



Der Prüferingenieur

26 April 2005

Seite 4

Die Prüferingenieure in Deutschland – Teil der deutschen Bau(un)kultur?

Seite 16

Komplexe Modellierungstechniken für Tragwerke im Grundwasser

Seite 24

Restnutzungsdauer und Ermüdungsbeanspruchung von Stahlbauten

Seite 34

Entwurfsgrammatiken – Ein Paradigmenwechsel?

Seite 44

Prüfen in Verbindung mit den bauaufsichtlich eingeführten Regeln

Seite 51

Bautechnische Prüfung und Baugenehmigungsverfahren

Seite 59

Hinweise zu Arbeits- und Schutzgerüsten

INHALT

EDITORIAL

Dipl.-Ing. Undine Klein:
Die Prüffingenieure in Deutschland – Teil der deutschen Bau(un)kultur? 4

NACHRICHTEN

- Die BVPI verabschiedete im Januar offiziell Dr.-Ing. Günter Timm 6
TOS Mitgliederversammlung vom 5. bis 7. Mai in Berlin 7
Zweite Auflage des Kurzfassung der DIN 1045-1 7
Dipl.-Ing. Heinz Steger neuer Vorsitzender des BÜV-Arbeitskreises Gerüste 8
Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüffingenieure im September in Fulda 8
Tradition am letzten Juni-Wochenende:
Die Arbeitstagung der Prüffingenieure in Baden-Württemberg 9
NRW: Die Kontrollstelle wird zur Verrechnungsstelle 9
Neuer DPÜ-Lehrgang: Zertifizierung zum Sachkundigen Planer 10
Fragen zur DIN 1045? 10
BÜV kündigt die Fertigstellung der Empfehlungen
zur Bemessung tragender Kunststoffbauteile an 11
Eisenbahn-Bundesamt strebt alsbaldige Verordnung für seine Sachverständigen an 11
BÜV veröffentlicht Checklisten zur Überwachung von Bauprodukten 12
BVPI-Symposium: Kooperationen und Netzwerke im Wohnungsbau 12
DPÜ-Arbeitskreis Katastrophenschutz diskutiert die Ziele seiner künftigen Arbeit 13
Handbuch der Planfeststellung für den Eisenbahnbau 13
Technischer Koordinierungsausschuss wählte einen stellvertretenden Vorsitzenden 14
Freudenstadter Berichtsbände noch verfügbar 14
NRW: Bautechnisches Seminar: DIN 1045 – Übergangsphase blieb ungenutzt 14
Dr.-Ing. Günter Timm: spiritus rector der freiberuflichen Prüftätigkeit in ganz Deutschland 15

BODENMECHANIK

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Conrad Boley/Dipl.-Ing. Florian Unold:
Komplexe Modellierungstechniken für Tragwerke im Grundwasser 16

STAHLBAU

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Sedlacek/Dipl.-Ing. Jörg Stötzel/Dipl.-Ing. Bertram Kühn:
Restnutzungsdauer und Ermüdungsbeanspruchung von Stahlbauten 24

ENTWURFSTHEORIE

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kröplin/Priv.-Doz. Dr.-Ing. Stephan Rudolph:
Entwurfsgrammatiken – Ein Paradigmenwechsel? 34

PRÜFFPRAxis

Dipl.-Ing. Hilmar Zander:
Prüfen in Verbindung mit den bauaufsichtlich eingeführten Regeln 44

PRÜFFPRAxis

Dipl.-Ing. Detlef Sagebiel:
Bautechnische Prüfung und Baugenehmigungsverfahren 51

GERÜSTBAU

Hinweise des BÜV-Arbeitskreises Gerüste zu Arbeits- und Schutzgerüsten 59

IMPRESSUM 66

Die Prüflingenieure in Deutschland – Teil der deutschen Bau(un)kultur?

„Wer sind wir eigentlich? Was bewirken wir mit unserer Tätigkeit als Prüflingenieure für Baustatik heute?“

Als mein nordrhein-westfälischer Kollege im Erweiterten Bundesvorstand der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI) mich das neulich fragte, da wusste ich zunächst als Ostfalin nicht, was er damit meinte. War doch immer klar: Dienstleister für Behörden und Ingenieurkollegen – immer und zu allen Zeiten – in der DDR und heute natürlich auch. Aber so einfach ist es eben nicht, weil der Prüflingenieur immer auch im Kontext staatlichen Handelns stand.

Von einer Autonomie des Prüflings konnte auch in der DDR keine Rede sein, denn schließlich erteilte den Prüflauftrag der diktatorische Staat. Auch wenn die Prüftätigkeit sehr viel eher im Planungsprozess begann und denselben konsequent begleitete, war gerade deshalb die Einflussnahme auf den Bauherrn über die Prüftätigkeit von der Vorplanung bis zur Konstruktion komplett und ganz preußisch durchorganisiert.

Heute wird das Verfahren dagegen freiheitlich (?) durch die Teilung in hoheitlich beauftragte und privatrechtliche Prüftätigkeit. Privatrechtliche Prüftätigkeit negiert durch die neu geschaffene Abhängigkeit des Prüflenden vom Bauherrn das Gemeinwohl. Andererseits ist der individuell beauftragende Bauherr mit der ihm im unübersichtlichen Baugenehmigungsverfahren zugeordneten Verantwortung letztlich überfordert. Die Baugenehmigung folgt mehrheitlich nicht mehr der „Schlusspunkttheorie“¹ und gibt keinerlei Rechtssicherheit. Im 4-Jahres-Rhythmus novellierte Bauordnungen sind für den oft nur einmal im Leben am Bau investierenden Bundesbürger schlicht ein Buch mit sieben Siegeln.

Wettbewerbsverzerrend können sich auch Architekten und Ingenieure nicht mehr auf diesen Turm zu Babylon der sechzehnsprachigen Bauordnungen der Länder einstellen. Auch die Musterbauordnung mit ihrem modularen Baukastensystem der unbegrenzten Möglichkeiten ist hier keine Orientierung mehr und



Dipl.-Ing. Undine Klein
Vizepräsidentin der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik (BVPI); Vorsitzende der Landesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik in Sachsen-Anhalt

führt die einigend gedachte „Bad Dürkheimer Vereinbarung“² ad absurdum. Höchstens „Sondervorhaben“ werden, dem Schutz der Großinvestitionen dienend, hinsichtlich der „Schlusspunkttheorie“ der Baugenehmigung und hinsichtlich der Prüfung der Standsicherheit staatlich reguliert und damit Rechtssicherheiten für diese geschaffen. Der kleine Mann kommt nicht in den Genuss staatlicher Fürsorge und zahlt resultierenden Schaden später selbst. Wo bleibt die Gleichbehandlung?

Bauen wird nicht mehr als kultureller Prozess erkannt. Die Errungenschaften einer sich differenzierenden Gesellschaft werden nicht mehr einbezogen. Dabei ist Innovation in der Gesellschaft ohne Reflexion der ablaufenden Prozesse nicht möglich.

Wer von den Abgeordneten nimmt sich im parlamentarischen Vier-Jahres-Rhythmus novellierter Bauordnungen noch die Muße der Reflexion? Die Logik des demokratischen Systems verhindert dies offenbar. Nach vier Jahren erfolgt eine Wahl. Wie am Aktienmarkt wird Kassensturz gemacht und Aktien steigen nun mal bei Ankündigung von Abbaumaßnahmen. Nur dass nach der Phase der tatsächlichen Entlassungen und Konsolidierungen ein Unternehmen am Aktienmarkt meistens nicht mehr vorhanden ist oder seine Verluste an den kleinen Mann vergesellschaftet werden.

Wer kann nach vier oder acht Jahren bereits sagen, welche Auswirkungen die Aufgabe so tief greifender Errungenschaften wie der „Schlusspunkttheorie für die Baugenehmigung“ oder der „statischen Sicherheit am Bauwerk“ für künftige Generationen in Deutschland haben wird? Bedeutet die bewusste Aufgabe der beiden Rechtsinstitute dann folgerichtig, dass Gerichtsverfahren mit Insolvenzen, Bauunfälle oder sogar Tote geduldet bzw. erwünscht sind? Die diesbezüglich unreflektierte Darstellung in den politisch verantworteten Medien und in den Rechtsmedien erlaubt diese Interpretation.

Es ist bedenklich, Zeitgeist mit Modernisierung zu verwechseln. Für beide zeigen sich erst nach Jahren

die traurigen oder erfreulichen Folgen, wenn eben an der Entwicklung vorbei oder der Entwicklung vorausgedacht wurde.

Wissenschaft und Technik verführen, weil sich gestaltlos und unhörbar unter der von der Gesellschaft wahrnehmbaren Oberfläche Wandlungen und Veränderungen vollziehen. Wenn die gesellschaftliche Reflexion auf diese Prozesse fehlt, wird erst im fortgeschrittenen Stadium die Wahrnehmung aktiviert und dann zu einer ungeeigneten Überreaktion – hier Deregulierung oder genauer Überregulierung von dafür ungeeigneten Sachzusammenhängen – führen. Dabei handelt es sich im Sinne der Systemanalyse um rückgekoppelte Prozesse, die auf das bestehende System wieder einwirken – hier z. B. als Zerstörung des eingeübten Prüfungssystems mit seinen bisher vorteilhaften, weil präventiven Wirkungen.

Deregulierung ist also eine politisch gewollte Profilierung am falschen Platz, denn sie sichert nicht die Evolution des Baugenehmigungsverfahrens und des involvierten Prüfwesens, sondern verhindert diese. Es ist eine Absage an die Baukultur im Sinne der Cleverness der Bauträger. Diese dem Baugenehmigungsverfahren innewohnende selbst gestaltende Kraft hat es bisher ermöglicht, mit geänderten Anforderungen sinnvoll umzugehen.

Gletscher kann man nur einmal abschmelzen. Die Folgen für die Umwelt sind unumkehrbar, das ist bekannt.

Nach dem Untergang der DDR haben wir ostdeutschen Prüflingenieur*innen uns den neuen Verhältnissen nicht verschlossen und unternahmen die ersten Schritte auf das Prüfwesen der alten Bundesrepublik zu. Wir hatten aber einige Errungenschaften im Gepäck, die noch auf ihre Umsetzung in jetzige Verhältnisse warten: z. B. das System der „Schadenskartei“³ mit der Rückkopplung an die „Vorschriften der staatlichen Bauaufsicht“⁴ – ein brauchbares Modell bei Einführung einer neuen Normengeneration, wenn Schadenspotenzial der neuen Normung aus erst noch zu gewinnender Erfahrung ausgeglichen werden muss, oder z. B. das Instrument der „Prüfverzichte“⁵ statt heutiger unvollständiger Freistellungskataloge, weil die „verzichtende“ Bauaufsichtsbehörde den Einzelfall eigenverantwortlich prüfen und begründen kann. Schließlich darf dem genehmigenden Verwaltungsbeamten zugetraut werden, dass er berufserfahren seine Verzichte beurteilen kann.

Diese kleinen Einzellösungen haben sich wegen ihrer schnelleren Verfügbarkeit im Bauordnungsverfahren damals als hilfreicher und angepasster erwiesen, als das heutige überbordende unkontrollierbare und doch immer wieder unvollständige Mammut-Baunebenrecht.

Allerdings sind solche Verwaltungshilfen besser von einem Ingenieur als von einem Juristen zu handhaben.

Die ARGEBAU führt übrigens keine Schadenskartei mit Rückkopplung über das DIBt an die Einführung Technischer Baubestimmungen. So kann es keine reflektierende Auswertung von Schäden geben. Die Folge ist politisch gewollt: keine Erkenntnisse aus bisherigem Handeln.

Medienbesitzer sind gescheitert: Einschaltquoten werden taggenau erfasst – Bauwerksschäden leider nicht.

Juristisches Handwerkszeug der großen Kriterienkataloge wird der ordnenden Baukultur und der technischen Seite der Baukunst nicht gerecht. Kultur und Kunst erfordern Kreativität und nicht schablonenhaftes Denken. Einen Bauschadensprozess kann der Richter dann auch nicht ohne Ansehen des Einzelfalles führen. Er wird erst nachholen müssen, was das Katalogsystem nicht erfasst hat. Folgerichtig hat die Anzahl der Schadensprozesse und Beweissicherungsverfahren seit Einführung privatrechtlicher Prüftätigkeit um 30 bis 40 Prozent zugenommen.

Das Prüfwesen muss von der Tagespolitik entkoppelt werden, wenn es sich zum Nutzen der Gesellschaft weiterentwickeln soll. Anderenfalls wird es schlussendlich keine Sicherheit am Bau mehr geben – keine Rechtssicherheit der Baugenehmigung und keine technische Sicherheit für Leib und Leben.

Unsere deutsche Baukultur stellte bisher die Weiterentwicklung zu einem höchstentwickelten System in Europa dar. Wir können das würdigen oder ihren Ausverkauf betreiben.

¹ Schlusspunkttheorie für die Baugenehmigung: Danach wird die Baugenehmigung nur erteilt, wenn sämtliches Baunebenrecht sowie das Bauplanungs- und das Bauordnungsrecht mit abgeprüft ist und der Baugenehmigung nichts entgegensteht. Die dadurch erreichte Rechtssicherheit bewirkt z. B., dass vor 80 Jahren erteilte Baugenehmigungen noch heute Bestandsschutz für in Städten angesiedeltes Gewerbe sichern und so einem Ausbluten der Städte entgegenwirken.

² Bad Dürkheimer Vereinbarung: In dieser haben sich die Bundesländer verpflichtet, eine Musterbauordnung zu erarbeiten und „von diesem Musterentwurf tunlichst nur insoweit abzuweichen, als dies durch örtliche Bedingungen geboten ist.“

³ Schadenskartei der ehemaligen DDR: In dieser wurden alle Bauunfälle und Bauschäden ab einer definierten Größenordnung dokumentiert, die technischen Ursachen dargestellt und ausgewertet.

⁴ Vorschriften der staatlichen Bauaufsicht der DDR: Temporär gültiges Vorschriftenwerk im Sinne heutiger Technischer Baubestimmungen, welches in Auswertung der vorgenannten Schadenskartei entstand und bis zum eigentlichen Ersatz fehlerhafter oder fehlender Technischer Baubestimmungen in Kraft trat.

⁵ Prüfverzichte: In der Bauordnung der DDR verankertes materielles Recht der Bauaufsichtsbehörden, die zu einem Bauantrag gehörigen Bauvorlagen gänzlich oder teilweise und nach pflichtgemäßem Ermessen dem Verzicht auf bauaufsichtliche Prüfung und / oder dem Verzicht auf Prüfung der „Standssicherheit“ zu unterwerfen. Die Anwendung diente der Verkürzung des Prüfverfahrens bei eindeutig gelagerten Fällen, bei Wiederholungen usw..

Die BVPI verabschiedete im Januar offiziell Dr.-Ing. Günter Timm

Stets hat er das fachübergreifende Denken und die ganzheitliche Prüfung propagiert

Nach 14-jähriger Tätigkeit hat die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI) im Januar 2005 Dr.-Ing. Günter Timm als ihren Präsidenten aus diesem Amt offiziell verabschiedet. Wie in der Oktober-Ausgabe 2004 schon ausführlich gemeldet, ist Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä im Rahmen der letzten BVPI-Mitgliederversammlung im September in Hamburg zu seinem Nachfolger gewählt worden.

Der stehende Beifall im Hamburger Thalia-Theater galt am Abend nach der Präsidentenwahl allein einem Mann: Dr.-Ing. Günter Timm. Die Mitglieder der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure für Bautechnik ließen es sich nämlich nicht nehmen, der berufspolitischen Leistung ihres Präsidenten an diesem Abend auf diese Art ihren Tribut zu zollen. Immerhin hat Timm 14 Jahre lang die Geschicke der Bundesvereinigung der Prüfsingenieure vorgedacht und gesteuert. In dieser Zeit hat er mit außergewöhnlichem Engagement und unermüdlichem ehrenamtlichem Einsatz die Bundesvereinigung der Prüfsingenieure als einen Berufsverband etabliert, der sich über die Grenzen der Prüftätigkeit hinaus durch sein fachliches Know-how einen Namen gemacht hat.

Die durch ihn initiierten Maßnahmen waren sofort spürbar: Der Zusammenschluss mit den Prüfsingenieuren aus den neuen Bundesländern lag ihm besonders am Herzen und seiner Initiative ist die heute gut funktionierende Zusammenarbeit über alle Ländergrenzen hinweg zu verdanken. 1992 wurde die Zeitschrift „Der Prüfsingenieur“ durch ihn als Herausgeber ins Leben gerufen, die sich schnell als anerkanntes Organ in Fachkreisen einen Namen machte. 1994 gründete er die Geschäftsstelle, mit deren Unterstützung er in den letzten zehn Jahren



Nach vierzehnjähriger Amtszeit als BVPI-Präsident hat Dr.-Ing. Günter Timm sich im Januar endgültig aus dem Amt verabschiedet und seine Aufgaben seinem Nachfolger, Dr.-Ing. Hans Peter Andrä, übergeben.

so manchen Stein ins Rollen gebracht hat.

Er hat das fachübergreifende Denken durch die Förderung der ganzheitlichen Prüfung manifestiert und durch die Gründung des Bau-Überwachungsvereins (BÜV) sowie der Förderung des Deutschen Institutes für Prüfung und Überwachung (DPÜ) und der Technischen Organisation von Sachverständigen (TOS) die Basis geschaffen, um vorausschauend tätig zu werden. Dadurch konnten den Prüfsingenieuren viele Wege für zukünftige Tätigkeitsfelder ebnen und gewiesen werden.

Timm hat in fünf Ausschüssen des Normenausschusses-Bau und in sechs Ausschüssen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) sowie in einer Reihe anderer Institutionen jahrelang, teilweise sogar jahrzehntelang mitgearbeitet und die Prüfsingenieure in all diesen Gremien vertreten, aber darüber hinaus auch fachlich und menschlich Spuren hinterlassen, die den Kollegen, den Mitstreitern und den Mitgliedern wegweisend waren und noch immer sind.

Eine scheinbar endlose Liste von Veröffentlichungen ist ihm zuzuschreiben, besonders ist auf die kommentierte Kurzfassung der DIN 1045-1 hinzuweisen, die unter seiner Regie vorangetrieben wurde sowie die vielen Fachveröffentlichungen in den Bereichen Silos, Einwirkungen und des wasserundurchlässigen Betons. Außerdem setzte er sich stets für die umfassende Ausbildung des Bauingenieurs ein.

Dass die Qualität der Bauwerke für ihn von immenser Wichtigkeit war und ist, hat er immer wieder deutlich gemacht und in diesem Sinne die Prüfsingenieure in Politik und in der Öffentlichkeit kompetent und engagiert vertreten. Auch gegen die fortschreitende Deregulierung hat er sich stets eingesetzt.

Die ehrenamtlichen Tätigkeiten hat Timm umfassend nur leisten können, weil ihm die tägliche Arbeit zur Führung eines großen Ingenieurbüros gezeigt hat, wesentliche Aufgaben konzentriert und umfassend zu bearbeiten. Seine überwiegende Leistung umfasst die Objektplanung von Industrie-,

Gewerbe-, Brücken- und Wasserbauten im In- und Ausland und selbstverständlich die Tragwerksplanung. Sein besonderes Anliegen war immer, eine zweckmäßige und wirtschaftliche Konstruktion zu finden.

Die Mitglieder der BVPI haben Dr. Timm nur schweren Herzens und mit tiefer Dankbarkeit verabschiedet. Seine Ernennung zum Ehrenpräsidenten lässt allen die Hoffnung, dass er der BVPI auch weiterhin verbunden bleibt.

Zweite Auflage der Kurzfassung der DIN 1045-1

In unserer Oktober-Ausgabe 2004 hatten wir auf die so hilfreiche kommentierte Kurzfassung der DIN 1045-1 hingewiesen, die der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein (DBV), die Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik (BVPI), der Verband Beratender Ingenieure (VBI) und das Institut für Stahlbetonbewehrung (ISB) damals erstmals herausgegeben hatten, um den Tragwerksplanern den Übergang zur neuen Norm zu erleichtern. Das Buch ist so überaus erfolgreich, dass die beiden Verlage, die das Buch edieren – der Beuth-Verlag in Berlin und der IRB-Verlag in Stuttgart – im April 2005 schon die zweite Auflage anbieten.

Sie enthält alle neuen und relevanten Berichtigungen zur DIN 1045-1 (inkl. 2. Berichtigung 2005) und zum DAfStb-Heft 525. Darüber hinaus haben die ersten Praxiserfahrungen zu weiteren oder leichter verständlichen Kommentaren Anlass gegeben. Nicht zuletzt wurde auch der aktuelle Stand der Auslegungen zur DIN 1045-1 berücksichtigt.

www.beuth-de
www.irb-fraunhofer.de

TOS-Mitgliederversammlung vom 5. bis 7. Mai in Berlin

Für alle Fachgruppen gibt es ein aktuelles Programm

Die Technische Organisation von Sachverständigen TOS führt vom 5. bis 7. Mai im Maritim-Hotel in Berlin ihre diesjährige Mitgliederversammlung durch. Neben den Regularien zur Erledigung des organisatorischen Verbandslebens, neben einem attraktiven Damenprogramm und einem festlichen Gala-Abend, stehen am Nachmittag des 6. Mai und am Vormittag des 7. Mai die TOS-Fortbildungsveranstaltungen auf der Tagesordnung, die für alle Fachgruppen angesetzt worden sind.

Folgende Themen sind unter anderem vorgesehen:

Fachgruppe Elektrotechnik (6. Mai):

- BOS Gebäude und Tunnel-funksysteme,
- Informationen über den Stand der Einführung der DIN VDE 0100 Teil 718 und der eingeführten DIN VDE 0108 Teil 100.

Fachgruppe Lüftungstechnik (6. Mai):

- Übersicht über neue Normen und technische Regeln,
- Reform der DIN 1946, Teil 2.

Fachgruppe Fördertechnik/Aufzüge (6. Mai):

- Erhöhung der Sicherheit bestehender P+L-Aufzüge,
- Stand der Akkreditierung nach MRL,
- Benannte Stelle NB-L 0686 (Stand der Reakkreditierung - Vorgaben der ZLS, Checkliste, Messgeräte).

Fachgruppe Geräte-, Anlagen- und Verfahrenssicherheit (6. Mai):

- Stand der Akkreditierung als zugelassene Überwachungsstelle,

- Druckgeräterichtlinie,
- Betriebssicherheitsverordnung,
- ortsveränderliche Druckgeräte.

Fachgruppe Elektrotechnik (7. Mai):

- Einsatz von Messsystemen zur Abnahme von Anlagen nach DIN VDE 0828,
- Spannungsqualität nach EN 50160.

Fachgruppe Lüftungstechnik (7. Mai):

- Hygiene in OP-Räumen.

Fachgruppe Umwelttechnik und Entsorgungswirtschaft (7. Mai):

- Umweltgutachter,
- Sachverständiger nach BImSchG,
- Zertifizierung nach Entsorgungsfachbetriebsverordnung,
- Zertifizierung nach Altfahrzeugverordnung,
- Informationen über den Arbeitskreis Biogas.

Fachgruppe Energie und Bauwerk (7. Mai):

- Gebäude-Energie-Pass.

Dipl.-Ing. Heinz Steiger neuer Vorsitzender des BÜV-Arbeitskreises Gerüste

Uwe Schmiedel wurde mit großem Dank für seine Arbeit verabschiedet

Der Arbeitskreis Gerüste des Bau-Überwachungsvereins (BÜV) hat sich neu formiert. Er wird seine Arbeit unter der Leitung von Dipl.-Ing. Heinz Steiger (Krebs + Kiefer) fortsetzen, die der bisherige Leiter, Dipl.-Ing. Uwe Schmiedel, in so hervorragender und erfolgreicher Weise koordiniert hatte.

Schmiedels unermüdlichem Einsatz ist es zu verdanken, dass der Arbeitskreis Gerüste im BÜV in intensiver Zusammenarbeit und in teilweise auch kontroversen Diskussionen mit der Gerüstbau-Industrie und mit der Bundesin-nung Gerüstbau gemeinsam die „Empfehlungen der Prüfengeieure für die Prüfung von Traggerü-

sten (*Der Prüfengeieur* Oktober 2002) und die „Hinweise zu Arbeits- und Schutzgerüsten erarbei-ten konnte, die in dieser Ausgabe des *Prüfengeieurs* zu finden sind.

Der Arbeitskreis verabschiedete Schmiedel mit sehr viel Dank und Anerkennung für die Arbeit, die er in den letzten Jah-

ren geleistet hat. Er wird dem Arbeitskreis bei Bedarf weiterhin beratend zur Verfügung stehen.

Bei dieser Gelegenheit wendet sich der Arbeitskreis Gerüste erneut an alle in der Praxis Tätigen, tägliche Probleme oder Unklarheiten in oder mit Vorschriften, die einer allgemeinen Klärung bedürfen, zu melden. Diese werden dann bearbeitet und in Empfehlungen zur Handhabung mitgeteilt.

Zuschriften bitte an Fax: 040/353565 oder info@buev-ev.de

Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeieure im September in Fulda

Mit einem umfangreichen Vortragsprogramm und einem zugkräftigen Damen- und Beiprogramm

Die diesjährige Arbeitstagung der Bundesvereinigung der Prüfengeieure für Bautechnik wird vom 25. bis 27. September in Fulda stattfinden und ein inhaltsreiches Fachprogramm und ein attraktives Beiprogramm bieten.

Obwohl das vollständige Programm der Arbeitstagung bei Redaktionsschluss dieser Ausgabe noch nicht feststand, weist die Bundesvereinigung schon jetzt auf den Termin im Maritim-Hotel Am Schlossgarten in Fulda hin.

Für die Fachvorträge am Montag, dem 26. September, und am Dienstag, dem 27. September, sind einige Schwerpunkte diskutiert worden, die folgende Themen zum Inhalt hatten:

- Baudynamik,
- Erschütterungsschutz,
- Glockentürme,
- Brandschutz,

■ Nachweisarten

- gem. statischer Berechnung
- gem. eingeführter Normen,
- gem. Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt),
- gem. Genehmigung im Einzelfall.

Die hessische Landesvereinigung wird im Beiprogramm einige Überraschungen und Spezialitäten vorbereiten und anbieten.

Die Einladungen und das fertige Programm wird die Geschäftsstelle der Bundesvereinigung der Prüfengeieure im Juni versenden.

LV Rheinland-Pfalz begeht ihr 50.

Prüfengeieure feiern im Oktober im kurfürstlichen Schloss in Mainz

Die Landesvereinigung der Prüfengeieure in Rheinland-Pfalz wird im Oktober dieses Jahres auf eine 50-jährige Tätigkeit für die Sicherheit und Nachhaltigkeit von Bauwerken im Sinne des Verbraucherschutzes zurückblicken. Anlässlich dieses Jubiläums findet am Samstag, dem 15. Oktober, im kurfürstlichen Schloss in Mainz eine Festveranstaltung statt. Neben Vorträgen und Festreden wird ein buntes Unterhaltungsprogramm geboten. Außerdem wird zum 50-jährigen Bestehen eine Festschrift gedruckt.

Auskünfte erteilt die Landesvereinigung unter Tel.: 06531/952312

Tradition am letzten Juni-Wochenende: Die Arbeitstagung der Prüfindgenieure in Baden-Württemberg

Aktuelle Fachvorträge und ein attraktives Rahmenprogramm

Wie üblich am letzten Juni-Wochenende, in diesem Jahr ist es der 24. und der 25., treffen sich die Prüfindgenieure aus Baden-Württemberg auch in diesem Jahr wieder mit ihren Kolleginnen und Kollegen aus den anderen Bundesländern und mit Gästen aus Verwaltung und Industrie zur alljährlichen Arbeitstagung.

Für die Fachtagung sind folgende Vorträge vorgesehen:

■ Dr.-Ing. Karl Kuhnhenh (Bung Ingenieure, Heidelberg) wird als seinerzeitiger Projektsteuerer über das Planen und das Bauen für Olympia 2004 in Athen berichten, insbesondere über das große Olympiadaeh und dessen Vershub.

■ Ministerialrat Dipl.-Ing. Helmut Ernst vom baden-württembergischen Innenministerium wird einen Überblick über den aktuellen Stand der Normung und der baurechtlichen Verbindlichkeit verschiedener aktualisierter Vorschriften geben.

■ Mit den Problemen und dem

Stand der Umsetzung der neuen Betonnormen DIN 1045-1 bis 3 wird sich Dr. Fingerloos vom Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein in seinem Referat befassen. Er wird auch über den Stand der Auslegung von immerhin ca. 150 bisher behandelten Anfragen zu DIN 1045 neu Auskunft geben.

■ Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Saal (Universität Karlsruhe) wird in seinem Vortrag zum Bereich des Stahlbaus insbesondere die Behandlung von dickwandigen Stahlbauteilen in der Konstruktion und im baurechtlichen Verfahren ansprechen.

■ Prof. Dr.-Ing. Ömer Bucak (FH München) wird in seinem

Vortrag neue Entwicklungen aus dem Bereich des Stahl- und des Glasbaus vorstellen.

■ Der Neufassung der Erdbebenvorschrift DIN 4149 wird ein Doppelvortrag gewidmet. Prof. Dr.-Ing. Konstantin Meskouris (RWTH Aachen) wird die Inhalte der Norm ansprechen, Ministerialrat Ernst wird die baurechtliche Seite beleuchten und Hinweise auf die von der Obersten Baurechtsbehörde des Landes Baden-Württemberg ausgearbeitete neue Erdbebenfibel geben.

Umrahmt wird die Veranstaltung für die begleitenden Damen von einem Ausflug in die Welt des Schmucks nach Pforzheim und am Freitagabend vom traditionellen Gesellschaftsabend im Kurhaus von Freudenstadt.

Dipl.-Ing. Josef Steiner

Nordrhein-Westfalen: Die Kontrollstelle wird zur Verrechnungsstelle

In der 2. Jahreshälfte wird sie ihre Arbeit aufnehmen

Die Mitgliederversammlung der Landesvereinigung der Prüfindgenieure für Baustatik in Nordrhein-Westfalen hat die Errichtung einer Bewertungs- und Verrechnungsstelle für Nordrhein-Westfalen beschlossen.

Die neue „bvs-NRW“ wird gegenüber der bisherigen Kontrollstelle auch die Honorarermittlungen, die Vertragsgestaltung und den Zahlungsverkehr übernehmen.

Zurzeit arbeitet ein Arbeitskreis der Landesvereinigung an

den Vorbereitungen für den nahtlosen Übergang von der Kontrollstelle zur Verrechnungsstelle. Dabei orientiert sich dieser Arbeitskreis an den bereits eingerichteten Verrechnungsstellen in anderen Bundesländern. Die bvs-NRW wird voraussichtlich in der zwei-

ten Jahreshälfte ihre Arbeit aufnehmen können. Ab dann stehen den staatlich anerkannten Sachverständigen für die Prüfung der Standsicherheit die Dienste der bvs-NRW für alle Prüfungen nach der Landesbauordnung und nach der Sachverständigenverordnung zur Verfügung.

Auskünfte erteilt die BKS-NRW unter Tel.: 0201/43872-0.

Neuer DPÜ-Lehrgang: Zertifizierung zum Sachkundigen Planer

Bisher 30 Absolventen/Im Herbst findet der nächste Lehrgang statt

Die Zertifizierstelle des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) wird im Herbst 2005 einen viertägigen Lehrgang durchführen, mit dem Ingenieure jene Kenntnisse für die Beurteilung und Planung von Instandsetzungsarbeiten an Betonbauwerken erlangen können, mit denen sie gemäß der Richtlinie für den Schutz und die Instandsetzung von Betonbauteilen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) als Sachkundiger Planer zertifiziert werden können.

Bekanntlich wird das Baustellenpersonal schon seit Jahren mit dem so genannten SIVV-Schein (Schützen, Instandsetzen, Verbinden, Verstärken) weitergebildet. Die erforderlichen Kenntnisse für Ingenieure wurden bisher aber nicht vermittelt. Dieser Aufgabe hat sich das DPÜ gewidmet und entsprechende, richtlinienkonforme Anforderungen an den Sachkundigen Planer definiert und für einen speziellen Lehrgang aufbereitet.

Der neue Lehrgang vermittelt Kenntnisse in folgenden Bereichen:

- aktuelle Regelwerke,

- Abgrenzungen/Planbarkeit,
- Zustandsaufnahme von Betonbauwerken,
- Instandsetzungskonzept/Ausschreibungen,
- Durchführbarkeit von Instandsetzungen,
- Gerüstbau, Möglichkeiten und Beschränkungen

u. v. a.

Die Teilnehmer müssen über Vorkenntnisse im Bereich Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen verfügen und werden am Ende einer schriftlichen und mündlichen Prüfung unterzo-

gen. Nach bestandener Prüfung kann dem Sachkundigen Planer ein Vertrag über die Zusammenarbeit mit der Zertifizierstelle des DPÜ angeboten werden.

Damit geht einher, dass

- ein Qualitätsmanagementsystem anzuwenden ist,
- jährliche Weiterbildungsveranstaltungen angeboten werden und
- in regelmäßigen Audits die Arbeitsweise des zertifizierten Sachkundigen Planers kontrolliert wird.

Der Bauherr kann somit sicher gehen, dass der von ihm beauftragte Sachkundige Planer auch die notwendige fachliche Qualität mitbringt und diese auch beibehalten wird.

Ein so zertifizierter Sachkundiger Planer bietet dem Bauherrn große Kompetenz und Zuverlässigkeit. Die zertifizierten Sachverständigen des DPÜ wirken partnerschaftlich mit den am Bau Beteiligten zusammen und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung.

In einem ersten Durchgang dieses Lehrgangs wurden im Februar dieses Jahres bereits 30 Ingenieure und Planer zum Sachkundigen Planer weitergebildet und geprüft.

Das DPÜ fördert die unabhängige baubegleitende Prüfung und Überwachung auf den Gebieten der technischen und bautechnischen Sicherheit.

Interessenten wenden sich an:
DPÜ-Zertifizierstelle GmbH
Ferdinandstr. 47, 20095 Hamburg
Tel.: 040 / 35 72 52-0
Fax: 040 / 35 35 65

Fragen zur DIN 1054?

Der NABau bietet im Internet ein Formular an

Im Januar 2005 ist bekanntlich die neue DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau erschienen. Sie ist Teil eines einheitlichen neuen deutschen Normenwerks für den konstruktiven Ingenieurbau auf der Grundlage des Teilsicherheitskonzepts der Eurocodes. Es ist daher zu erwarten, dass sich für die Anwender eine Reihe von Auslegungsfragen ergeben. Um diese zu beantworten, kann auf der Homepage des NABau ein Fragefor-

mular heruntergeladen werden, in das die Frage eingetragen und wieder an den NABau versendet werden kann. Die Frage wird vom Arbeitsausschuss „Sicherheit im Erd- und Grundbau“ bearbeitet. Die Antwort wird an den Anfragenden weitergeleitet und gleichzeitig zur allgemeinen Kenntnisnahme auf der Homepage des NABau unter der Rubrik „Antworten zu Auslegungsfragen“ veröffentlicht.

www2.nabau.din.de

BÜV kündigt die Fertigstellung der Empfehlungen zur Bemessung tragender Kunststoffbauteile an

Änderungen und Ergänzungen können noch vorgeschlagen werden

Der Bau-Überwachungsverein BÜV wird in der nächsten Ausgabe dieser Zeitschrift (Oktober 2005) die bis dahin endgültig fertig gestellten „Empfehlungen“ für Entwurf, Konstruktion und Bemessung tragender Konstruktionen des Hoch- und Ingenieurbaus veröffentlichten.

Der Entwurf dieser Empfehlungen wurde von einem Arbeitskreis erarbeitet, der aus solchen Beratenden Ingenieuren, Prüfingenieuren und Hochschullehrern zusammengesetzt ist, die Erfahrung mit dem Bemessen, Konstruieren und Prüfen von tragenden Kunststoffbauteilen haben. Mit dem Oktober-Heft 2002 war der Entwurf erstmals im Internet veröffentlicht und damit der Fachöffentlichkeit

zur Diskussion vorgelegt worden. Er wurde seit seinem Erscheinen in vielen Fachgremien diskutiert, und viele Änderungs- und Ergänzungswünsche sind dem BÜV zu diesen Themen zugesandt worden.

Dennoch sind alle am Bau Beteiligten und interessierte Kreise noch immer aufgefordert, zu dem Entwurf Stellung zu nehmen. Besonderen Wert legt der Arbeits-

kreis auf konstruktive Beiträge, um Ergänzungen und Erweiterungen des Entwurfs für die endgültige Fassung vornehmen zu können. Wünschenswert wäre auch eine Vervollständigung der Kennwertesammlung.

Die Empfehlungen des BÜV, die übrigens auch heute schon angewendet werden, können bei der Geschäftsstelle des BÜV angefordert oder im Internet heruntergeladen werden:

Fax 040/353565
www.buev-ev.de
www.bvpi.de

Eisenbahn-Bundesamt strebt alsbaldige Verordnung für seine Sachverständigen an

Auf dem Weg zu einem europäischen Bahnsystem liegen noch viele Hindernisse

Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) will sich dafür einsetzen, dass es „möglichst schnell“ eine Sachverständigenverordnung für jene Sachverständigen gibt, die im Auftrag des EBA als anerkannte Sachverständige tätig sind. Das hat der Präsident des EBA, Armin Keppel, anlässlich der 7. Fachtagung der EBA-Sachverständigen in Fulda bekannt gegeben, an der über 300 anerkannte Sachverständige aus den Fachbereichen Fahrzeuge, Ingenieurbau, Oberbau, Hochbau, Leit- und Sicherungstechnik, Telekommunikation und elektrische Anlagen teilgenommen hatten.

