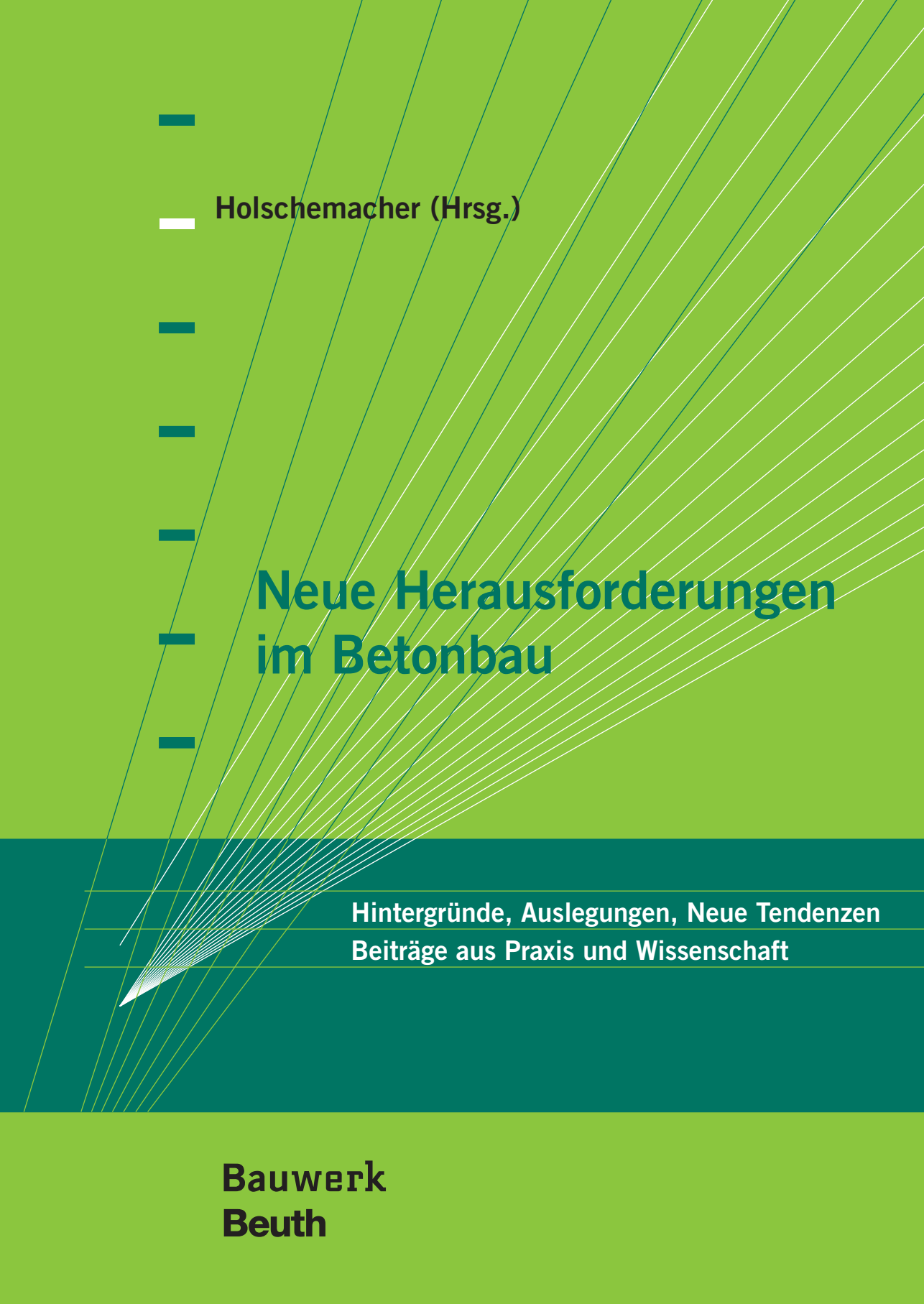




Holschemacher (Hrsg.)

Neue Herausforderungen im Betonbau

Hintergründe, Auslegungen, Neue Tendenzen
Beiträge aus Praxis und Wissenschaft

**Bauwerk
Beuth**

Vorwort

Die Betonbauweise wird zurzeit vor allem durch die Fortschreibung der normativen Grundlagen, baustoffliche Innovationen sowie die Entwicklung neuer Konstruktionsprinzipien geprägt. Darüber hinaus gewinnt die Erhaltung und Sanierung der vorhandenen Bausubstanz zunehmend an Bedeutung. Damit sind erhebliche Umstellungen für die in der Bauplanung oder der Bauausführung tätigen Ingenieure verbunden.

Der vorliegende Band enthält die Beiträge zur 12. Tagung Betonbauteile, die am 16. März 2017 unter dem Thema „Neue Herausforderungen im Betonbau“ vom Institut für Betonbau (IfB) der HTWK Leipzig, dem InformationsZentrum Beton GmbH und dem Fachverband Beton- und Fertigteilwerke Sachsen/Thüringen e.V. durchgeführt wurde. In den insgesamt 12 Beiträgen geben renommierte Autoren aus Wissenschaft und Praxis einen Überblick zu den gegenwärtig im Betonbau zu verzeichnenden Tendenzen.

Im ersten Teil des vorliegenden Bandes werden zunächst aktuelle baurechtliche Fragestellungen behandelt. Daran anschließend finden sich die bewährten Kapitel zur Eurocode-Praxis, in denen dieses Mal auf konstruktive und Mindestbewehrungen, die Konstruktion von Durchstanzbereichen in Elementdecken und den neuen Eurocode 2 Teil 4 eingegangen wird. Die Themen „Wasserundurchlässiger Beton“ und „Betondruck- und -zugfestigkeit in Bestandsbauwerken“ befassen sich mit in der Baupraxis sehr häufig vorkommenden Fragestellungen und geben entsprechende Planungshinweise. Weitere Buchkapitel widmen sich neuen Baustoffen wie Carbonbeton, konstruktivem Glasfaserbeton und schwindarmen Betonen sowie der Entwicklung neuer Bindemittel für Beton. Es wird außerdem auf die Weiterentwicklung der Nachweiskonzeption für die Verstärkung von Stahlbetonstützen mit CFK-Umschnürung eingegangen und gezeigt, wie es gelingt, mit Stahlbetonfachwerken aus Fertigteilen eine alte Bauweise wieder in den Fokus zu rücken.

Mein besonderer Dank gilt den Autoren der einzelnen Beiträge, ohne deren Fachkompetenz und termingerechte Bearbeitung dieser Band nicht möglich gewesen wäre. Dank gebührt weiterhin dem Beuth Verlag für die gewohnt gute Zusammenarbeit sowie meinen Mitarbeitern Frau M.Sc. Katrin Mende und Herrn M.Sc. Philipp Ulbricht, die an der Erarbeitung der Druckvorlagen dieses Buches maßgeblich beteiligt waren.

Leipzig, im März 2017

Klaus Holschemacher

Inhaltsverzeichnis

Ullrich Kluge

Verknüpfung von Verwendbarkeitsnachweisen nach neuer MBO und MVV TB in Bezug auf Baurecht und Wasserrecht	1
1 Einleitung	1
2 Bau- und wasserrechtliche Vorschriften und Bestimmungen	1
3 Anforderungen an Bauprodukte nach Wasserecht; Verankerung der Verwendbarkeitsnachweise in der MBO und E-VV-TB	5
4 Zulassungserarbeitungen und -erteilungen für Bauprodukte in LAU-Anlagen ...	10
5 Schlussbemerkungen	12

Klaus Holschemacher

Eurocode-Praxis: Konstruktive und Mindestbewehrungen nach EC2	15
1 Anmerkung	15
2 Einleitung	15
3 Was sind konstruktive Bewehrungen und Mindestbewehrungen?	16
4 Biegebauteile	17
5 Druckglieder	24
6 Zusammenfassung	28

Johannes Furche

Zur Konstruktion von Durchstanzbereichen in Elementdecken	31
1 Einleitung	31
2 Elementdecken als Flachdecken	32
3 Filigran [®] -Durchstanzbewehrung FDB II	34
4 Einbindetiefe der Stütze in die Platte	38
5 Zusammenfassung	45

Oliver Geibig, Jörg Appl

Eurocode-Praxis: Bemessung von Befestigungen im Beton nach EC2, Teil 4 (EN 1992-4)	49
1 Einführung	49
2 EN 1992-4	49
3 Zusammenfassung und Ausblick	61

Thomas Freimann

Planung von WU-Untergeschossen mit hochwertiger Nutzung	65
1 Einleitung	65
2 Planungsanforderungen	65
3 Nutzungssicherheit	71
4 Zusammenfassung	80

Catherina Thiele, Michael Weber

Einschätzung der Betondruck- und -zugfestigkeit an Bestandsbauwerken ..	83
1 Einleitung	84
2 Normative Regelungen zur Korrelation zwischen Betondruck- und -zugfestigkeit	84
3 Besonderheiten bestehender Tragwerke in Massivbauweise – Einflussgrößen auf die Korrelation zwischen Betondruck- und -zugfestigkeit	87
4 Bauwerksuntersuchungen	88
5 Fazit und Ausblick	92

Stefan Käseberg, Klaus Holschemacher

Verstärkung von Stahlbetonstützen mit CFK-Umschnürung: Stand der Technik, Forschungsschwerpunkte und Weiterentwicklungen	95
1 Einleitung – Carbonfaserverstärkte Kunststoffe in der Bauwerksverstärkung	95
2 CKF-Umschnürung – Stand der Technik	98
3 Forschungsschwerpunkte	104
4 Zusammenfassung	117

