaterial dauerhaft auszuschließen. Dabei ist insbesondere die Größe des Kontaktbereiches, über den der Lochleibungsdruck von der Hülse in die Glasscheibe übertragen wird, maßgebend. Der Nachweis der Brauchbarkeit muss durch abgesicherte rechnerische Betrachtungen bzw. entsprechende Versuche erfolgen.

Folgende Konstruktionshinweise sind bei Lochleibungsverbindungen zu berücksichtigen:

- Einsatz von vorgespannten Gläsern
- Mindestglasdicke insgesamt $t = 12$ mm
- Mindestglasdicke bei Einsatz einer Einzelscheibe $t = 8$ mm
- Rand- und Bohrlochabstände nach DIN 1249 und DIN EN 1863, mindestens jedoch 40 mm
- Bohrlochdurchmesser ≥ 16 mm
- Hüsendicke bei Einsatz von Gießharz $t_H = 2 - 4$ mm

- Bei VSG-Scheiben mit einem Lochversatz von $\Delta l \geq 1,0$ mm dürfen für den Lastabtrag nur $n - 1$ Scheiben in der Berechnung angesetzt werden. Bei einem Versatz $\Delta l < 1,0$ mm darf die Gesamtdicke der VSG Scheibe in Rechnung gestellt werden.

7 Ausführung und Überwachung

7.1 Allgemeines

Die handwerkliche Sorgfalt bei der Herstellung, der Vorbereitung und dem Einbau der Baustoffe muss den anerkannten Regeln der Bautechnik entsprechen. Die Glaselemente dürfen nur von entsprechend geeignetem Personal (Schulung) hergestellt und eingebaut werden.

7.2 Baustoffe

Alle Materialien müssen vom Hersteller entsprechend gekennzeichnet bzw. durch Herstellerbescheinigung eindeutig erfasst werden*.

7.3 Konstruktionshinweise

Der Kontakt von Glas mit harten Werkstoffen ist überall dauerhaft zu vermeiden. Lokale Überbeanspruchung von Glas kann zum Versagen des gesamten Elementes führen. Da die Spannungsverhältnisse bei extrem lokaler Krafteinleitung nur unzureichend genau erfasst werden können, sollten derartige Situationen durch die konstruktive Detailausbildung ausgeschlossen werden. Weitere anwendungsspezifische Hinweise sind in TRLV und DIN 18516 enthalten.

7.4 Überwachung

7.4.1 Herstellungs- und Ausführungsüberwachung

Alle Scheiben müssen hinsichtlich Kantenverletzung o.ä. überprüft werden. Scheiben mit Kantenabplatzungen oder Ausmuschelungen, die tiefer als $1/10$ der Glasdicke sind, dürfen nicht eingebaut werden. Jede vorgespannte Scheibe muss durch einen keramisch eingebrannten Stempel, der auch nach Einbau der Scheibe sichtbar ist, gekennzeichnet sein.

7.4.2 Kontroll- und Überwachungssystem für ESG

Prüfbescheinigungen über durchgeführte Heat-Soak-Tests einschließlich der Angaben der Temperaturverläufe und einer Zuordnung zu den einzelnen Glas-

* Die Ü-Zeichen-Verordnung ist zu beachten.

scheiben sind vom Hersteller vorzulegen. Mit zwei Polfiltern kann die Existenz der Vorspannung stichprobenartig geprüft werden

7.4.3 Kontroll- und Überwachungssystem für TVG

Alle Scheiben müssen vom Hersteller hinsichtlich der Anforderungen nach DIN EN 1863 geprüft und gekennzeichnet werden.

Durch eine dritte Stelle sind die vom Hersteller durchgeführten Kontrollen stichprobenartig nach DIN EN 1863 zu überprüfen. Sofern für TVG noch kein eingeführtes Regelwerk bzw. keine bauaufsichtliche Zulassung besteht, ist die Biegezugfestigkeit und die Bruchstruktur für jedes Bauvorhaben zu untersuchen.

Die Anzahl der zu prüfenden Scheiben ist nach **Tabelle 7.1** festzulegen:

Tabelle 7.1: Anzahl der zu prüfenden TVG-Scheiben in Abhängigkeit von der Chargengröße

Chargengröße	Summe Versuchskörper	Messung der Oberflächendruckspannung	Biegefestigkeit	Bruchstruktur
< 200 Stück	4	4	3	1
< 500 Stück	8	8	6	2
< 2000 Stück	15	15	10	5
> 2000 Stück	30	30	20	10

- Eine Charge entspricht einer Produktionsmenge, die ohne zwischenzeitliche Veränderung der Ofenparameter hergestellt wird.
- Prüfscheiben müssen immer zu Mengen > 15 Scheiben zusammengefasst und gemeinsam ausgewertet werden.
- Die Abmessung der geprüften Scheibe ist nach DIN EN 1863 festzulegen.