Diese Fachtagung, bei der traditionell Information, Diskussion und Erfahrungsaustausch im Vordergrund stehen, behandelte generell „Das System Bahn auf dem Weg nach Europa“, und speziell wurde der Weg „Von der nationalen zur Europäischen Zulassung“ diskutiert.

In seiner Begrüßungsansprache nannte EBA-Präsident Keppel die europäische Harmonisierung der technischen Anforderungen und der Zulassungsverfahren für das System Schiene eine wesentliche Herausforderung für diesen Verkehrsträger. Zugleich liege hier aber auch eine große

Marktchance im intermodalen Wettbewerb. Das Eisenbahn-Bundesamt habe sich dieser Herausforderung mit der Einrichtung der europäischen Zertifizierungsstelle EBC (Eisenbahn Cert ist die Benannte Stelle Interoperabilität in Deutschland) gestellt. Dies erfolgte nicht zuletzt auf ausdrücklichen Wunsch der Betreiber und der Bahnindustrie in Deutschland.

Die Fachvorträge der diesjährigen Sachverständigentagung machten deutlich: Der Weg zu einem europäischen Bahnsystem wird konsequent verfolgt, es gibt dabei jedoch noch viele Hindernisse aus dem Weg zu räumen.

BÜV veröffentlicht Checklisten zur Überwachung von Bauprodukten

Eine sinnvolle Hilfe für die Überwachung auf der Baustelle

Der Bau-Überwachungsverein (BÜV) hat einen Arbeitskreis „Überwachung von Bauprodukten“ gegründet, der unter der Leitung des Prüffingenieurs Dr.-Ing. Hermann Poll Checklisten für verschiedene Bauprodukte mit dem Ziel erarbeitet, die Prüffingenieure für Bautechnik/Baustatik bei der Überwachung von Bauprodukten auf der Baustelle zu unterstützen.

In diesen Checklisten wird unter anderem herausgearbeitet, welche Besonderheiten bei den einzelnen Bauprodukten zu beachten sind, um die Qualität sowie die Verwendbarkeit und den richtigen Umgang der Bauprodukte auf der Baustelle zu gewährleisten. Dabei wird auf gültige Normen und Zulassungen Bezug genommen.

Die ersten Checklisten liegen jetzt vor und stehen auf der Website des BÜV (www.buev-ev.de) als Loseblatt-Sammlung zum Herunterladen zur Verfügung. Bisher gibt es Checklisten für:

- Baustahl,
- Beton,
- Betonstahlbewehrung,
- Dübel,
- Stahlbau und Stahlverbundbau,
- Stahlkassettenprofile,
- Stahlsandwichelemente,
- Stahltrapezprofile.

Der BÜV empfiehlt, diese Checklisten auch den Bauleitern und Verantwortlichen auf der Baustelle zur Verfügung zu stellen, um auch ihnen eine Hilfestellung zu

geben und um sie für den Umgang mit den einzelnen Bauprodukten zu sensibilisieren.

Die Checklisten werden mit Vertretern verschiedener Verbände und Organisationen erarbeitet, die jeweils ihr spezielles Fachwissen über die einzelnen Bauprodukte zur Verfügung stellen. Weitere Checklisten sind in Arbeit und werden nach ihrer Fertigstellung der jetzigen Sammlung hinzugefügt, sodass die Anwender ihrer Sammlung jeweils immer neue Seiten hinzufügen und ihre Sammlung ganz nach eigenem Bedarf zusammenstellen können.

Die veröffentlichten Checklisten sollen, nachdem erste Erfahrungen in der täglichen Anwendung angefallen sein werden, in bestimmten Abständen modifiziert beziehungsweise ergänzt werden.

„Kooperationen und Netzwerke im Wohnungsbau“

Fachsymposium der BVPI am 9. Mai 2005 in Düsseldorf

Die Bundesvereinigung der Prüffingenieure für Bautechnik (BVPI) veranstaltet am 9. Mai mit Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) in Düsseldorf ein Symposium über „Kooperationen und Netzwerke im Wohnungsbau“.

Mit dem Thema will die BVPI alle einschlägig interessierten und involvierten Institutionen auf Bundes- und Landesebene ansprechen, darüber hinaus aber auch entsprechende Verbände und Kammern der Bau- und Wohnungswirtschaft, Finanziers und Investoren sowie - selbstverständlich - die Kollegen im planenden und qualitätssichernden Bereich.

Die Veranstaltung wird im Rahmen der bundesweiten „Initiative kostengünstig qualitätsbewusst Bauen“ durchgeführt und soll Impulse für eine Stärkung der branchenweiten Zusammenarbeit geben. Ziel der Veranstaltung ist es, den Dialog zwischen allen am Bau Beteiligten anzuregen und die Bildung von Kontakt-Netzwerken zu fördern.

Die Referenten der eintägigen Veranstaltung werden die Chancen, aber auch Hemmnisse für Bau-Netzwerke erörtern sowie über Kooperationsformen und Best-Practices z. B. im Bereich des E-Gouvernement informieren. Der parlamentarische Staatssekretär im BMVBW, Achim Großmann, wird ein Grußwort sprechen. Nach endgültiger Abstimmung mit den Referenten wird das Vortragsprogramm über Anschreiben an die wichtigen Partnerverbände und über Mitteilung im Internet unter www.bvpi.symposium-netzwerke.de veröffentlicht werden.

DPÜ-Arbeitskreis Katastrophenschutz diskutiert die Ziele seiner künftigen Arbeit

**Matthias Gerold wurde zum Vorsitzenden gewählt
Nächste Sitzung am 14. Juni wieder in Hamburg**

Der neue Arbeitskreis „Katastrophenschutz“ des Deutschen Instituts für Prüfung und Überwachung (DPÜ) hat in seiner konstituierenden Sitzung im März in Hamburg seine zukünftigen Ziele formuliert und den Prüflingenieur Dipl.-Ing. Matthias Gerold aus Karlsruhe zu seinem Vorsitzenden gewählt.

Die Ankündigung im Kreis der Mitglieder des Bau-Überwachungsvereins (BÜV) und der Technischen Organisation von Sachverständigen (TOS), einen Arbeitskreis „Katastrophenschutz“ ins Leben zu rufen, fand großes Interesse. Damit soll eine Plattform geschaffen werden, von der aus man den öffentlichen Dienststellen im Katastrophenfall eine rasche und kompetente Hilfe anbieten kann. Dies zeigte auch die Qualität der Teilnahme an der konstituierenden Sitzung des Arbeits-

kreises im März dieses Jahres: Alle Teilnehmer hatten bereits – das wurde in dieser Sitzung schnell deutlich – einen eindeutigen Arbeitsbezug zum Katastrophenschutz und können der künftigen Arbeit des Arbeitskreises somit wichtige Impulse geben.

Zwecks Definition des Aufgabenbereiches und der Ziele des Arbeitskreises wurden in dieser Sitzung zunächst grundlegende Gedanken und Vorschläge diskutiert, die in der weiteren Arbeit

konkretisiert werden sollen. Zur Einstimmung auf die zukünftigen Aufgaben hatten sich freundlicherweise außerdem zwei Kollegen bereit erklärt, Kurzvorträge aus der Sicht des BÜV sowie der TOS zu halten.

Zum Vorsitzenden des Arbeitskreises wurde Matthias Gerold (Büro Harrer Ingenieure, Prüflingenieur in Baden-Württemberg und BÜV-Mitglied) einstimmig gewählt.

Die nächste Sitzung ist für den 14. Juni 2005 geplant und bietet weiteren Interessenten Gelegenheit zur Mitarbeit.

Handbuch der Planfeststellung für den Eisenbahnbau

Buch und CD über wesentliche Details des Eisenbahnrechtlichen Genehmigungsverfahrens

An jene Ingenieure, die in eisenbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren beratend, planend oder sachverständig tätig sind, wendet sich ein neues Buch, das im Hestra-Verlag (64295 Darmstadt) erschienen ist: das Handbuch der Planfeststellung im Eisenbahnbau von Sven Schmitt, Thomas Burke und Hartmut Freystein.

Es orientiert sich in der Gliederung an der vom Eisenbahnbundesamt herausgegebenen Planfeststellungsrichtlinie und zeigt auf, nach welchen Regeln die im eisenbahnrechtlichen Genehmigungsverfahren beteiligten Behörden arbeiten und nach welchen Grundsätzen die Unterlagen aufzubereiten sind, um ein Planfeststellungsverfahren sowohl zeitlich als auch fachlich auf den Weg zu bringen.

Für den Ingenieur ist dieses Werk deswegen interessant, weil anhand von wesentlichen Problemstellungen exemplarisch gezeigt wird, in welcher Form und nach welchen Richtlinien die Planfeststellungsunterlagen aufbereitet werden sollten; zur Ergänzung und Visualisierung wurden beispielhafte Pläne auf einer beiliegenden CD aufgenommen. Weiterhin wurden die Eisenbahnspezifische Liste der Technischen Baubestimmungen

und die Volltexte der wesentlichen planungsrechtlich relevanten Richtlinien aufgenommen und kommentiert.

Die dem Buch beiliegende CD ist sehr übersichtlich strukturiert; sie enthält neben den schon erwähnten beispielhaften Plänen auch die gesetzlichen Vorschriften, die einschlägigen Gerichtsurteile in der Originalversion ergänzt mit einer Volltextrecherche sowie die wesentlichen bautechnischen Regelwerke.

ISBN 3-7771-0305-5

Berichtsbände der Freudenstadter Tagungen sind noch verfügbar

Die Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure in Baden-Württemberg weist darauf hin, dass teilweise noch größere Bestände von älteren Berichtsbänden ihrer bekannten und fachlich sehr renommierten Freudenstadter Tagungen verfügbar sind, die günstig erworben werden können. Die Inhalte dieser Berichtsbände und ihre Preise können bei der Landesvereinigung abgerufen werden:

www.vpi-bw.com.

Technischer Koordinierungsausschuss wählte einen stellvertretenden Vorsitzenden

Die Mitglieder des Technischen Koordinierungsausschusses der Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bautechnik, des Zusammenschlusses der Vertreter aller Landesvereinigungen der Prüfm Ingenieure, in denen ein Technischer Ausschuss tätig ist, haben Dipl.-Ing. Gunter Heitmann vom Ingenieurbüro KSF aus Bremerhaven zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt. Er soll die Ausschussvorsitzende, Dipl.-Ing. Undine Klein, in ihrem Wirken unterstützen.

Der Technische Koordinierungsausschuss will sich in Zukunft schwerpunktmäßig mit folgenden Aufgaben befassen:

- Die Harmonisierung und Abstimmung der Technischen Mitteilungen der Länder wird weiterhin intensiv die Arbeit bestimmen. Hierzu hat sich eine Arbeitsgruppe gebildet, die die Koordinierung der Aufgaben übernehmen wird.

- Ebenso ist die Kommentierung der neuen DIN 1055 geplant. Hier haben sich aus vielen Ländern Mitarbeiter zur Verfügung gestellt, um die einzelnen Teile kritisch zu kommentieren.

- Darüber hinaus werden auch in Zukunft aktuelle technische Fragen beantwortet und diskutiert.

DIN 1045 – Übergangsphase blieb ungenutzt

300 Teilnehmer beim 13. Bautechnischen Seminar in NRW

Die Scheu vieler Bauingenieure vor der neuen Stahlbetonnorm DIN 1045 sei unbegründet, zu Unrecht werde das neue Regelwerk als zu kompliziert abgetan. Diese Ansicht hat der Inhaber des Lehrstuhls für Massivbau und Tragkonstruktion an der Bergischen Universität Wuppertal, Prof. Dr.-Ing. Markus Held, anlässlich des 13. Bautechnischen Seminars vertreten, das die Landesvereinigung der Prüfm Ingenieure in NRW zusammen mit dem Landesbauministerium im Herbst in Ratingen veranstaltet hat.

Held bedauerte in seinem Vortrag vor rund 300 Prüfm Ingenieuren und deren Gästen aus Politik, Wirtschaft und Verwaltung, dass die DIN 1045 in der Erprobungsphase kaum angewendet worden sei, und er verstand es, seine oben zitierte Ansicht und die Logik der neuen Norm mit einigen Beispielen verständlich darzustellen. Freilich müsse man sich – das räumte auch er ein – an die getrennte Bemessung, an den Nachweis der Standsicherheit und an den Nachweis der Gebrauchstaug-

lichkeit eines Bauteils bzw. eines Bauwerks erst gewöhnen, und auch die Anwendung der Kombinationsregeln erfordere einige Übung, aber das kenne man doch von der Einführung der DIN 18800. Fast hörbar ist es Held mit solchen Bemerkungen gelungen, Blockaden gegen das neue Regelwerk ein wenig abzubauen.

Insgesamt war auch dieses Bautechnische Seminar der Prüfm Ingenieure und ihrer beamteten Kollegen im Ministerium ein voll-

er Erfolg. Das Programm behandelte nicht nur die neue DIN 1045 und den neu klassifizierten Baustoff Beton (Dr.-Ing. Uwe Hartz, DIBt), sondern auch die Veränderungen in der EnEV sowie baujuristische Fallstricke bei der Anwendung von Normen. Die sind – worauf der hoch angesehene Jurist Prof. Dr. jur. Horst Franke aufmerksam machte – nicht per se allgemein anerkannte Regeln der Technik, sondern erhielten diesen Status erst in Verbindung mit ihrer allgemeinen, praktischen Bewährung und wenn sie dem allgemeinen Prüfungsstandard standgehalten hätten.

Das Seminar wurde dieses Mal von Dr.-Ing. Uwe Thor-mählen geleitet, der den Landesvorsitzenden Dr. Ing. Jörg Erdmann souverän vertrat.

Dr.-Ing. Günter Timm – spiritus rector der freiberuflichen Prüftätigkeit in ganz Deutschland

Er hat das Erfolgsmodell des freiberuflich tätigen Prüflingenieurs auch in den neuen Bundesländern durchgesetzt

Obwohl die Verdienste von Dr.-Ing. Günter Timm, des nach vierzehn bewegten Jahren aus dem Amt geschiedenen Präsidenten der Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik, auf der BVPI-Arbeitstagung im September vorigen Jahres in Hamburg ausführlich gewürdigt worden sind (siehe auch Seite 6), halten die Prüflingenieure der neuen Bundesländer die folgende Ergänzung aus ihrer speziellen Sicht für unverzichtbar.

Die Prüflingenieure aus Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen haben Dr. Timm außerordentlich viel zu verdanken. Mit seinem beispiellosen Engagement, seinem Verhandlungsgeschick und seiner unbestrittenen Fachkompetenz hat er entscheidend dazu beigetragen, dass sich das Erfolgsmodell des freiberuflich tätigen Prüflingenieurs auch in den neuen Bundesländern durchgesetzt hat. In der schwierigen Zeit des Zusammenwachsens lag ihm die Unterstützung und Integration der ostdeutschen Prüflingenieure besonders am Herzen.

Bereits als sich die politische Wende in der DDR abzeichnete, machte er sich Gedanken, wie die Tätigkeit der Prüflingenieure in einem wiedervereinigten Deutschland aussehen könnte. Im Sommer 1990 hat er sich mit dem stellvertretenden Leiter der Staatlichen Bauaufsicht, Prof. Dr. Elze, getroffen und Möglichkeiten für die Anerkennung freiberuflicher Prüflingenieure in der damals noch bestehenden DDR diskutiert. Unmittelbar nachdem im September 1990 mit der „Anordnung über Bauvorlagen, bautechnische Prüfungen und Überwachung“ die rechtlichen Grundlagen für die freiberufliche Tätigkeit geschaffen worden waren und vom Zentralen Prüfam für Bautechnik die ersten Prüflingenieure für Baustatik aner-

kannt wurden, kam es zu ersten kollegialen Kontakten. Als sich im Dezember 1990 in Sachsen die erste Landesvereinigung der neuen Bundesländer gegründet hatte, wurde sie von Dr. Timm im Namen der Bundesvereinigung herzlich aufgenommen und von Anfang an voll und ganz in ihren Bemühungen um die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen unterstützt. Das Gleiche traf zu für die anderen Landesvereinigungen, die sich Anfang 1991 konstituierten. Zur Information der neuen Kollegen aus dem „Beitrittsgebiet“ und zur Förderung einer einheitlichen Arbeitsweise veranstaltete die Bundesvereinigung unter Leitung von Dr. Timm im Februar 1991 ein Weiterbildungsseminar in Berlin, das auf breites Interesse stieß. Bei den Vorträgen von Dr. Timm, Dr. Böckenförde (ARGEBAU), Prof. Elze und Vertretern des erweiterten Vorstandes der Bundesvereinigung wurde über den aktuellen Stand der bauordnungsrechtlichen Grundlagen, die Prüfkapazität der Staatlichen Bauaufsicht der DDR und deren Überführung in die veränderten Strukturen sowie über die Arbeitsweise der freiberuflichen Prüflingenieure berichtet. Zur Unterstützung der neuen Landesvereinigungen wurden von Dr. Timm Patenschaften angeregt, die sich in den folgenden Jahren bestens bewährt haben und das Fundament für die enge Verbindung der einzelnen Landesvereinigungen bildeten.

Mit seiner ganzen Persönlichkeit hat sich Dr. Timm immer wieder für die hoheitliche Tätigkeit der Prüflingenieure als wesentliche Grundlage für die notwendige Unabhängigkeit der bautechnischen Prüfung eingesetzt. In zahlreichen Gesprächen mit Vertretern der zuständigen Ministerien und der Obersten Bauaufsichtsbehörden in den neuen Bundesländern hat er gemeinsam mit den jeweiligen Landesvereinigungen überzeugend dargelegt, dass die freiberuflichen Prüflingenieure das beste Beispiel für eine erfolgreiche Privatisierung staatlicher Aufgaben sind, sofern dazu die geeigneten rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Auch die neueren Entwicklungen bei der Übertragung bauaufsichtlicher Aufgaben auf freiberufliche Prüflingenieure auf dem Gebiet des vorbeugenden baulichen Brandschutzes hat Dr. Timm sofort aufgegriffen und gefördert. Als in Sachsen 1998 die ersten Prüflingenieure für vorbeugenden baulichen Brandschutz von der Obersten Bauaufsichtsbehörde anerkannt wurden, hat er deren Integration in die Bundesvereinigung entschlossen vorangetrieben. Um den erweiterten Aufgabenbereich auch nach außen zu dokumentieren, hat er die Umbenennung der Bundesvereinigung initiiert, die bekanntermaßen seit 1999 als „Bundesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik“ sowohl für die Prüflingenieure für Baustatik als auch für die Prüflingenieure für Brandschutz geistige Heimat ist.

Prof. Dr.-Ing. habil. B. Dressel
Vorsitzender der Landesvereinigung der Prüflingenieure für Bautechnik in Sachsen e. V.

Komplexe Modellierungstechniken für Tragwerke im Grundwasser

Beispiele für den Einfluss des Grundwassers und von Schwankungen des Grundwasserstandes

Die Interaktion zwischen Boden und Bauwerk hängt entscheidend von dem Phasenverhältnis des Bodens und damit von dessen Wassergehalt ab. Anhand einiger ausgesuchter Beispiele aus der Baupraxis soll im folgenden Beitrag verdeutlicht werden, welchen Einfluss hierbei das Grundwasser sowie insbesondere auch Veränderungen des Grundwasserstandes haben können.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Conrad Boley



studierte Bauingenieurwesen an den Technischen Universitäten in München und Berlin, promovierte 1999 „Mit Auszeichnung“, mit dem 1. Preis des Carl-Rappert-Grundbaupreises der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik geehrt; Tätigkeit als Projektleiter beim Hamburger Ingenieurbüro IGB, wechselte 2001 zum Ingenieurbüro

Windels Timm Morgen, dessen Geschäftsführer der Gesellschafter in München er heute ist; leitet den BÜV-Arbeitskreis „Geotechnik und Tunnelbau“ des Eisenbahn-Bundesamtes; seit Januar 2004 Leiter des Institutes für Bodenmechanik und Grundbau der Universität der Bundeswehr München.

Dipl.-Ing. Florian Unold



ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bodenmechanik und Grundbau der Universität der Bundeswehr München.

1 Einführung

Boden und Bauwerk beeinflussen sich durch Lastübertragung und Verformung gegenseitig. Lasteintragungen eines Bauwerks in den Boden führen dort zu einer Änderung des Spannungszustandes. Wie jedes Material, so versucht auch der Boden, sich durch Verformung einer Belastung zu entziehen. Das Bauteil muss wiederum der Verformung des Bodens folgen, was zu Lastumlagerungen führt, welche wiederum Relativverschiebungen bzw. Setzungsdifferenzen verursachen können, die, sollten sie nicht berücksichtigt oder falsch abgeschätzt worden sein, die Gebrauchstauglichkeit und teilweise sogar die Standsicherheit eines Bauwerks gefährden können [1].

Art und Umfang der Interaktion werden neben der Art und Höhe der Belastung zum einen von den Eigenschaften (Geometrie, Steifigkeitsverhältnisse, Grad der statischen Bestimmtheit, Zustand, Alter, Baustoff [1], [2], [3]) und der Funktion des Bauwerks sowie zum anderen von der Zusammensetzung (Bodenart, Schichtung, Phasenverhältnis) und damit dem Verformungsverhalten des Bodens selbst bestimmt [4].

Insbesondere das Verhältnis der drei verschiedenen Phasen des Bodens zueinander (Feststoff-, Flüssigkeits- und Gasphase [5]) ist eine entscheidende Größe bei der Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk. Veränderungen des Wassergehaltes im Boden, wie z. B. bei Konsolidierungsvorgängen (zeitabhängigen Verformungen des Baugrundes) oder Grundwasserabsenkungen (zeitabhängigen Veränderungen des Spannungszustands auf das Bauteil und den Boden) sind dabei sowohl Ursache als auch Wirkung der Interaktion.

Es existieren verschiedene Berechnungsverfahren, mit deren Hilfe die Auswirkungen der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung berücksichtigt werden können. Mithilfe der Finite-Elemente-Methode kann über entsprechende Stoffgesetze der Einfluss sich ändernder Wasserstände aber auch von Konsolidierungs- und Grundwasserströmungsvorgängen auf das fertige Bauteil für die verschiedenen Bauphasen ermittelt werden.

Bettungsmodulverfahren (Baugrund als lineare nicht gekoppelte Federn) und Steifemodulverfahren (über den elastisch isotropen Halbraum gekoppelte Federn) erlauben keine direkte Berücksichtigung des Phasenverhältnisses des Bodens. Eine indirekte Bestimmung des Einflusses über die für die Berechnungsverfahren erforderlichen Eingangsparameter (z. B. über eine Abminderung des Bettungsmoduls) ist jedoch auch hier möglich. Zeitabhängige Veränderungen des Phasenverhältnisses können dabei jedoch nicht berücksichtigt werden.

Welchen Einfluss das Grundwasser auf die Interaktion zwischen Bauwerk und Boden hat, bzw. welche Auswirkungen es haben kann, wenn ein derartiger Einfluss nicht berücksichtigt wird, soll anhand einiger ausgesuchter Beispiele aus der Baupraxis demonstriert werden.

2 Einfluss des Grundwassers auf die Wahl des Bettungsmoduls

In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass gerade bei tiefen Baugruben mit hohem Grundwasserstand herkömmliche Verfahren zur Dimensionierung des Baugrubenverbaues mitunter zu einer Überschätzung des Tragverhaltens führen können [6], [7], [8]. Der Grund hierfür liegt darin, dass ein Bewegungsmechanismus des Verbausystems im Einspannungsbereich unterstellt wird, der sich so aufgrund der Scherfestigkeitsverhältnisse von Boden und Wand in der Realität nicht bzw. nur bedingt einstellt. Darüber hinaus kommt es zu Verschiebungen des rechnerischen Fußpunktes, die unberücksichtigt bleiben.

Der Ansatz einer elastischen Bettung im Einbindebereich ist eine Möglichkeit zur Berücksichtigung der Interaktion zwischen Wand und Boden. Da-



Abb. 1: Baugrube Staatsoper Hamburg

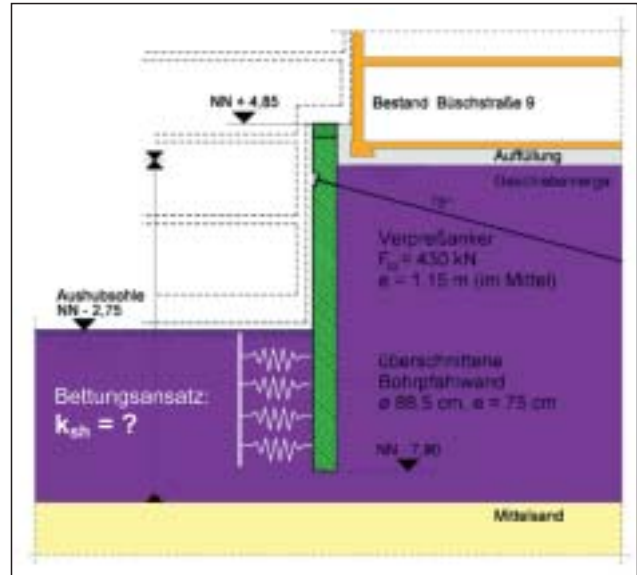


Abb. 2: Schnitt A-A durch die Baugrube

bei muss der angesetzte Bettungsmodul die Wegabhängigkeit der Horizontalspannung im Erdwiderstandsbereich unter Berücksichtigung des Grundwasserstandes zutreffend abbilden. Zu hoch abgeschätzte Bettungsmoduli führen in der Regel zu einer Unterschätzung der Ankerkräfte und Feldmomente auf die Wand [9].

Im Rahmen der Dimensionierung des Baugrubenverbaues beim Bau des neuen Betriebsgebäudes der Staatsoper Hamburg wurden Vergleichsberechnungen mithilfe der Finite-Elemente-Methode durchgeführt, um den Einfluss des Grundwassers auf den Bettungsmodul zu bestimmen.

Die Baugrube besaß eine Fläche von 70 m × 50 m mit einer maximalen Tiefe von 13 m (Abb. 1). Sie wurde mit einer überschnittenen, ein- bis zweifach verankerten Bohrpahlwand umschlossen. Die Bohrpahlwand befand sich nahezu vollständig im Geschiebemergel (Abb. 2).

Aufgrund der teilweise sehr dichten, stark setzungsempfindlichen bestehenden Bebauung musste die Abschätzung der zu erwartenden Verformungen der Bohrpahlwand besonders präzise erfolgen.

Aus den mithilfe der FE-Berechnungen ermittelten horizontalen Normalspannungen σ_h und den Verformungen u_h wurde der Bettungsmodul k_{sh} berechnet. Weitere Einflussfaktoren wie Bodenart (Scherfestigkeit und Steifemodul) und Grundwasserstand wurden im Rahmen einer Parameterstudie untersucht.

Für schwankende Randbedingungen konnten so unter Berücksichtigung von Grundwasserstand,

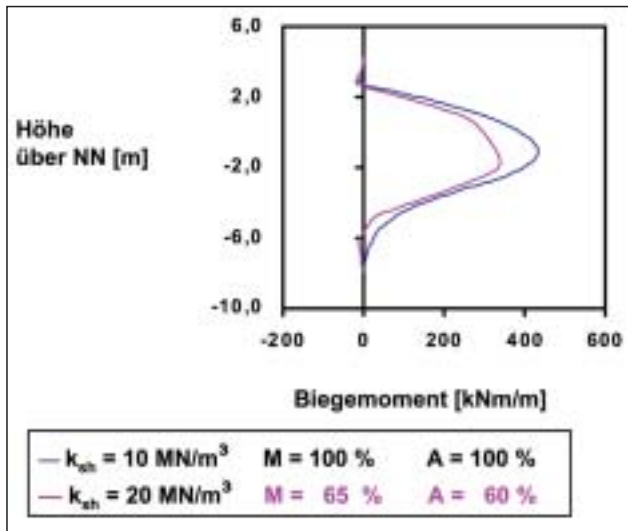


Abb. 3: Abhängigkeit des Biegemoments und der Ankerkraft vom Bettungsmodul

Ankerlänge und Einbindetiefe der Bohrpfehlwand sowohl der Bettungsmodul längs der Einbindestrecke als auch das Moment auf die Wand ermittelt werden. Die mithilfe der FE-Berechnung ermittelten Bettungsmoduli für eine 10 m tiefe Baugrube bei einer Einbindetiefe der Bohrpfehlwand von 6 m liegen demnach zwischen 3 und 11 MN/m³.

Es zeigt sich außerdem, dass insbesondere die Höhe des Grundwasserstandes wesentlichen Einfluss auf die Größe des Bettungsmoduls hat, da, wie bereits in [3] berichtet, bei hohem Grundwasserstand in der Regel nur eine geringe Einspannwirkung im Baugrund erzielt werden kann, sodass sich bei höheren Grundwasserständen geringere Bettungsmoduli ergeben. Bei Vergleichsrechnungen mit und ohne Grundwasser ergaben sich so Unterschiede im Bettungsmodul um den Faktor 2.

Der Vorteil des Bettungsmodulverfahrens liegt insbesondere in der Möglichkeit, die Systemrandbedingungen wie z. B. Höhe der Ankerlage auf einfache Weise systematisch variieren und somit optimieren zu können. Das in **Abb. 3** vorgestellte Beispiel zeigt jedoch auch, dass in bestimmten Fällen selbst die Abschätzung des Bettungsmoduls aus dem Steifemodul zu unzutreffenden Werten führen kann, wenn, wie im vorliegenden Fall, ein signifikanter Einfluss des Grundwassers gegeben ist.

3 Hoch- und Niedrigwasser als entscheidende Lastfälle

Wechselnde Grundwasserstände stellen, wenn sie die Gründung bzw. sogar Teile des Überbaus

selbst beeinflussen, mitunter maßgebende Lastfälle dar.

Bei der Planung des Straßenzuges „Am Sandtorkai“ in der Hamburger HafenCity (**Abb. 4**) waren signifikante Wasserstandsunterschiede infolge Tidenhubes mit entscheidend bei der Gründung sowie der Dimensionierung der Untergeschosse des Gebäudes. Die Neugestaltung des Straßenzuges umfasste dabei



Abb. 4: Hamburger HafenCity mit Straßenzug „Am Sandtorkai“

die Errichtung von insgesamt acht Gebäuden mit Wohn-, Büro- und Geschäftsflächen. Städtebauliche Vorgaben machten eine auskragende Bauweise der Obergeschosse erforderlich, was dazu führte, dass erhebliche Exzentrizitäten bei der Lastabtragung über die Gründung zu berücksichtigen waren (**Abb. 5**). Die Gebäude grenzen direkt an die neu erstellte Kaimauer des Sandtorhafenbeckens an.

Der Baugrund besteht im oberen Bereich bis ca. 6 m unter Gelände aus nicht tragfähigen Weichschichten, welche die Ausführung einer Tiefgründung zwingend erforderlich machten. Bei den ausgeführten Pfahlgründungen war zu beachten, dass auch die in größerer Tiefe anstehenden tragfähigen Schichten infolge der horizontalen Rückverankerungen der Kaimauer nicht ungestört waren.

Aufgrund der großen Nähe der Gebäude zum Sandtorhafen mussten bei den Berechnungen Grundwasserschwankungen und Hochwasserlastfälle berücksichtigt werden. Bei einer Höhe der Geländeoberkante von +5 müNN und einem Niedrigwasserstand von -1,5 müNN sind infolge Hochwasser Spiegeländerungen von ca. 9 m auf + 7,5 müNN möglich, die sich auch innerhalb kurzer Zeit einstellen können. Dies bedeutet, dass im Hochwasserfall in Abhängigkeit der Ausführung des Gebäudes ein bis zwei Untergeschosse sowie das Erdgeschoss vom Wasser berührt werden. Diese Geschosse mussten daher wasserundurchlässig ausgeführt werden. Zur Reduzierung der Unterläufigkeiten der Gebäude wurde eine Spundwand als Sickerschürze unterhalb der Sohle vorgesehen, die mit der Gründungsplatte verbunden ist.



Abb. 5: Gebäude am Sandtorkai, li.: Visualisierung im Planungsstadium, re.: Stand der Baumaßnahme im Februar 2004

Durch die Spundwand auf der einen Seite und die Kaimauer auf der Hafenseite entsteht so bei Hochwasser, zusätzlich zum horizontalen Wasserdruck, ein erheblicher Auftrieb, der von der Gründung aufgenommen werden muss. Zudem muss neben dem Auftreten von Hochwasserständen mit einem Absinken des Wasserstandes infolge Niedrigwasser gerechnet werden.

Aufgrund der Komplexität von Geometrie und Steifigkeitsverhältnissen, der komplizierten Gründungssituation sowie insbesondere durch die erheblichen zu berücksichtigenden Wasserstandsunterschieden, wie sie in Küstennähe regelmäßig auftreten, war es erforderlich, das Gesamtsystem aus Überbau, Gründung und Untergrund mithilfe der Finite-Elemente-Methode dreidimensional zu modellieren und zu berechnen. Hierbei wurden begleitend Studien zur Erfassung der Dübelwirkung der Pfähle auf die Erd-drucklasten durchgeführt (Abb. 6).

Um die durch die Spiegelschwankungen hervorgerufenen Relativverschiebungen zwischen Bau-

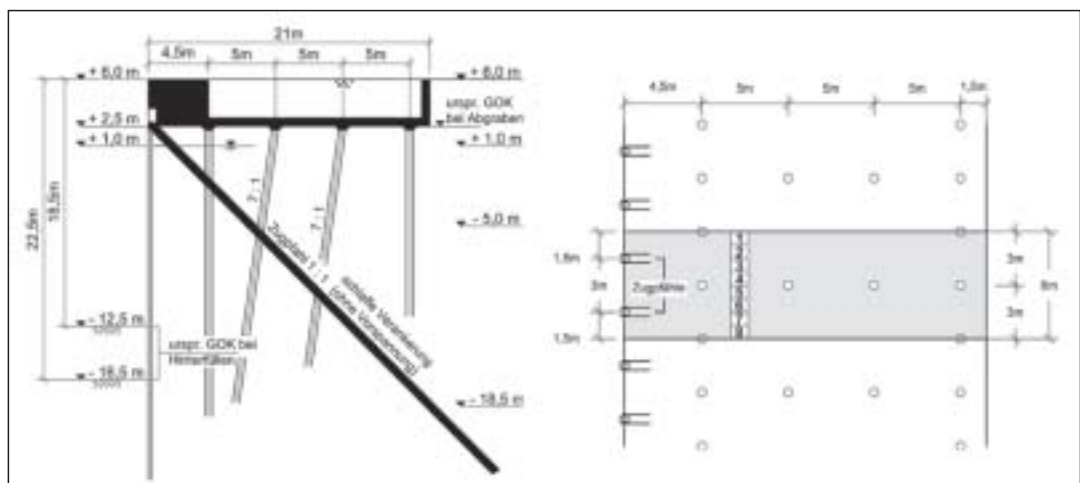
teil und Untergrund wirklichkeitsnah abschätzen zu können, musste dabei die Oberfläche der Pfähle mit Kontaktelementen modelliert werden.

4 Beeinflussung des Phasenverhältnisses des Bodens durch den Bauablauf

Welche Auswirkungen das Grundwasser auf die Boden-Bauwerk-Interaktion haben kann, soll das folgende Beispiel des in Wand-Deckel-Bauweise unter Druckluft hergestellten Straßentunnels im Bremer Stadtteil Hemelingen verdeutlichen.

Zur Verbesserung der infrastrukturellen Voraussetzungen des Gewerbe- und Industriegebietes im Bremer Südosten sowie zur verkehrstechnischen Entlastung der Wohngebiete und Kernbereiche der Bremer Ortsteile Hemelingen und Sebaldsbrück wurde

Abb. 6: Studie zur Dübelwirkung der Kaimauerpfähle [10], links: Schnitt durch die Gründung, rechts: Draufsicht auf die Gründung



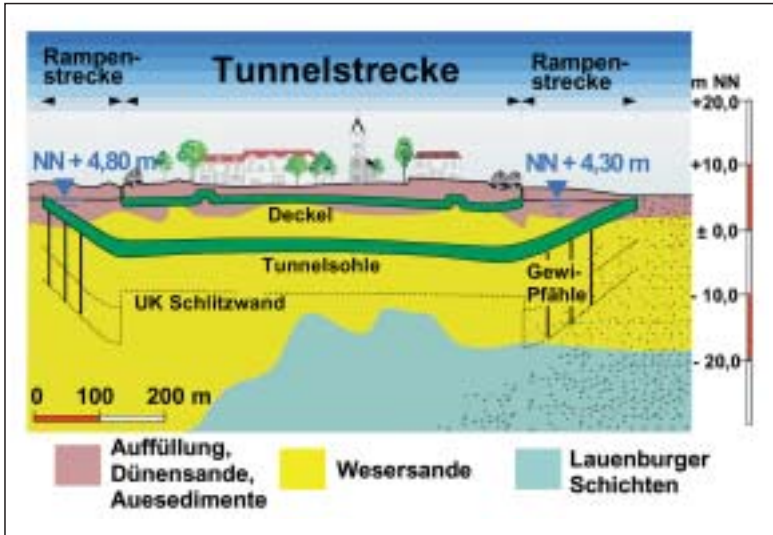


Abb. 7: Untergrundverhältnisse im Bereich der Tunnelstrecke

der Tunnel Hemelingen als Direktverbindung zwischen der Bundesautobahn A1 und dem Gewerbe- und Industriegebiet realisiert. Infolge des sehr geringen Abstandes zwischen der Baumaßnahme und der bestehenden setzungsempfindlichen Nachbarbebauung von teilweise lediglich rd. 0,5 m mussten an Bauausführung und Bauüberwachung besonders hohe Anforderungen gestellt werden.