Frank Schladitz, Manfred Curbach

Carbon Concrete Composite	121
1 Einleitung	121
2 Entwicklung	122
3 Material	123
4 Herstellverfahren	126
5 Praxisprojekte	127
6 Aktuelle Forschung und Ausblick	134

Daniel Busse, Martin Empelmann

Stahlbetonbauwerke aus Fertigteilen – eine alte Bauweise auf neuen Wegen	139
1 Einleitung	139
2 Historische Entwicklung	140
3 Potenziale des Stahlbetonfachwerkbaus	144
4 Aktuelle Forschungsvorhaben	148
5 Zusammenfassung	150

Frank Dehn, Andreas König, Annemarie Herrmann

Alkalisch-aktivierte Bindemittel und Geopolymer-Bindemittel als Alternative zu Zement	155
1 Entwicklungen in der Zementindustrie	155
2 Grundlagen	156
3 Leistungsfähigkeit von AAB- und GP-Betonen	159
4 Zusammenfassung und Ausblick	164

Thomas Richter, Diethelm Bosold

Schwindarmer Beton aus dem Transportbetonwerk?!	171
1 Einleitung	171
2 Schwindverformungen	171
3 Betone für wasserundurchlässige Bauwerke	174
4 Größenordnungen der einzelnen Schwindarten	178
5 Schwindreduzierer	179
6 Zusammenfassung	180

Philipp Löber, Klaus Holschemacher

Glasfaserbeton – neue Entwicklungen und Anwendungsgebiete	183
1 Begriffliche Einordnung	183
2 Glasfaserprodukte	185
3 Konstruktiver Glasfaserbeton	188
4 Zusammenfassung und Ausblick	201

Verknüpfung von Verwendbarkeitsnachweisen nach neuer MBO und MVV TB in Bezug auf Baurecht und Wasserrecht

Ullrich Kluge

1 Einleitung

In den letzten Monaten kommen immer öfter Fachkollegen unterschiedlicher Praxis-, Planer- und Behördenbereiche auf das DIBt mit der Bitte zu, besondere Schwerpunkte zum Zusammenwirken von bau- und wasserrechtlichen Anforderungen an Bauprodukte und Bauarten zur Verwendung in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe (LAU-Anlagen) zu vertiefen. Vor allem geht es dabei in der letzten Zeit darum, die zukünftige Verknüpfung der neuen bauordnungsrechtlichen mit den wasserrechtlichen Vorschriften in Verwendbarkeitsnachweisen genauer zu erläutern.

Dieser Beitrag nimmt sich dieses Themas an und berichtet im Folgenden über

- Bau- und wasserrechtliche Vorschriften und Bestimmungen,
- Anforderungen an Bauprodukte nach Wasserrecht; Verankerung der Verwendbarkeitsnachweise in der MBO und E-MVV TB
- Zulassungserarbeitungen und -erteilungen für Bauprodukte zur Verwendung in LAU-Anlagen

2 Bau- und wasserrechtliche Vorschriften und Bestimmungen

Von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, zu denen LAU-Anlagen gehören, können erhebliche Gefahren für die Oberflächengewässer, das Grundwasser und den Boden ausgehen. Aus diesem Grund müssen Anlagen, Anlagenteile und technische Schutzvorkehrungen, in denen sich wassergefährdende Stoffe wie Chemikalien und Chemikaliengemische befinden oder in die solche Stoffe gelangen können, so beschaffen sein, dass wassergefährdende Stoffe nicht austreten können. Darüber hinaus müssen sie den im Betrieb zu erwartenden Beanspruchungen unter

Berücksichtigung von Sicherheitskonzepten standhalten können. Diesen wasserrechtlichen Anforderungen an die Anlagen bzw. die Bauwerke müssen selbstverständlich auch alle Bauprodukte und Bauarten gerecht werden, die darin zum Einsatz kommen.

In LAU-Anlagen werden wassergefährdende Stoffe gelagert, abgefüllt und umgeschlagen (im Sinne von „umladen“). Wassergefährdende Stoffe sind Chemikalien und Chemikaliengemische, die *allgemein, schwach* (WGK 1), *deutlich* (WGK 2) oder *stark* (WGK 3) *wassergefährdend sein können* (WGK= **W**assergefährdungsk**l**asse). Sie verändern dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilig die Wasserbeschaffenheit von Oberflächengewässern und Grundwasser, wenn sie mit diesen in Kontakt kommen. LAU-Anlagen dürfen nach § 63(1) **W**asserhaushaltsgesetz (WHG) [1] u.a. nur errichtet und betrieben werden, wenn ihre Eignung von der zuständigen (Wasser-)Behörde festgestellt worden ist.

Gemäß § 62 WHG gilt für Lager- und Abfüllanlagen der "*wasserrechtliche Besorgnisgrundsatz*", für Umschlaganlagen der "*bestmögliche Schutz*". Laut Gesetzgeber unterscheiden sich "*Besorgnisgrundsatz*" und "*bestmöglicher Schutz*" nur darin, dass Anlagen unter Besorgnisgrundsatz auch die Rückhaltung der wassergefährdenden Stoffe berücksichtigen müssen. Die stofflichen Anforderungen dagegen sind in beiden Anforderungsbereichen identisch.

Die Spezifizierung der wasserrechtlichen Anforderungen zur Erfüllung des Besorgnisgrundsatzes erfolgt derzeit über die Anlagenverordnungen der Länder (VAwS der Länder). Diese Länderverordnungen sollen durch eine bundeseinheitliche Verordnung für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) [2] ersetzt werden.

Die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, zu denen auch LAU-Anlagen gehören, sollen nach § 18 E-AwSV dicht, standsicher und gegenüber den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüssen hinreichend widerstandsfähig sein. Bauprodukte und Bauarten, wenn sie in diesen Anlagen als Rückhalteeinrichtung verwendet werden sollen, müssen nachweislich flüssigkeitsundurchlässig sein.

Die gesetzlichen Regelungen im Wasserrecht und im Baurecht besagen, dass wasserrechtliche Anforderungen auch in bauordnungsrechtlichen Verwendbarkeitsnachweisen für Bauprodukte, die in LAU-Anlagen verwendet werden, zu berücksichtigen sind.

Nach den gegenwärtig geltenden bau- und wasserrechtlichen Vorschriften (LBO und WasBauPVO der Länder sowie WHG) können für Bauprodukte und Bauarten zur Verwendung in LAU-Anlagen bauordnungsrechtliche Verwendbarkeitsnachweise erteilt werden, durch die auch die Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen nach §62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sichergestellt sind.

Durch diese bauordnungsrechtlichen Verwendbarkeitsnachweise kann gemäß

§ 63(3) WHG die wasserrechtliche Eignungsfeststellung (behördliche Vorkontrolle) „... für Anlagen, Anlagenteile oder technische Schutzvorkehrungen ...“ entfallen, wenn beispielsweise: „... nach bauordnungsrechtlichen Vorschriften über die Verwendung von Bauprodukten, Bauarten oder Bausätzen auch die Einhaltung der wasserrechtlichen Anforderungen sichergestellt wird ...“.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Verknüpfung wasserrechtlicher Anforderungen mit bauordnungsrechtlichen Vorschriften bei der Verwendung von Bauprodukten und Bauarten ist es erforderlich, einen Blick in das Bauordnungsrecht zu werfen.

Die Verknüpfung beider Rechtsbereiche erfolgt über die WasBauPVO der Länder (*Verordnungen der Länder zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach Musterbauordnung*) [4], siehe Bild 1.

Die WasBauPVO der Länder enthalten eine Auflistung von Bauprodukten und Bauarten für die nach den Landesbauordnungen Verwendbarkeits- und Übereinstimmungsnachweise zu führen sind. Dort sind unter § 2 Abschnitt 2 *Bauprodukte und Bauarten für ortsfest verwendete Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen* aufgelistet. Die WasBauPVO bezieht sich dabei ausdrücklich auf serienmäßig hergestellte Bauprodukte und Bauarten.

Muster einer Verordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach Musterbauordnung

(WasBauPVO)

Aufgrund von § 20 Abs. 4 und § 23 Abs. 2 MBO erlässt ... folgende Verordnung:

§1

Für folgende serienmäßig hergestellte Bauprodukte und Bauarten sind auch hinsichtlich wasserrechtlicher Anforderungen Verwendbarkeits-, Anwendbarkeits- und Übereinstimmungsnachweise nach §§21, 21a und 24 bis 24b MBO i.V.m. § 20 Abs. 1 Satz 1, §20 Abs. 2 und Abs. 3 Satz 1 Nrn. 1 und 2 und §24c MBO zu führen:

...

§2

Bauprodukte und Bauarten für ortsfest verwendete Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen von wassergefährdenden Stoffen:

- Auffangwannen und -vorrichtungen sowie vorgefertigte Teile für Auffangräume und -flächen,
- Abdichtungsmittel für Auffangwannen, -vorrichtungen, -räume und für Flächen,
- Behälter,
- Innenbeschichtungen und Auskleidungen für Behälter und Rohre,
- Rohre, zugehörige Formstücke, Dichtmittel, Armaturen und
- Sicherheitseinrichtungen.

Bild 1: Auszug aus der derzeit gültigen WasBauPVO

Für die in der WasBauPVO benannten serienmäßig hergestellten Bauprodukte und Bauarten sind Verwendbarkeitsnachweise erforderlich.