Die bei der Überwachung gemessenen/bestimmten Werte sollen innerhalb folgender Grenzen liegen:

- Eingeprägte Oberflächendruckspannung:
50 N/mm² ± 10 N/mm² TVG (≤ 10 mm)
45 N/mm² ± 5 N/mm² TVG (12 mm)
- Biegezugfestigkeit: > 70 N/mm²

Eine stichprobenartige Überprüfung von Originalscheiben für die Größe der eingepägten Oberflächendruckspannung ist auf der Baustelle durchzuführen.

Alle Überprüfungen und Kontrollen sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

7.4.4 Überwachung nach Fertigstellung des Tragwerks

- (1) Ein Überwachungsprogramm sollte die Überwachungsmaßnahmen (Inspektion, Wartung) enthalten, die während der Nutzung auszuführen sind, falls für das Bauwerk auf Dauer eine Übereinstimmung mit den ursprünglichen Annahmen nicht angemessen sichergestellt ist.
- (2) Alle Informationen, die für die Nutzung im Gebrauchszustand und für die Wartung einer Konstruktion erforderlich sind, sollten der für das fertige Bauwerk verantwortlichen Person oder Behörde zugänglich gemacht werden.

Anhang

Anhang 1 Normative Verweisungen

ISO-Normen

- | | |
|----------|--|
| ISO 868 | Plastics and Ebonite – Determination of Indentation, Hardness by means of a Durameter (Shore-Härte) |
| ISO 1000 | SI-Einheiten und Festlegungen für die Anwendung ihrer Vielfachen und einiger anderer Einheiten |
| ISO 3207 | Statistische Auswertung von Daten: Bestimmung eines statistischen Toleranzintervalls |
| ISO 8930 | Allgemeine Grundsätze für die Zuverlässigkeit von Tragwerken; Verzeichnis der gleichbedeutenden Begriffe |

DIN-Normen, Europäische Normen und Normenentwürfe

- | | |
|-------------|--|
| DIN 1249-3 | Flachglas im Bauwesen – Spiegelglas |
| DIN 1249-10 | Flachglas im Bauwesen – Chemische und physikalische Eigenschaften, 08-1990 |
| DIN 1249-11 | Flachglas im Bauwesen – Glaskannten, 09-1986 |
| DIN 1249-12 | Flachglas im Bauwesen – Einscheiben-Sicherheitsglas, 09-1990 |
| DIN 1259-1 | Glas – Begriffe für Glasarten und Glasgruppen, 09-1986 |
| DIN 1259-2 | Glas – Begriffe für Glaserzeugnisse, 09-1986 |
| DIN 1286-1 | Mehrscheiben-Isolierglas, luftgefüllt, 04-1994 |
| DIN 1286-2 | Mehrscheiben-Isolierglas, gasgefüllt, 04-1994 |