Die Baugrundverhältnisse entlang der Tunnelstrecke sind durch den Einfluss der Weser geprägt. Unterhalb gering mächtiger Auffüllungsschichten befinden sich feinkörnige Dünenande, die von Auesedimenten unterlagert werden. Diese Deckschichten besitzen nur geringe Tragfähigkeiten. Im Tiefenbereich zwischen Sohle und Unterkante der Verbauwand stehen die so genannten Wesersande an, ein Gemenge aus überwiegend mittlerer und grober Körnung mit Einlagerungen von Steinen bis hin zu Blöcken. Unterhalb der Wesersande folgen die so genannten *Lauenburger Schichten*, die sich aus Wechsellagerungen von sandigen und tonigen Schluffen bzw. schluffigen Sanden zusammensetzen (Abb. 7).

Der Hauptgrundwasserleiter wird durch die Wesersande gebildet, die eine vergleichsweise hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Der Grundwasser-

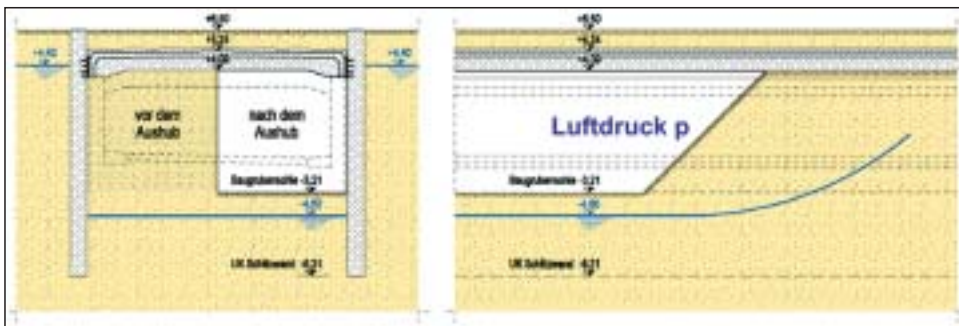


Abb. 8: Arbeitskammer für den Druckluftvortrieb, Ausbildung einer Mehrphasenströmung

stand befindet sich bei Normalabflüssen der Weser bei ca. 3,0 bis 3,5 m unter Gelände.

Die Gesamtlänge des Tunnelbauwerks einschließlich Rampen beträgt ca. 920 m, davon entfallen ca. 560 m auf den geschlossenen Tunnelabschnitt und jeweils ca. 180 m auf die beiden Rampenträge. Die lichte Weite liegt im Bereich des Tunnelbauwerks bei ca. 15,7 m und weitet sich im Endbereich der Tröge auf 21,5 m auf. Die Überdeckung beträgt ca. 0,5 bis 2,5 m.

Die Arbeitskammer für den Druckluftvortrieb wurde seitlich durch Schlitzwände umschlossen. Den oberen Abschluss der Arbeitskammer bildete die Tunneldecke, die vorlaufend zwischen den Neubauwänden hergestellt wurde. Zur Aufnahme der aus der Druckluft nach oben gerichteten Beanspruchung wird die vorab hergestellte Tunneldecke über Knaggen an die Schlitzwand angeschlossen. Die Tunneldecke wirkt gleichzeitig als horizontale Aussteifung der Verbauwände.

Um eine spätere, vom Bauherrn gewünschte Trennung des Baubehelfs vom endgültigen Bauwerk zu erzielen, wurden vertikale Fugen zwischen Schlitzwand und Tunneldeckel angeordnet. Infolge des Luftdrucks p bildet sich eine Grenzfläche zwischen Luft und Wasser im Korngerüst des Bodens aus. Der Wasserspiegel steigt infolge des Abbaus der Druckluft im Korngerüst mit wachsendem Abstand von der Ortsbrust wieder an (Abb. 8). Die Prognose über den Verlauf und die Form der Grenzfläche muss dabei als Mehrphasenströmung Boden-Grundwasser-Luft, unter Berücksichtigung der Teilsättigung des Bodens, erfolgen.

Die Mehrphasenströmung verursacht eine Veränderung des Phasenverhältnisses des Bodens. Dadurch ergeben sich zusätzliche Lastfälle, die bei der Bauausführung berücksichtigt werden müssen. Der Bauablauf kann dabei in drei Belastungsphasen auf das Bauteil unterschieden werden. In Phase 1, bevor ein erhöhter Luftdruck aufgebracht wird, sind die Resultierenden aus Wasser- und Erddruck auf der Außen- und Innenseite der Schlitzwand gleich groß und haben den gleichen Ansatzpunkt. Es wird also keine Beweugung induziert (Abb. 9).

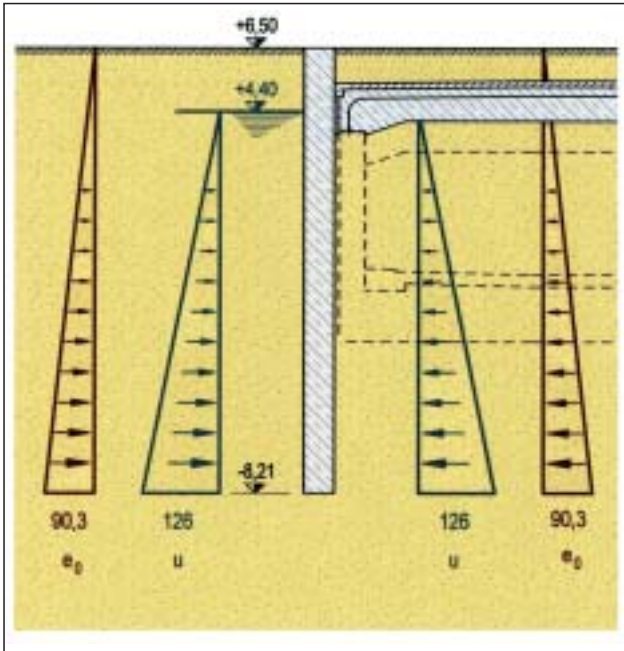


Abb. 9: Phase 1, Resultierende Kräfte sind auf der Außen- und Innenseite der Schlitzwand gleich groß und haben den gleich Ansatzpunkt; die Schlitzwand bewegt sich nicht.

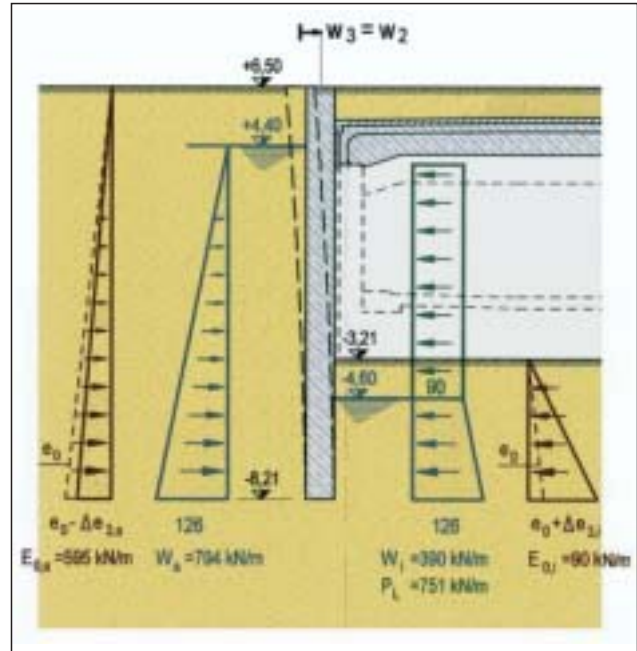


Abb. 11: Phase 3, Wegfall des Erddrucks auf der Innenseite nach erfolgtem Aushub; Schlitzwand wird zurück nach innen gedrückt

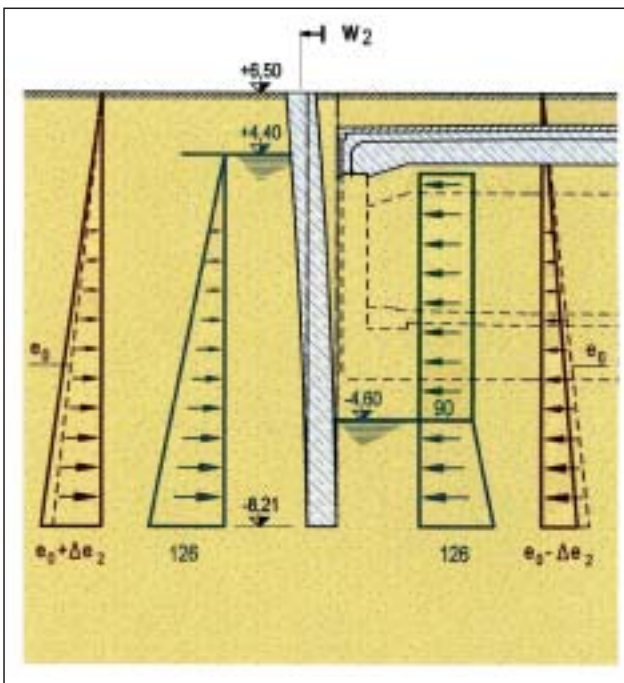


Abb. 10: Phase 2, die resultierende Kraft auf der Innenseite der Schlitzwand ist größer als auf der Außenseite und hat einen höheren Ansatzpunkt; die Schlitzwand wird nach außen gedrückt.

In Phase 2, nachdem ein erhöhter Luftdruck aufgebracht wurde, bevor der Aushub beginnt, wirkt auf der Innenseite die Resultierende aus Luftdruck und aktivem Erddruck (Abb. 10). Diese ist zunächst größer als die Resultierende aus Wasserdruck und Erdwiderstand auf der Außenseite der Schlitzwand,

da zum einen der Luftdruck über die gesamte Höhe des Bauteils konstant und damit wesentlich größer als der entgegenwirkende Wasserdruck ist und zum anderen, da Luft- und Wasserdruck zeitlich unmittelbar wirken, wohingegen ein erhöhter Erdwiderstand, der zum Erreichen des Gleichgewichtes erforderlich ist, erst durch eine entsprechende Wandbewegung mobilisiert werden muss. Die Resultierende aus Luftdruck und aktivem Erddruck liegt zudem höher als die entgegengesetzt wirkende Resultierende der Kräfte auf der Außenseite der Schlitzwand, sodass der obere Bereich der Schlitzwand nach außen gedrückt wird. Wird dieser Lastfall nicht berücksichtigt und entsprechend durch konstruktive Maßnahmen wie z. B. Fugenkonstruktionen berücksichtigt, können eventuell auftretende Druckluftverluste den weiteren Bauablauf gefährden bzw. es resultiert daraus ein erheblicher gerätetechnischer Mehraufwand mit damit verbundenen Mehrkosten.

Erst nach erfolgtem Aushub des Bodens in Phase 3 (Abb. 11) führt der Wegfall des Erddrucks auf der Innenseite dazu, dass die Resultierende aus Wasser- und Luftdruck die Außenseite der Schlitzwand wieder nach innen drückt.

Der beschriebene Bauablauf beim druckluftgestützten Tunnelvortrieb und die sich dabei ergebenden Belastungszustände verdeutlichen, welchen Einfluss das Phasenverhältnis des Bodens, also die Zusammensetzung aus Korn, Luft und Wasser, auf die konstruktive Umsetzung des Bauwerks haben kann.

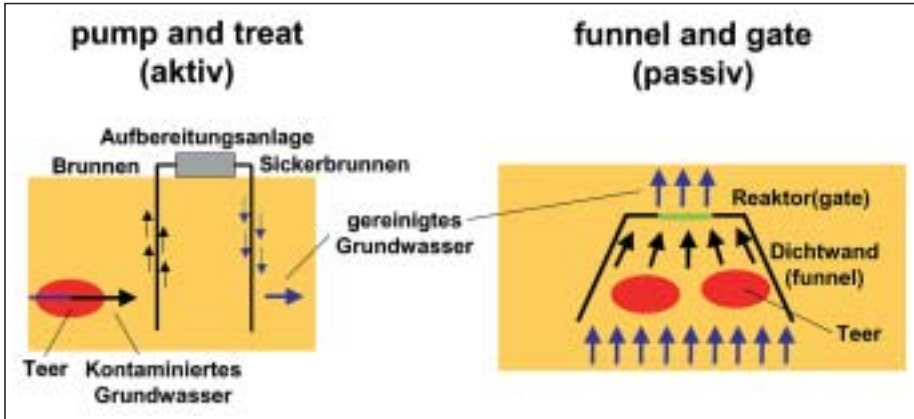


Abb. 12: Grundwasserreinigung, links: Prinzip „Pump and Treat“ (Seitenansicht), rechts: Prinzip „Funnel-and-Gate“ (Draufsicht)

Auf dem Gelände eines ehemaligen Gaswerks einer bayerischen Großstadt wurde im vergangenen Jahrhundert aus Steinkohle Stadtgas gewonnen und zusätzlich eine Erdgasspalanlage betrieben. Als Nebenprodukt entstanden dabei etwa 500.000 t Teer und Teeröl. Nicht unerhebliche Mengen der bei der Bearbeitung entstandenen Teere und Teeröle versickerten im Untergrund und verursachten dadurch erhebliche Boden- und Grundwasserverunreinigungen.

Im vorliegenden Fall war auf Grund der weitreichenden Einflußnahme auf das Grundwasser sowie zum Schutz der in unmittelbarer Nähe zur Baumaßnahme befindlichen bestehenden Bebauung die Steuerung des Bauablaufs im Sinne der Beobachtungsmethode erforderlich [11] [12].

Das kontaminierte Grundwasser wurde bisher mithilfe eines Pumpensystems an die Oberfläche gefördert, dort gereinigt und über Sickerbrunnen wieder zurückgeführt (Abb. 12). Aufgrund der hohen Unterhaltskosten des störanfälligen Pumpensystems wurde ein „Funnel-and-Gate“-System zur Grundwasserreinigung ausgeführt. Das aktive System, bei dem mit hohem maschinellem Aufwand das Grundwasser vor

5 Interaktion zwischen Boden und Bauwerk als eigentliches Ziel einer Baumaßnahme

Bei den bisher beschriebenen Beispielen wurde der Einfluss des Wassers bei der Interaktion zwischen Boden und Bauwerk als zwangsläufige Begleiterscheinung einer Baumaßnahme behandelt. Dass die Auswirkungen der Wechselwirkung in einigen Fällen das beabsichtigte Ziel sein können, soll das folgende Projekt verdeutlichen.

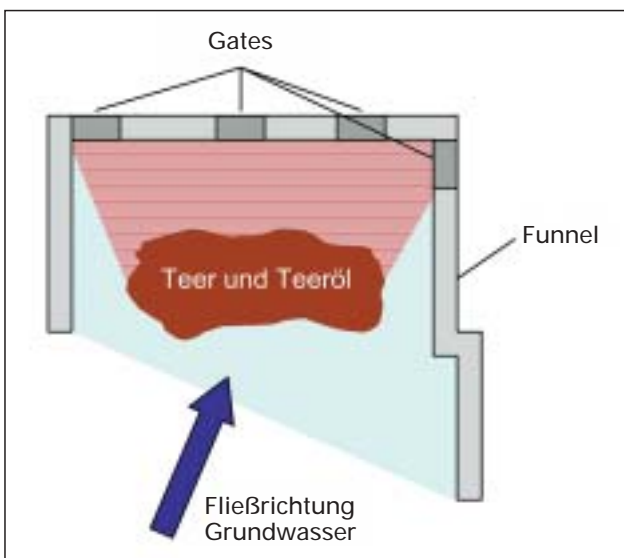


Abb. 13: System „Funnel and Gate“ in München Moosach

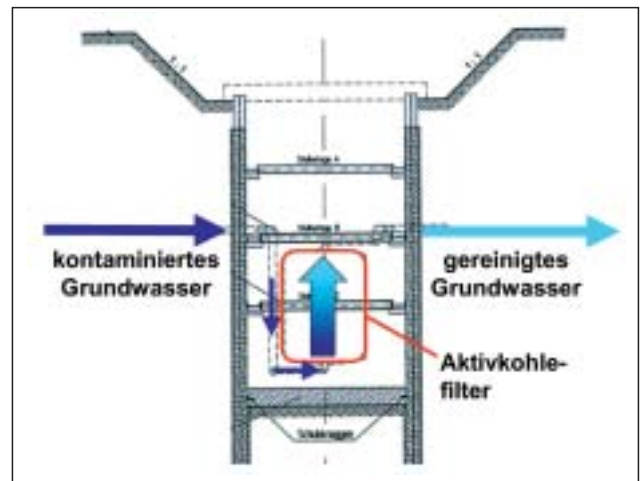


Abb. 14: Gatebauwerk, Einleitung, Filtration und Ableitung des gereinigten Grundwassers durch die natürliche Druckhöhendifferenz des Grundwassers

der Reinigung zunächst aus dem Untergrund entfernt werden muss, wird damit durch ein passives System ersetzt, welches sich das natürliche Grundwassergefälle zunutze macht (Abb. 13).

Das „Funnel-and-Gate-System“ besteht aus einem „Trichter“ (Funnel), der das Grundwasser gezielt in Bauwerke mit Reinigungsanlagen (Gates) leitet. Der „Funnel“ und die Einfassung der „Gates“ bestehen aus Dichtwänden. Die Dichtwandtrasse verläuft im vorliegenden Fall U-förmig zur Grundwasserströmung, wobei im Bereich des mittleren Trassenab-

schnittes, welcher sich quer zur Fließrichtung des Grundwasserstroms erstreckt, drei Gatebauwerke und im östlichen Schenkel ein Gatebauwerk befinden (**Abb. 13**). In den Gates wird das Grundwasser durch Aktivkohlefilter geleitet und danach dem natürlichen Grundwasserleiter wieder direkt zugeführt. Einlauf in die Gates, Passage durch die Filter und Wiedereinleitung in den Aquifer erfolgen dabei infolge des natürlichen Druckspiegelunterschiedes des Grundwassers (**Abb. 14**). Das „Funnel“ hat lediglich die Aufgabe, das kontaminierte Wasser zu lenken, es wird plan-

mäßig kein Aufstau erzeugt, da damit Sedimentationseffekte des Kontaminationsgutes verbunden sein können.

Die verfahrenstechnischen und damit verbundenen wirtschaftlichen Vorteile des relativ wartungsarmen „Funnel-and-Gate“-Verfahrens liegen dabei auf der Hand. Der Einschätzung der Grundwasserströmung bei der Interaktion zwischen Funnel, Gates und anstehendem Aquifer kommt hier eine zentrale Bedeutung zu.

6 Literatur

- [1] Zilch K., Katzenbach R.: Baugrund-Tragwerk-Interaktion, in: Handbuch für Bauingenieure, Springer-Verlag 2002
- [2] Burland J. B., Wroth C. P.: Settlement of buildings and associated damage, Proc. of the Conf. of the Settlement of Structures, Cambridge, Pentech. Press, London, 1974
- [3] Dulácska E.: The structures, soil settlement effects on buildings; Developments in geotechnical engineering, Amsterdam 1992
- [4] DIN-Fachbericht 130: „Wechselwirkung Baugrund/Bauwerk bei Flachgründungen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, 2003
- [5] Busch K. F., Luckner L., Tiemer K.: Lehrbuch der Hydrologie, Band 3, Geohydraulik; Gebrüder Borntraeger-Verlag, 1993
- [6] Schwinn, K. H. & Pantaenius, F.: „Kritische Anmerkungen zur Bemessung tiefer Baugruben“, VDI-Berichte, Nr. 1436, 1999, S. 125 - 145
- [7] Weißenbach, A. & Gollub, P.: „Neue Erkenntnisse über mehrfach verankerte Ort betonwände bei Baugruben in Sandböden bei tiefliegender Injektionssohle, hohem Wasserüberdruck und großer Bauwerkslast“, Bautechnik 72, 1995, S. 780 - 799
- [8] Weißenbach A.: „Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ der DGGT zur Anwendung des Bettungsmodulverfahrens und der Finite-Elemente-Methode“, Bautechnik 80, 2003, S. 75-80
- [9] Boley, C. & Grabe, J. & Morgen, K.: „Baugrube Staatsoper Hamburg – Erfassung der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung“, Vorträge der Baugrundtagung 2002, Mainz, S. 257 - 264
- [10] Boley, C., Morgen, K., Piepenbreier, O., Fritsch, M., Stahlmann, J.: „Numerische Untersuchungen zum Einfluss der Erddruckabschirmung durch Pfähle bei Kaimauern“, Hansa 141, 2004, 67 - 73
- [11] Katzenbach R., Boley C., Moormann C., Turek J.: Entwurf, Bemessung, Prüfung und Ausführung tiefer Baugruben im Grundwasser - Nachweis der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit in Theorie und Praxis, VDI-Tagung „Tiefe Baugruben - Neue Erkenntnisse und Erfahrungen bei ungewöhnlichen Baumaßnahmen“, 17./18. März 1999, Berlin; VDI-Bericht Nr. 1436
- [12] Katzenbach R., Boley C., Moormann C., Rückert A.: Rechtsrelevante Sicherheitsaspekte in der Geotechnik, Vorträge zum 1. Darmstädter Baurechts-Kolloquium am 14. Januar 1999; Mitteilungen des Instituts und der Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt, Heft 43

Restnutzungsdauer und Ermüdungsbeanspruchung von Stahlbauten

Über die Ermittlung der Ermüdungsfestigkeit an bauteilähnlichen Großkörpern

Der nachfolgende Beitrag geht auf den Hintergrund der künftigen DIN-EN 1993-1-9 (Ermüdungsnachweise im Stahlbau [1]) und DIN-EN 1993-1-10 (Stahlgütewahl im Stahlbau [2]) ein und erläutert die Vorgehensweise bei deren Anwendung. Gleichzeitig wird die sicherheitstechnische Verknüpfung von Ermüdung und Zähigkeit in den Sicherheitsgrundlagen und im Restnutzungsdauernachweis gezeigt.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Sedlacek

Professor für Stahlbau an der RWTH Aachen, Mitglied im Zentrum für Metallische Bauweisen (ZMB) und Partner der Ingenieurbüros PSP in Berlin und Aachen.



Dipl.-Ing. Jörg Stötzel

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahlbau



Dipl.-Ing. Bertram Kühn

ist im Ingenieurbüro PSP (Aachen) beschäftigt und Mitglied verschiedener nationaler und internationaler Gremien.

1 Ermüdungsnachweise im Stahlbau

Der grundsätzliche Unterschied zwischen der im Grenzzustand der Tragfähigkeit typischerweise untersuchten statischen Festigkeit und der Ermüdung kann wie folgt erläutert werden.

Der Tragfähigkeitstest eines 3-Punkt-Biegeträgers mit P_u als einwirkender Kraft führt, bei ständig weiterer Steigerung der Kraft, zu großen plastischen Verformungen, sodass nicht Bruch des Materials, sondern die Verformung des Bauteils bemessungsbestimmend ist. Variiert jedoch die Belastung mit der Größe ΔP mit vielen Zyklen im elastischen Bereich, d. h. deutlich unterhalb der Kraft P_u , so kann es nach n Zyklen zu einem Bruch kommen, der ohne plastische Verformung (spröde) stattfindet. An die Stelle der Festigkeitsbeschreibung mit P_u tritt die Festigkeitsbeschreibung mit ΔP und n .

Wöhler führte die ersten Ermüdungsversuche mit Kleinproben durch und erhielt aus Versuchen mit konstanten Spannungsspielen $\Delta\sigma$ und der Zyklenanzahl n die Ermüdungslinien (Wöhlerlinien), die ein asymptotisches Verhalten und eine Annäherung an die Dauerfestigkeit zeigen. Der Abbruch der Kleinteilversuche von Wöhler erfolgte bei $n = 2 \cdot 10^6$ Lastwechseln.

Heute wird die Ermüdungsfestigkeit nicht mehr an Kleinproben, sondern an bauteilähnlichen Großkörpern ermittelt, deren Verhalten repräsentativ für wirkliche Bauteile ist (Eigenspannung, Verteilung von Schweißdefekten, Blechdicken und Fertigungseinflüsse). Daher sind die so ermittelten Ermüdungsfestigkeiten in der Regel niedriger als die aus den früheren Kleinteilversuchen. Die heute übliche Definition der Ermüdungsfestigkeit geht von doppellogarithmischer Darstellung und deshalb von einer Wöhlergeraden mit der Neigung m aus. Die Herleitung solcher Wöhlerlinien aus Bauteilversuchen mit konstanten Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma$ geht aus **Abb. 1** hervor. Als Festigkeitswerte gelten die Linien, die et-

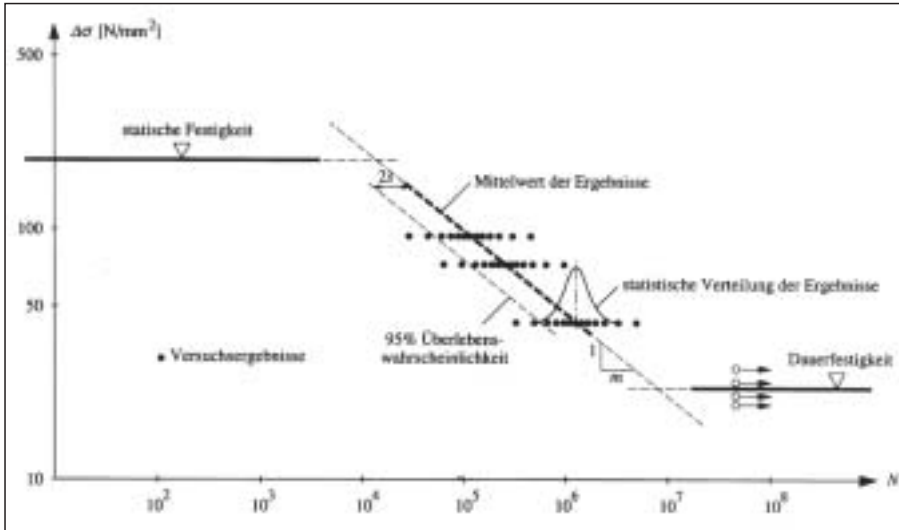


Abb. 1: Herleitung von modernen Wöhlerlinien aus Bauteilversuchen mit konstanten Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma$; als Festigkeitswerte gelten die Linien, die etwa eine 95%ige Überlebenswahrscheinlichkeit liefern

wa eine 95%ige Überlebenswahrscheinlichkeit liefern.

Ermüdungsversagen lässt sich auch durch die Beschreibung der die Ermüdung verursachenden Risse veranschaulichen. Man unterscheidet zwischen der Rissinitiierungsphase N_i , die bis zur Bildung von Mikrorissen reicht (Anwendung des Kerbgrundverfahrens), und der anschließenden Risswachstumsphase N_p , bei der die Ermüdung ausgehend von Anfangsrissen a_0 bruchmechanisch interpretiert werden kann (Paris-Gleichung). Am Ende entsteht Bruch, wenn der Riss eine kritische Größe a_{crit} erreicht hat, bei der entweder der Nettoquerschnitt duktil versagt oder im Falle niedriger Zähigkeit (z. B. infolge niedriger Temperatur) Sprödbruch auftritt.

Die Verhältnisse der Anteile Rissinitiierungs- N_i und Risswachstumsphase N_p hängen von der Bauteilgröße ab. Mit kleinen Abmessungen (z. B. bei Schrauben) und kleinen Blechdicken (z. B. im Automobilbau) ist die Rissinitiierungsphase dominant. Bei

üblicherweise großen Stahlbauteilen hingegen ist die Risswachstumsphase maßgebend, sodass dort häufig die Ermüdung alleine bruchmechanisch simuliert werden kann. Die Neigung der Wöhlerlinie m und die Neigung der Rissfortschrittsskurve da/dN sind für moderne Baustähle sehr ähnlich und auch die Dauerfestigkeit $\Delta\sigma_D$ kann bruchmechanisch mit dem Schwellenwert der Spannungsintensität ΔK_{th} interpretiert werden (Abb. 2).

Die standardisierte Wöhlerlinie des Eurocode 3 ist festgelegt in EN 1993-1-9 [1]. Für Bauteile unter Normalspannungsbeanspruchung ist

die Neigung $m = 3$ und der Einhängewert ist $\Delta\sigma_c$ bei $2 \cdot 10^6$ Lastwechseln (in Erinnerung an Wöhler). Die Dauerfestigkeit wird bei $5 \cdot 10^6$ Lastwechseln angesetzt, wobei dieser Wert sich in Zukunft mit zunehmender Kenntnis vom Ermüdungsverhalten von Großbauteilen ändern könnte. Die Gleichung der Wöhlerlinie lautet

$$\Delta\sigma_R^3 \cdot N_R = \Delta\sigma_c^3 \cdot 2 \cdot 10^6 = \text{const.},$$

sodass die Anzahl der ertragbaren Lastwechsel N_R auf jedem Niveau $\Delta\sigma_R$ berechnet werden kann.

Um zu einer Ermüdungsklassifizierung zu kommen, ist ein Raster von standardisierten Wöhlerlinien mit gleichen Abständen, die der Normzahlreihe mit der Schrittweite $R_{20} = \sqrt[20]{10} = 1,122$ entsprechen, gewählt worden. Der jeweilig gerundete Wert $\Delta\sigma_c$ ist die Bezeichnung der Kerbgruppe. Abb. 3 zeigt eine Kurvenschar von standardisierten Ermüdungsfestigkeitskurven mit ihren charakteristischen Punkten „Ermüdungsfestigkeit“ bei $N_c = 2 \cdot 10^6$ Lastwechseln und „Dauerfestigkeit“ sowie der jeweils zugeordneten Kerbgruppe.

Die Wöhlerlinien sind zunächst als Festigkeitskurven für Ermüdungsbelastungen aus über der Zeit konstanten Spannungsschwingbreiten gültig. Um sie für beliebige Spektren mit veränderlichen Spannungsschwingbreiten gültig zu machen, sind Verfahren notwendig, um diese Spektren auf die Versuchsbedingungen mit

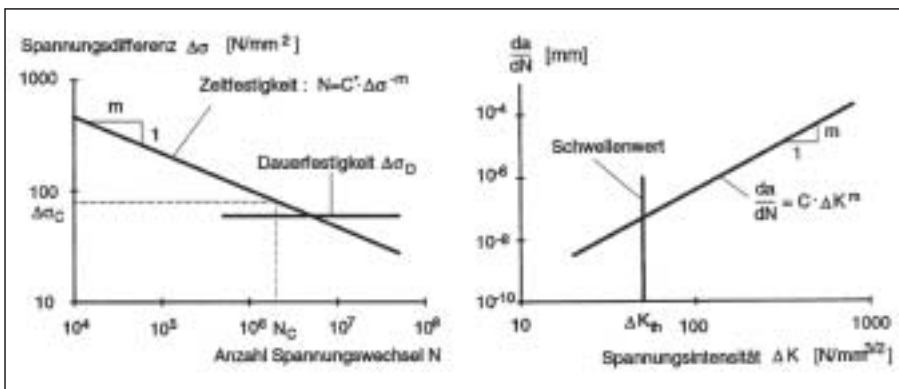


Abb. 2: Äquivalenz von Wöhlerlinie und bruchmechanischem Rissfortschrittsgesetz; festgemacht an der Neigung und der Dauerfestigkeit

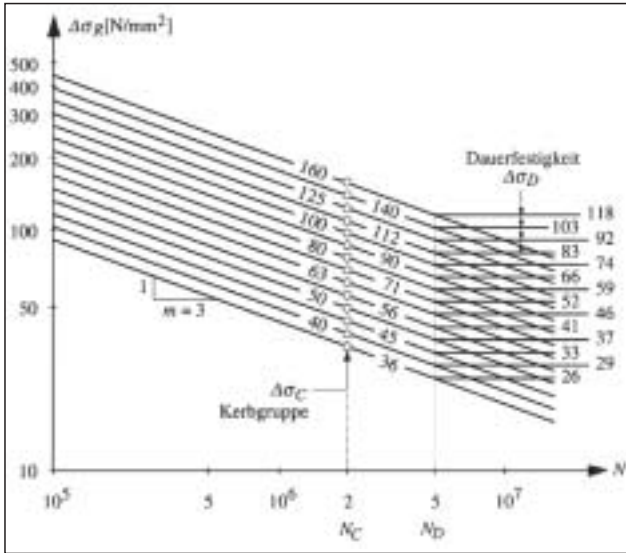


Abb. 3: Standardisierte Ermüdungsfestigkeitskurven mit ihren charakteristischen Punkten „Ermüdungsfestigkeit“ bei $N_C = 2 \times 10^6$ Lastwechseln und der „Dauerfestigkeit“ beginnen bei $N_D = 5 \times 10^6$ Lastwechseln sowie der jeweils zugeordneten Kerbgruppe

konstanten Schwingbreiten zurückzuführen. Dazu braucht man zunächst eine Zählmethode, mit der aus einem Spannungszeitverlauf ein Spektrum von Spannungsschwingbreiten gewonnen wird. Als Zählmethoden sind die Rainflow-Methode oder die Reservoir-Methode eingeführt. Bei der Reservoir-Methode (Abb. 4) ermittelt man aus dem Spannungszeitverlauf durch Aneinanderreihen von zwei für den Betrieb typischen Zyklen eine Art „Gebirge“ und denkt sich das „Tal“ bis zu den Berggipfeln mit „Wasser“ gefüllt. Die „Entleerung“ bis zur „Talsohle“ liefert das Spannungsschwingspiel $\Delta\sigma_1$, lässt aber die „Nebentäler“ geflutet. Diese können dann nacheinander geleert werden, und man kommt so zu den weiteren Spannungsspielen $\Delta\sigma_i$ und deren Anzahl. Hat man

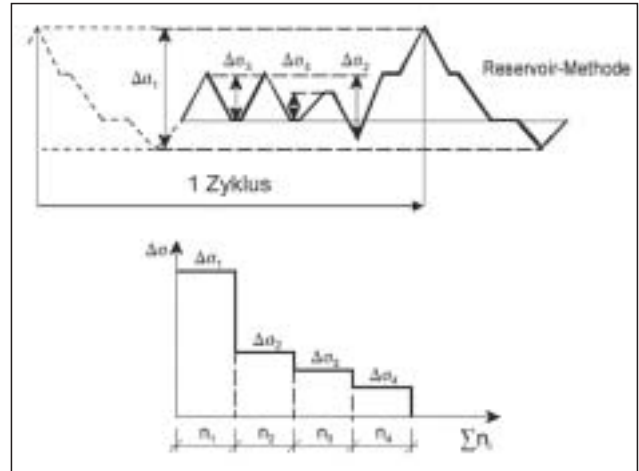


Abb. 4: Reservoir-Methode; Veranschaulichung eines Auszählverfahrens bei vorgegebenem Spannungs-Zeit-Verlauf

das Spektrum der Spannungsschwingbreiten, so erfolgt deren Umrechnung in ein Spektrum mit konstanter Spannungsschwingbreite über die Schädigungsäquivalenz (Miner-Regel). Als Schaden D_i wird auf dem Niveau $\Delta\sigma_i$ das Verhältnis der Anzahl der Schwingspiele n_i zu der Anzahl N_{Ri} angenommen, die zur Wöhlerlinie gehört (Abb. 5).

Die Schadenssumme ΣD_i erlaubt es, den Grenzzustand für beliebige Spektren zu beschreiben. Dementsprechend ist die Gleichung $D = 1$ die Gleichung der Wöhlerlinie und jede Gleichung $D < 1$ eine Parallele dazu. Die Schadensäquivalenz eines beliebigen Spektrums von Spannungsschwingbreiten mit dem Spektrum mit konstanten „schadensäquivalenten“ Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_e$ liefert den Schlüssel für praktische Ermüdungsnachweise.

Die Eurocodes regeln die Ermüdungsnachweise als Spannungsnachweise, in denen die „schadensäquivalenten“ Spannungsschwingspiele so ermittelt werden, dass sie auf die Schwingspielzahl $2 \cdot 10^6$ bezogen sind. Zunächst wird dazu die schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_e$ mit der Anzahl Σn_i ermittelt und diese dann durch den weiteren Schadensäquivalenzfaktor λ modifiziert. Nach Abb. 6 gilt der Bereich $m = 3$ der Wöhlerlinie, wenn alle Spannungsschwingbreiten des Spektrums oberhalb der Dauerfestigkeit liegen (Fall 1). Liegen alle Spannungsschwingbreiten des Spektrums mit dem Größtwert aus der „häufigen Belastung“ unterhalb der Dauerfestigkeit, dann wird durch den λ_{\max} -Wert

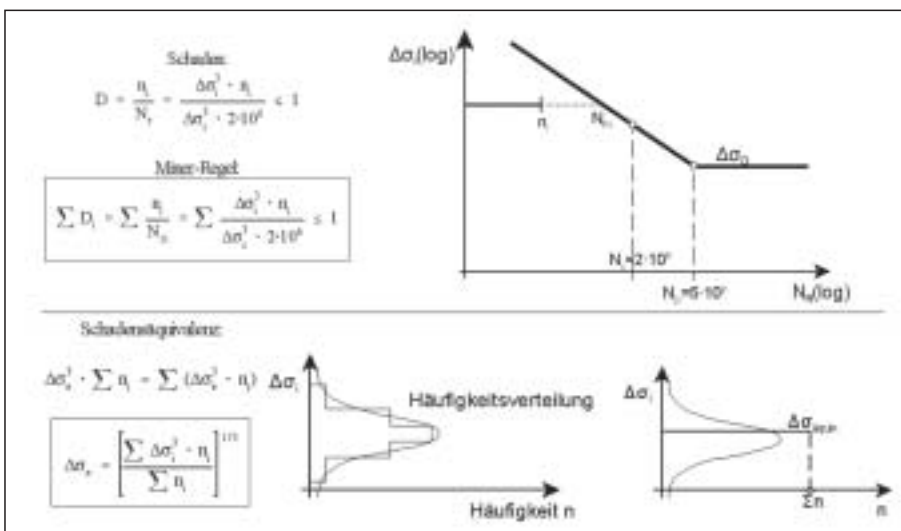


Abb. 5: Schadensakkumulation mittels Miner-Regel; Bestimmung von schadensäquivalenten konstanten Spannungsschwingbreiten aus Spannungsspektren

der Dauerfestigkeitsnachweis an $\Delta\sigma_c$ statt an $\Delta\sigma_D$ gekoppelt (Fall 2). Liegen die Spannungsschwingbreiten des Spektrums zum Teil oberhalb und zum Teil unterhalb der Dauerfestigkeit, dann muss beachtet werden, dass die Dauerfestigkeit durch Spannungsschwingspiele oberhalb der Dauerfestigkeit laufend abgemindert wird. Dem wird durch eine Verlängerung der Wöhlerlinie über die Dauerfestigkeit $\Delta\sigma_D$ hinaus, aber mit der Neigung $m = 5$, Rechnung getragen. Bei 10^8 Schwingspielen wird die Grenze $\Delta\sigma_L$ angenommen, unterhalb der keine Schädigung mehr stattfindet. Wendet man näherungsweise die Schadensäquivalenz auf die konservative Wöhlerlinie $\Delta\sigma_i^5 \cdot n_i = \Delta\sigma_D^5 \cdot 5 \cdot 10^6$ an, lässt sich die schadensäquivalente Spannung $\Delta\sigma_e$ und der λ -Wert in einem Schritt angeben. Sonst müssen die Schäden abschnittsweise bestimmt und dann addiert werden.