Wie schon angesprochen hat Deutschland spezielle wasserrechtliche Anforderungen an Anlagen, in denen mit Chemikalien und deren Gemische, also wassergefährdenden

Stoffen umgegangen wird. Diese Anforderungen zum Schutz von Grund- und Oberflächengewässer sind in §§ 62, 63 WHG, in den VAWS'n der Länder und in der zukünftigen bundeseinheitlichen AwSV geregelt.

Die speziellen wasserrechtlichen Anforderungen wirken sowohl eigenschaftsverändernd als auch verwendungsverschärfend bzw. –einschränkend auf Bauprodukte und Bauarten.

Darüber hinaus besteht die Notwendigkeit, Bauprodukte und Bauarten ständig anzupassen, beispielsweise an den aktuellen Stand der immer wieder neu auf den Markt kommenden Chemikalien und deren Gemische.

Die in § 63(3) WHG geforderte *Einhaltung der* (speziellen) *wasserrechtlichen Anforderungen* an LAU-Anlagen können nur in geringem Maße oder gar nicht von Bauprodukten eingehalten werden, die nur nach harmonisierter europäischer Norm (hEN) oder europäischer technischer Bewertung (ETA) geregelt wurden. Somit nehme ich im Folgenden Bezug auf die nationalen Verwendbarkeitsnachweise. Diese unterscheiden sich wie im Folgenden dargestellt:

a) *"Geregelte Bauprodukte für ortsfest verwendete LAU-Anlagen"*

Die Verwendbarkeit von **geregelten** Bauprodukten und Bauarten in LAU-Anlagen ergibt sich aus der Übereinstimmung des Bauprodukts mit den in Bauregelliste (BRL) [7] A Teil 1, Abs. 15... (zukünftig in MVV TB Teil C 2.15...) bekannt gemachten technischen Regeln. Ist die Übereinstimmung der zuvor genannten Bauprodukte mit den in der *MVV TB Teil C 2.15...* genannten technischen Regeln gegeben, dürfen diese Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) versehen und in LAU-Anlagen verwendet werden.

b) *"Nicht geregelte Bauprodukte für ortsfest verwendete LAU-Anlagen"*

Die Verwendbarkeit von **nicht geregelten** Bauprodukten und Bauarten in LAU-Anlagen ergibt sich aus der Übereinstimmung des Bauprodukts oder der Bauart mit der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Als nicht geregelt gelten jene Bauprodukte, die von den in BRL [7] A Teil 1, Abs. 15... (zukünftig in VV TB Teil C 2.15...) bekannt gemachten technischen Regeln wesentlich abweichen oder für die es keine Technische Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik gibt. Ist die Übereinstimmung gegeben, dürfen auch solche Bauprodukte und Bauarten mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) versehen und in LAU-Anlagen eingesetzt werden.

Derzeit wird angestrengt an den mit der neuen Musterbauordnung (MBO) in Verbindung stehenden Verordnungen gearbeitet. Der Auslöser dafür war das Urteil des Gerichtshofs der Europäischen Union (EuGH) vom 16.10.2014 (Rs. C-100/13) und die daraus resultierende Notwendigkeit der Überarbeitung des deutschen Baurechts.

3 Anforderungen an Bauprodukte nach Wasserrecht; Verankerung der Verwendbarkeitsnachweise in der MBO und E-VV-TB

Wie schon erwähnt, arbeiten derzeit die entsprechenden Fachkreise der ARGEBAU (*Konferenz der für das Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der 16 Länder der Bundesrepublik Deutschland*) intensiv an der Novellierung der Musterbauordnung (MBO) [3]. Mit der Novellierung der MBO allein ist es aber nicht getan. Gleichzeitig muss z.B. die *Verordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach Musterbauordnung, WasBauPVO* [4] angepasst und die neue bauordnungsrechtliche *Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, MVV TB* zur Verfügung gestellt werden.

Ein Blick in das Bauordnungsrecht:

Laut MBO sind die obersten Bauaufsichtsbehörden ermächtigt, für die Verwendung/Anwendung von Bauprodukten und Bauarten Verordnungen zu erlassen, die auch "*Anforderungen anderer Rechtsvorschriften*" enthalten. In unserem Fall sind das, wie schon zuvor angesprochen, wasserrechtliche Anforderungen an LAU-Anlagen aus den §§ 62 und 63 WHG [1], den VAWs'n der Länder (*Verordnungen der Länder über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen*) und zukünftig aus der bundeseinheitlichen "*Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, AwSV*".

Diese Verordnungsermächtigung –'*Berücksichtigung von Anforderungen aus anderen Rechtsverordnungen*'-, findet sich in der neuen Musterbauordnung im § 85 (4a) MBO [5] wieder, bisher war diese Ermächtigung in § 17 Abs. 4 MBO(alt) [3] enthalten. Sie gilt sowohl für die Bauarten als auch für die Bauprodukte.

Die MBO [5] sieht weiterhin vor, dass die obersten Bauaufsichtsbehörden durch Rechtsverordnung vorschreiben können, dass für bestimmte Bauprodukte und Bauarten die Bestimmungen für Verwendbarkeitsnachweise, Übereinstimmungsbestätigungen und Zertifizierungen ganz oder teilweise anwendbar sind. Das gilt auch, wenn diese zusätzlichen Anforderungen gleichfalls anderen Rechtsvorschriften unterliegen. Aus diesem Grund gibt es die Möglichkeit in § 63(3) WHG [1] - zur Entlastung der Wasserrechtsbehörden - die Vorkontrolle für LAU-Anlagen im Rahmen von *wasserrechtlichen Eignungsfeststellungen* vorzunehmen. Mit der angepassten (notifizierten) E-WasBauPVO wird dem entsprochen.

Das DIBt konnte im Juni 2016 vor dem Bund/ Länderarbeitskreis "Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BLAK UmwS)" in Bezug auf das EuGH-Urteil informieren, welche Auswirkungen zu erwarten und welche Maßnahmen in diesem Zusammenhang von Seiten der ARGEBAU grundsätzlich bei der bauordnungsrechtlichen Berücksichtigung *von wasserrechtlichen Anforderungen* vorgesehen sind, siehe Bild 2.

Grundsätzliches:

- **Umfang** der vom EuGH-Urteil betroffenen Regelungen im **LAU-Bereich** (UmwS-Anlagen) ist **gering**.
- In den **ARGEBAU-Gremien** wird die **Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen** für unregelte Bauprodukte (solange keine harmonisierte europäische Norm vorliegt) **nicht in Frage gestellt**.
- Von der **ARGEBAU** wurde **zum Ausdruck gebracht, dass an** der Bearbeitung von Bauprodukten und Bauarten für die Verwendung in LAU-Anlagen auf Basis der **WasBauPVO'n festgehalten wird**.
- Es ist vorgesehen, die **WasBauPVO** im §1 an die neue MBO anzupassen.

Bild 2: Auszug aus DIBt-Präsentation vor dem BLAK UmwS im Juni 2016

In der Zwischenzeit wurden von Seiten der ARGEBAU - auch mit Unterstützung der Fachexperten des DIBt - die folgenden Regelungsentwürfe ausgearbeitet und zur (EU)Notifizierung gegeben, siehe Bild 3. Für die Regelungsentwürfe sind die Fristen zur Stellungnahme überwiegend schon abgelaufen. Bisherige Stellungnahmen führten nicht zur Verlängerung der jeweiligen Stillhaltefristen. Nach EU-Reglement hätte die Abgabe einer "*ausführlichen Stellungnahme*" durch die EU-Kommission bzw. die EU-Mitgliedstaaten eine 3-monatige Verlängerung der Stillhaltefrist zur Folge. Die Abgabe von "*Bemerkungen*" hingegen zieht keine Fristverlängerung nach sich.

Regelungsentwurf Not.-Nr.: **2016/ 0229/ D**, "Wasserrechtliche Eignung von Bauprodukten und Bauarten (WasBauPVO)" [9],
Frist für Stellungnahmen lief am 19.08.2016 ab.

Regelungsentwurf Not.-Nr.: **2016/ 0228/ D**, "Entwurf der Musterbauordnung (MBO)" [5],
Frist für Stellungnahmen lief am 19.08.2016 ab.

Regelungsentwurf Not.-Nr.: **2016/ 0376/ D**, "Entwurf der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)" [8],
Die Stillhaltefrist lief am 24.01.2017 ab.

Bild 3: Notifizierungsvorhaben im Zusammenhang mit der Novellierung der Musterbauordnung (MBO)

Auf Grundlage dieser notifizierten Regelungsentwürfe soll nach E-WasBauPVO die wasserrechtliche Eignung über Nachweise für Bauprodukte und Bauarten hinsichtlich wasserrechtlicher Anforderungen zur Verwendbarkeit, Anwendbarkeit und Übereinstimmung festgestellt werden. Dafür werden die Paragraphen (§§) 16a (2), 17 bis 19 und 21 bis 25 der Musterbauordnung herangezogen, siehe Bild 4.

Somit ist inhaltlich, im Vergleich zur derzeitig gültigen WasBauPVO, keine Änderung vorgesehen. Es wurden in der notifizierten E-WasBauPVO (nur) die Anpassung in Bezug auf die neuen Paragraphen der MBO vorgenommen.

