

Lars Meyer, Enrico Schwabach, Alexander Lindorf

# **Verbesserung der Eurocodes durch pränormative Forschung**

## **Phase 2: Entwurfsphase zur Qualitätssicherung und -kontrolle der Eurocode-Entwürfe**

F 3070

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2018

ISBN 978-3-7388--0196-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/bauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung)

## Verbesserung der Eurocodes durch pränormative Forschung – Phase 2: Entwurfsphase zur Qualitäts- sicherung und -kontrolle der Eurocode-Entwürfe

**BBSR-Forschungsvorhaben**

**Az.: SWD-10.08.18.7-15.16, Zuwendungsbescheid vom 04.08.2015**

## SCHLUSSBERICHT

### Berichtszeitraum:

Juni 2015 bis Dezember 2017

### Forschende Stellen:

Folgende Institutionen (Mitglied der PRB) unterstützen die Umsetzung der Arbeiten im Rahmen des Forschungsvorhabens durch Personalgestellung bzw. Mitarbeit in den Projektgruppen bzw. im Lenkungsausschuss (= Beratergremium):

**BFS** – bauforumstahl e.V., Düsseldorf

**BIngK** – Bundesingenieurkammer, Berlin

**BVPI** – Bundesvereinigung der Prüfringenieurinnen für Bautechnik e.V., Berlin

**DAfStb** – Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin

**DBV** – Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., Berlin

**DGfM** – Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungsbau e.V., Berlin

**DGGT** – Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Essen

**HDB** – Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Berlin

**VBI** – Verband Beratender Ingenieure, Berlin

**ZDB** – Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Berlin

Aufgestellt am: 20. Februar 2018

Leiter des Projektes: Dr.-Ing. Lars Meyer

Bearbeiter (Redaktion): Dr.-Ing. Enrico Schwabach

Dr.-Ing. Alexander Lindorf

*Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.*

Der Bericht umfasst 111 Seiten

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b> .....	<b>5</b>
<b>0 Einführung</b> .....	<b>8</b>
<b>0.1 Ziel und Vorgehensweise</b> .....	<b>8</b>
<b>0.2 Struktur des Berichts</b> .....	<b>9</b>
<b>0.3 Bearbeiter</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Forschungsansatz und Methodik</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Transfer nach Europa</b> .....	<b>19</b>
<b>2.0 Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung</b> .....	<b>19</b>
2.0.1 Vereinfachte Lastfallkombinationen.....	19
2.0.2 Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen .....	19
<b>2.1 Einwirkungen auf Bauwerke</b> .....	<b>20</b>
2.1.1 Allgemeines .....	20
2.1.2 Klimatische Einwirkungen (EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5) .....	21
2.1.3 EN 1991-1-7 und EN 1991-3 .....	22
2.1.4 Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2).....	23
2.1.5 Krane und Maschinen (EN 1991-3) .....	24
2.1.6 Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4).....	24
2.1.7 Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7).....	25
<b>2.2 Betonbau</b> .....	<b>26</b>
2.2.1 Allgemeines .....	26
2.2.2 NDP-Zusammenstellung und -auswertung für EN 1992-2 Betonbrücken .....	27
2.2.3 Zuverlässigkeitsmanagement im Betonbau.....	29
2.2.4 Einführung von Widerstandsklassen für Beton.....	31
2.2.5 Ausführungsnormen für den Betonbau.....	33
<b>2.3 Stahlbau</b> .....	<b>36</b>
2.3.1 Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1) .....	36
2.3.2 Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5).....	36
2.3.3 Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8).....	37
2.3.4 Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9) .....	37
2.3.5 Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6) .....	39
2.3.6 Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2).....	41
2.3.7 Verbundbau (EN 1994-1-1) .....	41
2.3.8 EN 1090-2.....	42
<b>2.4 Holzbau</b> .....	<b>42</b>
<b>2.5 Mauerwerksbau</b> .....	<b>42</b>
2.5.1 Allgemeines .....	42
2.5.2 Allgemeine Regeln (EN 1996-1-1).....	42
2.5.3 Vereinfachte Berechnungsmethoden (EN 1996-3).....	44
2.5.4 Mindestauflast nach EN 1996-3.....	45
<b>2.6 Geotechnik</b> .....	<b>45</b>