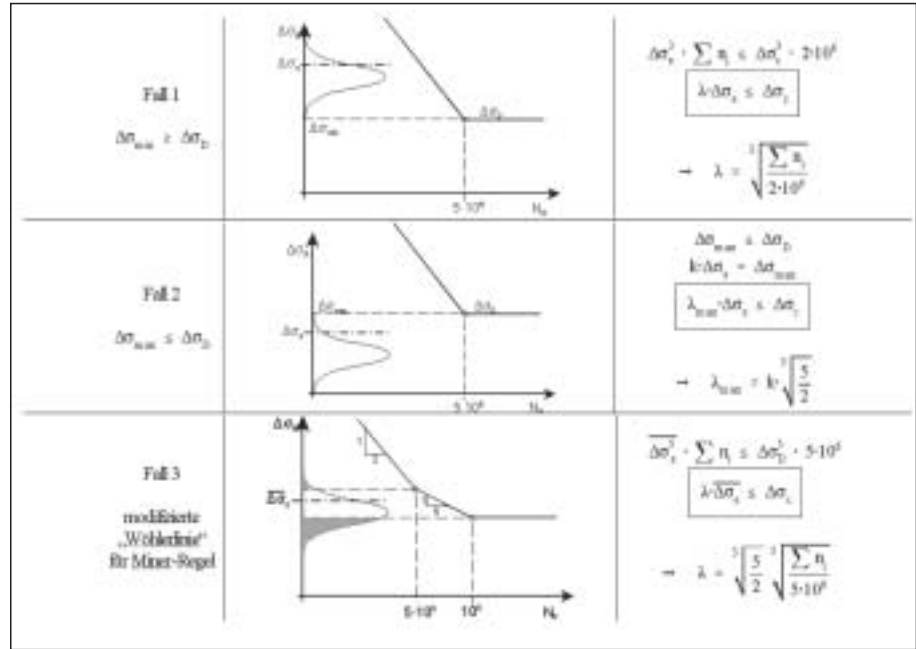


Abb. 6: Fallunterscheidungen je nach Lage der Beanspruchungsverteilungen gegenüber der Wöhlerlinie [3]

Aus der Schadensäquivalenz lassen sich bei linearer Übertragungsfunktion zwischen den Lasten und den Spannungsschwingspielen direkt Regeln für die Bestimmung schadensäquivalenter Lasten Q_e aus der Häufigkeitsverteilung f_i der Lasten Q_i ermitteln oder es lassen sich die Wirkungen mehrerer Spannungsschwingspiele $\Delta\sigma_k$, die aus Fahrzeugachsen herrühren können, auf die Wirkung einer fiktiven Achse $\Delta\sigma'$ reduzieren.

Lineare Übertragung: $\Delta\sigma_i = a \cdot Q_i$
 $\Delta\sigma_i = a \cdot Q_e$

Assoziativität & Distributivität:

$$Q_e = \left[\sum Q_i^m \cdot f_i \right]^{1/m}$$

$$Q_e = \left[\sum Q_{ej}^m \cdot f_j \right]^{1/m}$$

Schadenskriterium: $\Delta\sigma_A^m \cdot N_A = \Delta\sigma_B^m \cdot N_B$

$$\Delta\sigma' = \left[\sum_k \Delta\sigma_k^m \right]^{1/m}$$

Um z. B. für Brücken schadensäquivalente Belastungen festlegen zu können, mussten typische LKW-Typen mit zugehörigen Achslasten identifiziert

und sowohl deren Häufigkeitsverteilung am Gesamtgewicht als auch deren Anteil am Fernverkehr ermittelt werden. **Abb. 7** zeigt **rechts** beispielhaft typische Häufigkeitsverteilungen der Lasten für zwei Fahrzeuge unterschiedlicher Silhouetten, mit denen schadensäquivalente „Ermüdungsfahrzeuge“ ermittelt wurden. **Abb. 7 Mitte** gibt die auf diese Weise ermittelten „Ermüdungsfahrzeuge“ in Form des Lastmodells 4 der EN 1991-2 – Verkehrslasten auf Brücken – an. **Abb. 7 links** zeigt auch das vereinfachte Ermüdungslastmodell 3, in dem die Wirkung der fünf einzelnen „Ermüdungsfahrzeuge“ schadensäquivalent zusammengezogen ist.

Den vollen Ermüdungsnachweis für verschiedene schadensäquivalente Lasten Q_{Ei} mit den Auswirkungen $\Delta\sigma_{Ej}$ oberhalb der Dauerfestigkeit und $\Delta\sigma_{Ej}$ unterhalb der Dauerfestigkeit liefert die folgende Formel:

$$D = \underbrace{\frac{\sum (\gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ei})^3 \cdot n_{Ei}}{\left(\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}\right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6}}_{\text{für } \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ei} \geq \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf}} + \underbrace{\frac{\sum (\gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ej})^5 \cdot n_{Ej}}{\left(\frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_{Mf}}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6}}_{\text{für } \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf} \geq \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ej} \geq \Delta\sigma_L / \gamma_{Mf}} \leq 1$$

für $\gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ei} \geq \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf}$ für $\Delta\sigma_D / \gamma_{Mf} \geq \gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_{Ej} \geq \Delta\sigma_L / \gamma_{Mf}$

Liegt ein vereinfachtes Lastmodell P, wie z. B. das in **Abb. 7 links**, vor, kann der Nachweis durch einen Spannungsnachweis gegen die Kerbfallgruppe $\Delta\sigma_c$ abgekürzt werden, wenn, wie nachfolgende Formeln zeigen, die schadensäquivalente Spannung $\Delta\sigma_e$

Vereinfachtes Lastmodell 3 (Haupttragwerk)	Detailliertes Lastmodell 4 (Fahrbahn)			Häufigkeitsverteilung
	LKW-Typen	Achslasten	Anteil Fernverkehr	
 4x120 kN = 480 kN		70-130	20%	 Gesamtwicht Typ 1 Gesamtwicht Typ 2
		70-120-120	5%	
		70-150-90-90-90	40%	
		70-140-90-90	25%	
		70-130-90-90-90	10%	

Abb. 7: Ermüdungslastmodelle und ihr Ursprung; (links) Vereinfachtes Lastmodell für Brückenhauptträger; (Mitte) Lastmodelle für Fahrbahnelemente mit LKW-Typen und den dazugehörigen Achslasten und Anteilen am Fernverkehr; (rechts) Beispiele für Lastdichteverteilungen für zwei LKW-Typen [3]

aus der Bezugsspannung $\Delta\sigma_p$ durch Schadensäquivalenzfaktoren λ_i bestimmt wird.

$$\gamma_{FF} \cdot \Delta\sigma_e \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

mit $\Delta\sigma_e = \lambda_1 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_1 \cdot \Delta\sigma_p$

2 Zähigkeitsnachweise im Stahlbau

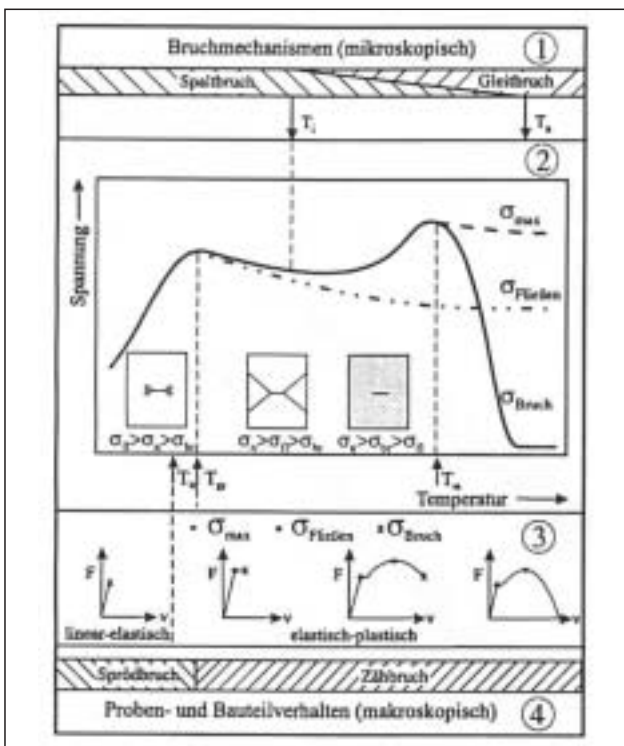


Abb. 8: Typische Spannungs-Dehnungslinie von ferritisch-perlitischen Stählen bei niedrigeren Temperaturen

Für gekerbte Proben (z. B. Proben mit Mittenriss) sind Spannungsdehnungslinien abhängig von der Probentemperatur nach **Abb. 8** typisch für ferritisch-perlitische Stähle. Dabei kann je nach Ausbildung von Fließzonen vor dem Bruch zwischen Sprödbbruch und Zähbruch unterschieden werden, wobei bei Zähbruch mit Nettoquerschnittsfließen (Voraussetzung für die Gültigkeit der Bemessungsregeln im Stahlbau) oder Bruttoquerschnittsfließen (Bedingung für die Bildung plastischer Gelenke oder plastischer Stabverformungen in energiedissipierenden Bauteilen bei Erbebenbelastung) zu unterscheiden ist.

Ursache für das unterschiedliche Spannungs-Dehnungsverhalten abhängig von der Temperatur ist das unterschiedliche Zähigkeitsverhalten, wobei zwischen dem Übergangverhalten bis zu der Temperatur T_i und dem Hochlagenverhalten oberhalb T_i unterschieden wird. Da die Bemessungsregeln im Stahlbau von duktilem Bruchverhalten der Bauteile ausgehen, muss der Sprödbereich durch einen geeigneten Zähigkeitsnachweis (d. h. geeignete Werkstoffwahl nach der Zähigkeit) ausgeschlossen werden (**Abb 9**).

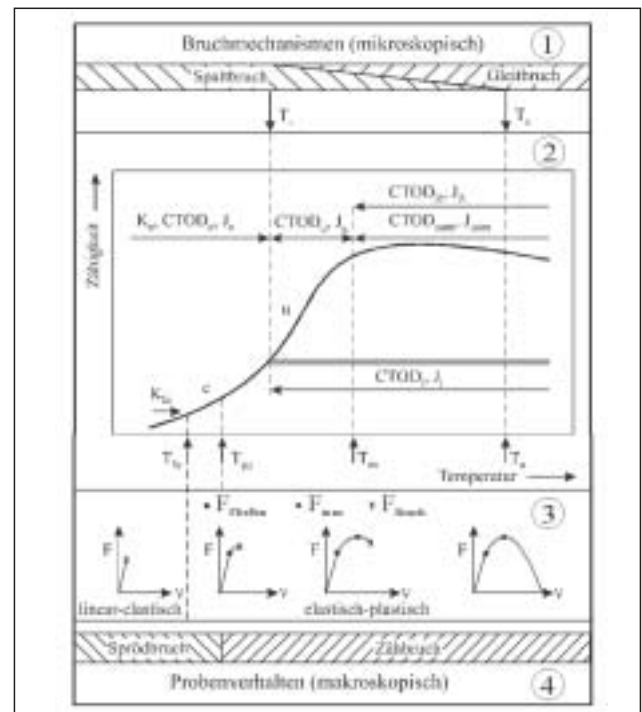


Abb. 9: Typischer Zähigkeits-Temperaturverlauf von ferritisch-perlitischen Stählen; Sprödbuchnachweis im Bereich des Übergangs von der Tieflage zu der Hochlage bei der Temperatur T_{gy}

Der Sicherheitsnachweis gegen Sprödbruch, der mit bruchmechanischen Werkstoffgrößen geführt wird, kann wie folgt beschrieben werden:

$$J_{\text{appl,d}} \leq J_{\text{Mat,d}}(T_{\text{Ed}}) \text{ oder}$$

$$K_{\text{appl,d}}^* = \frac{K_{\text{appl,d}}}{k_{R6} - \rho} \leq K_{\text{Mat,d}}(T_{\text{Ed}}) = 20 + \left[70 \left(e^{\frac{T_{\text{Ed}} - T_{27J} + 18^\circ\text{C} + \Delta T_R}{52}} \right) + 10 \right] \left(\frac{25}{b_{\text{eff}}} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Wie beim Spannungsnachweis steht die bruchmechanische Beanspruchung $J_{\text{appl,d}}$ oder $K_{\text{appl,d}}^*$, die aus der Bauteilgestaltung, der Belastung und den sicherheitshalber anzusetzenden rissähnlichen Fehlstellen herrührt, der bruchmechanischen Beanspruchbarkeit $J_{\text{Mat,d}}$ oder $K_{\text{Mat,d}}$ gegenüber, die von der Baustahlsorte und der Temperatur abhängig ist. Im Temperaturübergangsbereich ist die elastische Bruchmechanik mit Spannungsintensitätsfaktoren K gültig, für die Lösungsansätze für verschiedene Kerbfälle vorliegen. Lokale Plastizierung kann durch Korrekturen k_{R6} und ρ nach dem „Failure Assessment Diagramme“ durchgeführt werden. Da die Stahllieferwerke ihre Qualitätsprüfung mit Kerbschlagproben und nicht mit bruchmechanischen Proben durchführen und in den Stahlliefernormen die Temperaturen T_{KV} spezifiziert sind, bei denen die Kerbschlagarbeit K_V einen Mindestwert erreichen muss (z. B. $T_{27J} = -20^\circ\text{C}$ für $K_V = 27$ Joule) wird die bruchmechanische Beanspruchbarkeit $K_{\text{Mat,d}}$ über die Sanz-Korrelation und die Wallin-Masterkurve durch die Kerbschlagkenngröße T_{27J} , die Bauteiltemperatur T_{Ed} und einen Sicherheitsterm ΔT_R ausgedrückt. Durch Logarithmieren gelingt es dann, den Zähigkeitsnachweis mit Spannungsintensitätsfaktoren in einen Zähigkeitsnachweis mit Temperaturen zu überführen, s. a. [4]:

$$T_{\text{Ed}} \geq T_{\text{Rd}}$$

Abb. 10 zeigt den vollständigen Zähigkeitsnachweis in Temperaturen mit der Ein-

wirkungsseite, auf der die Bauteiltemperatur, der Einfluss der Beanspruchung, eine fiktive Vorschädigung, die Bauteilgeometrie sowie ein Term für die Modellunsicherheit zusammengefasst sind. Auf der Widerstandsseite ist der Werkstoffkennwert T_{27J} der wesentliche Parameter. Der Zähigkeitsparameter T_{27J} kann leicht aus den ersten Zeichen hinter der Festigkeitsangabe in einer Stahlbezeichnung abgelesen werden. Z. B. bedeutet S235JR, dass es sich um einen Baustahl (S) mit einem Minimalwert der Streckgrenze von 235 N/mm² und einem Mindestwert der Kerbschlagarbeit von 27J bei Raumtemperatur +20°C (JR) handelt. J0 steht für eine Stahlgüte, die einen Mindestwert der Kerbschlagarbeit von 27J bei 0°C aufweist, und J2 eine Güte, die bei -20°C getestet wird.

Von der Praxis her besteht der Wunsch, anstelle eines individuellen Zähigkeitsnachweises für jedes Bauteil eine einfache Tabellenlösung anzuwenden, mit der die wesentlichen Kerbfälle, Beanspruchungszustände und Stahlsorten abgedeckt sind. Dazu wurde ausgehend von einem häufig kritischen Detail eine

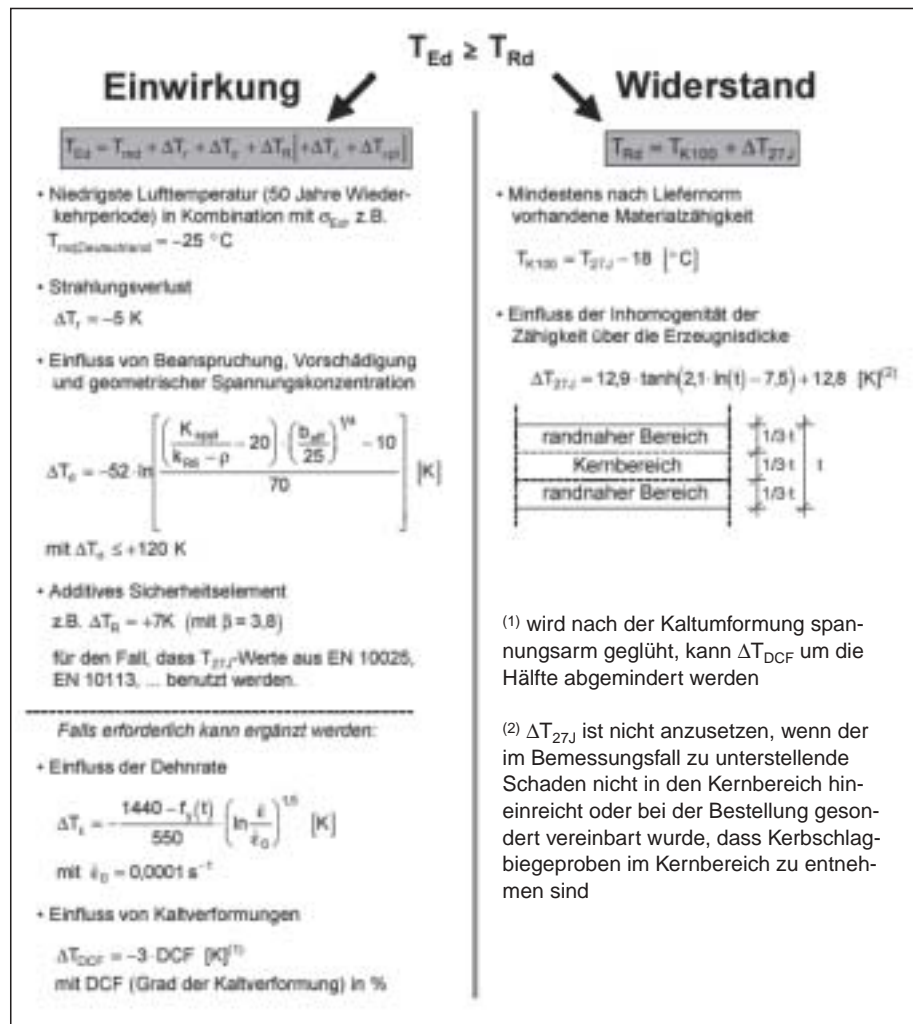


Abb. 10: Vollständiger Temperaturnachweis des Eurocodes unter Zugrundelegung von T_{27J} -Werten als bruchmechanische Werkstoffwiderstandskenngrößen [4]

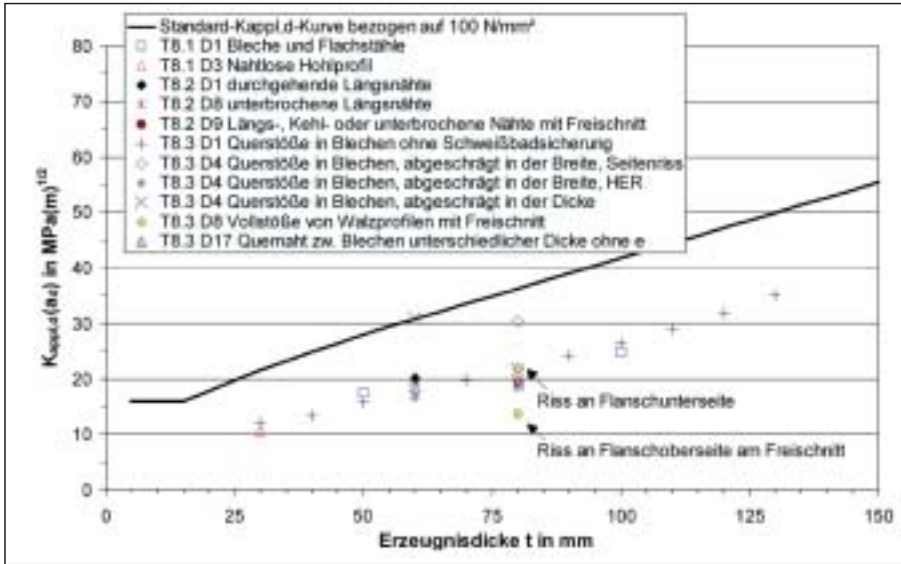


Abb. 11: Gegenüberstellung der Standardbeanspruchung $K_{appl,d}$ Grundlage des vereinfachten Verfahrens zur Stahlsortenwahl in EN 1993-1-10, mit einigen Kerbfällen aus EN 1993-1-9 [4]

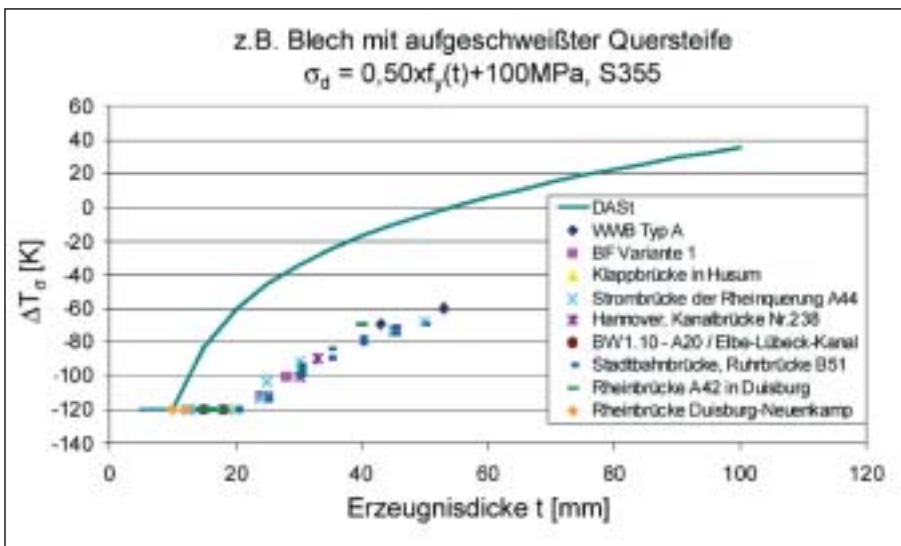


Abb. 12: Gegenüberstellung der Anforderungen von einem typischen Schweißdetail „Blech mit aufgeschweißter Quersteife“ aus verschiedenen Brücken, berechnet für das typische Beanspruchungsniveau ($\sigma_{Ed} = 0,50 \times f_y$) im Straßenbrückenbau und ausgedrückt als Temperaturverschiebung $\Delta T_{\sigma,i}$ mit der Standardanforderung, ebenfalls ausgedrückt in ΔT_{σ} und im Diagramm als DASi-Linie bezeichnet [4]

einheitliche Standardbeanspruchung $K_{appl,d}$ nach **Abb. 11** ermittelt, die praktisch alle Kerbfälle, die in EN 1993-1-9 angegeben sind, abdeckt. Die berechneten Anforderungen für bestimmte Fälle (Punkte) zeigen die Konservativität gegenüber der Standardkurve [4]. Ähnliche Untersuchungen wurden auch für Schweißdetails aus dem Brückenbau durchgeführt. Für eine Reihe von Straßenbrücken sind die Anforderungen, diesmal gerechnet als $\Delta T_{\sigma,i}$, ebenfalls der Standardanforderung gegenübergestellt worden (**Abb. 12**). Daraus lässt sich entnehmen, dass die gewählte Standardanforderung auf der sicheren Seite liegt.

Die einfache Lösung für die Stahlsortenwahl nach EN 1993-1-10, die in Deutschland als DASt-Richtlinie 009 [5] bereits jetzt eingeführt wird, ist in nachfolgender **Tabelle 1** dargestellt. Sie ermöglicht die Festlegung zulässiger Blechdicken für verschiedene Stahlsorten für verschiedene Bauteiltemperaturen T_{Ed} und für verschiedene Beanspruchungsniveaus σ_{Ed} , die für die so genannte „häufige Lastkombination“ $\{G \oplus \psi_1 Q_{K1}\}$ zu bestimmen ist. Das Niveau $\sigma_{Ed} = 0,75x f_y$ gilt beispielsweise für Eisenbahnbrücken, das Niveau $\sigma_{Ed} = 0,50x f_y$ für Straßenbrücken. Das Niveau $\sigma_{Ed} = 0,25x f_y$ gilt nur zur Interpolation oder wenn Bauteile nur druckbeansprucht sind.

In **Abb. 13** und **Abb. 14** sind die zulässigen Blechdicken nach dem DIN-Fachbericht 103 [6] für Straßen- und Eisenbahnbrücken den zulässigen Werten nach EN 1993-1-10 [2] gegenübergestellt.

Bei der Herstellung der **Tabelle 1** mit zulässigen Blechdicken wurde von Bauteilen mit Kerbfällen nach EN 1993-1-9 ausgegangen, bei denen sich große Oberflächenrisse an den kritischen Ermüdungsdetails entwickelt haben. Deren Größe ist durch eine Risstiefe a und eine Rissbreite $2c$ gekennzeichnet. Um zur Größe des maßgebenden Risschadens $a_d/2c_d$ im Bemessungsfall zu kommen, wurde ein Anfangsritt $a_o/2c_o$ angenommen, dessen Größe ausreicht, um ihn bei der Prüfung der Schweißnähte in der Werkstatt sicher erkennen zu können (**Abb. 15**). Dann wird als extreme fiktive Bemessungssituation angenommen, dass dieser Riss bei der Prüfung übersehen wurde, sodass der Betrieb über mindestens ein Betriebsintervall zwischen zwei Inspektionen sicher ablaufen muss. Die Betriebsbelastung $\Sigma \Delta \sigma_i^3 \cdot n_i$ für dieses Betriebsintervall wurde mit der Annahme einer Ermüdungsschädigung $D = 1/4$ in diesem Intervall, also mit $1/4 \cdot \Delta \sigma_c^3 \cdot 2 \cdot 10^6$ gleichgesetzt. Aufgrund dieser Betriebsbelastung vergrößert sich der erkennbare Anfangsritt

Stahlsorte	Stahlgüte	Kettschlagarbeit KV bei T °C	i _{min}	Referenztemperatur T _{Ed} in °C																				
				σ _{Ed} =0,75 x f _y (t)										σ _{Ed} =0,50 x f _y (t)										
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
S235	JR	20	27	80	90	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	120	115	100	85	75	65	60
	JO	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	35	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	JO	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	85	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M, N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	M, N	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	5	65	55	45	40	30	25	20	110	95	80	70	65	55	45
	JO	0	27	60	50	40	35	25	20	15	65	50	45	35	30	25	150	130	110	95	85	70	60	
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2, M, N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	M, N	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	190	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M, N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	200	185	160	140	120	100	85	
	M, N	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	O	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M, N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	Q1	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	M, N	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	O	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	65	50	45
	O	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	Q1	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	Q1	-40	30	75	65	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100	

Tabelle 1: Vereinfachter Zähigkeitsnachweis mittels Tabellenwerten für zulässige Erzeugnisdicken gemäß EN1993-1-10 [2] und DASt-Richtlinie 009 [5], die von der Referenztemperatur, der Stahlsorte und der Spannungsausnutzung abhängen

$a_0/2c_0$ auf den maßgebenden Risschaden $a_d/2c_d$ im Bemessungsfall. Dieser fiktive Riss im Bemessungsfall muss aber immer noch einen ausreichenden Abstand zu dem kritischen Riss $a_{crit}/2c_{crit}$ haben, bei dem bei tiefen Temperaturen T_{Ed} (für Deutschland ~ -30 °C) bei der Belastung σ_{Ed} Sprödbbruch auftreten würde. Auf diese Art und Weise ist der Sicherheitsnachweis gegen Sprödbbruch (a_{crit}) mit den Ermüdungsnachweisen $a_d = a_0 + \Delta a(1/4 \cdot \Delta \sigma_c^3 \cdot 2 \cdot 10^6)$ und den vorzusehenden Intervallen ΔN für Bauwerkprüfungen während des Betriebs gekoppelt.

Für langlebige Bauwerke wie Brücken lässt sich die Wöhlerlinie, welche bereits in **Abb. 6** (Fall 3)

gezeigt wurde, in Form einer Geraden mit der Steigung $m = 5$ vereinfachen.

$$D(\Delta a) = \frac{(\gamma_{Ff} \cdot \Delta \sigma_e)^5 \cdot n_e}{\left(\frac{\Delta \sigma_D}{\gamma_{Mf}}\right)^5 \cdot 5 \cdot 10^6} = \frac{1}{4}$$

Damit liefert die Schädigungsrechnung im Betriebszeitintervall zwischen zwei Bauwerkprüfungen, das ist der so genannte Betriebszeitintervallnachweis, eine Beziehung zwischen den Teilsicherheitsfaktoren $\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}$ und der Anzahl der Prüfungen n während der rechnerischen Nutzungsdauer des Tragwerks.

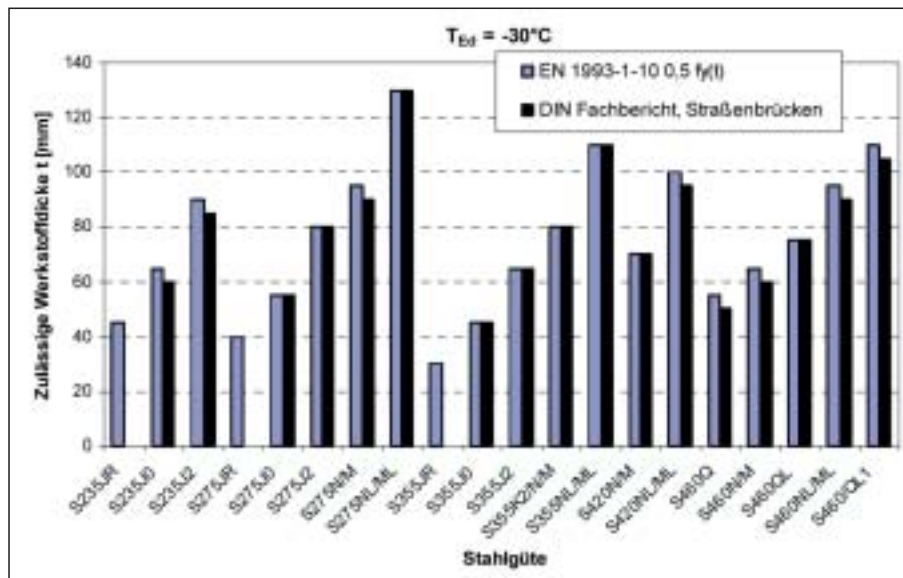


Abb. 13: Vergleich der Tabellenwerte gemäß EN1993-1-10 [2] mit den Anforderungen für Straßenbrücken ($\sigma_{Ed} = 0,50 \cdot f_y(t)$) aus dem DIN Fachbericht 103 [6] für die für Deutschland typische tiefste Bauteiltemperatur von -30 °C

$$\left[\frac{1}{\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}} \right]^5 \cdot \frac{1}{1+n} = \frac{1}{4}$$

$$\Leftrightarrow n = \frac{4}{(\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf})^5} - 1$$

Wird beispielsweise $\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf} = 1,0$ gesetzt, dann folgen daraus $n = 3$ Prüfungen oder 4 Intervalle; bei Brücken mit einer rechnerischen Nutzungsdauer von 100 Jahren entspräche dies einem sicheren Betriebszeitintervall zwischen Bauwerkprüfungen von etwa 25 Jahren. Die derzeitigen Intervalle für Hauptprüfungen sind sechs Jahre.

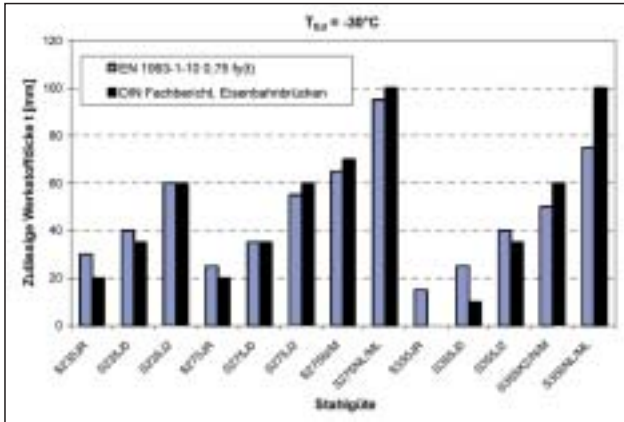


Abb. 14: Vergleich der Tabellenwerte gemäß EN1993-1-10 [2] mit den Anforderungen für Eisenbrücken ($\sigma_{Ed} = 0,75 \times f_y(t)$) aus dem DIN Fachbericht 103 [6] für die für Deutschland typische tiefste Bauteiltemperatur von -30°C

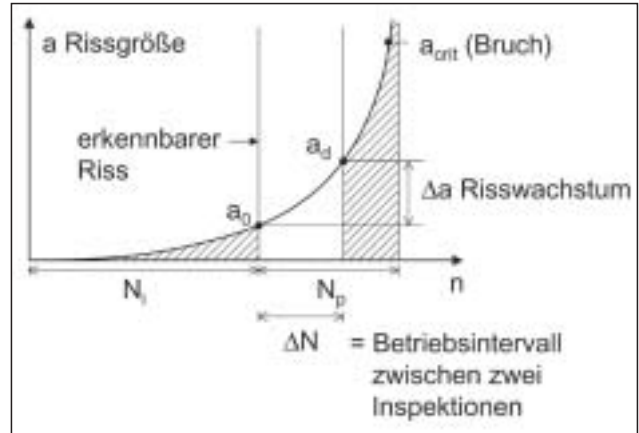


Abb. 15: Verknüpfung von Ermüdung und Zähigkeitsnachweis durch die maßgebende fiktive Rissgröße im Bemessungsfall a_d , die ausgehend von einem erkennbaren aber dennoch als übersehen angenommenen Anfangsriss der Größe a_0 als sicheres Betriebsintervall 25 % der Ermüdungsbelastung enthält, die der Ermüdungsfestigkeit entspricht

Der Betriebszeitintervallnachweis ist ein Nachweis für eine außergewöhnliche Bemessungssituation, bei der mehrere ungünstige Annahmen zusammentreffen. Dadurch, dass er sicherstellt, dass beim Übersehen eines erkennbaren rissähnlichen Defektes bei einer Bauwerksprüfung der Betrieb bis zur nächsten Bauwerksprüfung, bei der sofort gehandelt wird, sicher weiterlaufen kann, liefert er folgende Vorteile:

1. Nachweis der Wirksamkeit von Bauwerksprüfungen (ausreichender Abstand von erkennbaren Rissgrößen zu kritischen Rissgrößen),

2. Nachweis, dass Schäden rechtzeitig vorangekündigt werden, bevor sie katastrophale Größenordnungen annehmen, d. h. Nachweis der Schadenstoleranz oder Robustheit durch das sichere Betriebsintervall,

3. Möglichkeit, die Sicherheitskoeffizienten des Ermüdungszeitnachweises so festzulegen, dass sie mit der durch Bauwerksprüfungen bewirkten Vorankündigung verträglich sind. Das führt zu den $\gamma_{FF} \cdot \gamma_{MF}$ -Werten der EN 1993-1-9, die Werte von 1,00, 1,15 oder 1,35 annehmen können. Dabei entsprechen die Werte 1,00 und 1,15 zuverlässigkeitsmäßig dem so genannten Gebrauchstauglichkeitsniveau, während der Wert 1,35 dem Tragsicherheitsniveau entspricht (Abb. 16).