MBO [5], Auszug	
§ 16a (2)	"Bauarten"
§ 17	"Verwendbarkeitsnachweise"
§ 18	"Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung"
§ 19	"Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis"
§ 21	"Übereinstimmungsbestätigung"
§ 22	"Übereinstimmungserklärung des Herstellers"
§ 23	"Zertifizierung"
§ 24	"Prüf-, Zertifizierungs-, Überwachungsstellen"
§ 25	"Besondere Sachkunde- und Sorgfaltsanforderungen"

Bild 4: Auszug aus notifizierten Regelungsentwurf MBO [5]

Für die Handhabung der notifizierten E-WasBauPVO ist es wichtig hervorzuheben, dass

- die Vorschriften der notifizierten E-WasBauPVO nur für serienmäßig hergestellte Bauprodukte und Bauarten zur Verwendung in LAU-Anlagen gelten,
- das bauordnungsrechtliche Instrument der 'Zustimmung im Einzelfall' durch eine Bauaufsichtsbehörde nicht zur Verfügung steht. Die Bewertung und Genehmigung von Einzelfällen zur Verwendung in LAU-Anlagen ist nach den wasserrechtlichen Vorschriften im Rahmen von wasserrechtlichen Eignungsfeststellungen vorzunehmen, siehe dazu auch § 63 WHG und
- das Erfordernis eines Verwendbarkeitsnachweises sich nicht auf solche Bauprodukte bezieht, die die CE-Kennzeichnung auf Grundlage der BauPVO tragen (siehe MBO § 16c [5]).

Diese Kontinuität ist aus Sicht des Autors auch ein wichtiger Teil zur Gewährleistung von Rechtssicherheit für Hersteller von Bauprodukten und Bauarten.

Die derzeit geltenden *Bauordnungen der Länder* schreiben vor, dass die von den obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder eingeführten technischen Regeln zu beachten sind. Diese technischen Regeln für Bauprodukte und Bauarten wurden mit den "**Bauregellisten A und B und Liste C**" [7] zusammen mit den (Muster-) **Listen der Technischen Baubestimmungen, (M)LTB** [10], im Einvernehmen mit den obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder bekannt gemacht. Mit der Novellierung der Musterbauordnung ist auch der Ersatz dieser bisher bekannten Vorschriften durch eine neue *Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen*, MVV TB [8], vorgesehen.

In Bezug auf die Verknüpfungen des Baurechts mit dem Wasserrecht stand für die ARGEBAU u.a. auch die Aufgabe, folgende Punkte in die neue MVV TB zu integrieren, zu übernehmen bzw. neu vorzusehen:

- wasserrechtliche Bestimmungen aus der derzeitigen Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) Teil III,
- konkretisierende Bauwerksanforderungen, die durch wasserrechtliche Anforderungen erforderlich werden,
- Berücksichtigung von standsicherheits- und konstruktiv verändernden und -verschärfenden wasserrechtlichen Anforderungen an Bauwerke und
- technische Spezifizierung der im Wasserrecht verbal aufgeführten Anforderungen bezüglich der Bauwerke (Anlagen).

Nach dem Regelungsentwurf der MVV TB plant die ARGEBAU die Berücksichtigung der Anforderungen an Bauprodukte und Bauarten aus *"anderen Rechtsvorschriften"* (hier Wasserrecht) vorzunehmen, wie im Bild 5 dargestellt.

Darüber hinaus wurden im Kapitel C *"Technische Baubestimmungen für Bauprodukte, die nicht die CE-Kennzeichnung tragen"* der MVV TB die Voraussetzungen geregelt, die zur Abgabe von Übereinstimmungserklärungen für Bauprodukte erfüllt sein müssen und welche Angaben zu Bauarten und Bauprodukten vorgenommen werden müssen. Ebenso wird festgelegt, welche Bauprodukte und Bauarten nur eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses bedürfen.

Hierbei sollen die in Bauregelliste A bisher getroffenen Regelungen fortgeführt werden. Es ist in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen, dass es Auftrag an die ARGEBAU war, mit der ersten Ausgabe der MVV TB den abgestimmten Regelungsbestand umzustellen. Dieser wurde in den *"Bauregellisten A und B und Liste C"* von 2015/2 veröffentlicht. Inhaltliche Ergänzungen und Änderungen zu Bauarten und Bauprodukten in der MVV TB Teil C können erst nach Inkrafttreten der MVV TB vorgenommen werden.

Das betrifft auch Ergänzungen und Änderungen in MVV TB C 2.15 für Bauprodukte in ortsfest verwendeten LAU-Anlagen.

E-MVV TB-B		
B 4 Bauprodukte und Bauarten die Anforderungen nach anderen Rechtsvorschriften unterliegen für die nach § 85 Abs. 4 a MBO¹ eine Rechtsverordnung erlassen wurde		
Kenn-/Lfd. Nr.	Bezeichnung	Bestimmungen/Festlegungen gem. § 85 a Abs. 2 MBO
1	2	3
B 4.1	Technische Anforderungen an ortsfest verwendete Anlagen und Anlagenteile in Lager-, Abfüll- und Umschlaganlagen (LAU-Anlagen) zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	
B 4.1.1	- Auffangwannen und -vorrichtungen sowie vorgefertigte Teile für Auffangräume und -flächen, - Abdichtungsmittel für Auffangwannen, -vorrichtungen, -räume und für Flächen, - Behälter, - Innenbeschichtungen und Auskleidungen für Behälter und Rohre, - Rohre, zugehörige Formstücke, Dichtmittel, Armaturen und - Sicherheitseinrichtungen	Anlage B 4.1/1

Anlage B 4.1/1

LAU-Anlagen sowie darin verwendete Bauprodukte und Bauarten müssen zusätzlich zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit aufgrund der wasserrechtlichen Anforderungen gegenüber wassergefährdenden Stoffen (Chemikalien und deren Gemische) über die jeweilige Dauer der Chemikalienbeanspruchung beständig, flüssigkeitsundurchlässig bzw. dicht sein. Das gilt in gleichem Maße auch für instandgesetzte LAU-Anlagen. Im Besonderen gelten die Anforderungen auch für Schweiß- und Klebenähte von Abdichtungen und Bauteilen mit dichtender Funktion sowie für Verbindungen von Rohrleitungen.

LAU-Anlagen die mit Fahrzeugen befahren werden können, dürfen unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzungsbedingungen (Häufigkeit der Befahrung, Radmaterialien) während der Zeitdauer der Beanspruchung mit wassergefährdenden Stoffen ihre Dicht- und Tragfunktion nicht verlieren.

Für den Standsicherheitsnachweis sind u.a. folgende Einwirkungen zu berücksichtigen: Temperatur, Prüf- und Betriebsdrücke bzw. Füllhöhen, Eigen- und Fülllasten, Verkehrslasten, Anprall, Wind, Schnee, Erdbeben (außergewöhnliche Last), Überflutung, chemische Beanspruchung durch Umwelteinflüsse sowie durch das Lager- oder Abfüllmedium (wassergefährdende Stoffe). Es gelten mindestens die Schadensfolgeklasse CC2 und die Zuverlässigkeitsklasse RC2 gemäß Anhang B von EN 1990.

Rissbreitenbeschränkung bei Betonbauteilen in LAU-Anlagen:

- unbeschichtete Bauteile: $w_{\text{ca1}} \leq 0,1 \text{ mm}$
- ausgekleidete oder beschichtete Bauteile: Rissbreite w abgestimmt auf die Leistung des jeweiligen Abdichtungsmittels

Für Schweißnähte von Stahlteilen mit Dichtfunktion gilt die Ausführungsklasse EXC 2 nach DIN EN 1090-2 unter zusätzlicher Erfüllung von Anforderungen an die Schweißausführung und die Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe.

Bild 5: Regelungsentwurf der MVV TB, Not.-Nr.: 2016/ 0376/ D, Auszug Abschnitt B 4

Im Zuge der schon jetzt vorgesehenen Ergänzungen und Änderungen ist geplant, die technischen Regeln und die Verwendung folgender Bauprodukte an den aktuellen Stand der Erkenntnisse anzupassen, z.B. auf Grundlage der DAfStb-Richtlinie "Betonbau zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, BUMwS", in MVV TB Teil C 2.15....:

- Spezifizierung der bestehenden Produktregelungen für "Beton als Abdichtungsmittel für Auffangräume und Flächen" in LAU-Anlagen in MVV TB Teil C 2.15.16. Diese Produktregelung gilt dann nicht mehr für Baustellenbeton zur Verwendung an Tankstellen.
- Schaffung einer neuen Produktregelung, die den speziellen Anforderungen an Baustellenbeton für die Verwendung in Tankstellen gerecht wird, "FDE-Beton als

Abdichtungsmittel für Ablaufflächen in Tankstellen" in MVV TB
Teil "C 2.15.neu".

Für beide Produktregelungen ist ebenfalls vorgesehen, in den "*Anlagen C 2.15.12 und C 2.15.neu*" der MVV TB die Bestimmung aufzunehmen, dass zur Gewährleistung der Flüssigkeitsundurchlässigkeit des Betons gegenüber wassergefährdenden Flüssigkeiten deren Quotient aus dynamischer Viskosität und Oberflächenspannung kleiner oder gleich $8 \text{ (m/s)}^{0,5}$ zu sein hat und die Eindringtiefe der jeweiligen Flüssigkeit in den Beton gemäß DAfStb-Richtlinie BUMwS ermittelt werden muss.