<b>3</b>	<b>Analyse der Entwurfsgrundlagen</b>	<b>47</b>
<b>3.0</b>	<b>Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung</b>	<b>47</b>
3.0.1	Vereinfachte Lastfallkombinationen	47
3.0.2	Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen	47
<b>3.1</b>	<b>Einwirkungen auf Bauwerke</b>	<b>47</b>
3.1.1	Schneelasten (EN 1991-1-3)	47
3.1.2	Windlasten (EN 1991-1-4)	51
3.1.3	Temperatureinwirkungen (EN 1991-1-5)	51
3.1.4	Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2)	52
3.1.5	Krane und Maschinen (EN 1991-3)	54
3.1.6	Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4)	55
3.1.7	Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7)	57
3.1.8	„Climate Change“	59
<b>3.2</b>	<b>Betonbau</b>	<b>60</b>
3.2.1	Allgemeines	60
3.2.2	Bewertung neuer europäischer Bemessungsmodelle für Durchstanzen	60
<b>3.3</b>	<b>Stahlbau</b>	<b>61</b>
3.3.1	Allgemeines	61
3.3.2	Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1)	62
3.3.3	Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5)	64
3.3.4	Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8)	66
3.3.5	Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9)	66
3.3.6	Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6)	66
3.3.7	Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2)	67
3.3.8	Verbundbau (EN 1994-1-1)	67
3.3.9	EN 1090-2	68
<b>3.4</b>	<b>Holzbau</b>	<b>68</b>
3.4.1	Vereinfachung der Bemessung von Deckentafeln	68
3.4.2	Vergleichsrechnungen von $k_{mod}$ -Werten	69
3.4.3	Vergleichsrechnungen zu EN 1995-1-2 – Bemessung für den Brandfall	70
3.4.4	Bemessungsregeln für Furnierschichtholz	72
3.4.5	Verbindungsmitel	73
3.4.6	Vereinfachte Regeln für die Querdruckbemessung	75
<b>3.5</b>	<b>Mauerwerksbau</b>	<b>76</b>
3.5.1	Allgemeines	76
3.5.2	Vereinfachungsvorschlag für den Nachweis der Knicksicherheit	76
3.5.3	Neuvorschlag für den Nachweis von Kellerwänden	77
3.5.4	Erweiterung der zulässigen Deckenspannweiten und Wandhöhen	79
3.5.5	Integration der teilaufliegenden Decke in den Nachweis nach EN 1996-3	80
3.5.6	Regeln zum Entfall des Aussteifungsnachweises	81
<b>3.6</b>	<b>Geotechnik</b>	<b>83</b>
3.6.1	Auswertemethoden geotechnischer Versuche	83
3.6.2	Informative Anhänge zu EN 1997-2	84

3.7	<b>Bauproduktenverordnung</b> .....	<b>85</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisphase</b> .....	<b>92</b>
4.0	<b>Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung</b> .....	<b>92</b>
4.0.1	Beurteilung des Anhangs A3 der EN 1990 .....	92
4.0.2	Beurteilung des Anhangs A4 der EN 1990 .....	92
4.0.3	Beurteilung des Anhangs A5 der EN 1990 .....	93
4.0.4	Beurteilung des „Ease of Use“ der EN 1990.....	94
4.0.5	Vereinfachte Lastfallkombinationen .....	95
4.0.6	Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen .....	96
4.1	<b>Einwirkungen auf Bauwerke</b> .....	<b>97</b>
4.1.1	Schneelasten (EN 1991-1-3) .....	97
4.1.2	Windlasten (EN 1991-1-4) .....	98
4.1.3	Temperatureinwirkungen (EN 1991-1-5) .....	98
4.1.4	Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2).....	99
4.1.5	Krane und Maschinen (EN 1991-3) .....	101
4.1.6	Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4).....	101
4.1.7	Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7).....	102
4.2	<b>Betonbau</b> .....	<b>102</b>
4.3	<b>Stahlbau</b> .....	<b>102</b>
4.3.1	Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1) .....	102
4.3.2	Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5).....	102
4.3.3	Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8).....	102
4.3.4	Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9) .....	103
4.3.5	Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6) .....	103
4.3.6	Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2).....	104
4.3.7	Verbundbau (EN 1994-1-1) .....	104
4.3.8	EN 1090-2.....	104
4.4	<b>Holzbau</b> .....	<b>104</b>
4.5	<b>Mauerwerksbau</b> .....	<b>104</b>
4.6	<b>Geotechnik</b> .....	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>Weiterer Forschungsbedarf</b> .....	<b>106</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>107</b>