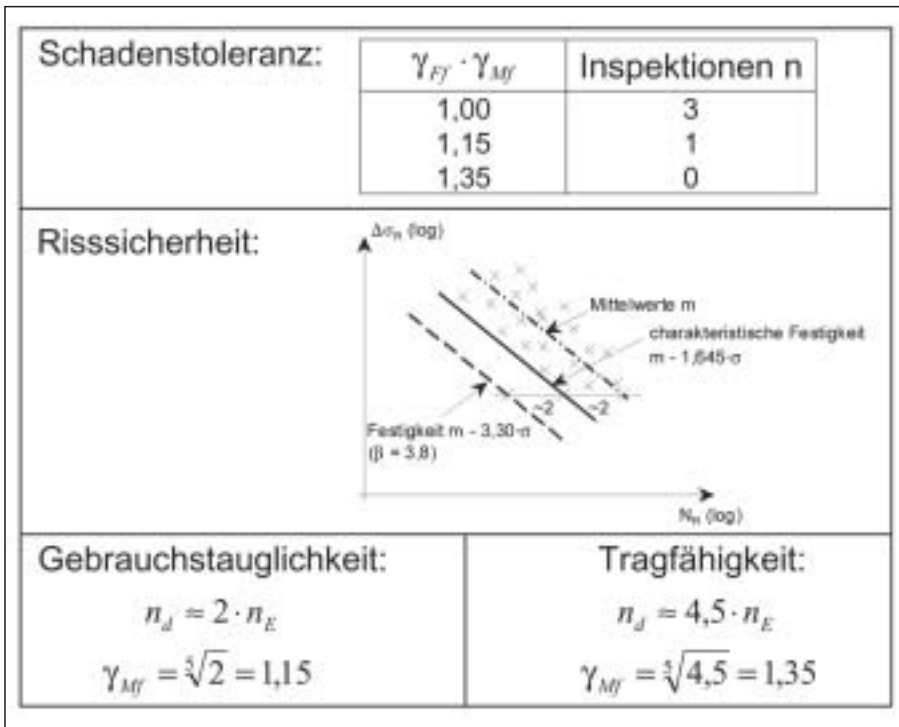


Abb. 16: Möglichkeit, die Sicherheitskoeffizienten des Ermüdungszeitnachweises so festzulegen, dass sie mit der durch Bauwerksprüfungen bewirkten Vorankündigung verträglich sind (Schadenstoleranz)

4. Möglichkeit der Nutzung eines Tragwerks über die Nutzungsdauer hinaus, die sich rechnerisch aus dem Ermüdungsnachweis mit den stark streuenden Ermüdungsbelastungen und Ermüdungsfestigkeiten ergibt und deshalb ebenso stark streut. An die Stelle einer stark streuenden Restnutzungsdauer, die sich beim Ermüdungsnachweis aus der Differenz ΔD der Ermüdungsschädigung der Vergangenheit D_{vorh} gegenüber dem rechnerischen Grenzwert $D_{ult} = 1$ ableitet, tritt als „Restnutzungsdauer“

er“ das sichere Betriebszeitintervall, gerechnet mit $D = 1/4$, das durch eine gründliche Bauwerksprüfung auf rissähnliche Oberflächenfehler eingeleitet wird. Nach [7] kann diese „Restnutzungsdauer“ solange wiederholt werden, bis eine Bauwerksprüfung Ermüdungsschäden zutage bringt.

Die Betriebszeitintervallnachweise sind bei Brückengeräten, die für Katastrophenfälle eingesetzt werden und wegen der Anforderungen des Leichtbaus mit geringeren Tragsicherheiten und geringeren rechnerischen Nutzungsdauern als permanente

Brücken bemessen werden, Standardnachweise; in- zwischen werden sie auch bei alten permanenten Brücken (z. B. Eisenbahnbrücken nach Richtlinie 805 [8]) und bei besonderen Robustheitsanforderungen auch bei Brückenneubauten oder bei ermüdungsbeanspruchten anderen Tragwerken zunehmend eingesetzt. Besonders aktuell sind sie bei Änderung der Betriebsbedingungen für bestehende ermüdungsbelastete Konstruktionen, z. B. bei der Umrüstung von Krankonstruktionen, bei denen der Umrüstungsaufwand mit der „Restnutzungsdauer“ verglichen werden muss.

3 Literatur

- [1] EN 1993-1-9 Entwurf und Berechnung von Stahlbauten, Teil 1-9 Ermüdung
- [2] EN 1993-1-10 Entwurf und Berechnung von Stahlbauten, Teil 1-10 Stahlsortenwahl
- [3] Sedlacek, K. et al.: Leitfaden zum DIN Fachbericht 103 „Stahlbrücken“, Ausgabe März 2003, Ernst & Sohn Verlag, ISBN 3-433-01689-5
- [4] Kühn, B.: Beitrag zur Vereinheitlichung der europäischen Regelungen zur Vermeidung vom Sprödbruch, Dissertation, Lehrstuhl für Stahlbau, RWTH Aachen, Mai 2004
- [5] Deutscher Ausschuss für Stahlbau, DASt-Richtlinie 009: Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten, Dezember 2004
- [6] DIN-Fachbericht 103 „Stahlbrücken“, Ausgabe März 2003, Sonderdruck für das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Beuth Verlag GmbH, ISBN 3-410-15582-1
- [7] ECCS-Technical Committee 6 – Fatigue: Assessment of Existing Steel Structures – Recommendation for Estimation of Remaining Fatigue Life, First Edition, Veröffentlichung vorgesehen für 2005
- [8] Richtlinie 805 – Tragsicherheit bestehender Bauwerke, Richtlinie der DB Netz AG

Entwurfsgrammatiken – Ein Paradigmenwechsel?

Die Konstruktionsmethodik sucht nach Wegen zur Systematisierung des ingenösen Entwurfsprozesses

So, wie die Sprache aus Vokabeln besteht, so kann auch der Ingenieurentwurf in Einzelteile zerlegt und untersucht werden. Die Konstruktionsmethodik, die den „normalen“ Prozess des Entwerfens analysiert, um Erkenntnisse für die Theorie des Entwerfens zu gewinnen, ist derzeit dabei, Methoden zu entwickeln, mit denen Entwurfsgrammatiken bestimmt werden können, die das Entwerfen eines Tages systematisieren können. Im folgenden Beitrag werden einige Grundpostulate dieses Vorgehens erläutert, die darauf hinauslaufen, dass der Entwurf des Ingenieurs als eine Anordnung von Vokabeln betrachtet werden kann, die semantische „Bau-Sätze“ ergeben, um den Entwurf nach einem festliegenden System rationell ändern zu können.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kröplin



promovierte 1977 an der Universität Braunschweig zum Dr.-Ing., erhielt 1979 als erster Ingenieur den Heisenberg-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), wurde 1982 Professor für Numerische Methoden an der Universität Dortmund und ist seit 1988 Leiter des Instituts für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrt-

konstruktionen der Universität Stuttgart.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. Stephan Rudolph



studierte Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart, ging nach der Promotion ans Massachusetts Institut of Technology (MIT); Habilitation in 2002 auf dem Lehrgebiet der „Entwurfsmethodik“ als Leiter der Arbeitsgruppe „Ähnlichkeitsmechanik“ am Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen an der Universität Stuttgart.

tionen an der Universität Stuttgart.

1 Einführung

Entwerfen ist ein Prozess, der etwas Neues kreiert, etwas, was in dieser Form, seiner Wesensart und Funktionalität vorher so noch nicht bestand. Es lebt daher von seiner schöpferischen Komponente, ist dem Wesen nach kreativ und bringt ständig Neues hervor, das in seiner Originalität bewegt.

Wissenschaftlich kann ein so gearteter Prozess nicht notwendigerweise systematisierbar sein und als sicheres Wissen wiederholbar gemacht werden. Er ist unabhängig vom Entwerfer nicht verstehbar. So hat insbesondere die deutsche Konstruktionsmethodik ab den frühen siebziger Jahren mit der Handlungsabfolge von Anforderungs-, Funktions- und Gestaltanalyse zwar eine der ersten umfassenden und systematisierten Vorgehensanweisungen [3] für den Ingenieurentwurf erarbeitet, die auch in die Normung übernommen wurde (VDI-Norm 2221), jedoch das eigentliche methodische Problem des Entwerfens selbst nicht lösen können.

Da die erreichbare Lösung eines Entwurfsproblems maßgeblich von den vom Entwerfer gewählten Entwurfparadigmen abhängt, folgen aus der Wahl unterschiedlicher Entwurfparadigmen unterschiedliche Entwurfsverfahren und -schritte für an sich ein und dasselbe Entwurfsproblem.

Eine methodische Systematisierung erscheint somit zunächst unmöglich, da jeder Automatismus den Entwerfer in seiner Freiheit einschränkt. Es gilt also, einen Weg zu finden, der dem Entwerfer die Gestaltungsfreiheit möglichst weitgehend erhält, ihn aber gleichzeitig von den zeitraubenden Überprüfungen der Kompatibilität und Konsistenz des entstehenden Entwurfs durch Berechnungen und von geometrischen Verträglichkeitsprüfungen befreit. Ähnlich wie in der menschlichen Sprache, in der komplizierte Sachverhalte mit großer Gestaltungsfreiheit durch Sätze aus Wörtern beschrieben werden, wird hier der Entwurf als eine Anordnung von Vokabeln betrachtet. Die Vokabeln werden syntaktisch zusammengefügt und ergeben semantische „Bau-Sätze“, bei denen durch Austausch der Vokabeln der Sinn geändert werden kann.

Im Gegensatz zur menschlichen Sprache sind die hier möglichen Konstrukte nicht nur sequenziell

aneinander gereiht, sondern in einer dazu verwendeten Graphendarstellung vieldimensional miteinander gekoppelt. An jede Vokabel kann im Entwurfsraum in jeder Richtung angekoppelt werden, sofern diese Vokabel über eine entsprechende Ankopplungsmöglichkeit verfügt. Ankopplungen zu Nachbarn können geometrischer und physikalischer Natur sein. Es wären aber auch soziale, emotionale, moralische und ethische Kopplungen denkbar, wenn geeignete Formulierungen dieser Kopplungen gefunden und verwendet werden.

Wie die menschliche Sprache besteht hierbei der Entwurf also aus Vokabeln, jedoch auch mit geometrischem und physikalischem Sinngehalt (Semantik). Die Vokabeln sind über Regeln miteinander verknüpft (Syntax). Damit sind die übergeordneten Eigenschaften des Gebildes bekannt und können in jedem Änderungsschritt zusammengesetzt und sofort berechnet werden (Pragmatik), ohne den kreativen Prozess des Entwerfens zu stören. Im weiteren werden einige Grundpostulate dieses Vorgehens erläutert sowie die Mächtigkeit und die Grenzen der Methodik dargestellt und diskutiert.

2 Entwurfsprobleme

Ein wesentliches Problem im Entwurf ist das Zusammenspiel von Geometrie und Physik. Das richtige geometrische Maß entscheidet im Zusammenwirken mit den dadurch bewirkten Kräften und Funktionalitäten über Erfolg oder Misserfolg einer Konstruktion. Als Beispiel dafür sind in **Abb. 1** einige frühe Flugkonstruktionen gezeigt, bei denen die Wirkungen von Widerstand und Auftrieb, von Längs- und Querstabilität usw. beim Fliegen noch unverstanden waren und zu heute skurril wirkenden Konstruktionen geführt haben. *Form follows* daher nicht nur *function*, sondern sie kreierte sie auch. Systematisch betrachtet, wird daher aus dem stofflosen Raum der

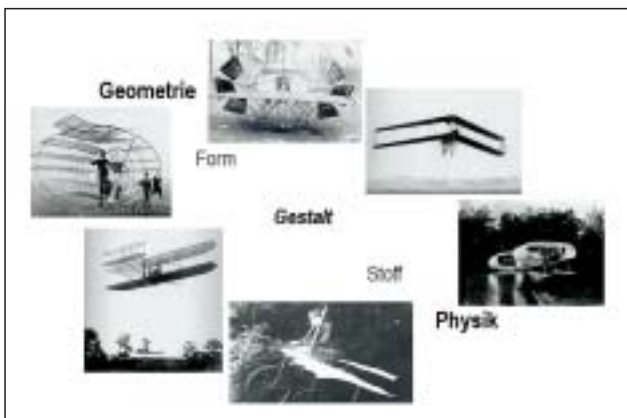


Abb. 1: Entwürfe für Flugkonstruktionenanfangs des 20. Jahrhunderts

Geometrie die (ebenfalls noch stofflose) Form, die sich mit den physikalischen Wirkungen im Stoff zu der Gestalt verbindet.

Ein weiteres zentrales Problem im Entwurf ist, dass in den ganz frühen Phasen des Entwurfs Grobmodelle für Vorbeurteilungen entstehen müssen, die nach und nach durch konsistente Verfeinerung in immer detailliertere Modelle überführt werden können.

Auch diese Eigenschaft ist bei der Sprachmethodik gegeben, da stets eine Meta-Vokabel durch mehrere Mikro-Vokabeln gleicher Eigenschaften, aber mit größerem Auflösungspotenzial bzw. tieferer Detaillierungsstufe ersetzt werden. Bestimmende Vorentscheidungen für einen Entwurf können also in der Frühphase getroffen werden.

Dabei zeigt die Vielfalt der möglichen Realisierungen, dass in einer bestimmten Entwurfsituation durchaus mit mehreren, wenn nicht sogar vielen zulässigen (Entwurfs-)Lösungen gerechnet werden muss, da die Freiheitsgrade der möglichen Lösungstopologien die Anzahl der Randbedingungen bei weitem übersteigt. Die überraschende Anzahl an auftretenden Freiheitsgraden der Entwurfslösungen sind in der Vielfalt der anzutreffenden Modellbeschreibungen begründet. Diese sind in

- *topologisch* und *parametrisch* unterschiedliche Lösungsklassen einzuordnen, sowie in
- *verbalen*, *symbolischen* und *numerischen* Ausprägungen der Freiheitsgrade begründet.

Ingenieure ließen sich auch oft von der Natur (**Abb. 2**) inspirieren. Wenn dies auch in Einzelfällen gelingt, so ist doch festzustellen, dass z. B. ein Flugzeug wesentlich anders fliegt und angetrieben wird als ein Vogel und dass das Rad als dominierendes Element der Mechanik in der Natur nicht vorkommt (**Abb. 3**).



Abb. 2: Lösungen der Natur auf Ingenieurentwürfe übertragen?



Abb. 3: Entwürfe Ende des 20. Jahrhunderts

Technische und natürliche Evolutions gehen demnach grundsätzlich verschiedene Wege. Dies schließt nicht aus, dass das in einer natürlichen Lösung verborgene Prinzip abstrahiert und erfolgreich auf die Technik übertragen werden kann. Auch große Erfinder haben genial und visionär vieles hervorgebracht, was jedoch weit entfernt vom richtigen Maß niemals eine Chance gehabt hätte, zu funktionieren. Es macht aber gerade auch den Reiz jeder Frühzeit aus, dass die Relationen von Physik und Geometrie noch unvollständig verstanden sind und dadurch eine Vielzahl von Gestaltungen entstehen und nicht gleich frühzeitig verworfen werden. **Abb. 4** mit Entwurfsstudien von *Leonardo da Vinci* machen dies deutlich und illustrieren die enge Kopplung von *Geometrie, Form, Gestalt* und *Physik* in **Abb. 1**.



Abb. 4: Entwurfsstudien von Leonardo da Vinci

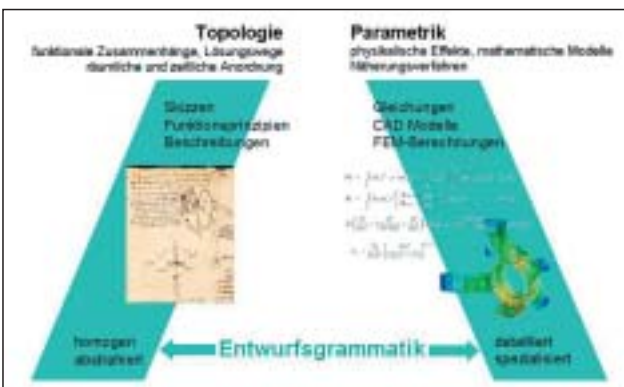


Abb. 5: Entwurfsgrammatik zur einheitlichen Behandlung von Topologie und Parametrik

Zur Abwägung von Entwürfen muss der Ingenieur daher in der Lage sein, Topologie und Parametrik in einer einheitlichen Repräsentationsform darzustellen und verändern zu können, sowie deren zugehörige physikalische und funktionale Zusammenhänge der Freiheitsgrade in symbolischer oder numerischer Art geeignet zu berücksichtigen. Dazu wird der bisher in der Vergangenheit stets noch vorhandene Bruch in der Behandlung von Topologie und Parametrik durch das Paradigma der *Entwurfsgrammatiken* geschlossen (**Abb. 5**).

Im Folgenden wird daher dargestellt, wie durch Entwurfsgrammatiken eine Manipulation der Parametrik und der Topologie eines Entwurfs in einer *einheitlichen Repräsentationsform* erfolgen kann. Hierzu werden zunächst einige Grundlagen der hierfür zu verwendenden formalen Sprachen aus der Informatik eingeführt und anhand einiger Anwendungsbeispiele aus der mathematischen Biologie und der Computergrafik illustriert.

3 Entwurfsgrammatiken

Formale wie auch natürliche Sprachen gehorchen in ihrem Aufbau Regeln, die als *Grammatik* bezeichnet werden. Nach Chomsky [1] kann die Komplexität und Mächtigkeit einer Sprache an der in ihrer Grammatik definierten Kontextabhängigkeit der Sprachelemente festgemacht werden. Unter Kontextabhängigkeit versteht man dabei die maximale Beeinflussungsbereichweite vorangegangener und nachfolgender Zeichen in der Interpretation des aktuell zur Übersetzung anstehenden Zeichens. Die formalen Sprachen aus der Informatik, wie sie im Folgenden noch exemplarisch vorgestellt werden, sind dabei bezüglich ihrer Mächtigkeit als Untermengen der natürlichen Sprachen aufzufassen (**Abb. 6**).

Innerhalb einer formalen Sprache kann die Frage nach der Korrektheit eines Satzes [6] auf das Problem der erlaubten Regelkombination der Voka-

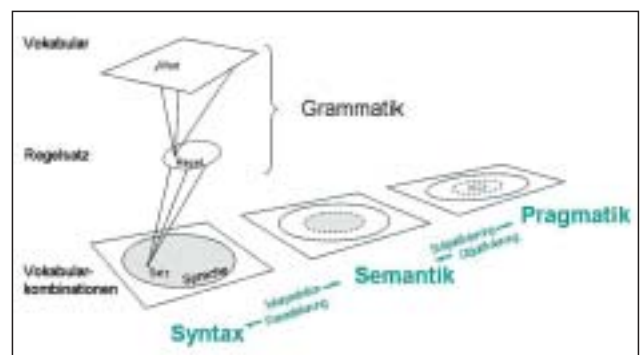


Abb. 6: Syntax, Semantik und Pragmatik in einer Sprache [6]

beln zurückgeführt werden (*Syntax*, syntaktische Korrektheit). Da Vokabeln neben ihrer grammatikalischen Funktion im Satz in ihrer Namensfunktion auch Platzhalter für Objekte oder Vorgänge sind und somit auch eine inhaltliche Bedeutung besitzen, ergibt sich durch die Interpretation der Vokabeln in einem syntaktisch korrekten Satz dessen allgemeine Bedeutung (*Semantik*, semantische Korrektheit). Die spezielle Bedeutung eines Satzes ergibt sich dann unter den speziellen Randbedingungen in einer konkreten Situation (*Pragmatik*, pragmatische Korrektheit).

3.1 L-Systeme

Der Einsatz von formalen Sprachen zur Beschreibung von Objekten wurde nicht nur in der Informatik, sondern auch in der mathematischen Biologie zur Modellierung von Pflanzen und Wachstumsvorgängen vorangetrieben. Die hierfür verwendeten formalen Sprachen heißen nach ihrem Entwickler *L-Systeme* und erlauben die Erzeugung einer Vielfalt von Objekten hoher Komplexität in einer kompakten Sprache. Nach Lindenmayer [4] besteht ein L-System aus der Definition einer Grammatik $G = \langle V, \omega, P \rangle$, die sich aus dem Alphabet V , dem Axiom ω und einer oder auch mehreren Produktionsregeln P zusammensetzt, wie dies in der Definition der Grammatik in **Abb. 7** dargestellt ist.

Der Zweck der Grammatikdefinition in **Abb. 7** besteht darin, festzulegen, wie, ausgehend vom Axiom ω , durch Einsatz der Produktionsregeln P mit Worten eine zulässige Zeichenkette erzeugt wird.

Um aus der Zeichenkette eine Geometriebeschreibung z. B. einer Pflanze zu erhalten, ist aber noch eine geometrische Interpretation, d. h. eine Umsetzung der Vokabeln V in Geometrie erforderlich, wie dies durch die Turtle-Graphik der Tabelle in **Abb. 7** festgelegt wird. Für eine Iterationstiefe von $i = 5$ und einem globalen Verzweigungswinkel von $\beta = 22.5^\circ$ ergibt sich beispielhaft die Geometrie eines Strauches in **Abb. 7**.

Abb. 8 enthält einige Grammatiken von L-Systemen, die mit der durch die globalen Parameter i (Iterationsstufe der Regeln) und β (Verzweigungswinkel) erzielbaren Gestaltsvariationen dargestellt sind. Trotz der erzielbaren Formenvielfalt bleibt die Kompaktheit der Grammatiken erhalten und ist ein wesentliches Merkmal dieser formaler Sprachen.

Eine Besonderheit der L-Systeme ist, dass nicht nur zum Endzeitpunkt $i = n$, sondern auch alle zu beliebigen Zeitpunkten $i = 0, 1, 2, \dots, 5$ vorliegenden Zeichenketten nach ihrer Interpretation zulässige biologische Objekte darstellen. L-Systeme sind daher bereits erfolgreich zur Wachstumssimulation biologischer Objekte eingesetzt worden (**Abb. 9**).

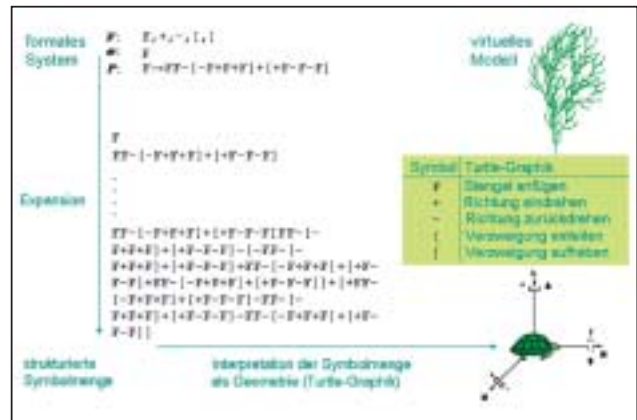


Abb. 7: Definition eines L-Systems nach Lindenmayer [4]

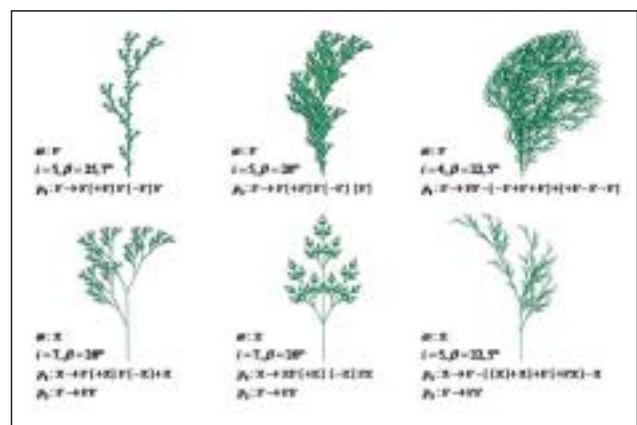


Abb. 8: Verschiedene L-Systeme nach Lindenmayer [4]

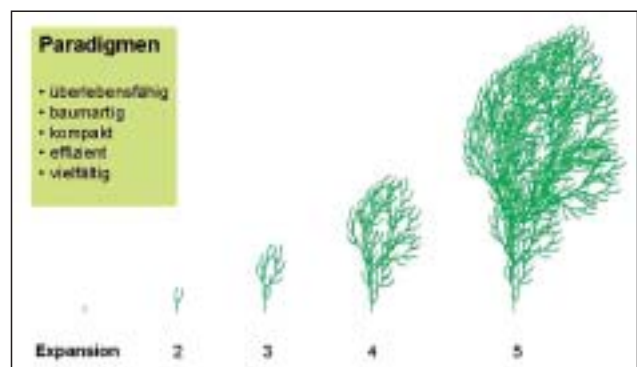


Abb. 9: Wachstumssimulation eines Strauches nach Lindenmayer [4]

Für die Übertragbarkeit von L-Systemen als (Entwurfs-)Sprache auf die Modellierung technischer Objekte (Flugzeuge, Satelliten, etc.) hat eine Analyse [5] ergeben, dass L-Systeme nur für solche Objektstrukturen eine effiziente Repräsentationsform sind, die keinerlei topologische Ringe aufweisen und daher nur „baumartige“ Verzweigungen aufweisen. Für technische Objekte jedoch sind topologische Ringbildungen durchaus typische Konstruktionsmerkmale, insbesondere bei in der Technik sehr häufig auftretenden Fachwerkkonstruktionen, wie z. B. beim Eiffelturm oder der Raumstation in **Abb. 10**.

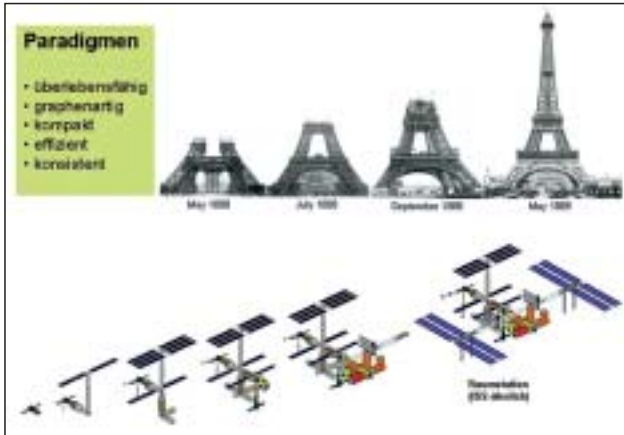


Abb. 10: Sequenzieller Zusammenbau technischer Entwurfsobjekte [6]

Zieht man eine formale Analogie zwischen dem Wachstum biologischer Objekte und dem sequenziellen Zusammenbau technischer Objekte, so ergibt sich als Nebenprodukt der Wachstumssimulation die zusätzliche Bedeutung der fortschreitenden Regelexpansion als schrittweise ablaufende *Zusammenbauanleitung* des Entwurfsobjekts aus seiner Regelbeschreibung. Die auf der Basis einer Grammatik aufbauende Entwurfssprache kann daher als ein maschinell ablaufbarer Bauplan eines Entwurfsobjekts aufgefasst werden. Die automatische Ausführung komplexer Zusammenbaupläne bietet deshalb in vielfältiger Hinsicht ein sehr großes technologisches Zukunftspotenzial, sodass der Zugang zum Problem des Ingenieurentwurfs über das Paradigma der Entwurfsgrammatiken im Folgenden näher betrachtet wird.

3.2 Graphgrammatiken

Unter Beibehaltung der vorteilhaften Eigenschaften von L-Systemen (Produktionsregeln, Einfachheit, Effizienz, möglichst hohe Rekursivität, etc.) kann die Berücksichtigung topologischer Ringstrukturen durch den Übergang von einer zeichenkettenbasierten Grammatik (deren lineare Zeichenkettenstruktur sich über die Verwendung eines Stapelspeichers (Stack) sehr effizient in verzweigte Baumstrukturen umsetzen lässt) auf eine graphenbasierte Grammatik erfolgen [5]. Graphen sind auf einfachste Weise dazu geeignet, nahezu beliebige Beziehungen zwischen den als Knoten dargestellten Objekten abbilden zu können.

Abb. 11 illustriert vereinfacht den einem L-System entsprechenden Aufbau einer graphenbasierten (Entwurfs-)Grammatik aus einem Axiom ω und (hier nur) einer Regel.

Durch fortgesetztes Einsetzen der Regel wächst in jeder Iterationsstufe der Graph immer weiter an. Die Expansion der Regel wird angehalten,

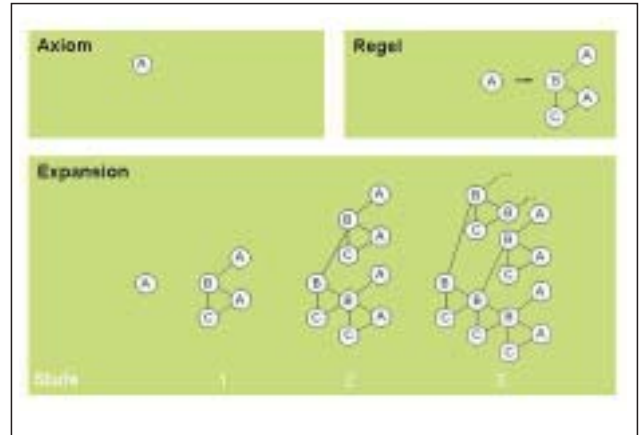


Abb. 11: Definition und Expansion einer graphenbasierten Grammatik [5]

wenn entweder nur noch terminale Knoten vorhanden sind, die nicht weiter expandiert werden können oder die vorgegebene Iterationstiefe von $i = n$ (hier $n = 3$ dargestellt) erreicht ist.

Es ist für die sinnvolle Definition einer leistungsfähigen Grammatik in einer zukünftigen Entwurfssprache daher eine wichtige Aufgabe, die genauen Vokabeln und Regeln für die Erzeugung von Entwurfsobjekten zu (er-)finden und festzulegen. Da zumindest Teile des Vokabulars (z. B. Schrauben) und der Regeln (z. B. Auslegung von Schraubenfeldern) entwurfsübergreifend einsetzbar und damit wiederverwendbar sind, ergeben sich im Sinne des Wissensmanagements weitere Potenziale für den wirtschaftlichen Einsatz von Entwurfssprachen in allen Arten von wissensintensiven Anwendungen.

Abb. 12 zeigt einen Ausschnitt einer Entwurfssprache für Gasturbinen. Diese besteht hier aus vier Vokabeln (Verdichter V , Brennkammer B , Turbine T , Umgebung U), dem Axiom $\omega = G$ und einer Regel, die besagt, dass eine Gasturbine G aus einer bestimmten Anordnung der Vokabeln (V , B , T und U) besteht. Die Vokabeln verfügen über verschiedenste

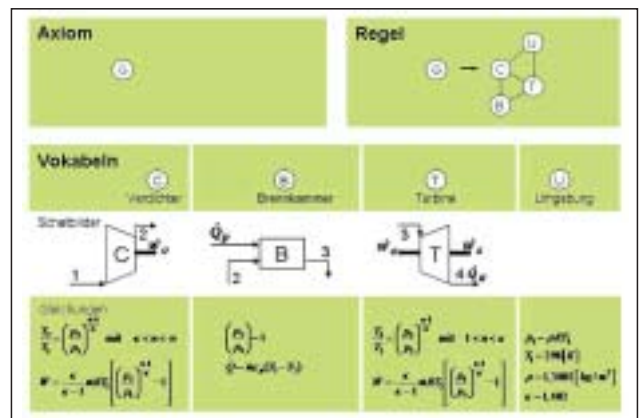


Abb. 12: Graphenbasierte Entwurfsgrammatik einer Gasturbine (funktional)

Beschreibungen in Form von Schemata, symbolischen Formen, usw. ihrer Aspekte. Durch Ausführen der Regel G werden dann z. B. die Formeln zu einem Gleichungssystem zusammengesetzt und mittels eines als Lösungspfadgenerator [5] bezeichneten Algorithmus automatisch gelöst.

Das Entwerfen entspricht damit der (komponentenbasierten) Programmierung in einer Computersprache in **Abb. 13**. Die Wiederverwendung von Vokabeln und Regeln kann deshalb ohne weiteres auf die Wiederverwendung ganzer Bibliotheken verallgemeinert werden.

Die mittels Entwurfsgrammatiken definierbaren Entwurfssprachen stellen somit eine leistungsfähige graphenbasierte Entwurfsrepräsentation zur Verfügung, die auf eine maschinelle Abarbeitung und Wiederverwendung von Entwurfswissen abzielt und die die Entwurfsingenieure durch eine automatische Modellgenerierung und umfassende Berechnungsautomation von Routinearbeiten entlasten soll. Graphenbasiert bedeutet dabei, dass stellvertretend für das Entwurfsobjekt eine Graphenrepräsentation verarbeitet wird, in der die Graphenknoten als abstrakter Platzhalter für Objekte (d. h. für Bauteile oder Baugruppen) dienen.

Die Entwurfsrepräsentation mittels einer graphenbasierten Entwurfssprache eröffnet die Möglichkeit, den Grad der erforderlichen Entwurfsabstraktion jeweils problemangepasst frei zu wählen und damit optimal an die jeweilige Entwurfsproblemstellung anpassen zu können. Derartige variable Entwurfsrepräsentationen mittels graphenbasierter Entwurfssprachen eröffnen darüber hinaus auch die Möglichkeit, verschiedene Modellrepräsentationen in einer domänenunabhängigen Zwischenrepräsentation (dem so genannten *Entwurfsgraphen*) zu vereinen und damit die parallele Co-Existenz unterschiedlicher Mo-

dellvorstellungen im Entwurf softwaretechnisch zu unterstützen. Die zu jedem Zeitpunkt vorhandene Zwischenrepräsentation in Form des Entwurfsgraphen ermöglicht des Weiteren nicht nur eine Adressierung einer Vokabel (d. h. eines Bauteils oder Konstruktionselements) in der Bauteilbibliothek (Speicher bzw. Datenbank), sondern gestattet auch die Suche nach einer Vokabel im jeweiligen Entwurfskontext, sodass die Zugriffsverfahren auf Bauteile entwerfungsgerecht erweitert werden können.

4 Satellitene Entwurf

In **Abb. 14** sind zur Illustration der Leistungsfähigkeit der Entwurfsmethodik einzelne Zwischenschritte in der Regelexpansion im Entwurf des ESEO Satelliten [7] herausgegriffen und von 1 bis 8 durchnummeriert worden. Wichtig in dieser Betrachtung ist vor allem die Tatsache, dass sowohl gestaltsbezogene als auch gestaltslose Vokabeln, d. h. Bauteile mit und ohne Geometrie (wie z. B. *Solarpanel* versus *Datenbus*) innerhalb eines einheitlichen gra-

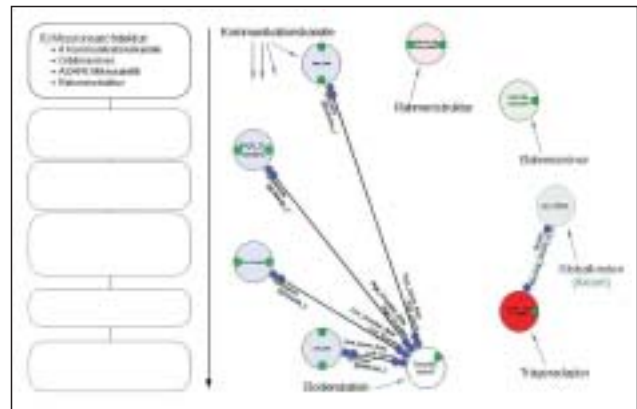
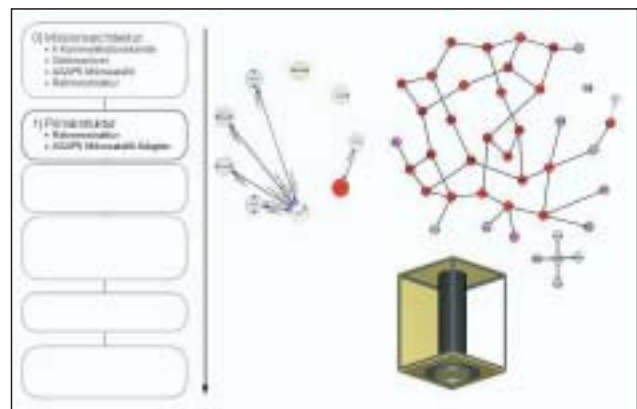


Abb. 14: European Student Earth Orbiter (ESEO) Satellitene Entwurfssequenz [7]

Schritt 1: Expansion des Axioms in einzelne Anforderungen (Kommunikation, ...)



Schritt 2: Generierung der Primärstruktur (Rahmen, Adapter, ...)

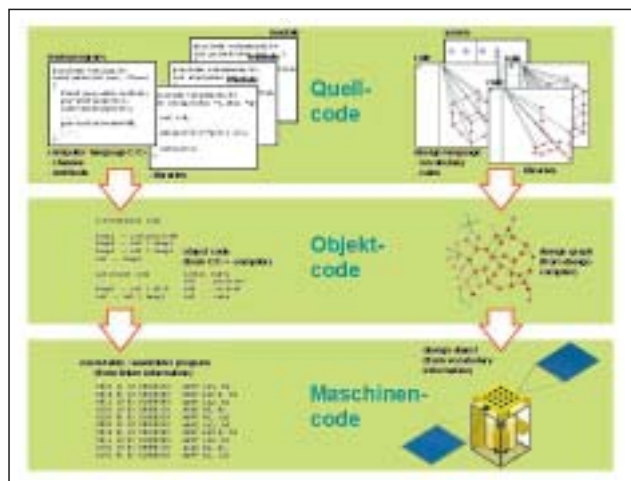
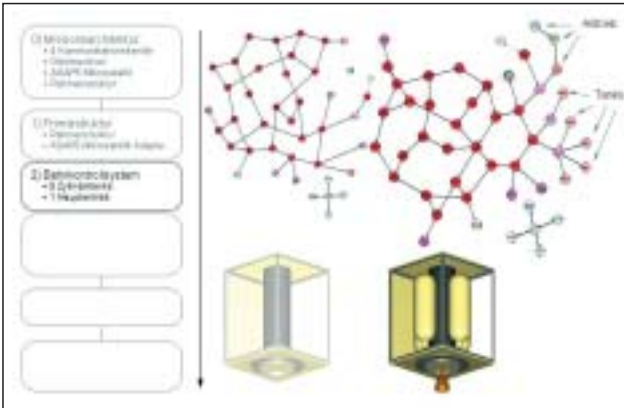
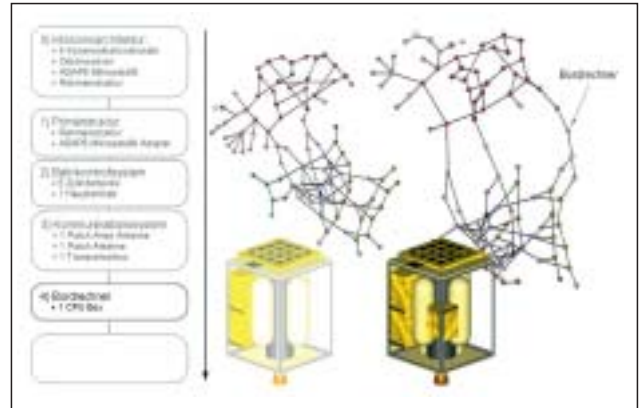


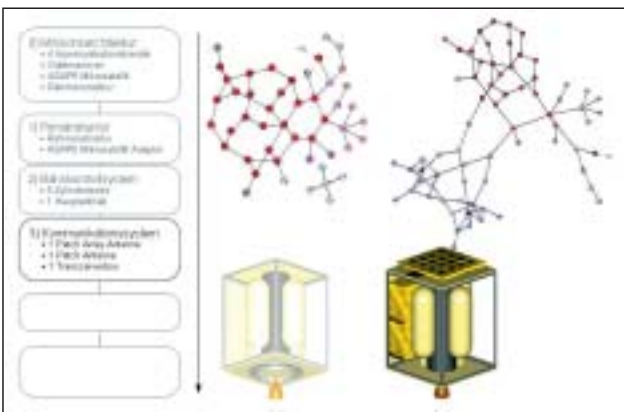
Abb. 13: Programmierung in Computersprachen und Entwurfssprachen [6]



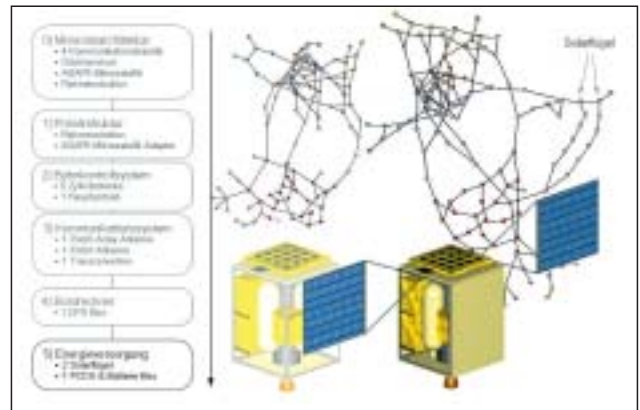
Schritt 3: Expansion der Lageregelung in Antriebssystem (Tanks, Düse, ...)