Demnach wäre dann bei wassergefährdenden Stoffen, deren Quotient größer als 8 (m/s)^{0,5} ist, die Abdichtung mit Beschichtungs- oder Auskleidungssystemen vorzusehen. Diese Abdichtungen müssen nachweislich flüssigkeitsundurchlässig und beständig gegenüber der jeweiligen wassergefährdenden Flüssigkeit sein. Der Nachweis für die Verwendung in LAU-Anlagen ist durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen zu erbringen. Im Zulassungsverzeichnis des DIBt sind für Beschichtungssysteme (Zulassungsbereich Z-59.12) oder für Kunststoffdichtungsbahnen (Zulassungsbereich Z-59.21) mehrere geeignete Abdichtungen zu finden, siehe DIBt-Homepage, Referat II 7.

Diese Ergänzungen und Änderungen müssen aber in den ARGEBAU-Gremien noch beraten werden.

4 Zulassungserarbeitungen und -erteilungen für Bauprodukte zur Verwendung in LAU-Anlagen

Dichtkonstruktionen, Abdichtungsmittel, Behälter, Rohre und Sicherheitseinrichtungen in LAU-Anlagen als Zulassungsbereiche des Gewässerschutzes umfassen derzeit über 50 einzelne Zulassungsgebiete mit mehreren speziellen Bauprodukten und Bauarten. Das DIBt erteilt u.a. Zulassungen für Dichtkonstruktionen aus Betonfertigteileplatten, Fahrzeug- und Gleistragwannensysteme, ebenso wie für Dichtkonstruktionen aus Ort beton oder spezielle nichttragende mineralische Dichtschichten, die mit Mikrobewehrung oder Stahlfasern hergestellt werden.

Bitumenhaltige Dichtschichten, zum Beispiel aus Gussasphalt, Walzasphalt oder als halbstarre Dichtschichten, zählen genauso zu den vom Fachreferat zugelassenen Systemen, wie Stahl- und Stahlverbundsysteme und Rinnensysteme aus Beton und Polymerbeton.

Im Zulassungsprofil befinden sich auch Fugenabdichtungssysteme, die als einbetonierte oder aufgeklebte Fugenbänder zum Einsatz kommen, oder Fugendichtstoffe, Fugenbleche und Fugenprofile, die Bauteilrandbereiche oder Übergänge flüssigkeitsundurchlässig abdichten. Einen großen Zulassungsbereich nehmen die Beschichtungssysteme, Beschichtungsstoffe und Auskleidungen mit Dichtungsbahnen und Betonschutzplatten ein. Vervollständigt wird der Arbeitsbereich mit

Abdichtungsmitteln wie Innenbeschichtungen und Auskleidungen für Behälter, Rohre und Domschächte sowie Gummierungen, für die ebenfalls Zulassungen erteilt werden.

Im Fokus der Zulassungserteilung stehen nicht nur die Bauprodukte und Bauarten, die für den Neubau in LAU-Anlagen zum Einsatz kommen. Eine immer größer werdende Anzahl von Zulassungen wird für Bauprodukte und Bauarten erteilt, die zur Instandsetzung von Beton-Dichtkonstruktionen in LAU-Anlagen verwendet werden, also **Bauprodukte und Systeme zur Wiederherstellung der Flüssigkeitsundurchlässigkeit**. Dazu gehören neben zement- oder kunststoffgebundenen Betonersatzsystemen auch Injektionssysteme mit zugehörigen Rissfüllmaterialien, die für den Einsatz in LAU-Anlagen geeignet sind. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass klassische Instandsetzungsprodukte zur „*Bauwerksreparatur von Standardbetonbauteilen*“ nicht hinreichend zur Wiederherstellung der Flüssigkeitsundurchlässigkeit von Beton-Dichtkonstruktionen gegenüber Chemikalien und deren Gemischen (wassergefährdende Stoffe) in LAU-Anlagen geeignet sind.

Durch Aufgabenübertragung aus dem Wasserrecht bereitet das DIBt derzeit mit seinen Sachverständigengremien die Grundlagen für die Zulassungserarbeitung und die einheitliche Zulassungserteilung für die große Mehrheit der zuvor aufgezählten Bauprodukte und Systeme vor, die im Bereich der Lagerung und des Abfüllens von Gärsubstraten und Gärresten in Biogasanlagen verwendet werden dürfen. Spezielle Aspekte der Zulassungserarbeitung für ausgewählte Bauprodukte und Bauarten zur Verwendung in Biogas-LA-Anlagen wurden durch das DIBt im Artikel „Lager- und Abfüllanlagen in Biogasanlagen – Zulassungen für Bauprodukte und Bauarten“, der in der Zeitschrift „Bautechnik“ im Heft 11, 93. Jahrgang 2016 erschienen ist, dargestellt,

Wie den Fachexperten der Branche bestens bekannt ist, müssen Dichtkonstruktionen und Abdichtungssysteme in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vielfältigen Anforderungen aus verschiedenen Rechtsbereichen gerecht werden, so aus dem Wasserrecht, dem Baurecht und dem Arbeitsschutzrecht. Erst dann dürfen diese Dichtkonstruktionen und Abdichtungssysteme in Deutschland eingebaut und verwendet werden.

Bei LAU-Anlagen ist für den Fall einer Beschädigung von Behältern oder Tanks dafür zu sorgen, dass aus diesen keine wassergefährdenden Stoffe austreten können. Eine dafür erforderliche sekundäre Barriere kann durch Dichtkonstruktionen oder Abdichtungsmittel geschaffen werden. Um die Dichteigenschaften der einzelnen Bauprodukte und Abdichtungssysteme zielgerichtet ausnutzen zu können, bedarf es einer äußerst sorgfältigen Planung und Überwachung.

Die genaue Auseinandersetzung mit diesen Wechselwirkungen, gerade im Bereich von Übergängen und Bauteilrändern, führt in vielen Fällen zwangsläufig zu der Notwendigkeit, spezielle Details zu planen, um die Dichtheit von Primärabdichtungen bzw. Flüssigkeitsundurchlässigkeit von Sekundärabdichtungen zu gewährleisten. Werden diese Wechselwirkungen in der Phase der Planung berücksichtigt, kann man von einem sicheren Schutz des Untergrundes ausgehen. Anderenfalls können erhebliche Schädigungen des Bodens und des Grundwassers entstehen, z. B. infolge des

Eindringens bzw. Umlaufens von flüssigen wassergefährdenden Stoffen zwischen dem Fugenabdichtungssystem und dem Betonbauteil.

Die vom DIBt erteilten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gelten nur für das geprüfte Bauprodukt bzw. die geprüfte Bauart in der Zusammensetzung, wie sie beim DIBt hinterlegt wurde. In der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung werden alle im Rahmen der Zulassungsprüfung nachgewiesenen Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten des Bauprodukts/der Bauart in Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe geregelt.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen sind „Positivbescheide“, das heißt, was in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für die jeweilige Verwendung/Anwendbarkeit des Bauprodukts/der Bauart nicht geregelt ist, wurde nicht oder konnte nicht im Zulassungsverfahren nachgewiesen werden und steht somit für die regelkonforme Anwendung eines Bauprodukts/einer Bauart nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung nicht zur Verfügung.

Damit sich Hersteller schnell über die nachzuweisenden Anforderungen an Bauprodukte und Bauarten informieren können, hat das DIBt beispielsweise auf der Homepage seines Fachreferats II 7 *"Gewässerschutz, Abdichtungen gegen wassergefährdende Stoffe"* allgemeine und spezielle Zulassungs- und Prüfprogramme für eine Vielzahl von Zulassungsbereichen in LAU-Anlagen veröffentlicht.

5 Schlussbemerkungen

Abschließend zu diesem Thema ist noch darauf hinzuweisen, dass es dringend erforderlich ist, den bautechnischen Gewässerschutz qualifiziert und fachkundig zu planen. Das komplexe Zusammenwirken von bau- und wasserrechtlichen Anforderungen und Bestimmungen ist in keiner einzelnen Berufsausbildung zum Bauingenieur oder Wasserbauer vorgesehen. Für die Fachkollegen, die in diesen interessanten, aber auch anspruchsvollen Bereichen tätig werden wollen oder müssen, ist eine spezielle zusätzliche Berufsbildung erforderlich, um den Ansprüchen an die qualifizierte Planung gerecht zu werden.

Nach [12] wird in der Begründung zum § 62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und über die wasserrechtlichen *"Grundsatzanforderungen an Anlagen und Anlagenteile"* nach E-AwSV sowohl für primäre als auch für sekundäre Schutzeinrichtungen gefordert, dass diese im Hinblick auf bauaufsichtliche und wasserrechtliche Anforderungen (fachkundig) zu planen sind. Demnach begründet die AwSV die Notwendigkeit einer qualifizierten Planung u.a. damit, dass beim Neubau von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen mehr als 60 % aller Schäden auf fehlerhafte Planungen zurückzuführen sind. Bei Instandsetzung in diesem Bereich wird der Anteil fehlerhafter Planungen noch größer eingeschätzt.

Es wird nachdrücklich in [12] schon jetzt darauf hingewiesen, dass von jedem Planer nachzuweisen sein wird, dass er qualifiziert genug ist, um in diesem komplexen Anforderungsbereich tätig sein zu dürfen. So bieten seit kurzem erste Ausbildungseinrichtungen, zum Teil auch in Zusammenarbeit mit Hochschulen oder Universitäten, berufliche Weiterbildungen zur fachkundigen Planung beim Neubau und der Instandsetzung von Beton-Dichtkonstruktionen in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen an, die den Vorgaben aus dem Wasserrecht [13] entsprechen. Derartige Qualifikationsmöglichkeiten sind speziell für berufserfahrene Planer konzipiert, wie Bauingenieure, Architekten, Experten und Sachverständige.