## Abkürzungen

In diesem Bericht werden folgende Abkürzungen verwendet:

abZ	<u>a</u> llgemeine <u>b</u> auaufsichtliche <u>Z</u> ulassung
BauPVO	Bauproduktenverordnung
BPR	Bauproduktenrichtlinie
CEN	Europäisches Komitee für Normung ( <u>C</u> omité <u>E</u> uropéen de <u>N</u> ormalisation, European Committee for Standardization)
DAfStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.
DBV	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EC0	DIN EN 1990: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
EC1	DIN EN 1991: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
EC1-1-3	DIN EN 1991-1-3: Eurocode 1, Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
EC1-1-4	DIN EN 1991-1-4: Eurocode 1, Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten
EC1-1-5	DIN EN 1991-1-5: Eurocode 1, Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen, Temperatureinwirkungen
EC1-1-6	DIN EN 1991-1-6: Eurocode 1, Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung
EC1-1-7	DIN EN 1991-1-7: Eurocode 1, Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen, Außergewöhnliche Einwirkungen
EC1-2	DIN EN 1991-2: Eurocode 1, Teil 2: Lasteinwirkungen auf Brücken
EC1-3	DIN EN 1991-3: Eurocode 1, Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen
EC1-4	DIN EN 1991-4: Eurocode 1, Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter
EC2-1-1	DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau
EC2-1-2	DIN EN 1992-1-2: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall
EC2-2	DIN EN 1992-2: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 2: Betonbrücken – Bemessungs- und Konstruktionsregeln
EC2-3	DIN EN 1992-3: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 3: Silos und Behälterbauwerke
EC3-1-1	DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
EC3-1-2	DIN EN 1993-1-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
EC3-1-5	DIN EN 1993-1-5: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
EC3-1-8	DIN EN 1993-1-8: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
EC3-1-9	DIN EN 1993-1-9: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung

EC3-2	DIN EN 1993-2: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 2: Stahlbrücken
EC3-6	DIN EN 1993-6: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen
EC7-1	DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regeln
EC7-2	DIN EN 1997-2: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
EC9-1-1	DIN EN 1999-1-1: Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln
ETA	europäische technische Zulassung ( <u>E</u> uropean <u>T</u> echnical <u>A</u> pproval bzw. <u>E</u> uropean <u>T</u> echnical <u>A</u> ssessment)
GZG	<u>G</u> renzzustände der <u>G</u> ebrauchstauglichkeit
GZT	<u>G</u> renzzustände der <u>T</u> ragfähigkeit
hEN	<u>h</u> armonisierte <u>E</u> uropäische Bauprodukt- <u>N</u> orm
MC1990	CEB/FIP- <u>M</u> odel <u>C</u> ode <u>1990</u>
MC2010	fib- <u>M</u> odel <u>C</u> ode <u>2010</u>
NA	<u>N</u> ationaler <u>A</u> nhang
NABau	<u>N</u> ormenausschuss <u>B</u> auwesen
NCI	nicht widersprechende zusätzliche Angaben und Regeln zur Anwendung von EC2-1-1 ( <u>N</u> on-contradictory <u>C</u> omplementary <u>I</u> nformation) im NA
NDP	national festzulegende Parameter ( <u>N</u> ational <u>D</u> etermined <u>P</u> arameters) im NA
NSB	National Standardisation Body
PRB	Initiative <u>P</u> ragmatische <u>R</u> egelwerke im <u>B</u> auwesen e.V.
PG	<u>P</u> rojektgruppe innerhalb der PRB, z. B. PG2 Betonbau, PG3 Stahlbau etc.
PT	<u>P</u> rojektteam innerhalb des CEN/TC250 mit inhaltlichem Arbeitsauftrag durch Mandat M/515
SC	Sub Committee (Unterausschuss im CEN)
TC	Technical Committee (Technisches Komitee im CEN)
WG	Working Group (Arbeitsgruppe, Gremium im CEN)

Länderkennzeichen (ISO 3166-1):

- AT – Österreich
- BE – Belgien
- CZ – Tschechische Republik
- DE – Deutschland
- DK – Dänemark
- ES – Spanien
- FI – Finnland
- FR – Frankreich
- GR – Griechenland
- IT – Italien
- NL – Niederlande
- NO – Norwegen
- PL – Polen
- SE – Schweden
- SK – Slowakei
- UK – Vereinigtes Königreich

## 0 Einführung

### 0.1 Ziel und Vorgehensweise

Das Forschungsprojekt ist Teil eines längerfristigen Großprojekts zur Verbesserung der Eurocodes, die zukünftig die maßgeblichen Bemessungsregeln im Bauwesen sein werden. Inhalt des vorliegenden Berichtes ist die zweite von voraussichtlich insgesamt vier Phasen des Forschungsvorhabens. Diese vier Phasen sind wie folgt untergliedert und wurden hinsichtlich der Jahresangaben an den offiziellen Terminplan des CEN bei der Fortschreibung der Eurocodes aufgrund des Mandats M/515 der Europäischen Kommission angepasst, welcher zwischenzeitlich um zwei Jahre verlängert wurde:

#### **Phase 1 (Pränormative Phase – 2012 bis 2015):**

Erarbeitung eigener Vorschläge für die nächste Generation der Eurocodes im Rahmen der pränormativen Forschung – Zielerreichung: Anfang 2015

#### **Phase 2 (Entwurfsphase – 2013 bis 2021):**

Einbringen der Vorschläge in die europäische Diskussion und fundierte Auseinandersetzung mit den Vorschlägen anderer Länder (u. a. im Rahmen des sog. „Systematic Reviews“ der Eurocodes, also der regelmäßigen Fünf-Jahres-Überprüfung dieser bestehenden Normen); Abwägung der Alternativen (ggf. auf Grundlage von Vergleichsrechnungen an Pilotprojekten etc.).