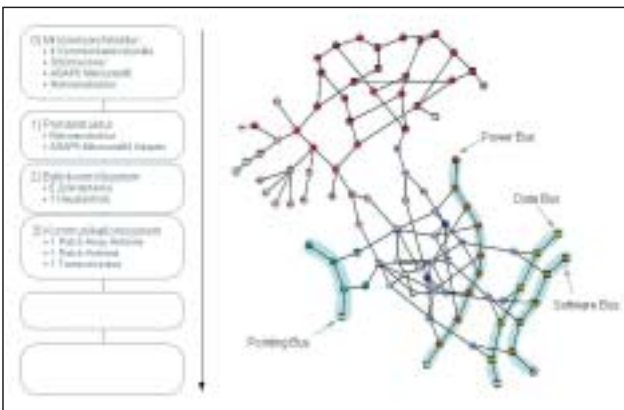
Schritt 6: Platzierung des Bordrechners (CPU, ...)



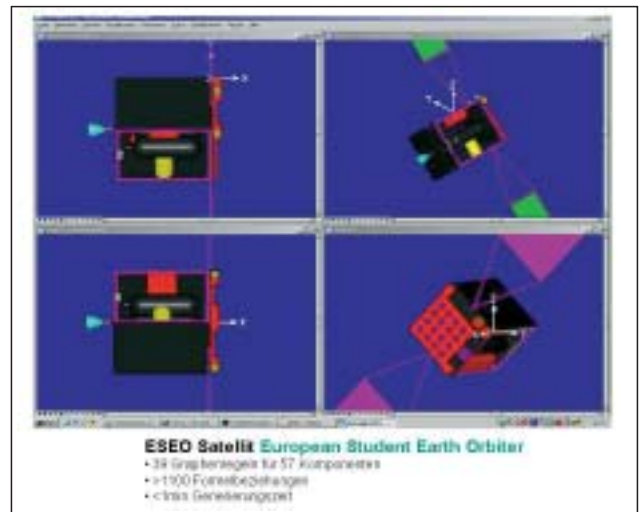
Schritt 4: Generierung des Kommunikationssystems (Antennen, ...)



Schritt 7: Erzeugung der Energieversorgung (Solarpanels, Batterie, Kabel, ...)



Schritt 5: Abgleich der Systembilanzen der Komponenten (Energie-, Datenbus, ...)



Schritt 8: Generierung des CAD-Modells aus mehr als 1200 Constraints

phenbasierten Schemas erzeugt, verändert und auch wieder gelöscht werden können. Durch die Zuordnung jeder Regel zu einer bestimmten Bauteilgruppe (z. B. Energieversorgung, etc.) oder Funktionalität (z. B. Systembilanz, etc.) wird durch die Wiederverwendung vordefinierter *Entwurfsmuster* (d. h. der Regeln) dabei die schnelle Erzeugung von Entwurfsvarianten unter weitestgehender Entlastung von manuellen Routinearbeiten ermöglicht.

Der gezeigte Satellitenentwurf beruht dabei in einer schrittweisen, regelbasierten Abbildung der Anforderungen (z. B. Requirement Kommunikation) auf abstrakte Funktionen (z. B. Funkverbindung), die auf konkrete Lösungskonzepte (z. B. S-Band) abgebildet werden, und deren Leistungsmerkmale durch entsprechende Bauteile (z. B. Sender und Empfänger) erfüllt werden. Dies bedeutet, dass der gezeigte Satelliten-

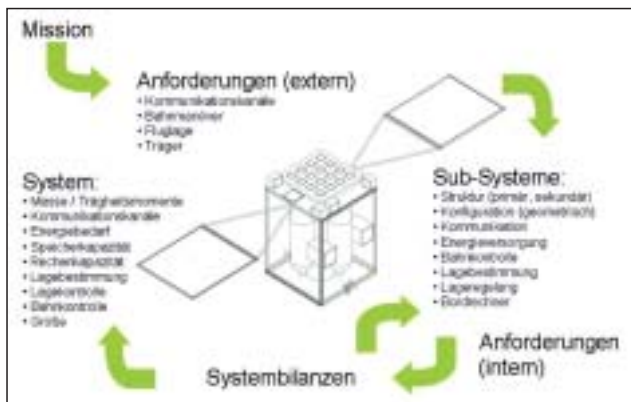


Abb. 15: Ineinander geschichtete Entwurfsschleifen [8]

entwurf mit seiner Vorgehensweise der schrittweisen Detaillierung vom Abstrakten hin zum Konkreten eine so genannte *Top-Down* Strategie verfolgt [8]. Erforderlichenfalls kann jede Regel über *Seiteneffekte* zusätzliche Anforderungen, abstrakte und konkrete Funktionen oder Bauteile einbringen. Dies bedeutet, dass, wenn aufgrund der Anforderung nach Kommunikation z. B. eine elektrische Sende- und Empfangseinheit vorgesehen wird, daraufhin auch die Energie- und Massebilanz aktualisiert werden muss. Diese Seiteneffekte führen in **Abb. 15** mithin zu zusätzlichen Entwurfsschleifen in den Systembilanzen [8], bis ein zulässiger Auslegungspunkt gefunden wird.

Entwurfssprachen können daher als regelbasierte Erweiterungen baukastenorientierter Konfigurationswerkzeuge aufgefasst werden, die sich in den letzten Jahren im Ingenieurwesen zur Modellerstellung immer mehr durchgesetzt haben (z. B. Matlab/Simulink) und deren Prozessketten (z. B. automatische Codegenerierung) große Produktivitätsgewinne ermöglichen.

Jedes Set von Vokabeln und Regeln für einen bestimmten Entwurf ist durch seine Maschinenlesbarkeit durch den Entwurfscopiler damit gleichzeitig sowohl lauffähiger Programmcode (*aktiver Bauplan*) als auch Entwurfsdokumentation. Die maschinelle Reproduzierbarkeit stellt im Sinne eines zukünftigen *Engineering Knowledge Management* ein integratives und leistungsfähiges Know-how-Sicherungskonzept dar.

Innerhalb jeder der dargestellten Entwurfsschleifen in **Abb. 15** können aufgrund von Seiteneffekten interdisziplinäre Kopplungen auftreten. Dies bedeutet, dass fortwährend alle Modellbildungen parallel erzeugt, mitgeführt und konsistent gehalten werden müssen. Dies ist schon allein aufgrund des Aufwandes nur maschinell effizient durchführbar. Hierfür kommt zur automatischen Verarbeitung der Regeln (d.h Entwurfsmuster) der so genannte *Entwurfscopiler* in **Abb. 16** zum Einsatz.

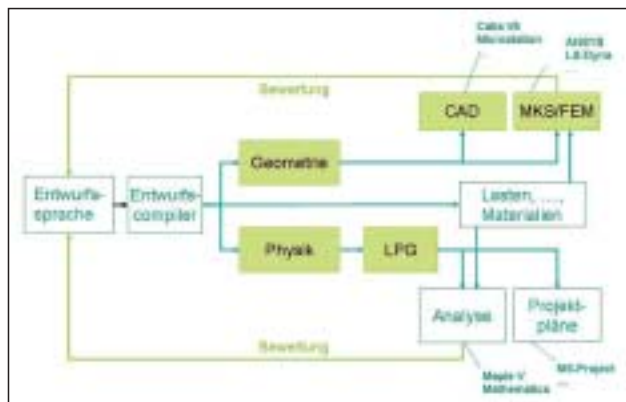


Abb. 16: Entwurfscopiler mit Front-End-Architektur [5]

Abb. 16 zeigt die Informationsflüsse in der Verarbeitung einer Entwurfssprache in einem Entwurfscopiler mit einer systematischen Front-End-Architektur. Aufgrund der Gerichtetheit des Informationsflusses gibt es nur eine zentrale Stelle, an der alle Daten (hier im Sinne von Vokabeln und Regeln) gehalten werden, sodass bei Änderungen in der Entwurfssprache die erforderlichen und zueinander konsistenten Modelle für die gezeigten Schnittstellen (CAD, FEM, MKS, CFD, etc.) zur symbolischen und numerischen Analyse des modifizierten Entwurfs automatisch neu generiert werden können.

5 Diskussion

Die in der Lösung komplexer Entwurfs- und Konstruktionsaufgaben in ähnlicher Form immer wiederkehrenden Problemstellungen haben den Menschen schon früh dazu angeregt, sich mit der Analyse des Entwurfsprozesses zu beschäftigen und sich mit den dem Konstruktionshandeln des Entwerfers zugrunde liegenden Vorgängen auseinander zu setzen [2].

So geht die deutsche Konstruktionsmethodik [3] im Entwurf von einer immer wiederkehrenden Abfolge von Phasen aus, die in die Anforderungs-, Funktions-, Prinzip- und Gestaltmodellierung unterschieden werden und auch Eingang in die entsprechende Normung [9] gefunden haben.

Trotz derartiger, in einzelnen Disziplinen z. T. etablierten Vorgehensweisen müssen diese Vorstellungen stets wissenschaftlich hinterfragt werden. So ist in der Praxis heute nicht etwa die Kreativität des Entwerfers, sondern zumeist die Endlichkeit der Ressourcen zur Erstellung der betrachteten Modellvorstellungen die eigentliche Begrenzung der Variantenvielfalt.

Die Ursache für das bisherige Scheitern der Erstellung einer für eine allgemeine Entwurfstheorie

tauglichen Modellvorstellung samt dazugehöriger Entwurfsunterstützung liegt in der qualitativen und quantitativen Unterschiedlichkeit und formalen Unverträglichkeit der im Entwurf oft parallel auftretenden Modellbeschreibungen begründet. Diese hängen in entscheidender Weise mit den verschiedenen, am Entwurf beteiligten und in **Abb. 17** dargestellten Begriffsgebieten *Glauben*, *Können* und *Wissen* zusammen, die zur qualitativen Unterscheidung der in den drei Gebieten benutzten Begründungsweisen für die dargestellten Entwurfs-, Analyse- und Bewertungsmethoden herangezogen werden.

Diese hierarchische Einbettung der drei Begründungsweisen in **Abb. 17** beruht auf der hier im folgenden dargestellten Klassifikation [5]:

■ In „*Glauben*“ gehört alles, was nur an der angenommenen Existenz und *freiwilligen Maßgabe abstrakter philosophischer Ideale und Ideen* (z. B. die Vorstellung von „gut“ und „böse“, „hässlich“ und „schön“) festgemacht werden kann, denn alle diese Begründungsweisen sind letztendlich in kulturelle und gesellschaftliche Wertvorstellungen eingebettet, deren Rechtfertigung nur philosophisch erfolgen kann.

■ In „*Können*“ gehören diejenigen Begründungsweisen, die sich im wissenschaftlichen Sinne zwar nicht mehr streng formal beweisen lassen, sich aber als handhabbare Vorgehensweisen benutzen lassen. Daher gehören diese Begriffsvorstellungen zur Klasse der *operationalisierbaren Methoden*.

■ In „*Wissen*“ gehören diejenigen Begründungsweisen, die auf Theorien und Gesetzmäßigkeiten beruhen, die im naturwissenschaftlichen Sinne *beweisbar konsistent, oder deren Experimente messbar und reproduzierbar* sind. Dies ist in den gut verstandenen Gebieten der Physik und des Ingenieurwesens meist erfüllt, da die dort erfolgende Theoriebildung einer ständigen Überprüfung durch das Experiment unterliegt.

Wissenschaftlich untersuchenswert sind durch die Unterteilung in Glauben, Können und Wissen natürlich zunächst auch die in den jeweiligen Be-

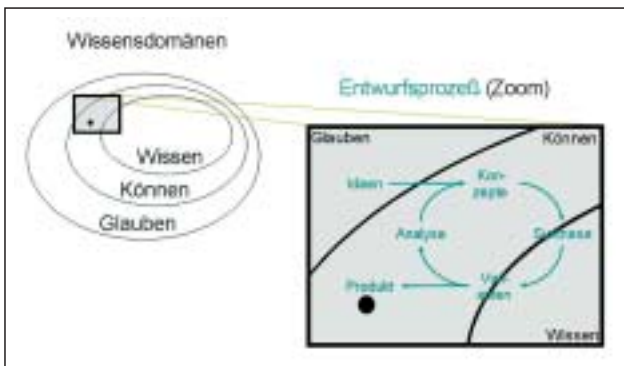


Abb. 17: Entwurfsschleifen in den Begriffsgebieten *Glauben*, *Können* und *Wissen* [5]

griffsgebieten benutzten Darstellungsweisen und Methoden selbst, als auch die an den Rändern aneinander anstoßender Gebiete zwangsläufig auftretenden Übergänge mit ihren Übergangsbedingungen. Dies ist im Entwurfsprozess, der alle drei Gebiete überstreicht, von besonderer Bedeutung.

Für eine durchgehende Unterstützung des Entwurfsprozesses muss daher zuallererst dieses Darstellungsproblem, sowie auch das Übergangsproblem an den Rändern zweier aneinander anstoßender Gebiete sinnvoll und hinreichend gelöst werden.

5.1 Offene Fragen

Kernpunkt der Entwurfsmethodik ist die Formalisierung aller aus den drei zugrunde liegenden Entwurfsdomänen des Glaubens, Könnens und Wissens zur Modellierung erforderlichen Begriffe (*Operanden*) und darauf aufsetzenden Entwurfshandlungen (*Operationen*). Während im Bereich des Wissens für die verwendeten Begriffe klare Modellvorstellungen und Definitionen bekannt sind, kann insbesondere im Bereich des Könnens und des Glaubens die dazu zwingend notwendig vorausgehende Operationalisierung der Begriffe dabei möglicherweise auch an ihre (derzeitigen) Grenzen stoßen.

Da dieser Grenze jedoch ursächlich das Fehlen einer anerkannten Modellbildung zugrunde liegt, ist dies an sich kein Nachteil der hier vorgeschlagenen Entwurfssprachen, sondern lediglich der Spiegel, der uns die Existenz von zahlreichen, trotz größter Anstrengungen immer noch vorhandenen Erkenntnislücken wieder in Erinnerung bringt. Beispiele hierfür sind in **Abb. 18** im Bereich des Wissens offene Fragen der Operationalisierbarkeit von *Lebensdauer* ($L = ?$) und im Bereich des Könnens die offene Frage der Ästhetik ($\checkmark \leftarrow ?$).

Des Weiteren muss zur generischen Darstellung aller möglichen Operationen als graphenbasierte Produktionsregel ein für alle Gebiete implementier-

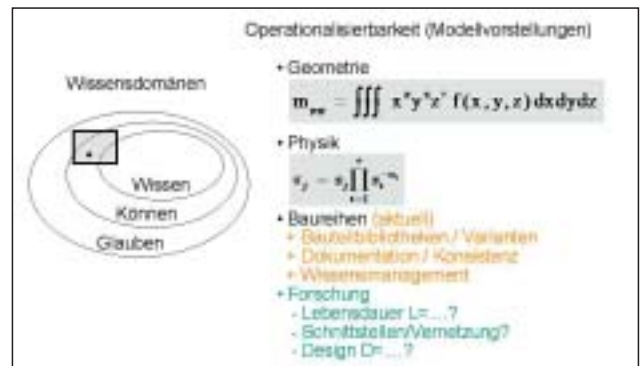


Abb. 18: Offene Forschungsfragen der Operationalisierung in Entwurfssprachen

barer „Meta-Operator“ in Form des „ \rightarrow “-Operators in **Abb. 11** bekannt sein. So kann z. B. im Bereich des Wissens die funktionale Schreibweise $x_n = f(x_1, \dots, x_{n-1})$ durch die Zuweisung $f(x_1, \dots, x_{n-1}) \rightarrow x_n$ ersetzt und mit der z. B. im Bereich des Könnens oft als Regel in *if . . . then . . .* Schreibweise (willkürlich) festgelegten Ursache-Wirkungs-Beziehung „ \rightarrow “ vereint werden.

5.2 Zusammenfassung

Im Rahmen einer umfassenden Aufarbeitung der dem Ingenieurentwurf zugrunde liegenden Domäneneigenschaften wurde für die Problematik einer umfassenden softwaretechnischen Unterstützung des (Ingenieur-)Entwurfs mit den detailliert dargestellten

Entwurfssprachen ein sehr leistungsfähiger Lösungsansatz vorgestellt. In einer Entwurfssprache kann, ganz entsprechend dem Vorbild natürlicher Sprachen, die Darstellung des Entwurfsobjekts auf nahezu beliebig verschiedenen Abstraktionsniveaus und Detaillierungsgraden erfolgen. Zusätzlich wird durch die Verwendung von Entwurfsregeln die zeitliche Entwurfsabfolge und -anordnung nachgebildet, die durch die Verwendung geeigneter Vokabelbibliotheken von der abstrahierten Darstellung im Entwurfsgraph auf eine konkrete Entwurfsdomäne abgebildet werden kann. Des Weiteren ist durch die maschinelle Übersetzung der Entwurfssprache durch einen Entwurfscompiler der Entwurf nicht nur effizient erstell- und modifizierbar, sondern auch stets vollständig dokumentiert und automatisch reproduzierbar.

6 Literatur

-
- [1] Chomsky, N.: *The architecture of language*. Oxford University Press, Oxford, 2000.
 - [2] Oelsner, R.: *Geschichte des Konstruierens in Deutschland. Vom künstlerischen Handeln zum formalisierten Wissen*. Konstruktion, 44 (1992), 387-390.
 - [3] Pahl, G. und Beitz, W.: *Konstruktionslehre*. Springer, Berlin, 1993.
 - [4] Prusinkiewicz, P. and Lindenmayer, A.: *The Algorithmic Beauty of Plants*. Springer, Berlin, 1996.
 - [5] Rudolph, S.: *Übertragung von Ähnlichkeitsbegriffen*. Habilitationsschrift, Fakultät Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie, Universität Stuttgart, 2002.
 - [6] Rudolph, S.: *Aufbau und Einsatz von Entwurfssprachen für den wissensbasierten Ingenieurentwurf*. 3. Forum Knowledge Based-Engineering, CAT-PRO, Stuttgart, 9. Oktober 2003.
 - [7] Schaefer, J.: *Entwurfsgrammatiken im Systementwurf von Satelliten*. Studienarbeit, Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen, Universität Stuttgart, 2002.
 - [8] Schaefer, J. and Rudolph, S.: *Satellite Design by Design Grammars. (Satellitenentwurf mit Entwurfsgrammatiken.)* Aerospace, Science and Technology (AST), Vol 9, Iss 1, Pages 81-91, 2005.
 - [9] VDI-Richtlinie 2221: *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1986.

Prüfen in Verbindung mit den bauaufsichtlich eingeführten Regeln

Das Baurecht fordert mit der Standsicherheit mehr als nur die Vermeidung akuter Gefahren

Durch die Einführung des neuen Nachweiskonzeptes ist die Frage aufgetreten, ob und welche Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu prüfen sind. Diese Frage wird im folgenden Beitrag beantwortet. Er zeigt, dass die bekannt gemachten technischen Regeln in ihrem gesamten Umfang anzuwenden und zu prüfen sind. Sie dienen dem Nachweis der Erfüllung wesentlicher Anforderungen des Baurechtes, das mit der Standsicherheit mehr fordert als die Vermeidung akuter Gefahren. Mit den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit werden außerdem wesentliche Anforderungen an die Bauprodukte und baulichen Anlagen hinsichtlich der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit erfüllt. Durch die Bekanntmachung der Technischen Baubestimmungen wird Rechtssicherheit für die Behörden (einschl. Prüfümter, Prüfingenieure und Sachverständige) und die Bürger geschaffen, wie unbestimmte Rechtsbegriffe des Baurechtes auszulegen sind.

Dipl.-Ing. Hilmar Zander



studierte das Bauingenieurwesen an der TU Berlin, war von 1982 bis 1989 als konstruktiver Bauingenieur in der Bauindustrie tätig, trat 1990 in die Prüfungsabteilung für Baustatik und das Prüfamt für Baustatik des Landes Niedersachsen bei der Landeshauptstadt Hannover ein, dessen Leiter er 1997 wurde.

1 Einführung

Gemäß Bauordnung muss jede bauliche Anlage standsicher sein. Die Standsicherheit einer baulichen Anlage wird durch eine statische Berechnung nachgewiesen. Ob der Standsicherheitsnachweis im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens zu prüfen ist, regelt die Bauordnung. Unabhängig davon, ob geprüft werden muss oder nicht, ist immer ein fachmännisch aufgestellter Standsicherheitsnachweis erforderlich.

Anforderungen, Aufgaben und Aufbau der statischen Berechnung legen die DIN-Vorschriften fest. DIN 1045-1 sagt, dass die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit der baulichen Anlage und ihrer Bauteile in der statischen Berechnung übersichtlich und leicht prüfbar nachzuweisen sind. Somit ist der Umfang einer statischen Berechnung eindeutig definiert. Zu einer statischen Berechnung auf Grundlage der DIN 1045-1 gehören alle Nachweise, die die DIN fordert. Dieses gilt entsprechend auch für Standsicherheitsnachweise auf Grundlage anderer Regelungen, wie DIN 1052 oder DIN 18800.

In den letzten Jahren wurden die Nachweiskonzepte im konstruktiven Ingenieurbau auf ein verändertes Sicherheitskonzept umgestellt. Danach werden Nachweise in verschiedenen Bemessungssituationen untersucht, um die Standsicherheit nachzuweisen. Mit dem neuen Nachweiskonzept werden die Begriffe Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit verwendet. Da diese Begriffe der Fachnormen nicht direkt kompatibel sind mit dem Begriff Standsicherheit der Bauordnung, ist die Fragestellung aufgetreten, welche Nachweise im Rahmen der Prüfung im Baugenehmigungsverfahren zu prüfen sind. Insbesondere bei den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit wird diese Frage gestellt.

Nachfolgend wird unter verschiedenen Aspekten untersucht, ob aus baurechtlicher Sicht eine grundsätzliche Differenzierung beim Prüfen der Nachweise vorzunehmen ist (**Abb. 1**). Wesentliche Aspekte dieser Betrachtung sind die Niedersächsi-



Abb. 1: Aspekte der Standsicherheit

sche Bauordnung (NBauO), die Bauregelliste und Bauprodukten-Richtlinie, die Fachnormen, wie wurde in der Vergangenheit damit umgegangen („historisch“) und wie wird eine Rechtssicherheit für alle Beteiligten sichergestellt.

2 Standsicherheit und Niedersächsische Bauordnung (NBauO)

In der NBauO werden im § 18 (Standsicherheit) die „Grundsätzlichen Anforderungen“ des § 1 der Bauordnung konkretisiert: Die bauliche Anlage muss dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher sein (Abb. 2).

Aus dieser Definition der Standsicherheit ist zu erkennen, dass die Anforderung des § 18, Satz 1 mit der Verwendung des Begriffes „Standsicherheit“ über die Abwehr akuter Gefahren hinausgeht [3, S.359]. Mit Standsicherheit werden weitergehende Anforderungen an die Konstruktion gestellt, u. a. muss auch die Dauerhaftigkeit einer baulichen Anlage ihrem Zweck entsprechend sichergestellt sein.

Mit dem § 18 Standsicherheit wirken also verschiedene Anforderungen der NBauO zusammen (Abb. 3).

Der § 1 der NBauO formuliert die grundsätzlichen Anforderungen an eine bauliche Anlage. Diese grundsätzlichen Anforderungen sind z. B.:

- keine Bedrohung von Leben und Gesundheit,
- keine unzumutbaren Belästigungen,

- Instandhaltung,
- gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse,
- Bauprodukte müssen dem Zweck entsprechend gebrauchstauglich sein.

Diese grundsätzlichen Anforderungen werden über die nachfolgenden Regelungen konkretisiert.

§ 19 fordert Schutz gegen schädliche Einflüsse, da diese die Dauerhaftigkeit und Standfestigkeit von baulichen Anlagen erheblich beeinträchtigen oder sogar zerstören können. Daraus können Gefahren für Sicherheit und Gesundheit entstehen. § 19 und § 18 wirken also zusammen.

§ 20 Brandschutz wirkt mit § 18 zusammen, hier sind z. B. Nachweise des konstruktiven Brandschutzes zu führen. Die Standsicherheit muss auch im Brandfall entsprechend den Anforderungen an die Feuerwiderstandsklasse gewährleistet sein.

§ 21 Erschütterungsschutz soll u. a. Gefahren oder unzumutbare Belästigungen durch Schwingungen vermeiden. Diese Nachweise, soweit erforderlich, sind Bestandteile des Standsicherheitsnachweises.

§ 18

STANDSICHERHEIT

Jede bauliche Anlage muss im ganzen, in ihren einzelnen Teilen und für sich allein und dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher sein. Die Verwendung

Abb. 2: § 18 NBauO, Satz 1



Abb. 3: Einflüsse auf die Standsicherheit nach NBauO

§ 23 Verkehrssicherheit stellt z. B. Anforderungen an Geländer und Umwehrungen. Die Standsicherheit wird in Verbindung mit DIN 1055 (Holmlasten) und z. B. bei Glas mit den Technischen Regeln für absturzsichernde Verglasungen nachgewiesen.

§ 24 Bauprodukte wird später gesondert behandelt.

Hieraus wird ersichtlich, dass Standsicherheit dem Wortsinn nach mehr bedeutet als akute Gefahrenabwehr. Mit Standsicherheit ist mehr sicher zu stellen als die Vermeidung eines Einsturzes.

Beispiele „für den Zweck entsprechend dauerhaft standsicher“ können sein:

- Schwingungsnachweise (unzumutbare Belästigung durch Schwingungen, § 21),
- Korrosionsschutz bei nicht einsehbarer Konstruktion (Vermeidung von Gefahr § 19),
- wasserundurchlässiger Keller als weiße Wanne im Grundwasser (dem Zweck entsprechend dauerhaft § 18 und § 19, unzumutbare Belästigung § 1),
- Vermeidung unzumutbarer großer Verformungen zur Verhinderung von Beschädigungen an anderen Bauteilen (dem Zweck entsprechend dauerhaft § 18, Vermeidung von Gefahr § 18, unzumutbare Belästigung § 1 und § 19).

Das baurechtliche Zusammenwirken dieser Anforderungen wird am Beispiel eines wasserundurchlässigen Kellers als weiße Wanne im Grundwasser erläutert. Für eine bauliche Anlage sind Abstellräume und Einstellplätze im Tiefgeschoss nachzuweisen (**Abb. 4**). Diese Räume sind gemäß Baurecht (NBauO, § 44 und § 47) erforderlich. Ohne das Vorhandensein dieser Räume kann keine Baugenehmigung erteilt werden. Sie müssen ständig vorhanden sein, um das Baurecht zu erfüllen. Somit müssen sie dauerhaft nutzbar sein. Das setzt voraus, dass die Räume trocken sind. Nach § 18 ist mit der Standsicherheit nachzuweisen, dass das Bauteil „dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher ist“. Dem Zweck entsprechend bedeutet hier wasserundurchlässig nach DIN 1045-1 (in Verbindung mit zugehöriger Richtlinie), da die Räume dem Zweck entsprechend nach dauerhaft trockene Kellerräume sein müssen. Die mechanische Festigkeit des Bauwerkes soll dem Wasserdruck standhalten und das Eindringen des Wassers verhindern. Der Nachweis des wasserundurchlässigen Kellers ist somit Bestandteil des Standsicherheitsnachweises, da keine anderen Abdichtungsmaß-

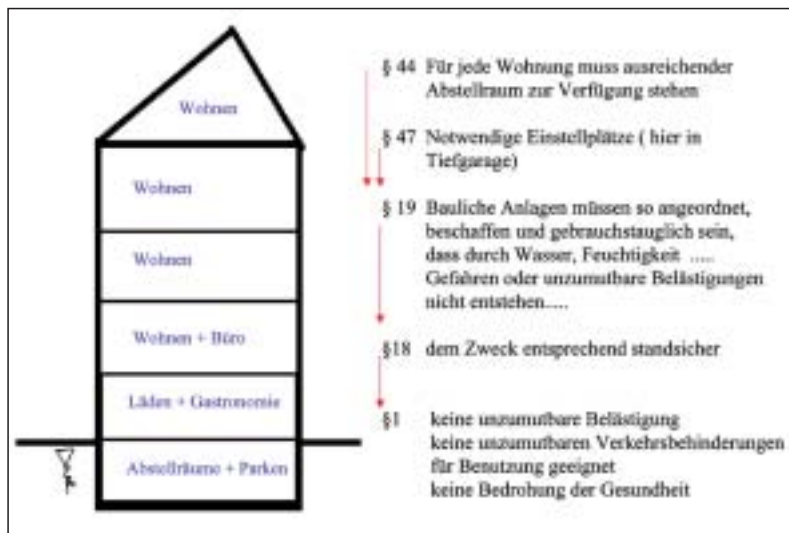


Abb. 4: Beispiel Keller im Grundwasser mit Anforderungen nach NBauO

nahmen zur Erzielung einer dauerhaften Nutzung vorgesehen sind. So werden Gefahren für Leben und Gesundheit vermieden, wie Durchfeuchtung und Nässe. Auch geht von der Elektroinstallation eine erhebliche Gefahr aus, wenn aus geplanten trockenen Räumen Feuchträume werden oder Wasser im Keller steht. Zum anderen müssen die Einstellplätze dauerhaft vorhanden sein, damit unzumutbare Belästigungen im Straßenverkehr vermieden werden.

Es bleibt festzuhalten, dass nach NBauO mit der Forderung nach Standsicherheit weitergehende Ziele als die Abwehr akuter Gefahren verfolgt werden.

3 Standsicherheit und Bauprodukte

Bauliche Anlagen werden aus Bauprodukten hergestellt. Gemäß § 1 Abs. 4 NBauO wird an Bauprodukte die Forderung gestellt, dass sie nur verwendet werden dürfen, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen gebrauchstauglich sind. Hiermit wurde § 5 Abs. 1 des Bauproduktengesetzes sinngemäß in die Bauordnung übernommen. Die sechs wesentlichen Anforderungen an Bauwerke werden im Anhang I der Bauprodukten-Richtlinie definiert (**Abb. 5**). Diese wesentlichen Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie entsprechen voll den Anforderungen an bauliche Anlagen nach den Landesbauordnungen, [5] und [6].

So wird z. B. im Anhang I der Bauprodukten-Richtlinie gefordert (**Abb. 6**):

- unter 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit:

Wesentliche Anforderungen an Bauwerke nach Bauprodukten-Ri-Li, Anhang I

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit
2. Brandschutz
3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
4. Nutzungssicherheit
5. Schallschutz
6. Energieeinsparung und Wärmeschutz

Abb. 5: Wesentliche Anforderungen an Bauwerke nach Bauprodukten-Richtlinie, Anhang I

1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit

Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die während der Errichtung und Nutzung möglichen Einwirkungen keines der nachstehenden Ereignisse zur Folge haben:

- a) Einsturz des gesamten Bauwerkes oder eines Teiles;
- b) größere Verformungen in unzulässigem Umfang;
- c) Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen und Ausstattungen infolge zu großer Verformungen der tragenden Konstruktion;
- d) Beschädigungen durch ein Ereignis in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß.

Abb. 6: Anforderungen an mechanische Festigkeit und Standsicherheit nach Anhang I der Bauprodukten-Richtlinie

- Vermeidung eines Einsturzes des gesamten Bauwerkes oder eines Teils,
 - keine größeren Verformungen in unzulässigem Umfang,
 - keine Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen und Ausstattungen infolge zu großer Verformungen der tragenden Bauteile
- unter 3. Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz:
- Vermeidung von Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen und auf Oberflächen von Bauteilen in Innenräumen.

Nach der Bauprodukten-Richtlinie sind diese Anforderungen an Bauwerke zu erfüllen, „sofern für die Bauwerke Regelungen gelten, die entsprechende Anforderungen enthalten“ [5]. Solche Regelungen liegen im Besonderen mit den bauaufsichtlich eingeführten Technischen Baubestimmungen vor.

Die Forderung der NBauO, dass die bauliche Anlage dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher sein muss, setzt gebrauchstaugliche Bauprodukte voraus.

Die Anforderungen der Bauordnung an das Bauprodukt gehen über die akute Gefahrenabwehr

hinaus. An das Bauwerk in Verbindung mit dem Bauprodukt werden weitergehende Anforderungen als die Vermeidung des Einsturzes gestellt. Diese Anforderungen sollen gewährleisten, dass das Bauwerk dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher ist. Der Nachweis, dass das Bauprodukt gebrauchstauglich im Sinne der Bauordnung ist und somit dem Zweck entsprechend dauerhaft standsicher ist, wird über die Fachnorm, die in der Regel bauaufsichtlich eingeführt ist, im Rahmen des Standsicherheitsnachweises erbracht. Somit sind auch die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit zu prüfen, da sie Anforderungen an die Standsicherheit erfüllen.

In [6] legt Eschenfelder ausführlich dar, dass zum Prüfumfang auch die Kontrolle der Bauprodukteigenschaft zählt. Die Überprüfung der Verwendbarkeit erfolgt über das geforderte Kennzeichen (Ü oder CE) in Verbindung mit der Kontrolle, ob die gekennzeichneten Bauprodukte auf den jeweiligen Verwendungszweck zutreffen. Die Gebrauchstauglichkeit des Bauproduktes nach der Bauordnung erfordert aber auch die richtige Anwendung der Fachregeln, hier z. B. DIN 1045 in Verbindung mit WU-Richtlinie. Ein WU-Beton als Beton mit besonderen Eigenschaften nach Bauregelliste A, Ziffer 1.5.9, erfüllt zwar die Anforderungen an das Bauprodukt nach Bauproduktengesetz. Aber ohne Berücksichtigung der Regelungen der Fachnorm, hier Beschränkung der Rissweite und richtige Ausführung, erfüllt das Bauprodukt nicht die wesentlichen Anforderungen an das Bauwerk. Oder: Unbewehrter WU-Beton für eine weiße Wanne hat als Bauprodukt zwar ein Ü-Kennzeichen, Kellerwand und Kellersole aus unbewehrtem WU-Beton sind aber trotzdem wasserdurchlässig. Eine Prüfung der Kennzeichnung allein ohne Überprüfung der richtigen Anwendung der technischen Regeln erfüllt nicht die Anforderung an die baurechtliche Überprüfung.

4 Standsicherheit und technische Baubestimmungen (wie Normen und Richtlinien)

Die Betrachtung dieses Aspektes erfolgt am Beispiel der DIN 1045-1. Nach dieser DIN, die auf dem neuen Bemessungskonzept aufbaut, wird zwischen Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit unterschieden.

Zu den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit gehören nach Abschnitt 11 die Begrenzung der Spannungen (11.1), Begrenzung der Rissbreiten (11.2) sowie Begrenzung der Verformungen (11.3). Die DIN 1045-1 ist bauaufsichtlich eingeführt, der Abschnitt

Beispiel: Dachbinder für Büro

Eigengewicht Binder	$0,3 \times 0,6 \times 25 = 4,5 \text{ kN/m}$
Trapezblech mit Dachhaut	$0,45 \times 6,00 = 2,7 \text{ kN/m}$
Abgehängte Decke	$0,15 \times 6,00 = 0,9 \text{ kN/m}$
	$g_{k,1} = 8,1 \text{ kN/m}$
Schnee	$0,75 \times 6,00 = s_{k,1} = 4,5 \text{ kN/m}$

Quasi-ständige Last nach DIN 1055-Teil 100 für Durchbiegungsnachweis:

$$q_{d,perm} = 1,0 \times g_{k,1} + \Psi_{2,1} \times s_{k,1} = 8,1 + 0 \times 4,5 = 8,1 \text{ kN/m}$$

Die Durchbiegung wird nach DIN 1045-1 ohne Anteil aus Schnee nachgewiesen ($\Psi_{2,1} = 0$), da die Durchbiegung unter quasi-ständiger Last nachzuweisen ist. Die Trennwände werden üblicherweise eingebaut, nachdem sich die Durchbiegung infolge ständiger Last eingestellt hat.

Bei Belastung durch Schnee biegt sich der Binder durch und belastet die nichttragenden Wände. Bei Einhaltung der Forderung von $L/500$ unter quasi-ständiger Last kann die Durchbiegung unter Schnee noch um ca. 1,5 cm zunehmen.