Literatur

- [1] Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. April 2016 (BGBl. I S. 745) geändert
- [2] Entwurf der bundeseinheitlichen Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen: Notifizierungsdokument, (EU)Notifiz.-Nr. 2015/394/D
- [3] Musterbauordnung vom November 2002, durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 21. September 2012 geändert, www.is-argebau.de
- [4] Muster einer Verordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach der Musterbauordnung, WasBauPVO vom 09.1997, www.is-argebau.de
- [5] MBO, Musterbauordnung, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016, www.is-argebau.de
- [6] *EU-Bauproduktenverordnung*, vom 9. März 2011, Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates, EU-Amtsblatt
- [7] *Bauregellisten A, B und Liste C*: DIBt Mitteilungen, Deutsches Institut für Bautechnik, Ausgabe 2015/2
- [8] *E-MVV TB, Entwurf der (Muster)Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen*, Notifizierungsdokument, (EU)Notifiz.-Nr.: 2016/ 0376/ D, www.is-argebau.de
- [9] *E-WasBauPVO, Muster einer Verordnung zur Feststellung der wasserrechtlichen Eignung von Bauprodukten und Bauarten durch Nachweise nach der Musterbauordnung*, Notifizierungsdokument, (EU)Notifiz.-Nr.: 2016/ 0376/ D
- [10] *Listen der Technischen Baubestimmungen*, DIBt Mitteilungen, Deutsches Institut für Bautechnik, MLTB, Ausgabe 2016/5, LTB III, Ausgabe 2014/4
- [11] "Lager- und Abfüllanlagen in Biogasanlagen – Zulassungen für Bauprodukte und Bauarten“, Bautechnik, Heft 11, Ernst und Sohn, November 2016

- [12] "Beton-Dichtkonstruktionen in Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen", www.bauingenieur.de, News über [http://www.bauingenieur.de/bauing/news.php?data\[category_id\]=105&data\[article_id\]=84823](http://www.bauingenieur.de/bauing/news.php?data[category_id]=105&data[article_id]=84823), Springer VDI Verlag, 12.01.2016
- [13] "Qualifizierte Planung von Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen", KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg.62, Nr.6, 2015

Eurocode-Praxis: Konstruktive und Mindestbewehrungen nach EC2

Klaus Holschemacher

1 Anmerkung

Anmerkung: DIN EN 1992-1-1:2011.01 [1] ist gemeinsam mit dem Änderungsblatt DIN EN 1992-1-1/A1:2015.03 [2] und dem zugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-1/NA:2013.04 [3] mit Änderungsblatt DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015.12 [4] die gegenwärtig verbindliche normative Grundlage für die rechnerische Nachweisführung und Konstruktion von Stahlbetonbauteilen. Sofern in den folgenden Ausführungen ohne weitere Spezifizierung auf DIN EN 1992-1-1 Bezug genommen wird, ist damit immer der gesamte Normenkomplex, bestehend aus [1] bis [4] gemeint.

2 Einleitung

Die Ermittlung der zur Lastabtragung notwendigen Bewehrung von Stahlbetonbauteilen erfolgt in der Baupraxis mit Hilfe einer geeigneten Software, die dazu in der Lage ist, auch komplizierte mechanische Zusammenhänge in kürzester Zeit, gegebenenfalls auch unter Nutzung iterativer Berechnungsabläufe erfolgreich zu bearbeiten. Das hat dazu geführt, dass unter anderem schon aufgrund der Möglichkeiten, welche die moderne Rechentechnik bietet, die normativen Regelungen zur rechnerischen Nachweisführung im Verlauf der Zeit immer detaillierter und aufwändiger geworden sind. Im Zuge der Normungsfortschreibung ist es gelungen, ein annähernd gleichmäßiges Sicherheitsniveau für verschiedenste Beanspruchungsfälle und Bauteilformen zu gewährleisten. Dabei wird eine hohe Materialauslastung bei gleichzeitig vergrößerten Baustofffestigkeiten ermöglicht.

Vergleicht man die Entwicklung der Normung zur Berechnung und Konstruktion von Stahlbetonbauteilen über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten, ist festzustellen, dass sich die Berechnungsgrundlagen für die einzelnen, in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG) zu führenden Nachweise, erheblich verändert haben. Es sei in diesem Zusammenhang exemplarisch auf

- die 1972 erfolgte Einführung des Traglastverfahrens zur Berechnung von Querschnitten unter Biegung mit Längskraft [5]

- die Veränderung der Regelungen zur Rissbreitenbegrenzung von 1988 [6]
- die Einführung eines semiprobabilistischen Sicherheitskonzeptes mit der Nachweisführung in den GZT und GZG im Jahr 2001 [7]
- die Neufassung des Durchstanznachweises 2011 [1]
- die Anpassung der Regelungen zur Mindestbewehrung für Zwangbeanspruchung von 2015 [4]

verwiesen.

Auch die Regelungen zur Bewehrungsführung sind im Lauf der Zeit an einigen Stellen verändert worden (siehe z.B. die Erläuterungen und Kommentierungen in [8] und [9]). In zahlreichen Details stimmen die derzeitigen diesbezüglichen Regelungen aber noch weitgehend mit dem in DIN 1045:1978.12 [10] formulierten Kapitel „Bewehrungsrichtlinien“, zu welchem die Grundlagen in [11] ausführlich erläutert wurden, oder noch älteren Ausgaben der DIN 1045 überein. Infolge der mit DIN 1045-1:2001.07 [7] erfolgten Einführung des Sicherheitskonzeptes mit Grenzzuständen und der durch die Weiterentwicklung der Baustoffe gestiegenen Materialfestigkeiten und deren Ausnutzung kommt jedoch die Frage auf, ob die vorhandenen Regelungen zu Mindest- und konstruktiven Bewehrungen noch zeitgemäß sind. In den folgenden Ausführungen wird daher, einem oft geäußerten Wunsch aus der Baupraxis folgend, mit kritischem Blick auf einige konstruktive und Mindestbewehrungen eingegangen, die bei der konstruktiven Durchbildung von Stahlbetonbauteilen zu berücksichtigen sind.

3 Was sind konstruktive Bewehrungen und Mindestbewehrungen?

Im Ergebnis der Bemessung für Biegung mit und ohne Längskraft, Querkraft mit und ohne Torsion sowie Durchstanzen werden Bewehrungsquerschnitte gefunden, welche die Querschnitts- oder Systemtragfähigkeit sicherstellen. Die Ermittlung dieser Bewehrungen erfolgt auf der Grundlage anerkannter mechanischer Zusammenhänge in den GZT unter Berücksichtigung der Anforderungen der GZG. Unabhängig von der Höhe der Beanspruchung sind für diese Bewehrungen in der Regel Mindestquerschnittsflächen und Vorschriften zu deren konstruktiven Durchbildung (z.B. Mindeststabdurchmesser, maximaler Stababstand) einzuhalten.

Darüber hinaus sind in Stahlbetonbauteile eine Reihe konstruktiver Bewehrungen einzulegen, die das gewünschte Tragverhalten sicherstellen sollen und die ohne genauere Nachweisführung auf der Grundlage einer groben Abschätzung auf der sicheren Seite liegend bestimmt werden. Konstruktive Bewehrungen sind in vielen Fällen einem Grenzzustand nicht eindeutig zuordenbar. Darüber hinaus ist das der Ermittlung dieser Bewehrungen zugrunde gelegte Berechnungsmodell oft unklar.

Nach [12] dienen konstruktive Bewehrungen und Mindestbewehrungen vorrangig der Erfüllung folgender Aufgaben:

- Vorankündigung des Versagens
- Aufnahme rechnerisch nicht erfasster Beanspruchungen
- Lagesicherung anderer Bewehrungsstäbe
- Abgrenzung zwischen bewehrten und unbewehrten Bauteilen.

Eine eindeutige begriffliche Abgrenzung von konstruktiven und Mindestbewehrungen besteht nicht. Nachfolgend wird eine Übersicht zu einigen konstruktiven und Mindestbewehrungen gegeben, die nach DIN EN 1992-1-1 zu berücksichtigen sind. Es wird darüber hinaus dargestellt, wie sich die Anforderungen an diese Bewehrungen im Zug der Normungsfortschreibung verändert haben.

4 Biegebauteile

4.1 Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

Das DIN EN 1992-1-1 zugrunde liegende Sicherheitskonzept setzt – von wenigen Ausnahmefällen abgesehen – voraus, dass das Versagen von Biegebauteilen durch eine ausgeprägte Rissbildung vorangekündigt wird. Diesem Grundsatz folgend, soll durch die Anordnung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens verhindert werden, dass bei Entstehen des ersten Risses das Bauteil sofort versagt. Die Längsbewehrung muss daher so dimensioniert werden, dass die bei der Erstrissbildung freiwerdenden Betonzugspannungen von dieser aufgenommen werden können.

Risse im erhärteten Beton entstehen, wenn die auftretenden Zugspannungen die vorhandene Betonzugfestigkeit überschreiten. In einem Bauteilbereich mit konstanter Beanspruchung wird die Rissbildung also an der Stelle mit der lokal geringsten Betonzugfestigkeit erfolgen. Dennoch ist nach DIN EN 1992-1-1 bei der Ermittlung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens nicht der charakteristische Wert der Betonzugfestigkeit f_{ctk} , sondern deren Mittelwert f_{ctm} anzusetzen. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass ein als Versagensvorankündigung dienendes Rissbild nicht nur aus einem einzigen, sondern aus mehreren Rissen bestehen sollte. Unter der Voraussetzung einer konstanten Beanspruchung über einen größeren Bauteilbereich bedeutet dies, dass die nach dem ersten Riss entstehenden weiteren Risse jeweils an Stellen mit steigender lokaler Betonzugfestigkeit auftreten. Insofern ist der Ansatz des Mittelwertes der Betonzugfestigkeit gegenüber dem charakteristischen Wert an dieser Stelle notwendig.