#### **Phase 3 (Einspruchsphase – 2021 bis 2023):**

Fundierte Auseinandersetzung mit den (offiziellen) Normenentwürfen der nächsten Eurocode-Generation, die in die europäische Umfrage („CEN-Enquiry“) gegeben werden – Ziel: Erarbeitung fundierter Stellungnahmen – ggf. auf Grundlage von Vergleichsrechnungen an Pilotprojekten.

#### **Phase 4 (Einführungsphase – 2023 bis 2025):**

Erarbeitung der nationalen Anhänge auf Grundlage der veröffentlichten nächsten Eurocode-Generation – möglichst gemeinsam mit Österreich und der Schweiz („D-A-CH-Anhang“); die 4. Phase wird umso weniger aufwändig sein, je erfolgreicher in der 2. und 3. Phase gearbeitet werden kann.

In einer ersten Phase des Projekts wurden im Rahmen der pränormativen Forschung durch die PRB in einem Dreischritt („Anamnese“, „Diagnose“ und „Therapie“) die Eurocodes analysiert und auf Grundlage dieser Analyse Vorschläge zu Verbesserung der Nachweiskonzepte und der Strukturen erarbeitet. Im Ergebnis dieses Dreischritts wurden als „Therapie“ verbesserte Strukturen und Texte für die Eurocodes erarbeitet.

In der zweiten Phase („Entwurfsphase“) sind die von der PRB erarbeiteten Vorschläge in die unter dem Mandat M/515 der Europäischen Kommission durchgeführte Überarbeitung der Eurocodes eingebracht worden. Zu grundlegenden Änderungen in den Vorentwürfen der überarbeiteten Eurocodes der Projektteams sollte frühzeitig Stellung genommen und diese kommentiert werden, um möglichen Entwicklungen, die nicht im Sinne der Anwenderfreundlichkeit („Ease of Use“) zu sehen sind, entgegenwirken zu können.

Gegenstand sind ausgewählte Teile der Eurocodes EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1996 und EN 1997 sowie einige zugehörige Schnittstellendokumente – z. B. EN 206, EN 13670, EN 1090.

Ziel ist, dass deutsche Ingenieurbüros und deutsche Bauunternehmen bei der Anwendung der Eurocodes Vorteile erzielen, weil diese praxisgerecht formuliert sind und – im Gegensatz zur derzeitigen Fassung – besser mit Schnittstellendokumenten (z. B. europäischen harmonisierten Bauproduktnormen) korrespondieren.

## 0.2 Struktur des Berichts

Die Gliederung des Berichts nimmt in den Hauptkapiteln die Gliederung des Kosten- und Arbeitsplans des Vorhabens auf. Innerhalb der jeweiligen Hauptkapitel werden themenbezogen die Ergebnisse der PRB-Arbeiten (z. B. vergleichende Zusammenstellungen bzw. Analysen und Verbesserungsvorschläge) erläutert. Pränormativ erarbeitete Normentexte sind nicht Inhalt dieses Berichts.

Der hier vorgelegte Bericht dient der Information über die abgeschlossenen Arbeiten der PRB-Projektgruppen in der 2. Phase und beinhaltet eine zusammenfassende Darstellung über den Sachstand der derzeit laufenden Forschungsprojekte. Die PRB-Projektgruppe 4 (PG4) konnte aufgrund des späten Beginns der Forschungsarbeiten der Phase 1 erst verspätet mit den Projekten der Phase 2 beginnen.

In der 2. Phase wurden durch die PRB im Rahmen dieses Vorhabens die in Tabelle 0.2.1 aufgelisteten Forschungsaufträge erteilt:

**Tabelle 0.2.1 – PRB-Forschungsaufträge in der 2. Phase**

Nummer	Vorhaben	Forschungsstelle	Quelle
PRB-1.1 (2016) PRB-1.7 (2016)	EN 1991-1-3: Systematic Review EN 1991-1-3: Umsetzung der Ergebnisse	VBI / Cornelius	BBSR + PRB
PRB-1.2 (2016) PRB-1.8 (2016)	EN 1991-1-4: Systematic Review EN 1991-1-4: Umsetzung der Ergebnisse	VBI / IRS Ingenieurgesellschaft	BBSR + PRB
PRB-1.3 (2016) PRB-1.9 (2016)	EN 1991-1-5: Systematic Review EN 1991-1-5: Umsetzung der Ergebnisse	VBI / Universität Stuttgart	BBSR + PRB
PRB-1.4 (2016) PRB-1.10 (2016)	EN 1991-2: Systematic Review EN 1991-2: Umsetzung der Ergebnisse	VBI / Universität Stuttgart	BBSR + PRB
PRB-1.5 (2016) PRB-1.11 (2016)	EN 1991-4: Systematic Review EN 1991-4: Umsetzung der Ergebnisse	VBI / SMP Ingenieure	BBSR + PRB
PRB-1.1 (2017)	EN 1991-3: Systematic Review	Prof. Dürr	BBSR
PRB-1.2 (2017)	EN 1991-1-7: Systematic Review	BAW	PRB
PRB-1.3 (2017)	Beurteilung des Anhangs A5 aus Schlussfassung des Berichtes des PT zu SC10 sowie Kommentierung in Bezug auf "Ease of Use"	Prof. Dürr	PRB
PRB-1.4 (2017)	Beurteilung des Anhangs A4 aus Schlussfassung des Berichtes des PT zu SC10 sowie Kommentierung in Bezug auf "Ease of Use"	SMP Ingenieure	PRB
PRB-1.5 (2017)	Beurteilung des Anhangs A3 aus Schlussfassung des Berichtes des PT zu SC10 sowie Kommentierung in Bezug auf "Ease of Use"	Exponent Deutschland	PRB
PRB-1.6a (2017) PRB-1.6b (2017)	Beurteilung Ease of Use der Schlussfassung des Berichtes des PT zu SC10 durch Vergleichsrechnungen	Werner Sobek Frankfurt	BBSR + PRB
PRB-1.8 (2017)	Neues Nachweiskonzept und Einwirkungskombinationen	BVPI / Jäger Ingenieure	BBSR
PRB-1.9 (2017)	Durchsetzung der vereinfachten Lastfallkombination aus PRB Phase 1	BVPI / Jäger Ingenieure	BBSR
PRB-PG1-L	Projektleitung PG1 (Personalmittel über PRB-Mitglieder)	VBI	VBI

Nummer	Vorhaben	Forschungsstelle	Quelle
PRB-2.1 (2016)	Entwurfsphase 2 (AP1, AP2, AP3, AP4, AP5)	DAfStb	PRB
PRB-2.3 (2016)	Ausführungsnormen für die Eurocode-Bauweisen – Schwerpunkt Betonbau	DBV, GÜB	PRB
PRB-2.4 (2016)	Implementierung der BauPVO in den Eurocodes – Schwerpunkt Betonbau	DBV, DAfStb, GÜB	PRB
PRB-2.5 (2016)	Neues Dauerhaftigkeitskonzept – Einführung von Widerstandsklassen für Beton	DBV, DAfStb	PRB
PRB-2.6 (2016)	Zuverlässigkeitsmanagement im Betonbau	DBV, DAfStb, GÜB	PRB
PRB-2.8 (2016)	PRB-2.8 (2016): EC2-Entwurfsphase 2: Vergleich und Bewertung neuer europäischer Bemessungsmodelle für 6.4 Durchstanzen	Suess · Staller · Schmitt Ingenieure	BBSR
PRB-3.3 (2015)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-1, Stahlbauten – Allgemeine Bemessungsregeln	Ingenieurgruppe Bauen	BBSR
PRB-3.4 (2015)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-5, Stahlbauten – Plattenförmige Bauteile	GMG Ingenieurgesellschaft	BBSR
PRB-3.5 (2015)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-5, Stahlbauten – Plattenförmige Bauteile	Verheyen-Ingenieure	BBSR
PRB-3.1 (2016)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-8, Stahlbauten – Bemessung von Anschlüssen	IPU Ingenieurgesellschaft	PRB
PRB-3.3 (2016)	Analyse u. Bewertung europ. Vorschläge - EN 1994-1-1, Bemessung u. Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl u. Beton	Weiske und Partner	BBSR
PRB-3.4 (2016)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-9, Stahlbauten – Ermüdung	Verheyen-Ingenieure	BBSR
PRB-3.5 (2016)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-6, Stahlbauten – Kranbahnen	Laumann und Partner	BBSR
PRB-3.1 (2017)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993, Stahlbauten – Projektgruppenleitung	Krone Ingenieure	PRB
PRB-3.2 (2017)	Transfer nach Europa und Bewertung europäischer Vorschläge EN 1993-1-2, Stahlbauten – Heißbemessung	IPU Ingenieurgesellschaft	PRB
PRB-PG3-L	Projektleitung PG3 (Personalmittel über PRB-Mitglieder)	VBI	VBI
PRB-4.3 (2016)	Organisation und Koordination der Forschungsarbeiten in Phase 2	Keilholz + Becker Ingenieure	PRB
PRB-4.4 (2016)	Organisation und Koordination der Forschungsarbeiten in Phase 2	Holzbau Schmid	BBSR
PRB-4.11 (2016)	Vereinfachte Regeln für die Bemessung von Holzkonstruktionen im Brandfall Phase 2: Vergleichsrechnungen u. Weiterentwicklung	Holzbau Deutschland Institut	BBSR
PRB-4.12 (2016)	Schließen von Regelungslücken für die Bemessung von Furnierschichtholz in EN 1995-1-1	Studiengemeinschaft Holzleimbau	PRB