Diese Zunahme der Durchbiegung unter Schnee muss nach DIN und Baurecht nicht untersucht werden. Im Rahmen einer verantwortlichen Planung sollte im wirtschaftlichen Interesse des Bauherren jedoch untersucht werden, ob diese weitere Durchbiegung verträglich ist. Das Baurecht, das diese Untersuchung nicht fordert, stellt hier nur eine Mindestanforderung (untere Grenze) an die Steifigkeit des Binders.

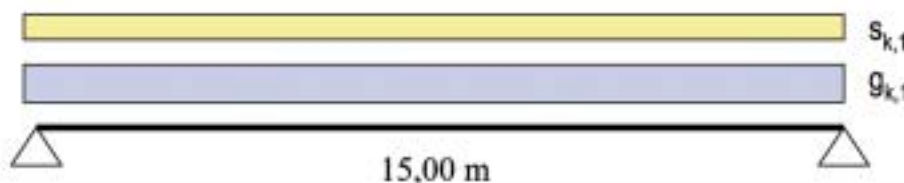


Abb. 7: Beispiel zu unterer Grenzfallbetrachtung

11 ist nicht von der bauaufsichtlichen Einführung ausgenommen.

Die Nachweise auf Gebrauchslastniveau sind auch erforderlich, weil mit der DIN 1045-1 der Erfahrungsbereich der bisherigen DIN durch Ausnutzung höherer Festigkeiten oder größerer Schnittgrößenumlagerung verlassen wird (vgl. [2], S.218). Die Intention dieser Nachweise ist, die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit unter einem anderen Belastungszustand zu gewährleisten. Insofern kann das neue Nachweiskonzept, das im Vergleich zum alten Nachweiskonzept zu einer Optimierung des Tragsystems führen soll, als Grenzfalluntersuchung der Standsicherheit gesehen werden. Für die seltene Belastung ist eine obere Grenze (Grenzzustand der Tragfähigkeit) zu gewährleisten, für die quasi-ständige Belastung (Dauerlastfall) ist eine untere Grenze (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) zu gewährleisten. Also sind notwendige und hinreichende Kriterien zur Beurteilung der Standsicherheit je nach Belastungszustand zu untersuchen. So können fallweise beim unteren Belastungszustand (Gebrauchslastniveau) Lastfälle wie Schnee oder Wind völlig vernachlässigt werden. Da das Bauwerk aber auch in diesem dauernden Tragfähigkeitszustand hinsichtlich der mechani-

schen Festigkeit beurteilt werden muss (Spannungen, Rissweite, Verformungen), gehören beide Nachweiszustände zum Standsicherheitsnachweis und sind zu prüfen, vgl. hierzu auch Beispiel in Abb. 7.

Mit dem Nachweis der Verformungen sollen größere Verformungen in unzulässigem Umfang (ordnungsgemäße Funktion oder Erscheinungsbild) oder Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen infolge zu großer Verformungen der tragenden Baukonstruktion vermieden werden (Vermeidung von Schäden an leichten Trennwänden, Verglasungen, Außenwandverkleidungen, haustechnischen Anlagen). Es ist zu erkennen, dass die Anforderungen an das Bauwerk nach der Bauprodukten-Richtlinie und nach der Bauordnung in die Fachnorm übernommen wurden (Abb. 8). Mit dieser Forderung wird sichergestellt, dass das Bauprodukt gebrauchstauglich ist und dass die Anlage dem bau-rechtlich genehmigtem Zweck entsprechend dauerhaft genutzt werden kann. Mit dem Nachweis der Verformungen werden originäre Anforderungen der Bauordnung an eine bauliche Anlage erfüllt. Der Nachweis der Verformungen dient nicht ausschließlich dem wirtschaftlichen Interesse des Bauherren, er erfüllt ganz wesentliche Anforderungen an die Stand-

<u>Gegenüberstellung Verformungsnachweis Bau-Prod-Ri-Li und DIN</u>	
<u>Bauprodukten-Ri-Li, Anhang I</u>	<u>DIN 1045-1</u>
<u>1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit</u>	<u>11.3 Begrenzung der Verformungen</u>
Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass die während der Errichtung und Nutzung möglichen Einwirkungen keines der nachstehenden Ereignisse zur Folge haben:	Die Verformungen eines Bauteiles oder eines Tragwerks dürfen weder
a) Einsturz des gesamten Bauwerkes oder eines Teiles;	die ordnungsgemäße Funktion noch
b) größere Verformungen in unzulässigem Umfang;	das Erscheinungsbild des Bauteiles selbst oder
c) Beschädigungen anderer Bauteile oder Einrichtungen und Ausstattungen infolge zu großer Verformungen der tragenden Konstruktion.	angrenzender Bauteile (z.B. leichte Trennwände, Verglasungen, Außenwandverkleidungen, haustechnische Anlagen) beeinträchtigen.

Abb. 8: Gegenüberdarstellung Verformungsnachweis

sicherheit, die Dauerhaftigkeit und das Bauprodukt. Insofern gehört der Nachweis der Verformung im baurechtlichen Sinne zum Nachweis der Standsicherheit und ist zu prüfen, soweit Regelungen vorhanden sind.

Auch wenn keine Regelungen in den Fachnormen vorhanden sind, sind die Verformungen zu betrachten. Denn mit dem Standsicherheitsnachweis sollen Gefahren vermieden werden, und es soll eine dauerhafte Nutzung sichergestellt werden. In diesem Fall ist allerdings der Ermessensbereich des Prüfenden weitergefasst, da keine konkreten Regelungen vorliegen.

5 Standsicherheit und Historie

Auch die Normen auf Grundlage des alten Nachweiskonzeptes kennen Nachweise nach unterschiedlichen Bemessungssituationen oder Nachweise der Verformungen.

So kennt die DIN 4227 (Spannbeton) Nachweise im Bruchzustand und im Gebrauchszustand.

Die DIN 1052 (Holzbau) stellt ganz explizite Forderungen an die Durchbiegungsbeschränkung.

Die DIN 1045 (Stahlbetonbau) unterscheidet zwischen Nachweisen im Bruchzustand und im Gebrauchszustand und stellt Forderungen an Rissebeschränkung oder Durchbiegung.

Diese technischen Baubestimmungen wurden als Ganzes angewendet und geprüft. Eine Diskussion, was zu prüfen ist und was nicht, fand i. d. R. nicht statt. Die zugehörigen Einföhrungserlasse und Bekanntmachungen haben diese Nachweise unter Gebrauchslast oder der Verformungen nicht von der Einföhrung ausgenommen, sodass diese Nachweise im Genehmigungsverfahren mitgeprüft werden mussten.

Die Bekanntmachungen geben sogar oft detaillierte Ergänzungen zu den Nachweisen an, so z. B.:

- zu DIN 1045: Runderlass NRW vom 6.2.1979, ergänzt u. a. die Grundlage für die Berechnung der Formänderungen [9],

- zu DIN 1050: Erlass Schleswig-Holstein vom 12.2.1975, gibt u. a. Grenzen der Durchbiegung an [10].

Da die Bekanntmachungen Ergänzungen zu den Nachweisen behandeln, wird deutlich, dass diese Nachweise aus baurechtlicher Sicht öffentlich-rechtlich als relevant angesehen wurden und die eingeföhrten Normen als Ganzes anzuwenden sind. Diese Nachweise erfüllen wesentliche Anforderungen an die baulichen Anlagen. Es ist zu erkennen, dass diese Nachweise nicht ausschließlich dem wirtschaftlichen Interesse des Bauherren zuzuordnen sind, sondern dass ein öffentlich-rechtliches Interesse an der Erfüllung dieser Anforderungen besteht.

6 Standsicherheit und Rechtssicherheit

Die wichtigen technischen Baubestimmungen werden von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung eingeföhrte. Die technischen Baubestimmungen sind einzuhalten (**Abb. 9**).

Damit werden den Bauaufsichtsbehörden und den von ihnen herangezogenen Prüfämtern, Prüfingenieuren und Sachverständigen technische Regeln für die Prüfung an die Hand gegeben, „mit deren Anwendung nach allgemeiner Auffassung der Fachwelt die

§ 96

Technische Baubestimmungen

(1) Die oberste Bauaufsichtsbehörde kann Regeln der Technik, die der Erfüllung des § 1 dienen, als Technische Baubestimmungen ... bekanntmachen.

(2) Die Technischen Baubestimmungen sind einzuhalten. Von ihnen darf abgewichen werden, wenn den Anforderungen des § 1 auf andere Weise ebenso wirksam entsprochen wird;

Abb. 9: § 96 NBauO, Auszüge

Mindestanforderungen des Bauaufsichtsrechtes hinreichend erfüllt werden können“ [7, dort Einleitung].

Mit den Bekanntmachungen werden den Behörden und den am Bau Beteiligten die technischen Regeln verbindlich zur Kenntnis gegeben, die zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen zu beachten sind. Damit wird für alle Beteiligten Rechtssicherheit geschaffen, denn mit der Bekanntmachung werden unbestimmte Rechtsbegriffe der Bauordnung wie „keine Bedrohung von Leben und Gesundheit“, „Gefahrenabwehr“, „unzumutbare Belästigung“ oder „technische Baubestimmungen“ eindeutig ausgelegt. Mit diesem Vorgehen sollen Voraussetzungen geschaffen werden, dass vergleichbare Anwendungsfälle durch verschiedene Bauaufsichtsbehörden (bzw. Prüfungenieure oder Sachverständige) in gleicher Weise behandelt werden. So soll die Tätigkeit der Behörden (bzw. Prüfungenieure oder Sachverständigen) im Ermessensbereich des Baurechts gebunden werden, um eine gleichmäßige und einheitliche Anwendung der technischen Regeln sicherzustellen. Somit wird für eine Gleichbehandlung des Bürgers vor dem Gesetz gesorgt.

Soweit die Regeln (DIN-Norm, Richtlinie usw.) bekannt gemacht sind, sind sie von allen am Bau Beteiligten zu beachten. Grundsätzliche Ausnah-

men einzelner Abschnitte einer Norm, die nicht anzuwenden sind, werden von der Bekanntmachung ausgenommen, wie z. B. bei DIN 4108, Teil 2, der Abschnitt 4.3 (sommerlicher Wärmeschutz) und der Abschnitt 8 (Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz). Oder das Beiblatt 2 zur DIN 4109, Teil 2 (Vorschläge für erhöhten Schallschutz), das nicht eingeführt wurde. Insofern gilt auch für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit, dass sie zu führen und zu prüfen sind, soweit sie bekannt gemacht worden sind.

Es ist anzumerken, dass von den bekannt gemachten Regeln abgewichen werden darf, sofern den Anforderungen des § 1 NBauO auf andere Weise ebenso wirksam entsprochen wird (**Abb. 9**).

Literatur

- [1] Niedersächsische Bauordnung
- [2] Betonkalender 2002, Verlag Ernst & Sohn
- [3] Niedersächsische Bauordnung - Kommentar, Grosse-Suchsdorf/Lindorf/Schmaltz/Wiechert, Vincentz Verlag, 7. Auflage 2002
- [4] Bauproduktengesetz (BauPG), neu bekannt gemacht vom 28.4.1998 BGBl. S.812
- [5] Richtlinie des Rates vom 21.12.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG) (Bauprodukten-Richtlinie)
- [6] Der Prüfungenieur Oktober 2000, S.55 ff
- [7] Bauaufsichtlich Eingeführte Technische Baubestimmungen, Hrsg. DIfBt, Beuth-Verlag
- [8] siehe Anhang I der Bauprodukten-Richtlinie unter [5]
- [9] Gottsch-Hasenjäger, Technische Baubestimmungen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 60. Lieferung 1979
- [10] Gottsch-Hasenjäger, Technische Baubestimmungen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 29. Lieferung 1975

Bautechnische Prüfung und Baugenehmigungsverfahren

Öffentlich-rechtliche Genehmigungen bedürfen der Einbindung bautechnischer Prüfungen durch Prüfsachverständige

Die bautechnische Prüfung von Gebäuden und anderen baulichen Anlagen ist in den Blickpunkt der gesellschaftlichen Diskussion gekommen. Ihr Sinn, ihre Notwendigkeiten, ihre Abhängigkeiten und ihr Verhältnis zum Baugenehmigungsverfahren werden im folgenden Beitrag deshalb einmal im Zusammenhang dargestellt. Auch die Umstellung der Normen auf das semi-probabilistische Sicherheitskonzept verändert das Sicherheitsrisiko bei der Planung und Ausführung nicht. Weil auch die Aufgabe des Staates, das Grundrecht des Bürgers auf Sicherheit zu wahren, davon unberührt bleibt, sind in einer komplexen Welt mit sehr anspruchsvollen Bauwerken klare Strukturen staatlicher Maßnahmen von größter Bedeutung. Die Prüfung durch private Prüfsachverständige könne, so wird im folgenden Beitrag argumentiert, bei einem mittleren Risiko durchaus eine Lösung sein; der hohe Wert von juristischer Bestandskraft und Wirtschaftlichkeit durch Planungssicherheit sprächen jedoch klar für die öffentlich-rechtliche Genehmigung und die dort eingebundene bautechnische Prüfung durch den Prüfsachverständigen.

Dipl.-Ing. Detlef Sagebiel



studierte Bauingenieurwesen an der TU Braunschweig mit konstruktiver Vertiefung; nach kurzer Tätigkeit im Ingenieurbüro Referendariat für Stadtbauwesen bei der Freien und Hansestadt Hamburg; nach kurzer Zwischenstation Tätigkeit in der Prüfstelle für Baustatik; heute als Abteilungsleiter verantwortlich für die Prüfstelle für Baustatik, die Prüfstelle für Gebäudetechnik und für ministerielle Aufgaben in der Bautechnik.

1 Einführung

Sicherheitsprüfungen sind ein Teil unseres Alltags. Alle technischen Einrichtungen, bei denen im Versagensfall große Gefährdungen für Personen zu befürchten sind, unterliegen einer Überprüfung hinsichtlich der Sicherheit.

Bei Bauwerken findet diese Prüfung nur ein Mal statt, weil diese in der Regel ihre Eigenschaften nur langsam verändern. Bei Maschinen, Windkraftanlagen, Kraftfahrzeugen und Flugzeugen wird die Erstprüfung durch Verschleißprüfungen in zeitlichen Intervallen ergänzt. Durch diese Prüfungen zieht sich ein Merkmal: Die Prüfer sind unabhängig von den Auftraggebern und den Produzenten. Dies erscheint notwendig, weil in all diesen Fällen Besteller und Herstellende innerhalb eines Spannungsdreieckes agieren. Neben der Forderung nach Sicherheit müssen mindestens noch die Wirtschaftlichkeit und die Nutzbarkeit sichergestellt werden (Abb. 1).

Im industriellen Fertigungsprozess nimmt, wie auch beim Bauen, die Fertigungstiefe ständig ab. Immer mehr Teile und Leistungen werden von den Spezialisten anderer Firmen hergestellt. Diese Entwicklung hat die Zertifizierung der Lieferanten nach ISO DIN 9000 stark beschleunigt. Das Ziel war dabei, Bauteile von Fremden mindestens in der gleichen Qualität zu erhalten, die man selbst zu erzeugen gewillt war. Die dafür notwendige systematische Dokumentation der erforderlichen Entwurfs- und Produktionsschritte hatte außerdem zur Folge, dass parallel



Abb. 1: Spannungsfeld Prüfung

zur Steigerung der Produktionsqualität die Anzahl der nachträglichen kostenaufwendigen Fehlerbehebung unter Betrieb verringert werden konnten, weil alle Anforderungen frühzeitig und kostengünstig in den Produktionsprozess einfließen konnten.

2 Technische Prüfungen an Bauwerken

Im Gegensatz zur industriellen Fertigung sind bauliche Anlagen wie Gebäude und Silos in der Regel Unikate, die nach den Bedürfnissen des Bauherrn entworfen, konstruiert und errichtet werden. Bauwerke werden entsprechend den Rahmenbedingungen den Anforderungen angepasst. Konstruktion und Ausführung erfolgen durch Menschenhand. Damit sind Fehler in diesen Bereichen nicht auszuschließen. Die Nutzer dieser Bauwerke dürfen durch Fehler nicht gefährdet werden. Deshalb ist das Risiko besonders in der Gebrauchsphase klein zu halten. Das Gefährdungspotenzial dieser Bauwerke ist sehr unterschiedlich. Die behördliche Maßnahme, eine Prüfung zu fordern, schränkt die Baufreiheit, einen natürlichen Anspruch des Bürgers in unserem freiheitlichen Rechtsstaat, insoweit ein. Die Eingrenzung des Grundsatzes, der Einzelne darf bauen, es sei denn er beeinträchtigt die Anderen, wird durch die Gesetzgebung konkretisiert (**Abb. 2**). Neben Gesichtspunkten z. B. des Landschaftsverbrauches, der Erschließung, der Hygiene, der Beeinträchtigung der Nachbarn, sind auch Gefährdungen auszuschließen.

Das „Grundrecht auf Sicherheit“, so Schulte [1], ist durch die Rechtssprechung entwickelt worden. Mit Artikel 2 des Grundgesetzes (Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit) und Artikel 14 (Schutz des Eigentums) wird eine staatliche Schutzpflicht begründet. Im Sinne der polizeilichen Gefahrenabwehr formuliert das Bauordnungsrecht die Anforderungen an die Standsicherheit und den Brandschutz. Der Schallschutz wird nach allgemeiner Auffassung wie auch der Wärmeschutz nicht mehr den Sicherheitsanforderungen zugeordnet, weil nur die-

Prüfung

Rechtlich:

- Eingriff in die Freiheit des Bauens

legitimiert durch:

- Grundgesetz Art. 2
Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Grundgesetz Art. 14
Schutz des Eigentums

Abb. 2: Prüfung

Öffentlich-rechtliches Schutzziel

Landesbauordnung konkretisiert in Schutzgütern:

- Standsicherheit
- Brandschutz
- Schallschutz

Quelle: Schulte, Dr. Bernd H., vors. Richter am OVG in DVBl 8/2004 „Die Reform des Bauordnungsrechts in Deutschland“

Abb. 3: Öffentlich-rechtliches Schutzziel

jenigen Eigenschaften eines Bauwerkes dem Zwang staatlicher Prüfungen unterliegen sollen, die die unmittelbare Unversehrtheit der Person schützen (**Abb. 3**).

Das „Grundrecht auf Sicherheit“ ist somit in das Pflichtenheft der staatlichen Leistungen hineingeschrieben. Wagner [2] betont, dass die Abwehr von Gefahren nur durch Präventivmaßnahmen erreichbar ist.

Natürlich kann und muss in einem demokratischen Rechtsstaat über die Umsetzung dieser Grundsätze (**Abb. 4**) diskutiert werden dürfen. Die Organisationshoheit zur Erfüllung der staatlichen Aufgabe Sicherheit obliegt den Ländern. Sie wird im Rahmen der Regelungen zu den Baugenehmigungsverfahren wahrgenommen (**Abb. 5**). Die Intensität der Prüfung und Überwachung wird dabei analog dem Gefährdungspotenzial gesteuert. Es ist zu klären, welche Kriterien die Entscheidung beeinflussen, eine Prüfung der Berechnung und der Ausführung durchzuführen. Kritiker merken bei dieser Frage an, warum genormte Baumaterialien und genormte Bemessungen überhaupt einer Überprüfung bedürfen.

Umsetzung des Grundrechtes

- Verantwortlich bleibt „Staat“
- Risikoabwägung
 - gering, mittel, hoch
- Prüfung
- Kontrolle

Abb. 4: Umsetzung des Grundrechtes

Genehmigungsverfahren

- Wenige Verfahrensarten
- Klare Grenzen
- Verständlichkeit
- Kontrollierbarkeit des „Produktionsprozesses“
- Rechtliche Überprüfbarkeit

Abb. 5: Anforderungen an Genehmigungsverfahren

3 Zunahme der Sicherheit durch Normen?

Die Bauwelt wird derzeit von einer wahren Flut von neuen Normen erfasst. Rational kann man das leicht herleiten. Da ist zum einen die Einführung des semi-probabilistischen Sicherheitskonzeptes. Durch das gezielte Einsetzen statistisch abgesicherter Teilsicherheitsbeiwerte bei Last, System und Material, können wir nun materialübergreifend den Sicherheitsabstand steuern, vom Baugrund bis zur windumwetterten Spitze unseres Bauwerks. Zum anderen wollen wir unsere Zukunft sichern in einem europäischen Wirtschaftsraum; da braucht es dann auch in diesem Raum einheitliche technische Normen. Im Vordergrund steht dabei der freie Handel von Waren und Dienstleistungen in Europa. Neue Normen bilden einen neueren Kenntnisstand ab. Neue Normen präferieren andere Behandlungen des Problems. Sie verändern aber den Sicherheitsstandard im bedeutungsvollen Bereich der Ausführung nur gering.

Die Vorteile der neuen Normengeneration sind die Möglichkeiten der größeren Differenzierung, die es erlauben, das Problem genauer zu erfassen und abzarbeiten. Auch der Bauherr kann zu Teilen seine Bedürfnisse einsteuern (Durchbiegungsanforderungen). Außerhalb der Normenarbeit haben sich die EDV-Programmierer daran gemacht, die grafische Darstellung der Ergebnisse zu verbessern. Diese Visualisierung erhöht die Übersicht.

Nachteilig erscheint mir die Notwendigkeit der Auswertung mit dem PC. Häufig spielen hier die vielen Lastfallkombinationen die entscheidende Rolle. Vereinfachungen sind nicht immer so recht im Fokus der Normer. Die Auswertung bleibt unübersichtlich und die eigene, schnelle Kontrolle per Überschlag wird erschwert. Hier hilft sicher später die langjährige Erfahrung.

Bei der Anwendung der neuen Normen ergibt sich folgende Fragestellung: Werden die Ergebnisse der bautechnischen Nachweise häufiger richtig bei der Anwendung der neuen Normen, verhindern neue Normen elementare Fehler beim Nachweis der Standsicherheit?

Das Ergebnis lautet: Die neuen Normen sind genau bis hin zur Überdifferenzierung (Wärmschutz). Sie erhöhen nicht die Arbeitsgeschwindigkeit und die Übersichtlichkeit. Die Plausibilitätskontrolle wird nicht vereinfacht, es ergibt sich keine höhere Bemessungssicherheit als bisher. Die neuen Normen verteilen die Sicherheiten ausgewogener über die Risiken von Lastannahme, Berechnungs-

modell, System und Material. Sie senken nicht die Fehler bei der Ausführung auf der Baustelle und Risiken durch die Verwendung neuer Techniken.

Solange die am Bau Beteiligten kreativ tätig sind, wird es auch immer Bereiche in der Bautechnik geben, in denen keine Normen vorhanden sind. Neue Baustoffe oder Bauweisen sollen eingesetzt werden. Hier muss die Verantwortung der Beteiligten geklärt und die Haftung zugewiesen werden. Eine Überprüfung und Vergleich des zu erwartenden Sicherheitsstandards seitens der Bauaufsicht erfolgt im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall. Damit wird die öffentlich-rechtliche Anforderung geklärt. In der Frage der Haftung bei Unfällen ist dieses Verfahren für Bauherrn und Prüfer wichtig. Sowohl dem Entwurfsverfasser als auch dem Prüfer kann im Falle eines Schadens keine grobe Fahrlässigkeit vorgeworfen werden.

4 Schadensrisiko und Prüfung

Maßgebend für eine staatlicherseits aufgewrungene Prüfung ist das Schadensrisiko mit der Frage: Werden Menschen in ihrer Unversehrtheit erheblich gefährdet? Das Schadensrisiko kann untergliedert werden nach Teilrisiken, den Eigenschaften der Tragstruktur, der Qualität des Entwurfes, der Sorgfalt der Ausführungsarbeiten und der Anzahl der gefährdeten Personen. Vermindert wird das Risiko durch Fachkenntnisse, Prüf- und Kontrollintensität und Unabhängigkeit der Aufsichtspersonen (**Abb. 6**).

Der Einfluss der Tragstruktur zum Risiko wird jedem bei der Beurteilung von Gefahrenzuständen bewusst. Ein erster Check dient der Einstufung der Fehlerempfindlichkeit der Tragstruktur. Wir alle wissen, dass ein gemauertes Wohnhaus mit Wohnungszuschnitten des üblichen Wohnungsbaues, Deckenspannweiten unter 5 m, grundfesten Wänden und Last verteilenden Stahlbetondecken mit Flachgründung eine weitaus gutmütigere Konstruktion ist, als eine einseitig eingespannte Dachkonstruktion auf eingespannten Stützen, die beispielsweise bei einer Tankstelle zudem noch Anprall gefährdet sind.

Prüfung nach 4-Augen-Prinzip

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Schadensrisiko – Tragstruktur – Entwurfsqualität – Ausführungsqualität – Anzahl Personen | <ul style="list-style-type: none"> Risikominderung Fachkenntnisse Unabhängigkeit |
|--|---|

Abb. 6: Prüfung nach Vier-Augen-Prinzip

Einen weiteren erheblichen Einfluss hat darüber hinaus die Qualität des Entwurfes und der Berechnung. Wurde die Konstruktion richtig mechanisch erfasst, sind die Details so genau gelöst, dass an den Grenzen der verschiedenen Gewerke Klarheit und Eindeutigkeit besteht?

Einen nahezu übermächtigen Einfluss hat, wie wir aus unserer Erfahrung alle wissen, die Ausführungsqualität. Nur mit einer gut durchdachten Ausführungsplanung kann eine hohe Herstellungsqualität erreicht werden. Jeder kann über elementare, die Sicherheit stark gefährdende Ausführungsmängel berichten. An dieser Stelle möchte ich sehr deutlich darauf hinweisen, dass ich bei den heutigen Verhältnissen am Bau die Bauüberwachung für den wichtigsten Teil der bautechnischen Prüfung halte. Es ist die Pflicht eines Prüfers, häufig vor Ort zu sein und sich in hinreichenden Stichproben den Überblick über den aktuellen Zustand zu verschaffen.

5 Anforderungen an Prüfer

Die Risiken in den genannten Faktoren Tragstruktur, Entwurf und Ausführung müssen im Interesse der allgemeinen Sicherheit minimiert werden.

An erster Stelle bedarf es der Fachkenntnisse des Prüfers. Hier muss eine umfassende Fachbildung gefordert werden, denn der Prüfer muss auch solche Konstruktionen sicher beurteilen, die er selbst nie gewählt hätte. Die Wahl der Konstruktion liegt richtig in der Verantwortung beim Bauherrn, denn er ist auch für die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme verantwortlich.

Ergeben sich bei der Prüfung Zweifel an der Sicherheit, sind sogar Fehler erkennbar, muss der Prüfer einschreiten. Dieses Einschreiten wird umso schwieriger, je geringer der Prüfvorsprung vor den realen Bauarbeiten ist, je umfangreicher die Änderungsforderung ist und je schwächer seine Position im Prüfsystem ist. Prüfung findet in einem engen Spannungsfeld statt. Bei jeder Prüfanmerkung wird abgecheckt, ob die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt wird oder die Nutzbarkeit des Bauwerkes herabgesetzt wird.

Häufig sind Maßnahmen an der Baustelle notwendig. Bei dem heutzutage herrschenden Preisdruck bedeutet ein Stillstand auf der Baustelle schon nach wenigen Tagen die Entscheidung über das Wohl und Wehe der gesamten Firma. Entsprechend hart wird auf allen Seiten der Beteiligten gekämpft. Der Prüfer ist unter diesem Druck nicht zu beneiden. Er muss entscheiden, welche Maßnahmenkombination als Mi-

nimallösung unter Sicherheitsaspekten unbedingt notwendig ist. Diese Entscheidung erfordert Unabhängigkeit, sowohl geistig aber insbesondere wirtschaftliche Unabhängigkeit. Die allgemeine Sicherheit darf nicht hinter der Befürchtung zurückstehen, in welcher Höhe die Bauherrnseite versuchen wird, Schadenersatz zu fordern. Sie darf nicht davon abhängen, wie die Notwendigkeit der Anordnung vor Ort in einer längeren juristischen Auseinandersetzung akribisch nachgewiesen werden kann. Andererseits muss die Anordnung des Prüfers richtig abgewogen und nur zur Abwehr von Gefahren getroffen werden. Das Gleichgewicht der Kräfte zwischen bauender und prüfender Seite muss gewahrt bleiben, damit wirtschaftliche und sicherheitliche Interessen gleichrangig durchgesetzt werden können.

6 Prüfsachverständige oder Prüfindenieure?

Im Zuge der Diskussion um die Deregulierung ist auch die Frage nach der rechtlichen Stellung der Prüfer betrachtet worden. Welche Vor- und Nachteile haben die private Beauftragung des Prüfsachverständigen (**Abb. 7**) und die staatliche Beauftragung eines Prüfindenieurs (**Abb. 8**)?

Die Beauftragung eines Prüfsachverständigen durch den Bauherrn wird von diesem als Vorteil wahrgenommen. Der Vorgang „Prüfung“ wird so sichtbar in Gang gesetzt. Es darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass mindestens nach dem Hamburgischen Recht dieser Prüfer bei Missfallen der Leis-

Prüfung durch private Sachverständige	
Vorteil:	■ Bauherr steuert selbst
Nachteile:	■ Bauherr setzt wirtschaftliche Macht ein
	■ Fehler im Zeitmanagement „weitgereicht“
	■ Einflussnahmeversuche auf das Sicherheitsniveau
	■ Wesentliche bautechnische Abweichungen ohne Z.i.E.
	■ Unterlaufen der staatl. Anforderungen aufwendig zu ahnden
	■ Korrektur der größten Fehler
	■ Nachträgliche Herstellung des Standards teuer
	■ Androhung direkter Haftung
	■ Keine Zeitersparnis für öffentliche Verwaltung

Abb 7: Prüfung durch private Sachverständige

Prüfung durch Prüfindenieure

Nachteile:

- Staat muss Steuerung übernehmen
- Staat hat begrenzten Personaleinsatz

Vorteile:

- Auswahl eines geeigneten Prüfers
- Nutzung ppp (public private partnership)
- Nutzung flexibler Personalressourcen
- Den Sicherheitsstandards allein verpflichtete Prüfer
- Fehlerkorrektur während Herstellung
- Bautechn. Abweichungen bearbeitet
- „Ombudsmann“ Bauverwaltung
- Sachliche Auseinandersetzung
- Bauherr hat echtes Widerspruchsrecht
- Personal für Fehlerbeseitigung entfällt

Abb. 8: Prüfung durch Prüfindenieure

tung nicht einfach abgesetzt werden kann. Dieses Verfahren birgt aber auch Nachteile. So ist der Bauherr nach dem Motto „Wer zahlt, bestimmt“ schnell verleitet, seine wirtschaftliche Macht in die Waagschale zu werfen. Fehler im Zeitmanagement des Bauherrn werden ungefedert an die Prüfung weitergereicht. Die direkte Beauftragung erleichtert den Versuch, aus Kostengründen auf das Sicherheitsniveau Einfluss nehmen zu wollen. Rechtlich hat der Bauherr direkten Zugriff auf das Handeln des Sachverständigen und kann seine Haftung einfordern. Seitens der Bauaufsicht ist zu bemerken, dass wesentlich seltener Anträge auf Zustimmung im Einzelfall gestellt werden. Da liegt der Schluss nahe, dass das Sicherheitsrisiko innovativer Lösungen heruntergespielt wird. Das Unterlaufen der öffentlich-rechtlichen Sicherheitsanforderungen ist seitens der Bauaufsicht nur selten erkennbar, eine Ahndung derartiger Verfehlungen ist sehr aufwendig. Bei Verfahren mit Selbsterklärung kann nur auf die Korrektur größter Fehler abgestellt werden, eine nachträgliche Herstellung der genormten Standards wird in der Regel unangemessen teuer.

Bedient sich die Bauverwaltung eines Prüfindenieurs, so muss der Staat mit einem begrenzten Personaleinsatz die Steuerung übernehmen. Sie ist gehalten, dem Bauobjekt einen geeigneten Prüfer zuzuordnen. Die Einsetzung nichtstaatlicher Personen, die Nutzung der flexiblen Personalressourcen ist ein bewährtes Beispiel für die öffentlich-private Partnerschaft (public private partnership, PPP). Der Prüfer ist vorrangig dem Ziel der öffentlichen Sicherheit verpflichtet. Ihm ist so viel Autorität verliehen, dass die Prüfung vor der Herstellung durchgeführt werden kann und Fehlern damit in der Regel kostengünstig

abgeholfen werden kann. Bauaufsichtlich relevante Abweichungen werden im Verfahren der Zustimmung im Einzelfall abgesichert. Der Bauherr hat in der Bauverwaltung einen Ombudsmann, die sich bei Problemen in der Prüfung um eine sachliche Auseinandersetzung kümmern muss. Nicht zuletzt hat der Bauherr juristisch ein echtes Widerspruchsrecht. Beim Staat entfällt der Personalaufwand für repressive Maßnahmen und für die Politik das damit verbundene negative Image beim Handeln mit halbherzigen Erfolgen.

7 Anforderungen an Genehmigungsverfahren

Ein modernes Genehmigungsverfahren muss vielen Ansprüchen genüge leisten. Eindeutige Abgrenzungen der Verfahren, klare Organisationsstrukturen, übersichtliche Abläufe der Verfahren, Sachstand der Bearbeitung, Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen und rechtliche Überprüfbarkeit sind wesentliche Anforderungen seitens des Bürgers aber auch des Personals der Bauverwaltung.

Im Baugenehmigungsverfahren sind gleichzeitig sehr unterschiedliche Gesichtspunkte aus dem Planungs-, Bau- und Bauordnungsrecht abzu prüfen. Einzelkriterien wie Rettungswegführung, Anzahl der Nutzer, Häufigkeit der Menschenansammlung, Gefährdungen anderer, Belästigung Dritter, Belichtung oder Standsicherheit, baulicher Brandschutz, Tragwerksstruktur, Stabilität und Versagensverhalten sind einzeln und in der Zusammenwirkung zu beurteilen. Jede bauliche Anlage kann bei derartigen Einzelprüfpunkten jede Position zwischen einfach und sehr schwierig einnehmen. Der Prüfaufwand und die Prüftiefe variieren damit u. U. stark. Vor Beginn der Prüfung ist eine eindeutige Zuordnung in der Regel nicht möglich. Eine Anpassung des Genehmigungsverfahrens im Vorwege zwischen „Keine Prüfung erforderlich“ bis „Prüfung unbedingt notwendig“ ist nicht möglich. Deshalb sind einfache Strukturen notwendig. Etwaige Ungerechtigkeiten bei einer Zuordnung müssen durch Übersichtlichkeit und Schnelligkeit im Verfahren kompensiert werden.

In der Auseinandersetzung um die Grenzziehung bei den Verfahren und Bauwerken wird völlig verkannt, dass jeder Bürger ein Anrecht darauf hat, Verwaltungs- und Verfahrensabläufe zu durchschauen. Nur so kann der Bürger Abläufe kontrollieren und rechtzeitig einschreiten, wenn sein Recht eingeschränkt wird.

Bei klaren Verhältnissen kann der Prüfumfang abgespeckt werden. Das führt zur Ausbildung „er-

leichter Verfahren“. Aufgaben, die der Fachmann sicher richtig beurteilen kann, brauchen nicht zwingend von der Bauverwaltung überprüft zu werden. Bei diesen könnte z. B. der Architekt als vom Bauherrn beauftragter Entwurfsverfasser den Check übernehmen. Wichtig ist hierbei, dass ein in sich abgeschlossener Part der Prüfung dabei vollständig auf den Privaten übertragen wird, damit sich die Arbeit der Bauverwaltung reduziert. Eine jüngst gestartete Umfrage bei den Bauprüfungsabteilungen in Hamburg, den unteren Bauaufsichtsbehörden dieser Stadt, ergab, dass derzeit der Entlastungseffekt gering ist, weil der Zeitaufwand der Bauherrnberatung stark gestiegen ist. Die Einforderung von Gebühren für staatliche Beratungsleistungen ist sehr schwierig, weil zu Recht von dem vorgehaltenen Personal erwartet wird, dass es dem Bauherrn hilft, sein Projekt voranzutreiben.

Die Position des Entwurfsverfassers wandelt sich im „erleichterten Verfahren“. Bekommt bei einer Genehmigung die Lösung beim Ausloten der gesetzlichen Grenzen eine sichere juristische Position, so unterliegen jetzt die Bestätigungen des Entwurfsverfassers oder des Prüfsachverständigen im Streitfall auch Jahre nach dem Bezug des Gebäudes der Überprüfung vor Gericht.

Für den Startschuss der Bauarbeiten und Investitionen ist die Frage wichtig, welche Störungen auftreten können und welchen Einfluss diese haben. Betrachtet man unter diesem Fokus das Anzeigeverfahren mit der Sachverständigenprüfung auf der einen Seite und das staatliche Genehmigungsverfahren mit der öffentlich-rechtlichen Prüfung durch den Prüflingenieur auf der anderen Seite, ist die Bewertung überaus eindeutig.

Im ersten Verfahren erklärt ein vom Bauherrn ausgewählter Interessenvertreter die Übereinstimmung mit den öffentlich-rechtlichen Anforderungen, bei der Variante hat die unabhängige Bauaufsicht mit dem unabhängigen Prüflingenieur eine

Kontrolle durchgeführt, auf die sich der Bauherr verlassen darf und kann. Allein dadurch ist die Anfechtung der Genehmigung durch Dritte wesentlich erschwert (**Abb. 9**).