Die Bewehrung darf bei der Ermittlung der Mindestbewehrung bis zum charakteristischen Wert der Streckgrenze f_{yk} ausgenutzt werden. Bei zunehmender Beanspruchung kann im Verfestigungsbereich des Stahls die Spannung in der Bewehrung bis auf $\sigma_s = f_{tk} = 550 \text{ N/mm}^2$ ansteigen. Dabei treten große Stahldehnungen auf, die mit einer erheblichen Rissöffnung und damit der gewünschten Versagensvorankündigung verbunden sind.

In DIN EN 1992-1-1/NA:2013.04 [3] werden die Angaben zur Berechnung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens nur verbal, also ohne Angabe einer Berechnungsformel dargestellt. Aus Gleichgewichtsbetrachtungen unmittelbar vor und nach der Rissbildung lässt sich für die Ermittlung der Mindestbewehrung $A_{s,min}$ (auch als Robustheitsbewehrung bezeichnet) folgende allgemeine Beziehung ableiten [13] – [15]:

$$A_{s,min} = \frac{M_{cr} + N \cdot (z - z_{s1})}{z \cdot f_{yk}} = \frac{f_{ctm} \cdot W_c + N \cdot (z - z_{s1} - W_c/A_c)}{z \cdot f_{yk}} \quad (1)$$

Bei reiner Biegebeanspruchung folgt daraus

$$A_{s,min} = \frac{f_{ctm} \cdot W_c}{z \cdot f_{yk}} \quad (2)$$

M_{cr} Rissmoment, $M_{cr} = (f_{ctm} - N/A_c) \cdot W_c$

N Längskraft. N ist hier, entgegen der sonstigen in DIN EN 1992-1-1 getroffenen Konventionen, als Druckkraft mit negativem Vorzeichen einzusetzen. Vorspannkkräfte sind nicht zu berücksichtigen.

f_{ctm} Mittelwert der Betonzugfestigkeit

f_{yk} charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls

W_c Widerstandsmoment des Betonquerschnitts im Zustand I

A_c Fläche des Betonquerschnitts im Zustand I

z Hebelarm der inneren Kräfte im Zustand II

z_{s1} Abstand Schwerachse Mindestbewehrung bis Schwerachse des ungerissenen Betonquerschnitts

Der Hebelarm der inneren Kräfte z wird üblicherweise näherungsweise mit $z \approx 0,9 \cdot d$ (bei Plattenbalken mit $z \approx d - h_i/2$) bestimmt, siehe z.B. [16]. Davon abweichend wird ohne weitere Begründung in [13] – [15] die Annahme $z \approx 0,8 \cdot d$ getroffen, woraus mit $d \approx 0,9 \cdot h$ für Rechteckquerschnitte folgt:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \quad (3)$$

Gl. (3) ist in dieser Form auch im fib Model Code 2010 [17] zur Bestimmung der Mindestbewehrung für Balken angegeben.

Die nach den Gln. (1) bis (3) ermittelte Bewehrung ist als Mindestquerschnittsfläche für die zur Aufnahme von Biegemomenten und Normalkräften bestimmte Längszugbewehrung zu betrachten. Bei durchlaufenden Systemen betrifft das damit die obere und untere Längszugbewehrung. Allerdings muss lediglich die für das Feld ermittelte untere Längsbewehrung zwischen den Auflagern durchlaufen. Es ist

ausreichend, die Mindestbewehrung in End- und Zwischenauflagern mit der Mindestverankerungslänge zu verankern. Stöße sind für die volle Zugkraft auszulegen.

Bei zweiachsig gespannten Platten ist es ausreichend, die Mindestbewehrung nur in der Haupttragrichtung vorzusehen, siehe DIN EN 1992-1-1/NA:2013.04, NCI zu 9.3.1.1 (1) [3]. Liegen Balken mit gegliedertem Querschnitt vor, ist die mitwirkende Plattenbreite bei der Ermittlung des Rissmoments M_{cr} zu berücksichtigen. Dabei ist es unerheblich, ob sich die an den Balkensteg angeschlossene Platte im Druck- oder im Zugbereich befindet.

Es ist bekannt, dass bei der Herstellung von Beton teilweise erhebliche Überfestigkeiten auftreten. Eine höhere Betonfestigkeit wirkt sich hier aber ungünstig aus, weil sie zu einer Erhöhung der Mindestbewehrung führt. Dieser Umstand wird in DIN EN 1992-1-1 aber nur bei der Berechnung der Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite, nicht jedoch bei der Ermittlung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens berücksichtigt.

Kritisch ist auch anzumerken, dass bei sehr geringen Bauteildicken die für die Größe des Rissmoments maßgebende Biegezugfestigkeit höher als die zentrische Betonzugfestigkeit bzw. Spaltzugfestigkeit ist. Durch den Ansatz von f_{ctm} wird in derartigen Fällen eine zu geringe Mindestbewehrung ermittelt.

Querschnitte mit einer Längsbewehrung, die $A_{s,min}$ unterschreitet, sind als unbewehrte Betonquerschnitte mit dem dann höheren Teilsicherheitsbeiwert γ_c nachzuweisen. Zu alternativen Möglichkeiten, ein duktils Bauteilverhalten auch ohne Ansatz einer Mindestbewehrung sicherzustellen, siehe DIN EN 1992-1-1/NA:2013.04, 9.2.1.1 [3].

Die zuvor dargestellten Anforderungen an die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens sind erstmals in DIN 1045-1:2001.07, 13.1.1 (1) [7] aufgenommen worden. Allerdings ist bereits wesentlich früher auf die Notwendigkeit einer derartigen Bewehrung hingewiesen worden, siehe z.B. [18].

4.2 Einspannbewehrung am Endauflager

In vielen Fällen ist es ausreichend, die tatsächlich vorliegende Auflagersituation an Endauflagern durch die Annahme einer gelenkigen Auflagerung zu idealisieren. Damit wird die kaum mögliche Bestimmung des Einspanngrads umgangen und in der Folge das anschließende Feldmoment geringfügig zu groß ermittelt. Das vernachlässigte Einspannmoment wird durch die Anordnung einer konstruktiven Bewehrung abgedeckt. Sowohl für Platten als auch Balken gilt nach DIN EN 1992-1-1, dass diese Einspannbewehrung mindestens für das 0,25-fach maximale Feldmoment des benachbarten Felds bestimmt werden soll. Nach [15] ist dabei die Berücksichtigung der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens nicht notwendig. Die Einspannbewehrung soll, gemessen vom Auflagerend, mindestens über die 0,25-fache Länge des Endfelds eingelegt werden.

Die Regelungen zur Einspannbewehrung haben sich über die Jahre hinweg nur geringfügig geändert:

- Bestimmung des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom Mai 1932: „muss ... durch obere Eiseneinlagen eine doch vorhandene, unbeabsichtigte Einspannung berücksichtigt werden.“ [19]
- DIN 1045:1972.01 [5]: 1/3 der Feldbewehrung des angrenzenden Felds ist als Einspannbewehrung vorzusehen
- DIN 1045-1:2001.07 [7]: Einspannbewehrung für das 0,25-fache Feldmoment des angrenzenden Felds auslegen.

4.3 Querbewehrung einachsig gespannter Platten

Auch bei einachsig gespannten Platten entstehen Beanspruchungen quer zur Tragrichtung. Die Ursachen dafür sind [12]:

- Idealisierung des Tragsystems. Es dürfen auch 4-seitig aufgelagerte Platten näherungsweise als einachsig gespannt betrachtet werden, wenn das Verhältnis der beiden Stützweiten > 2 ist.
- Vereinfachungen bei den Lastannahmen. Die bei der rechnerischen Nachweisführung häufig angesetzten gleichmäßig verteilten Flächenlasten stellen nur eine Ersatzlast für die in der Realität viel häufiger vorkommenden Einzel- und Teilflächenlasten dar. Infolge der nach DIN EN 1991-1-1 [20] alternativ anzusetzenden Einzellasten treten auch bei einachsig gespannten Platten in jedem Fall Beanspruchungen quer zur Spannrichtung auf.
- Berücksichtigung von Beanspruchungen, die aufgrund der Querdehnung des Betons bei einachsig gespannten Platten entstehen.
- Aufnahme von in der rechnerischen Nachweisführung nicht erfassten Beanspruchungen aus Kriechen und Schwinden des Betons sowie aus Temperaturänderungen.
- Aufnahme von im Verankerungsbereich der Längsbewehrung auftretenden Querkzugspannungen.

Für die Querbewehrung einachsig gespannter Platten gilt nach DIN EN 1992-1-1:

- die Querschnittsfläche der Querbewehrung muss mindestens 20% der Querschnittsfläche der Hauptbewehrung betragen
- Bewehrungsdurchmesser der Querbewehrung: $\varnothing_{s, \text{quer}} \geq 5 \text{ mm}$
- Stababstand der Querbewehrung: $s_{\text{max, slabs}} \leq 250 \text{ mm}$
- die Querbewehrung darf für Vollplatten von Fertigteilen mit einer Breite von $b \leq 1,20 \text{ m}$ entfallen.