Nummer	Vorhaben	Forschungsstelle	Quelle
PRB-4.13 (2016)	Vergleichsrechnungen von $k_{mod}$ -Werten – Teil 1	Ingenieurbüro Colling	PRB
PRB-4.14 (2016)	Arbeitsgruppe WG3 (Cluster EC5): Analyse, Vergleichsrechnungen und Validierung der europäischen Verfahren/Nachweiskonzepte	iTUBS	BBSR
PRB-4.15 (2016)	Arbeitsgruppe WG3 (Cluster EC5): Analyse, Vergleichsrechnungen und Validierung der europäischen Verfahren/Nachweiskonzepte	Ingenieurbüro Colling	BBSR
PRB-4.16 (2016)	Arbeitsgruppe "Verbindungsmitel" Phase 2	Ing. Ingenieurgesellschaft	BBSR
PRB-4.17 (2016)	Arbeitsgruppe "Verbindungsmitel" Phase 2	Harrer Ingenieure	BBSR
PRB-4.3 (2017)	Arbeitsgruppe WG3 (Cluster EC5): Vereinfachte Regelungen für die Querdrukbesung	Ingenieurbüro Colling	BBSR
PRB-4.4 (2017)	Arbeitsgruppe WG3 (Cluster EC5): Vereinfachte Regelungen für die Querdrukbesung	TU Braunschweig	BBSR
PRB-5.2 (2015)	Spiegelung der Forschungsergebnisse und Vorbereitung des Transfers nach Europa (Vorhaben A)	DGfM	PRB + DGfM
PRB-5.3 (2015)	Erweiterung des Anwendungsgebiets der vereinfachten Berechnungsmethoden nach EN 1996-3/NA (Vorhaben B)	König und Heunisch (KHP)	BBSR + PRB + KHP
PRB-5.4 (2015)	Mindestauflast DIN EN 1996-3 (Vorhaben C)	Jäger Ingenieure (JI)	BBSR + JI
PRB-6.1 (2017)	Analyse von Auswertungsmethoden geotechnischer Versuche hinsichtlich der Ermittlung geotechnischer Parameter	Wudtke Geotechnik	BBSR
PRB-6.2 (2017)	Entwurf von informativen Anhängen für den EC7-2 zur versuchsmethodenspezifischen Festlegung von geotechnischen Parametern	Wudtke Geotechnik	PRB
PRB-PL (2015)	Projektleitung	DBV	BBSR + PRB
PRB-PL-1 (2017) PRB-PL-2 (2017)	Schnittstelle zwischen Eurocodes und Produktnormen unter Berücksichtigung der EU-BauPVO (CPR)	DBV	BBSR + PRB
PRB-PL-3 (2017) PRB-PL-4 (2017)	Schnittstelle zwischen Eurocodes und Produktnormen unter Berücksichtigung der EU-BauPVO (CPR)	TU München	BBSR + PRB
PRB-PL-5 (2017) PRB-PL-6 (2017)	Schnittstelle zwischen Eurocodes und Produktnormen unter Berücksichtigung der EU-BauPVO (CPR)	BVPI	BBSR + PRB

### 0.3 Bearbeiter

Die teilweise noch andauernden Forschungsarbeiten wurden von verschiedenen Bearbeitern der auf dem Deckblatt gelisteten Institutionen durchgeführt (siehe Tabelle 0.3.1), welche auch gleichzeitig Berichtersteller sind. Die beteiligten Experten sind z. B. in der Praxis tätige Tragwerksplaner, die in Ingenieurbüros, Baufirmen oder Bauindustrieverbänden langjährige Erfahrungen mit der Anwendung von Normen und Regelwerken gesammelt haben.