Die bisher in Hamburg gezogene Grenze des erleichterten Verfahrens im Hamburgischen Wohnungsbauerleichterungsgesetz hat sich so nicht bewährt. Die Bauverwaltung prüfte weiterhin die Rettungswege und die Anleiterbarkeit. In Zukunft sollen Standsicherheit und Brandschutz vollständig auf der Investorensseite abgearbeitet werden. Im Bereich des Neubaus wird dies gut gelingen, im Bestand und dessen Änderungen dürfte der Beurteilende gut beraten sein, die Bauaufsicht bei deutlichen Abweichungen ins Verfahren hineinzuziehen. Abhilfe gilt es auch zu schaffen bei den Problemen, die derzeit dadurch entstehen, dass der Prüfsachverständige nicht zur Besichtigung der Rohbauarbeiten benachrichtigt wird. Dadurch entstünden mit der Zeit so große Sicherheitslücken, dass ein Teilkollaps nicht mehr ausgeschlossen werden könnte. Von dem übergroßen Aufwand ganz zu schweigen, den es bereitet, eine widerrechtliche Situation im Nachhinein in Ordnung zu bringen.

Ein wiederum anderer Ansatz ist es, die Genehmigungsverfahren zu teilen. Dadurch wird der Verursacher der öffentlich-rechtlichen Forderung wieder sichtbar. Entsprechend dem Konzept der neuen Musterbauordnung wird die „Schlusspunkttheorie“ aufgegeben. Die Prüfungen der so genannten aufgedrängten Rechtsgebiete, wie beispielsweise Anforderungen aus dem Gewerberecht, muss der Bauherr in einem weiteren, getrennten Verfahren beantragen. Allerdings wird den anderen Verwaltungen angeboten, dass die Bauaufsicht, instruiert mit den wesentlichen Beurteilungskriterien, diesen die Arbeit abnimmt und eigenverantwortlich im Genehmigungsverfahren die Bewertung abgibt.

8 Kategorien für die bautechnischen Prüfung

Einige Länder haben den Versuch gestartet, die bautechnische Prüfung aus den Genehmigungsverfahren herauszunehmen und vollständig zu privatisieren. Diese Lösung erfüllt nicht die von Schulte [1] aufgestellten Kriterien, da die öffentliche Sicherheit nicht mehr durch den Staat garantiert werden kann.

In einer Arbeitsgruppe der Länder ist der Versuch unternommen worden, eine Abgrenzung zu definieren, ab der eine bautechnische Prüfung erforder-

Rechtliche Bestandskraft der „Erlaubnis“ zum Bauen

- **Leicht juristisch anfechtbar**
 - Anzeigeverfahren und private Prüfung durch einen Sachverständigen
- **schwer juristisch anfechtbar**
 - öffentlich-rechtliche Baugenehmigung mit bautechnischer Prüfung durch Prüflingenieur
- **Wahlmöglichkeit des Verfahrens**

Abb. 9: Rechtliche Bestandskraft der „Erlaubnis“ zum Bauen

lich ist. Dieser so genannte Kriterienkatalog ist sachlich richtig, er war sogar nötig, um den Blick von den Problemen des Planungsrechtes vertreten durch die Architekten/Juristen auf die völlig anders gearteten Notwendigkeiten bei der bautechnischen Sicherheitsprüfung vertreten durch die Bauingenieure zu richten. Der Katalog versagt allerdings beim Kriterium der Durchsichtigkeit und Kontrolle. Seine Handhabung wird erst mit umfangreichen Erläuterungen möglich. Der Katalog charakterisiert aber Gebäudetypen.

Ein daraus erwachsener Lösungsansatz ist die Gliederung in Gefahrenklassen. Nimmt man eine derartige Strukturierung vor, so kann man die Einteilung vornehmen nach Gebäuden, die klein sind, einfache Tragstrukturen haben und nur wenige Personen gefährden; nach Gebäuden, die einen mittleren Schwierigkeitsgrad haben und mittleres Risiko verbreiten sowie Sonstige.

■ In erstere Kategorie sind beispielsweise Schutzhütten für Wanderer, Garagen, Carports und landwirtschaftliche Scheunen einzuordnen. Die Mehrheit der Länder ordnet auch freistehende Gebäude mit gebräuchlichen Tragstrukturen, in weitgehend handwerklichen Arbeitstechniken erstellt, mit üblichen Raumgrößen und der obersten Nutzungsebene unter 7 m Höhe in diese Gruppe ein. Im Wesentlichen betroffen sind hier die Einfamilienhäuser.

■ Die mittlere Kategorie hat in Hamburg als Typ das Mehrfamilienhaus. Im Wohnungsbau sind Spannweiten bis 6 m gebräuchlich. Die Wände sind zumeist grundfest. Die Verwendung von Stahlbetondecken, allein um den Schallschutz einzuhalten, erzwingt gutmütige Konstruktionen gemessen an der öffentlich-rechtlichen Pflicht, den Kollaps zu verhindern. Verformungen, sprich Risse, sind nur dann ein öffentliches Problem, wenn dadurch die Tragsicherheit nachhaltig gefährdet wird.

■ Die letzte Kategorie bilden die Gebäude, die mit diesen einfachen Eingrenzungen nicht zu charakterisieren sind, bei denen bei einem Kollaps oder Teilkollaps viele Menschen oder größere Nachbarschaftsbereiche beeinträchtigt werden.

Mehrheitlich beurteilen die Länder das Risiko so, dass Gebäude mit großen Menschenansammlungen einer öffentlich-rechtlich verantworteten bautechnischen Prüfung bedürfen. Der Brandschutz, sowohl die Fluchtsituation und die Entrauchung als auch der Feuerwiderstand sind bei diesem Gefahrenpotenzial zu prüfen. Die vom Bauwerk ausgehende Gefährdung für Menschen und Nachbarschaftseigentum sind die entscheidenden Merkmale im Abwägungsprozess.

9 Verknüpfung der bautechnischen Prüfung mit der Genehmigung

In Hamburg liegt nachfolgender Vorschlag vor. Bei den Überlegungen zur Umsetzung der Musterbauordnung wurde schnell erkannt, dass hier die Chance gegeben ist, die Anzahl der Verfahren zu reduzieren. Schnell bildeten sich die Kategorien „verfahrensfreie Vorhaben“, „vereinfachtes Genehmigungsverfahren“ und „Baugenehmigungsverfahren“ heraus. Diesen klaren Strukturen lassen sich auch die Sicherheitsprüfungen zuordnen. Damit wird eine hohe Übersichtlichkeit hergestellt.

In die Kategorie der „verfahrensfreien Vorhaben“ zählen u. a. auch die Garagen und Carports; in einer hoch verdichteten städtischen Struktur schnell ein Stein des Anstoßes in der Nachbarschaft. Deutlich machen muss man aber immer wieder, dass auch die verfahrensfreien Vorhaben alle materiellen Anforderungen, also auch die der Sicherheit, erfüllen müssen. Die Verantwortung für die Einhaltung übernimmt der Bauherr.

Alle Wohngebäude bis hin zur Hochhausgrenze unterliegen zukünftig dem „vereinfachten Genehmigungsverfahren“. Der Architekt als Entwurfsverfasser steht dafür ein, dass alle öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten sind. Standsicherheit und Brandschutz werden, mit Ausnahme des Einfamilienhauses, von privaten Prüfsachverständigen geprüft. Neben der bautechnischen Prüfung ist der komplette Brandschutz zu prüfen. Der Prüfsachverständige muss den Brandschutz bis hin zur Funktionsfähigkeit des zweiten Rettungsweges und der Feuerwehrflächen prüfen. Die Probleme beim Umbau im Bestand werden eine große Herausforderung bilden.

Alle anderen Bauvorhaben werden im „Baugenehmigungsverfahren“ geprüft. Durch die klare Trennlinie Wohngebäude ja/nein erkennen die am Bau Beteiligten sofort, welchem Verfahren ihre bauliche Anlage zuzuordnen ist. Im „Baugenehmigungsverfahren“ prüft die Bauverwaltung alle baurechtlich relevanten Tatbestände. Diese baulichen Anlagen sind häufig auch hinsichtlich der Standsicherheit und der Anforderungen des Brandschutzes sehr anspruchsvoll. Ergänzt wird dieses rechtlich gut gegen Einwände Dritter abgesicherte „Baugenehmigungsverfahren“ mit einer bautechnischen Prüfung durch den Prüfingenieur als beliebigen Unternehmer. Der Staat erfüllt damit die Forderung nach Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit und der Bauherr erhält im Gegenzug eine schwer anzufechtende Genehmigung. Er hat damit die größtmögliche Absicherung für seine Investition.

Zur Durchsetzung eines geordneten ‚vereinfachten Verfahrens‘ gehört auch die Androhung restriktiver Maßnahmen. Ein Bußgeld bis zu 500 000 Euro kann verhängt werden, wenn beispielsweise kein Prüfsachverständiger beauftragt wird. Ebenso wird belangt, wer den Prüfsachverständigen nicht zur Bauüberwachung rechtzeitig benachrichtigt.

Bauherren mit Anträgen für Gebäude nach dem ‚erleichterten Verfahren‘ können auf Antrag ins Baugenehmigungsverfahren wechseln.

10 Zusammenfassung

Das Sicherheitsrisiko bei der Planung und Ausführung wird durch neue Normen nicht verändert. Insoweit bleibt die Aufgabe des Staates, das

Grundrecht des Bürgers auf Sicherheit zu wahren, davon unberührt. In einer komplexen Welt mit sehr anspruchsvollen Bauwerken sind klare Strukturen staatlicher Maßnahmen von größter Bedeutung. Die Prüfung durch Prüfsachverständige kann bei einem mittleren Risiko eine Lösung sein. Der hohe Wert von juristischer Bestandskraft und Wirtschaftlichkeit durch Planungssicherheit sprechen klar für die öffentlich-rechtliche Genehmigung und die dort eingebundene bautechnische Prüfung durch den Prüffingenieur.

11 Literatur

- [1] Schulte, Bernd H. : Die Reform des Bauordnungsrechtes in Deutschland, Deutsches Verwaltungsblatt 2004, S. 925 ff.
- [2] Wagner, Peter: Der Prüffingenieur für Baustatik - ein Auslaufmodell?, Die Bautechnik 79 (2002), Heft 11, S.790 ff.

Hinweise zu Arbeits- und Schutzgerüsten

Statische und konstruktive Gesichtspunkte für Planung, Ausführung und Kontrolle

Der Arbeitskreis Gerüste im Bau-Überwachungsverein BÜV* hat sich seit 1999 mit wiederkehrenden Fragestellungen befasst, welche bei der Aufstellung und Prüfung von statischen und konstruktiven Unterlagen für Traggerüste auftreten und hierzu Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen (letzte Fassung in: *Der Prüflingenieur* Heft 9/2002). Im Zuge der Beratungen wurden darüber hinaus auch spezielle Probleme der Arbeits- und Schutzgerüste behandelt. Da sich hier aber die baurechtliche Situation grundsätzlich anders darstellt, können keine Empfehlungen, wie bei Traggerüsten, sondern lediglich Hinweise aus den gesammelten Erfahrungen der Arbeitskreismitglieder veröffentlicht werden. Betrachtet man die Unfallstatistik der gesamten gewerblichen Wirtschaft und vergleicht diese mit der der Bauwirtschaft und diese wiederum mit der des Gerüstbaus, so ist festzustellen, dass auf die Bauwirtschaft etwa ein Drittel des Unfallgeschehens und auf den Umgang mit Gerüsten hiervon wiederum ein Drittel entfällt. Diese erschreckenden Zahlen müssen Anlass dafür sein, durch sorgfältigste Planung, qualifizierte Ausführung und kompetente Kontrolle eine Verbesserung herbeizuführen. Es wird deshalb nachfolgend nur auf statische und konstruktive Gesichtspunkte eingegangen. Da sich im Rahmen der europäischen Neuordnung auch hier die Vorschriftenlage ändern wird, folgt dann eine Überar-

beitung nach Einführung der endgültigen Regelungen. Sofern ein spezieller Hinweis auf Normenregelungen unvermeidbar ist, bezieht sich dieser immer auf die derzeit gültigen. Grundsätzlich sind bei einer Ausführung immer die gültigen und eingeführten Vorschriften bindend.

1 Konstruktionsprinzipien der Arbeits- und Schutzgerüste

Wesentliche statische und konstruktive Prinzipien sind:

- Die Gewichte der Einzelteile müssen so gering wie möglich sein.
- Verbindungen müssen möglichst einfach zu montieren und zu demontieren sein.
- Stielverbindungen werden nach Möglichkeit ohne zusätzliche Sicherung gesteckt.
- Riegelverbindungen werden weitgehend gelenkig ausgeführt.
- Plastische Verformungen an Kontaktstellen dürfen weder planmäßig noch ungewollt auftreten, es sei denn, diese werden, wie bei wenigen Modulgerüsten der Fall, systematisch rechnerisch erfasst.
- Die Demontage und Wiederverwendbarkeit darf in keinem Fall eingeschränkt werden.

Diese Voraussetzungen werden von Systemen erfüllt, die filigran und leicht und deren Verbindungen flexibel und einfach handhabbar sind.

Mit der Erfüllung dieser Konstruktionsprinzipien durch die marktüblichen Systeme geht einher, dass diese keine sekundär wirkenden Einspannungen aufweisen und sich hieraus keine versteckte Reserven, z. B. durch Lastumlagerung, ableiten lassen. Gelenkverbindungen mit nur einem Bolzen – also echte Drehgelenke – sind meistens schon aus Demontagegründen zur Vermeidung von plastischen Verformungen mit entsprechender Verklebung und Demontagebehinderung nicht zu umgehen. Dadurch können

* Dem Ausschuss gehören an:

Dr.-Ing. Manfred Hanf

Dipl.-Ing. Wolf Jeromin

Dipl.-Ing. Friedhelm Löschmann

Dipl.-Ing. Werner Majer (Bundesverband Gerüstbau)

Dipl.-Ing. Heinz-Hermann Punkte (Bundesverband Gerüstbau)

Dipl.-Ing. Uwe Schmiedel (Leiter des Arbeitskreises)

Dr.-Ing. Hansjürgen Spanke

Dipl.-Ing. Heinz Steiger

Dipl.-Ing. Thomas Weise (Bundesverband Gerüstbau)

Dr.-Ing. Tilman Zichner

die üblicherweise sonst vorhandenen Klemmwirkungen (= Sekundärmomente ohne rechnerische Berücksichtigung) auch nicht im Grenzfall entlastend helfen.

Die rechnerische Traglast entspricht damit nahezu der tatsächlichen!

Für alle auf dem Markt befindlichen Systeme ist die Ausbildung von Steckverbindungen geregelt. Auftretende Zugkräfte können aber nur dann übertragen werden, wenn Sicherungsbolzen vorgesehen sind und diese auch bei der Montage eingebaut werden.

Eine hohe Elastizität der Werkstoffe bei gleichzeitig hoher Tragfähigkeit ist genauso wichtig (Gewichtersparnis bedeutet bessere Handhabbarkeit), wie eine hohe Verschleißfestigkeit und Beständigkeit gegen Witterungseinflüsse.

Anzustreben ist eine Nichtanfälligkeit für die übliche raue baustellentypische Behandlung.

Durchbiegungen und andere Verformungen brauchen nur soweit begrenzt zu werden, wie dies zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit notwendig ist.

Aus Gründen der Arbeitssicherheit müssen Profile so beschaffen sein, dass im Umgang mit diesen Verletzungsgefahr vermieden wird.

Die Konstruktionen müssen mit Sicherungseinrichtungen so ausgestattet sein, damit bei der Benutzung von Arbeitsflächen ein Personen- oder Materialabsturz verhindert wird. Entsprechende baubetriebliche Regelungen sind zu beachten. Dieser gesamte Ausführungs- und Überwachungskomplex wird heute üblicherweise von einem SiGe-Koordinator verantwortlich betreut, was alleine dadurch seine Berechtigung findet, dass die Arbeits- und Schutzgerüste als Arbeitshilfen in der Regel von Gewerken benutzt werden, welche die Gerüste nicht aufbauen und zum fachgerechten Aufbau auch keine umfassende Fachkenntnis aufweisen müssen.

2 Standsicherheitsnachweise

Statische Nachweise sind nur dann entbehrlich, wenn eine Regelausführung nach der zutreffenden Norm oder nach Zulassung zur Ausführung kommt.

Bei Gerüsten mit Zulassungen sind die dort angegebenen Anwendungsvoraussetzungen zu beachten. So gelten die DIBt-Zulassungen für Fassadengerüste oft nur bis 24 m Bauhöhe und stellen hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung der Verankerung



Unerlaubte Anschlusskonzentrationen

kerung – für die Konsolvarianten sind meist Gerüsthalter vom Gebäude bis zum Außenstiel verlangt – Anforderungen, die in der Praxis oft nur erschwert eingehalten werden können. Für höhere oder anders verankerte Gerüste können dann trotz vorliegender Zulassung Nachweise erforderlich werden.

Bei Arbeits- und Schutzgerüsten auf, unter oder an Brücken sowie im Industriebau sind Nachweise in der Regel nicht entbehrlich. Über die Notwendigkeit einer Prüfung in statischer Hinsicht entscheidet in jedem Einzelfall zzt. die zuständige Bauaufsicht.

Wenn statische Nachweise zu führen sind, ist zurzeit die DIN 4420 Teil 1 Ziff. 5.4 besonders zu beachten. Danach dürfen anstelle des tatsächlichen räumlichen Systems ebene Ersatzsysteme rechtwinklig *und parallel* zur Fassade untersucht werden. Dem Nachweis parallel zur Fassade kommt dabei speziell bei netzbelegten Gerüsten – wegen der dort erheblichen Windlasten in dieser Richtung – oder bei Verwendung kurzer Anker zum Innenstiel – wegen der Nachgiebigkeit und geringen Belastbarkeit des Anschlusses mittels Normalkupplung auf Torsion – erhöhte Bedeutung zu. Einzelheiten zur statischen Modellierung können der „Zulassungsrichtlinie, Anforderungen an Fassadengerüstsysteme, Fassung Okt. 1996“, herausgegeben vom DIBt Berlin, entnommen werden.

Die Konstruktionen von Arbeits- und Schutzgerüsten müssen die auftretenden Lasten – Eigengewicht, Verkehrslasten je nach beabsichtigter Nutzung, Wind – mit den erforderlichen Sicherheiten abtragen können. In der Praxis wird beim Nachweis mit Reserven aus Wirtschaftlichkeitsgründen eher gezeigt.

Wegen den zzt. nicht geforderten Durchbiegungsbegrenzungen können Nachweise nach Theorie



Anschluss nicht knotennah, Gurtbiegung

II. Ordnung unter Berücksichtigung der Verformungen notwendig werden und sind oft der einzige Weg, das Tragverhalten zur Beurteilung der Standsicherheit annähernd zutreffend zu erfassen. Die daneben gebotene Wirtschaftlichkeit lässt außerdem oft keine andere Wahl.

Neben den üblichen Nachweisen für die Gerüste selbst sind folgende Nachweise für die eingerüsteten Bauwerke zu führen:

- Werden Bauwerke zu Wartungs- und Reparaturzwecken eingehaust, ändern sich dadurch sehr oft die Bauwerksform sowie die Oberflächenrauigkeit der Fassade, wodurch sich der Windwiderstand und damit die maßgebende Windbelastung vergrößern können.

- In solchen Fällen sind auch für die Bauwerke selbst Standsicherheitsnachweise unter den veränderten Bedingungen und unter Einschluss der Lasten aus den Gerüsten zu führen (dies gilt vor allen Dingen für Brückenbauwerke).

- Bleiben Bauwerke (z. B. Brücken) im eingerüsteten Zustand unter Verkehr, gelten für diese nicht die günstigeren Bedingungen für „Bauzustände“. Es handelt sich in solchen Fällen vielmehr um normale Zu-

stände mit zusätzlichen Einwirkungen aus der Einrüstung.

Hierbei sind die Einflüsse aus Mehrbelastungen, welche aus der Einrüstung resultieren, nachzuweisen.

Außer den Gerüst- und Bauwerksnachweisen ist auf die Beurteilung der Tragfähigkeit der Verankerung besonderes Augenmerk zu verwenden. Sofern für die Verankerungselemente und den Werkstoff des Verankerungsgrundes keine Bauartzulassung (Zulassungsbescheid) des DIBt vorliegt oder sich kein Einzelnachweis erbringen lässt, muss eine Probelastung vorgesehen werden. Hierfür kann derzeit auf BGR 166 Abschnitt 7.6 zurückgegriffen werden. Die Durchführung richtet sich nach Art und Beschaffenheit des Verankerungsgrundes. Die Probelast muss dabei das 1,2-fache der rechnerischen Gebrauchslast betragen, bei Beton müssen min. 10 % der eingebauten Dübel, bei anderen Baustoffen min. 30 % geprüft werden, min. jedoch sind 5 Probelastungen zu bestehen. Für die Prüfergebnisse ist das Formblatt Anhang 2 zur BGR 166 (bis neuere Regelungen verbindlich eingeführt sind) zu empfehlen.

Bei der Ermittlung der Ankerkräfte rechtwinklig zur Fassade ist die tatsächliche Höhenlage des Ankers zu berücksichtigen. Größere Abstände von den Belageebenen führen zu einem Steifigkeitsabfall des Gerüsts und zu Umlagerungen der Ankerkräfte mit entsprechenden Sekundärbeanspruchungen.

Für die Beanspruchungen parallel zur Fassade sind darüber hinaus die unterschiedlichen Steifigkeiten der verschiedenen Ankertypen zu berücksichtigen. Am weichsten sind die kurzen Anker zum Innenstiel, gefolgt von den langen Ankern mit zusätzlicher Anbindung am Außenstiel oder am Belagsriegel. Vergleichsweise steif sind Dreiecksanker mit schräger Stabführung. Bei gemischter Verankerung kann es infolge dieser Steifigkeitsunterschiede zu erheblichen Kraftumlagerungen kommen.

Die aus den vorstehenden Einflüssen resultierenden Zusatzbeanspruchungen im Gerüst sind ebenfalls rechnerisch zu verfolgen.

3 Windbelastungen

Windlasten auf das Gerüst selbst sind nach der jeweils gültigen Vorschrift für das Gerüst (zzt. DIN 4420) zu bestimmen. Mit diesen sind die Standsicherheitsnachweise zu führen und die resultierenden Haltekraft am Bauwerk nachzuweisen.

Bei Bauwerksnachweisen sind für die Bestimmung der Windeinwirkungen auf das Gerüst die für die Bauwerke maßgebenden Vorschriften (zzt. die DIN 1055, DIN 1072 oder DIN-Fachbericht 101) zu berücksichtigen, wenn sich hieraus ungünstigere Werte ergeben.

4 Wichtige Ausführungsdetails

4.1 Verankerungen

Bei der Ausführung der Gerüstverankerung kommt es oft vor, dass den in der Gerüstkonstruktion vorgesehenen Anschlusspunkten kein tragfähiger Ankergrund gegenübersteht.

Einerseits ist in diesen Fällen die Verwendung von kurzen Gerüsthaltern nur am Innenstiel nicht mehr ausreichend und ein Einsatz von – in vielen Zulassungen vorausgesetzten – vom Außenstiel bis zum Innenstiel durchgehenden Verbindern aus Nutzungsgründen oft nicht möglich. Andererseits müssen die Verankerungen dann solange verschoben werden, bis tragfähiger Ankergrund gefunden wird.

Inwieweit Gerüsthalter von den Knotenpunkten ohne besondere Nachweise abgerückt werden dürfen, ist den Zulassungen zu entnehmen.

Bei dem zusätzlich oft unvermeidbaren Höhenversatz zwischen Belagebene und Anker werden die Stiele hieraus auf Biegung beansprucht.

Die Nachgiebigkeit aller zusätzlich auf Biegung beanspruchten Teile kann sehr großen Einfluss auf das Systemverhalten haben und eine ungünstigere Schnittgrößenverteilung ergeben. Gleiches gilt parallel zur Fassade für die durch Ankerpunkte unterschiedlicher Steifigkeit hervorgerufenen Kräfteumla-



Verformter beschädigter Belagsrahmen

gerungen. Die Abtragung der Ankerkräfte im Gerüstsystem muss konsequent verfolgt werden.

Die Kraftschlüssigkeit und Tragfähigkeit der Verankerungen ist auf Grundlage der jeweils maßgebenden und gültigen Vorschrift, zzt. unter Beachtung der Ziffer 9 DIN 4420 Teil 1, vor der ersten Inbetriebnahme und nach längeren Arbeitspausen oder konstruktiven Veränderungen sowie nach außergewöhnlichen Einwirkungen zu überprüfen. Bei lang andauernden Standzeiten sind in der Verwendungsanweisung Zwischenkontrollen vorzusehen.

Verankerungselemente, die während der Arbeiten örtlich beseitigt werden, müssen vor Arbeitspausen, auch über Nacht, wieder eingebaut werden.

Sofern Ankerlagen im Zuge der Arbeiten auf den Gerüsten oder bei Montageveränderungen umgeankert werden müssen, ist darauf zu achten, dass in keiner Phase eine Instabilität entsteht, erforderlichenfalls ist die Umankerung alternierend vorzunehmen.

4.2 Rohr-Kupplungs-Gerüste

Diese Bauart wird bevorzugt dort eingesetzt, wo die Geometrie der einzurüstenden Bauwerke größte geometrische Flexibilität des Gerüstsystems erfordert.

In diesen Fällen sind an einem Gerüstknoten oft mehrere beliebig räumlich verlaufende Stäbe anzuschließen. Hierbei ist besonders darauf zu achten, dass infolge des Platzbedarfes der Kupplungen nicht so große Abstände vom Systemknoten auftreten, die eine Abminderung der Schubsteifigkeit der Gesamtkonstruktion zur Folge haben – eine rechnerische Untersuchung ist dann unumgänglich.

Eine knotennahe Montage ist unbedingt anzustreben!

Kupplungen mit Reibungschluss dürfen nur an Gerüstrohren mit Wandstärke $> 3,25$ mm angeschlossen werden. Wenn eine Gerüstkonstruktion über einen längeren Zeitraum wechselnd belastet wird, sind der kraftschlüssige Sitz der Kupplungsver-schraubungen und der Keile zu überprüfen.

4.3 Hängegerüste

Werden Arbeitsgerüste als Hängekonstruktionen ausgeführt, ist die genaue Lastermittlung besonders wichtig und bei der Konstruktion und Ausführung darauf zu achten, dass die Hängevorrichtungen nicht durch unbeabsichtigtes Lockern ausfallen können. Bei der Verwendung von Kupplungen mit Reibungschluss als Verbindungselemente zugbean-

spruchter Bauteile ist eine zusätzliche Sicherung erforderlich, sofern der Ausfall zu Versagen führen kann.

Eine derzeitige Überarbeitung der DIN 4420-3 wird u. a. zukünftig Regelungen für Hängegerüste vorsehen.

4.4 Aufzüge.

Aufzüge werden im Regelfall vorzugsweise direkt am Gebäude verankert.

Werden diese jedoch an Arbeits- und Schutzgerüsten angebaut, ist darauf zu achten, dass für den Aufzugsmast und möglichst auch für die vorgesehene Verankerung eine Zulassung oder typengeprüfte Berechnung vorliegt. Die Annahmen der Aufzugsunterlagen bezüglich der Mastverankerung hinsichtlich Tragfähigkeit und Geometrie müssen in der Örtlichkeit eingehalten werden. Die Festhaltekräfte des Aufzugsmastes sind im Gerüst rechnerisch zu verfolgen.

Die aus angebauten Schuttrutschen resultierenden Lastenleitungen sind ebenfalls nachzuweisen.



Stiel und Gründung nicht vor Anprall geschützt, fehlende Fußriegel

4.5 Aufstandsebenen

Eine tragfähige Aufstandsebene ist von großer Bedeutung. In dieser dürfen die abzutragenden Vertikallasten nur im verwendeten System verträgliche Setzungen hervorrufen. Die Fußspindeln dürfen nicht mehr als zulässig ausgedreht werden. Die erforderliche Anzahl der Fußriegel ist einzubauen, damit die gleichmäßige Abtragung der Horizontallasten gewährleistet ist.

Neigungen der Aufstandsebenen gegenüber der Horizontalen dürfen nur durch vollflächige Keile oder sonstige geeignete Teile ausgeglichen werden. Eine exzentrische Lagerung der Fußplatten muss unbedingt vermieden werden, Bohlen unter den Fußplatten müssen breiter als die Platten und länger als das Systemmaß plus Fußplattenbreite sein.

4.6 Korrosionsschutzgerüste

Korrosionsschutzgerüste haben neben ihrer Funktion als Arbeitsbühnen meistens auch das Strahlgut aufzunehmen.

Beim Betrieb ist dieses in Abhängigkeit von den Annahmen in der Statik rechtzeitig abzusaugen, damit keine Überlastung mit der Gefahr des Einsturzes besteht.

Da diese Gerüste im Brückenbau sehr oft als Hängegerüste ausgebildet werden, ist bei Überlastung die Absturzgefahr besonders groß.

4.7 Fahrbare Gerüste

Zu unterscheiden ist zwischen einem „Fahrbaren Gerüst“ und einer „Fahrbaren Arbeitsbühne (Fahrgerüst)“. Fahrbare Gerüste werden üblicherweise als Rohr-Kupplungs-Gerüste gebaut und unterliegen zzt. der DIN 4420. Sie benötigen in Arbeitsstellung besondere Arretierungen und Festhaltungen. Der Verschiebung darf nur kontrolliert erfolgen, im Rollzustand dürfen sich keine Personen auf dem Gerüst aufhalten.

Bei der Handhabung von Fahrgerüsten ist besonders der in der gültigen Vorschrift beschriebene Anwendungsbereich zu beachten (zzt. DIN 4422 – Fahrbare Arbeitsbühnen – Ziffer 1).

Dort ist angegeben, dass Fahrgerüste außerhalb von Gebäuden nur bis 8,0 m Höhe nach diesen Regelungen eingesetzt werden dürfen. Innerhalb von Gebäuden, d. h., ohne Windbelastung sind Höhen bis 12,0 m möglich. Weiterhin sind abmessungsbezogen und nutzungsabhängig alle für den Standsicherheitsnachweis anzusetzenden Belastungen angegeben. Daneben ist gemäß Anhang A zur DIN 4422 eine Belastungsprüfung durchzuführen, um sicherzustellen,



Unsachgemäße Gründung

dass kein Versagen unter der definierten Belastung aufgetreten ist. Weiterhin ist die Konstruktion gemäß Anhang B einer Steifigkeitsprüfung zu unterziehen, um zu überprüfen, in welcher Höhe verformungsabhängig die Belagfläche angeordnet werden darf.

Der Arbeitsbetrieb darf nur durch Einhaltung der in Anlage C niedergelegten Anweisungen erfolgen. Besonders ist zu beachten, dass sich beim Verfahren kein Material und keine Personen auf den Arbeitsebenen befinden.

4.8 Schutz gegen unbeabsichtigten Anprall

Bei Standorten im Einflussbereich von fließendem Verkehr sind Maßnahmen gegen Anprall vorzusehen.



Unsachgemäße Gründung

Bei nicht ausreichendem Abstand zwischen Verkehrsfläche und Gerüst sind abweisende Schutzeinrichtungen anzuordnen, die ein entsprechend geringes Deformationsvermögen haben.

4.9 Aufbau- und Verwendungsanweisungen

Arbeits- und Schutzgerüste bedürfen einer Aufbau- und Verwendungsanweisung. Ausnahmen hiervon siehe die jeweils gültige Vorschrift (zzt. siehe auch DIN 4420 Teil 1 Ziff. 11).

Für fahrbare Arbeitsbühnen ist analog zu verfahren (hier gilt zzt. DIN 4422 Pkt. 7).

In diesen Anweisungen sind auch über Ziffer 9 DIN 4420 Teil 1 hinausgehende Kontrollen situationsabhängig zu bewerten, z. B. bei Standzeiten über Winter oder bei Gefahr des Unterspülens von Gründungen.

In Anhang 3 zu BGR 166 ist eine Quelle genannt, bei der eine Anleitung zum Erstellen solcher Anweisungen zu beziehen ist.

In diesen Anweisungen ist auch anzugeben, inwieweit die zulässige Nutzungsart oder zulässige Nutzlast oder besondere Verankerungsmaßnahmen durch Beschilderung zu dokumentieren sind, siehe hierzu DIN 4420 Teil 1, Ziffer 10 Kennzeichnung.

5 Überwachung, Kontrollen

Die hier formulierten Hinweise befassen sich mit der Standsicherheit und konstruktiven Gestaltung von Arbeits- und Schutzgerüsten.

Zur Vollständigkeit soll auf die nicht näher behandelte aber im Umgang mit Gerüsten mindestens gleich bedeutende Betriebssicherheit aufmerksam gemacht werden:

- Arbeitsschutzbestimmungen, Verantwortlichkeiten, Prüfung und Überwachung werden zurzeit durch die Betriebssicherheitsverordnung geregelt.
- Die Baustellenverordnung fordert vom Bauherrn eine Koordination der Arbeiten auf und an Gerüsten. Hierzu gehört die Prüfung und Dokumentation der Gerüste nach den § 10 und § 11 der BetrSichV.
- Diese vom Bauherrn zu veranlassende Prüfung ist nach der Montage, vor der ersten Inbetriebnahme und vor derjenigen jedes weiteren Nutzers durch eine befähigte Person durchzuführen und zu dokumentieren. Sie betrifft die Standsicherheit und die Betriebssicherheit.

Daneben ist es auch möglich, dass die zuständige Bauaufsicht eine Kontrolle und Überwachung veranlasst.

Weiterhin regelt den Umfang und Ablauf von Eigenüberwachungen zzt. die DIN 4420 Teil 1 im Kapitel 9 Prüfung. Dort sind im Bild 19 alle notwendigen Schritte dargelegt.

Zu Wiederholungsprüfungen der Verankerungen und Kupplungen findet man Angaben zzt. in DIN 4420, Teil 1, Kap. 6.

6 Zusammenfassung

Arbeits- und Schutzgerüste stellen Bauhilfskonstruktionen dar. Sie werden oft als notwendiges Übel oder sogar als Unkostenverursacher gesehen.

Arbeits- und Schutzgerüste werden in den verschiedensten Phasen des Baugeschehens, bei der Errichtung, Veränderung, Reparatur und Unterhaltung von Bauwerken eingesetzt, aber immer nur zeitlich begrenzt.

Ohne die Inanspruchnahme dieser Hilfskonstruktionen wären Bauwerke kaum zu realisieren. Erstes Kriterium für die Ausführung von Gerüsten ist dabei immer die Standsicherheit. Es muss also gewährleistet sein, dass das Betreiben des Gerüstes (die Benutzung) dem allgemeinen und speziellen Sicherheitsbedürfnis entsprechend möglich ist.

Dem allgemeinen Sicherheitsbedürfnis ist Genüge getan, wenn von dem Gerüst keine Gefahren

ausgehen, welche die öffentliche Sicherheit und Ordnung beeinträchtigen.

Dem speziellen Sicherheitsbedürfnis ist Genüge getan, wenn die Arbeiten auf dem Gerüst unter Einhaltung aller Regeln der Arbeitssicherheit durchgeführt werden können.

Arbeits- und Schutzgerüste weisen nicht zuletzt wegen ihrer Konstruktionsmerkmale ein sehr großes Gefahrenpotenzial auf. Sie werden sehr oft unter zeitlich und finanziell sehr knapp bemessenen Randbedingungen montiert.

Die Montage erfolgt nicht immer durch Gerüstbaufachbetriebe, sodass das Montagepersonal oft nicht die nötige Fachkenntnis hat und oft wenig Sorgfalt im Umgang mit dem Material zeigt.

Die Benutzung erfolgt durch andere Gewerke, denen die Unversehrtheit der Gerüstbauteile wenig am Herzen liegt und bei denen gerüstbauspezifische Fachkenntnisse nicht erwartet werden können. Die Arbeit behindernde Gerüstanker werden so zum Beispiel ersatzlos demontiert, worüber die Gerüstbaufirma nicht in Kenntnis gesetzt wird. Dies ist trotz der in der BetrSichV geregelten Verpflichtung oft der Fall.

Die Versagenswahrscheinlichkeit von Arbeits- und Schutzgerüsten ist höher als diejenige von üblichen Bauten. Hier treten unverhältnismäßig viele Unfälle auf. Mit diesen Hinweisen möchte der Arbeitskreis Gerüste des BÜV zu einer Verbesserung der unbefriedigenden Situation beitragen.

Diese Hinweise werden zu gegebener Zeit durch eine Ergänzung der neuesten normativen Regelungen erweitert.

Herausgeber:

Bundesvereinigung der Prüfmgenieure für Bautechnik e.V.
Dr.-Ing. Hans-Peter Andrä, Ferdinandstr. 47, 20095 Hamburg
E-Mail: info@bvpi.de, Internet: www.bvpi.de

ISSN 1430-9084

Redaktion:

Klaus Werwath, Lahrring 36, 53639 Königswinter
Tel.: 0 22 23/91 23 15, Fax: 0 22 23/9 09 80 01
E-Mail: Klaus.Werwath@T-Online.de

Technische Korrespondenten:**Baden-Württemberg**

Dr.-Ing. Peter Hildenbrand, Ludwigsburg

Bayern:

Dr.-Ing. Robert Hertie, Gräfelfing

Berlin:

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

Brandenburg:

Prof. Dr.-Ing. Gundolf Pahn, Herzberg

Bremen:

Dipl.-Ing. Uwe Sabotke, Bremen

Hamburg:

Dipl.-Ing. Horst-Ulrich Ordemann, Hamburg

Hessen:

Dipl.-Ing. Bodo Hensel, 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:

Dipl.-Ing. Günther Freis, Bernkastel-Kues

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. Kai Trebes, Kiel

Thüringen:

Dipl.-Ing. Volkmar Frank, Zella-Mehlis

BVPI/DPÜ/BÜV:

Dipl.-Ing. Manfred Tiedemann

TOS:

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Meyer

Druck:

Vogel Druck und Medienservice GmbH & Co. KG, 97204 Höchberg

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.