Zu früheren Regelungen zur Querbewehrung wird nachfolgende Übersicht gegeben:

- Bestimmung des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom Mai 1932: Anordnung von mindestens 3 $\varnothing 7$ je m Plattenbreite [19]
- DIN 1045:1943.03, §22:
 - die Querschnittsfläche der Querbewehrung soll mindestens 1/5 der Querschnittsfläche der Hauptbewehrung betragen

- der Einfluss von Einzellasten ist zusätzlich zu berücksichtigen
- bei Betonstahl der Gruppe IV ($f_y = 500 \text{ N/mm}^2$) sind nicht weniger als 3 $\varnothing 5$ je m Plattenbreite vorzusehen, bei Betonstählen mit geringerer Festigkeit entsprechend größere Stabstahldurchmesser [19].

In der Folgezeit wurden die Anforderungen, dass die Querbewehrung 20% der Querschnittsfläche der Hauptbewehrung betragen soll und dass Einzellasten zusätzlich zu berücksichtigen sind, beibehalten. Hinsichtlich der Mindeststabdurchmesser und -anzahl waren dagegen geringfügige Veränderungen zu verzeichnen:

- DIN 1045:1972.01, 20.1.6.3: bei BSt IV (BSt 500/550) mindestens 4 $\varnothing 4$ je m Plattenbreite
- DIN 1045:1978.12, 20.1.6.3: bei BSt IV mindestens 3 $\varnothing 4,5$ je m Plattenbreite
- DIN 1045:1988.07, 20.1.6.3: bei Stabstahl und Verwendung von BSt IVS mindestens 3 $\varnothing 6$, bei Betonstahlmatten BSt IVM mindestens 3 $\varnothing 4,5$ je m Plattenbreite
- DIN 1045-1, 13.3.2: bei Betonstahlmatten mindestens $\varnothing 5$ mit einem Stababstand $s \leq 250 \text{ mm}$.

4.4 Randbewehrung an freien Plattenrändern

An freien (ungestützten) Plattenrändern ist eine Randbewehrung, bestehend aus Längs- und Querbewehrung vorzusehen (Bild 1), welche im Querschnitt auftretende Zugkräfte aus ungleichmäßigen Temperaturbeanspruchungen sowie infolge von Randlasten aufnehmen soll [15]. Eine aus anderen Gründen vorhandene Plattenbewehrung darf dabei angerechnet werden. Bei Fundamenten und innenliegenden Bauteilen des üblichen Hochbaus darf auf die Randbewehrung verzichtet werden.

Zur Größe dieser Bewehrung werden in DIN EN 1992-1-1 keine Angaben getroffen. In [15] werden folgende Empfehlungen gegeben:

- für $h \leq 300 \text{ mm}$: $a_{s,R} \geq 1,25 \text{ cm}^2/\text{m}$, für $h \geq 800 \text{ mm}$: $a_{s,R} \geq 3,50 \text{ cm}^2/\text{m}$, Zwischenwerte interpolieren
- maximaler Stababstand: $s_{\max} \leq h$.

Anmerkungen zur Randbewehrung an freien Plattenrändern sind erstmals in DIN 1045:1978.12, 18.9.2 [10] formuliert worden. Die Konkretisierung mit einer Abbildung (entsprechend Bild 1) erfolgte mit DIN 1045-1:2001.07, 13.3.2 (10).

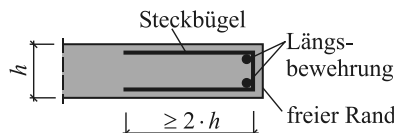


Bild 1: Randbewehrung nach DIN EN 1992-1-1, Bild 9.8

4.5 Eckbewehrung

In ihren Eckbereichen heben sich Platten in der Regel vom Auflager ab (Ausnahme: 2 eingespannte Plattenränder treffen aufeinander). Wird dies verhindert (z.B. durch hinreichende Auflasten im Auflagerbereich oder die Aufnahme der abhebenden Auflagerlasten durch die Auflagerkonstruktion), treten erhebliche Zugbeanspruchungen an der Plattenoberseite auf. Die Richtung der Hauptmomente weicht in den betroffenen Bereichen auch bei Rechteckplatten sowohl auf der Plattenober- als auch -unterseite erheblich von den Achsrichtungen der Platten und damit im Normalfall auch von der Verlegerichtung der Plattenbewehrung ab.

Nach DIN EN 1992-1-1, 9.3.1.3 ist bei Verhinderung des Abhebens einer Plattenecke eine Drillbewehrung im betreffenden Bereich oben und unten anzuordnen. Im Detail gilt, dass die Anordnung einer Drillbewehrung in den Plattenecken

- erforderlich ist, wenn die Schnittgrößenermittlung unter Berücksichtigung der Drillsteifigkeit erfolgt
- empfohlen wird, wenn vierseitig gelagerte Platten als einachsig gespannt oder unter Vernachlässigung der Drillsteifigkeit berechnet werden.

Die Drillbewehrung darf in Form einer parallel zu den Plattenrändern verlaufenden oberen und unteren Netzbewehrung ausgebildet werden, die in jeder Richtung die gleiche Querschnittsfläche wie die entsprechende Feldbewehrung und eine Länge von $0,3 \cdot \min l_{\text{eff}}$ aufweist. Davon abweichend gilt:

- In Plattenecken, bei denen ein frei aufliegendes und ein eingespanntes Plattenauflager aufeinander treffen, ist es ausreichend, rechtwinklig zum freien Rand die Hälfte der Feldbewehrung einzulegen.
- Bei einer biegefesten Verbindung der Platte mit benachbarten Plattenfeldern oder einem Randbalken darf auf die Drillbewehrung verzichtet werden.
- Bei drei- oder zweiseitig über Eck gelagerten Platten ist die Eckbewehrung für die sich nach der Elastizitätstheorie ergebenden Schnittgrößen zu bestimmen.

Normative Regelungen zur Anordnung der Eckbewehrung in Platten sind bereits in DIN 1045:1943.03 in ähnlicher Form wie zuvor beschrieben enthalten. Lediglich die Länge des zu bewehrenden Bereiches ist mit $0,2 \cdot \max l_{\text{eff}}$ anders angegeben.

Die noch in DIN 1045:1988.07 getroffenen Angaben zur Verankerung der Eckbewehrung sind nicht mehr in DIN EN 1992-1-1 enthalten. Dessen ungeachtet ist aber stets auf eine sorgfältige Verankerung der Eckbewehrung zu achten.

4.6 Mindestquerkraftbewehrung

Unabhängig von der Größe der einwirkenden Querkraft ist nach DIN EN 1992-1-1, 6.2.1.4 in Balken und Platten, bei denen keine Lastumlagerung in Querrichtung möglich ist, die Anordnung einer Mindestquerkraftbewehrung notwendig. Diese hat – vergleichbar mit der Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens bei Biegebeanspruchung – die bei Entstehung eines Risses

freiwerdenden Zugkräfte mit reduzierter Sicherheit aufzunehmen [21]. Darüber hinaus ist die Knicksicherung einer eventuell in der Druckzone vorhandenen Längsbewehrung sicherzustellen.

Für die Ermittlung der Mindestquerkraftbewehrung gilt nach DIN EN 1992-1-1, 9.2.2 im Allgemeinen:

$$\rho_{w,min} = 0,16 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \quad (4)$$

$\rho_{w,min}$ Mindestwert des geometrischen Bewehrungsverhältnisses der Querkraftbewehrung

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \geq \rho_{w,min} \quad (5)$$

ρ_w geometrische Bewehrungsverhältnisse der Querkraftbewehrung

A_{sw} Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung auf der Länge s_w

s_w Abstand der Querkraftbewehrung entlang der Bauteilachse

b_w Stegbreite

α Winkel zwischen der Querkraftbewehrung und der Bauteilachse

Bei diesem Berechnungsansatz wird davon ausgegangen, dass ein von Biegerissen ausgehendes Biegeschubversagen eintritt [15]. Für vorgespannte gegliederte Querschnitte, bei denen ein reines Schubzugversagen im Steg auftritt, gelten gesonderte Regelungen. Die Mindestquerkraftbewehrung sollte vollständig aus Bügeln bestehen [13].

Der maximal zulässige Bügelabstand hängt vom Verhältnis $V_{Ed}/V_{Rd,max}$ ab. Es bleibt in der Norm offen, ob in diesem Verhältnis für V_{Ed} die am Auflager reduzierte oder die nicht abgeminderte Querkraft anzusetzen ist. In der DBV-Beispielsammlung [16] wird dafür die reduzierte einwirkende Querkraft $V_{Ed,red}$ verwendet. Die maximale Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ darf im Zusammenhang mit der Ermittlung des zulässigen Bügelabstands vereinfacht mit dem Druckstrebenneigungswinkel $\theta = 40^\circ$ ($\cot \theta = 1,2$) bestimmt werden.

Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit ist mit der Einführung von DIN 1045-1:2001.07 [7] gegenüber den vorherigen Normenausgaben komplett geändert worden. Die alten Nachweiskonzepte können [19] entnommen werden.

4.7 Sonstige konstruktive und Mindestbewehrungen

Neben den in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten, sind in biegebeanspruchten Stahlbetonbauteilen noch zahlreiche weitere konstruktive und Mindestbewehrungen zu berücksichtigen. Auf diese vollständig einzugehen, würde den Umfang dieses Beitrages sprengen. Einige wichtige konstruktive und Mindestbewehrungen sollen