DIN 18032-3	Sporthallen, Prüfung der Ballwurfsicherheit, 09-1979
DIN 18175	Glasbausteine, 05-1977
DIN 18516-4	Außenwandbekleidungen, hinterlüftet, Einscheiben-Sicherheitsglas, 02-1990
DIN 52290-4	Angriffhemmende Verglasungen, Prüfung auf durchwurfhemmende Eigenschaft, 11-1988
DIN 52292-1	Prüfung von Glas und Glaskeramik, Bestimmung der Biegefestigkeit, Doppelring-Biegeversuch, 04-1984
DIN 52299	Bestimmung der Oberflächendruckspannung von thermisch vorgespanntem Glas, (<i>Entwurf</i>)
DIN 52303-1	Flachglas – Bestimmung der Biegefestigkeit, Prüfung bei zweiseitiger Auflagerung, 08-1984
DIN 18545	Abdichten von Verglasungen mit Dichtstoffen
DIN 52303-2	Profilbauglas – Bestimmung der Biegefestigkeit, Prüfung bei zweiseitiger Auflagerung,
DIN 52317-1 bis -6	Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas, 01-1995, (<i>Entwurf</i>)
DIN 52338	Kugelfallversuch für Verbundglas, 09-1985
DIN 52349	Bruchstruktur von Glas für bauliche Anlagen, 08-1977
DIN 52460	Fugen- und Glasabdichtungen, 05-1991
DIN EN 356	Prüfverfahren und Klasseneinteilung für angriffhemmende Verglasungen für das Bauwesen, 01-1991
DIN EN 572-1	Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas, Definitionen und allgemeine physikalische und mechanische Eigenschaften, 01-1995
DIN EN 572-2	Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas – Floatglas, 01-1995
DIN EN 572-3	Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas – Poliertes Drahtglas, 01-1995
DIN EN 572-7	Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas – Profilbauglas mit oder ohne Drahteinlage, 11-1994
DIN EN 1863	Teilvorgespanntes Glas
prEN 1096-1	Beschichtetes Glas für das Bauwesen, 08-1993
prEN 1279	Mehrscheiben-Isolierglas, 08-1996
prEN 1288-3	Glas – Bestimmung der Biegefestigkeit,
prEN 12150	Thermisch vorgespanntes Sicherheitsglas, 04-1997
prEN 12337	Chemisch vorgespanntes Glas, 04-1997
prEN ISO 12543	Verbundglas und Verbund-Sicherheitsglas
prEN 12600	Pendelschlagversuch, 12-1996

Technische Regelwerke

- ETA-Richtlinie: Guideline for European Technical Approval for Structural Sealant Glazing Systems (SSGS), 10-1997
- Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen, Deutsches Institut für Bautechnik, 09/98

Anhang 2 Einheitliche Begriffe in den Eurocodes

Sofern im folgenden nichts anderes gesagt wird, wird die Terminologie nach ISO 8930 angewendet.

Folgende Begriffe werden einheitlich in allen Eurocodes mit folgender Bedeutung verwendet:

- **Bauwerk:**
Alles, was baulich erstellt wird oder von Bauarbeiten herrührt. Dieser Begriff beinhaltet Hochbauten und Ingenieurbauwerke. Er bezieht sich auf das vollständige Bauwerk, das sowohl tragende als auch nichttragende Teile enthält.
- **(Bau-) Ausführung:**
Die Tätigkeit des Erstellens eines Hochbaus oder eines Ingenieurbauwerkes. Der Begriff beinhaltet die Arbeiten auf der Baustelle; er kann auch die Fertigung von Bauteilen außerhalb der Baustelle sowie ihre anschließende Montage auf der Baustelle bezeichnen.
- **Tragwerk:**
Planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so verbunden sind, daß sie ein bestimmtes Tragverhalten aufweisen. Dieser Ausdruck bezieht sich auf tragende Teile.
- **Art des Bauwerks:**
Gibt seine beabsichtigte Nutzung an z.B. Wohnhaus, Wintergarten, Halle.
- **Art des Tragwerks:**
punktgelagerte Glasfassade, Hängebrücke.
- **Baustoff / Werkstoff:**
Der in dem Bauwerk verwendete Werkstoff, z.B. Beton, Stahl, Glas, Holz, Mauerwerk.
- **Bauart:**
Gibt die hauptsächlich verwendeten Baustoffe an, z.B. Stahlbetonbau, Stahlbau, Glasbau, Holzbau, Mauerwerksbau.
- **Bauverfahren:**
Art und Weise, in der das Bauwerk ausgeführt wird, z.B. Ortbeton, Fertigteilbau, Freivorbauweise.
- **Tragsystem:**
Die tragenden Teile eines Bauwerks und die Art und Weise, in der diese Teile ihre vorgesehene Funktion im Tragmodell erfüllen.

Anhang 3 S.I. Einheiten

SI-Einheiten sind in Übereinstimmung mit ISO 1000 zu verwenden. Für die statischen Berechnungen werden die folgenden Einheiten empfohlen:

■ Kräfte und Lasten:	kN, kN/m, kN/m ²
■ spezifische Masse (Dichte):	kg/m ³
■ spezifisches Gewicht (Wichte):	kN/m ³
■ Spannungen und Festigkeiten:	N/mm ² (= MN/m ² oder MPa)
■ Momente:	kNm

Anhang 4 Formelzeichen

1. Allgemeines

Im allgemeinen sind die Formelzeichen auf das nachfolgende System des Eurocode abgestimmt, welches eine Kombination von Haupt- und Fußzeigern darstellt, z.B.