**Tabelle 0.3.1 – Mitarbeiter der PRB**

Name	Adresse
Dr.-Ing. Lars Meyer Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos Dr.-Ing. Enrico Schwabach Dr.-Ing. Alexander Lindorf	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin
Dipl.-Ing. Anett Ignatiadis Dr.-Ing. Udo Wiens	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. Budapester Straße 31, 10787 Berlin
Dr.-Ing. Ines Prokop Dipl.-Ing. Christian Klein	VBI – Verband Beratender Ingenieure Budapester Straße 31, 10787 Berlin
Dr.-Ing. Eric Brehm Dipl.-Ing. Manfred Tiedeman	BVPI – Bundesvereinigung der Prüfm Ingenieure für Bau- technik e.V., Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin
Dipl.-Ing. (FH) Johannes Niedermeyer Dipl.-Ing. Anke Blume	Holzbau Deutschland - Institut e.V. Kronenstraße 55 - 58, 10117 Berlin
Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner	TU Darmstadt, Institut für Massivbau Franziska-Braun-Straße 3, 64287 Darmstadt
Dr.-Ing. Bernd Schuppener	Pforzheimer Straße 1 76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler	RWTH Aachen, Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen Mies-van-der-Rohe-Straße 1, 52074 Aachen
Dipl.-Ing. Volker Hüller Dipl.-Ing. Gregor Machura	Bauforumstahl e.V. Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger	Jäger Ingenieure GmbH Wichernstraße 12, 01445 Radebeul
Dr. Ronald Rast	Deutsche Gesellschaft für Mauerwerks- und Wohnungs- bau e.V., Kochstr. 6 - 7, 10969 Berlin
Dr.-Ing. Thorsten Faust	KHP König und Heunisch Planungsgesellschaft mbH & Co.KG, Stresemannallee 30, 60596 Frankfurt am Main

## 1 Forschungsansatz und Methodik

Die Zusammenstellungen der vielen verschiedenen Stellungnahmen zu den Eurocodes waren insgesamt zu sichten – unter Berücksichtigung und Einbringung der Ergebnisse aus der ersten Phase des Gesamtvorhabens. Dabei waren in einem ersten Schritt die Stellungnahmen in geeignete Abstufungen zu sortieren – beginnend bei rein redaktionellen Verbesserungen bis hin zu gänzlich neuen Nachweisformaten. Insgesamt gliedert sich das Vorhaben in folgende drei Aufgabenfelder:

### Transfer nach Europa

Umsetzung der Arbeitsergebnisse in Diskussionsgrundlagen und Vergleich mit den Vorschlägen der anderen CEN-Mitgliedsstaaten auf der Grundlage des "Systematic Reviews" der Eurocodes sowie auf der Grundlage von weiteren Vorschlägen, die den Arbeitsgremien des CEN/TC250 vorgelegt wurden. Dies umfasst die Themen:

- Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung (PG1),
- Einwirkungen auf Bauwerke (PG1),
- Betonbau (PG2),
- Stahlbau (PG3),
- Holzbau (PG4),
- Mauerwerksbau (PG5),
- Geotechnik (PG6).

Die PRB-Ergebnisse wurden von PRB-Mitarbeitern als Dokumente oder Diskussionsbeiträge in die CEN-Normungsausschüsse eingebracht. Wenn Mitarbeiter in Projektteams berufen wurden, erarbeiteten diese direkt die Entwürfe der Eurocodes für das europäische Einspruchsverfahren. Für den Ergebnistransfer wurden darüber hinaus auch internationale Fachtagungen genutzt.

**Tabelle 1.1.1 – Zusammenstellung der in CEN-Gremien aktiven PRB-Mitarbeiter**

EC	Typ <sup>1)</sup>	Gremium	PRB-Mitarbeiter
Structural Eurocodes	TC	CEN/TC250 "Structural Eurocodes"	Prof. Wolfram Jäger Dipl.-Ing. G. Breitschaft Dr. Lars Meyer Prof. Stefan Winter
Grundlagen Eurocode 0	SC	CEN/TC250/SC10 "Eurocode 0, Basis of structural design" (exCEN/TC250/WG7)	Prof. Wolfram Jäger
		WG	CEN/TC250/SC10/WG1 "Calibration of partial factors and limit states safety format"
	CEN/TC250/SC10/WG3 "Safety formats for non-linear problems"		Prof. Wolfram Jäger
	PT	CEN/TC250/SC10/EN 1990.T1 "Evolution of EN 1990 – General"	Prof. Wolfram Jäger
		CEN/TC250/SC10/EN 1990.T2 "Evolution of EN 1990 – Bridges specific issues"	Prof. Balthasar Novák