$G_{d, sup}$	oberer Bemessungswert einer ständigen Last
$f_{u,k}$	charakteristische Biegefestigkeit
σ_{tmax}	maximale Hauptzugspannung

Solche Kombinationen werden zusammen mit speziellen Formelzeichen an denjenigen Stellen des Textes definiert, an denen sie benötigt werden.

2. Formelzeichen im Abschnitt 2

Hauptzeiger:

<i>A</i>	Außergewöhnliche Einwirkung
<i>C</i>	Fester Wert in Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit
<i>E</i>	Beanspruchung, Lastauswirkung
<i>F</i>	Einwirkung
<i>G</i>	ständige Einwirkung
<i>Q</i>	Veränderliche Einwirkung
<i>R</i>	Beanspruchbarkeit
<i>S</i>	Kraft oder Moment
<i>X</i>	Baustoffeigenschaft
<i>a</i>	Geometrische Größe
Δ_a	vergrößerndes oder verkleinerndes Element einer geometr. Größe
γ	Teilsicherheitsbeiwerte
γ_G	für ständige Einwirkungen
γ_{GA}	wie γ_G für außergewöhnliche Bemessungssituationen
γ_M	für Baustoffeigenschaften
γ_Q	für veränderliche Einwirkungen

Ψ	Beiwerte zur Bestimmung repräsentativer Werte veränderlicher Einwirkungen
Ψ_0	für Kombinationswerte
Ψ_1	für häufige Werte
Ψ_2	für quasi-ständige Werte

Fußzeiger:

Fußzeiger werden weggelassen, wenn Mehrdeutigkeiten ausgeschlossen sind.

<i>d</i>	Bemessungswert
<i>inf</i>	unterer
<i>k</i>	charakteristisch
<i>nom</i>	nominell, Nenn-
<i>sup</i>	oberer

3. Formelzeichen in den Abschnitten 3 und folgende:

Hauptzeiger:

<i>A</i>	Fläche
<i>E</i>	Elastizitätsmodul
<i>F</i>	Einwirkung
<i>G</i>	ständige Einwirkung
<i>I</i>	Flächenmoment 2. Grades
<i>L</i>	Länge
<i>M</i>	Biegemoment
<i>N</i>	Normalkraft, Längskraft
<i>Q</i>	Veränderliche Einwirkung
<i>R</i>	Beanspruchbarkeit
<i>S</i>	Schnittgrößen und Schnittkräfte
<i>V</i>	Querkraft
<i>V</i>	Volumen
<i>W</i>	Widerstandsmoment
<i>X</i>	Wert einer Baustoffeigenschaft

<i>a</i>	Abstand
<i>b</i>	Breite
<i>d</i>	Durchmesser
<i>e</i>	Ausmitte, Exzentrizität
<i>f</i>	Festigkeit (eines Baustoffs)
<i>h</i>	Höhe
<i>i</i>	Trägheitsradius
<i>k</i>	Koeffizient, Faktor (stets mit Fußzeiger)
<i>l</i>	Länge
<i>m</i>	Masse
<i>n</i>	Brechungsindex im sichtbaren Bereich
<i>r</i>	Radius
<i>s</i>	Abstand
<i>t</i>	Dicke
<i>u, v, w</i>	Komponenten der Verschiebung eines Punktes
<i>x, y, z</i>	Koordinaten

α	Winkel, Verhältnis	h	Lochleibung
α	thermischer Längenausdehnungskoeffizient zwischen 20 °C und 300 °C	inf	unterer
β	Winkel, Verhältnis	k	charakteristisch
γ	Teilsicherheitsbeiwert	l	niedrig
λ	Schlankheitsgrad	m	Material, Biegung
θ	Verdrehung	max	Größt-
ρ	Rohdichte	min	Kleinst-
σ	Spannung	nom	Nenn-
μ	Querkontraktionszahl	q	veränderliche Einwirkung (oder Q)
		ser	Gebrauchstauglichkeit
		sup	oberer
		t	Zug-
		tor	Torsion
		u	Bruch-
		v	Scher-, Schub-
		vol	Volumen
		x, y, z	Koordinaten
		05	entsprechendes Fraktile eines charakteristischen Wertes
Fußzeiger:			
c	Druck		
crit	kritisch		
d	Bemessungswert		
def	Deformation, Verformung		
dis	Verteilung		
DT	thermisch		
eff	effektiv, wirksam		
ext	äußerer		

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.