EC	Typ <sup>1)</sup>	Gremium	PRB-Mitarbeiter	
Einwirkungen Eurocode 1	SC	CEN/TC250/SC1 „Eurocode 1, Actions on structures“	Dr. Frank Breinlinger Prof. Rüdiger Höffer Prof. André Dürr	
	WG	CEN/TC250/SC1/WG1 “Climatic actions”	Dr. Volker Cornelius Prof. Rüdiger Höffer Dr. Bodo Wichura	
		CEN/TC250/SC1/WG2 “Atmospheric Icing”	Dr. Volker Cornelius Dr. Bodo Wichura	
		CEN/TC250/SC1/WG3 “Traffic loads on bridges”	Prof. Balthasar Novák	
		CEN/TC250/SC1/WG5 “Silos and Tanks”	Dr. Cornelius Ruckenbrod	
	PT	CEN/TC250/SC1/T5 “Climate change”	Prof. Rüdiger Höffer Dr. Bodo Wichura	
		CEN/TC250/SC1/T9 “EN 1991-2 Traffic loads on bridges”	Prof. Balthasar Novák	
		CEN/TC250/SC1/T3 “EN 1991-1-4 Wind”	Prof. Rüdiger Höffer	
		CEN/TC250/SC1/T4 “EN 1991-1-5 thermal actions”	Prof. Balthasar Novák	
		CEN/TC250/SC1/T8 “EN 1991-1-9 atmospheric icing”	Dr. Bodo Wichura	
		CEN/TC250/SC1/T10 “EN 1991-4 silos and tanks”	Dr. Cornelius Ruckenbrod	
	Betonbau Eurocode 2	TC	CEN/TC104 “Concrete and related products“	Dr. Lars Meyer
		SC	CEN/TC104/SC1 “Concrete – Specification, performance, production and conformity“	Dr. Lars Meyer
CEN/TC250/SC2 “Eurocode 2, Design of concrete structures“			Prof. Frank Fingerloos	
WG		CEN/TC104/SC1/WG1 "Exposure Resistance Classes (RC)"	Dr. Lars Meyer	
		CEN/TC250/SC2/WG1 “Coordination and Editorial Panel“	Prof. Frank Fingerloos	
TG		CEN/TC250/SC2/WG1/TG10 “Exposure Resistance Classes RC”	Prof. Frank Fingerloos	
		CEN/TC250/SC2/WG1/TG1 "Strengthening and reinforcing with fibre reinforced polymers"	Dipl.-Ing. Anett Ignatiadis	
Stahlbau Eurocode 3		WG	CEN/TC250/SC3/WG1 "Evolution of EN 1993-1-1 – General rules for buildings"	Dr. Ralf Egner
	CEN/TC250/SC3/WG5 "Evolution of EN 1993-1-5 – Plated structures"		Dr. Johannes Naumes	
	CEN/TC250/SC3/WG6 "Evolution of EN 1993-1-6 – Shell Structures"		Prof. Thomas Ummenhofer	
	CEN/TC250/SC3/WG7 "Evolution of EN 1993-1-7 – Plated structures subject to out of plane loading“		Prof. Thomas Ummenhofer	

EC	Typ <sup>1)</sup>	Gremium	PRB-Mitarbeiter
		CEN/TC250/SC3/WG8 "Evolution of EN 1993-1-8 – Joints and connections"	Prof. Thomas Ummenhofer (Convenor)
		CEN/TC250/SC3/WG9 "Evolution of EN 1993-1-9 – Fatigue"	Prof. Bertram Kühn (Convenor WG10, in Zusammenarbeit mit WG9)
		CEN/TC250/SC3/WG10 "Evolution of EN 1993-1-10 – Material toughness and through-thickness properties"	Prof. Bertram Kühn (Convenor WG10, in Zusammenarbeit mit WG9)
Holzbau Eurocode 5	TC	CEN/TC124 "Timber structures"	Prof. Stefan Winter Dr. Tobias Wiegand
	SC	CEN/TC250/SC5	Prof. Stefan Winter Dr. Tobias Wiegand Dipl.-Ing. Matthias Gerold Dr. Philipp Dietsch Dr. Mandy Peter Dr. Werner Seim
	WG	CEN/TC250/SC5/WG1 "CLT Cross laminated timber"	Dr. Tobias Wiegand
		CEN/TC250/SC5/WG2 "Timber concrete composite"	Dr. Jörg Schänzlin
		CEN/TC250/SC5/WG4 "Structural fire design"	Dr. Mandy Peter
		CEN/TC250/SC5/WG6 "Timber bridges"	Dipl.-Ing. Matthias Gerold
		CEN/TC250/SC5/WG7 "Reinforcement"	Dr. Philipp Dietsch
		CEN/TC250/SC5/WG8 "Seismic design"	Dr. Werner Seim
		CEN/TC124/WG2 "Solid timber"	Dr. Tobias Wiegand
	CEN/TC124/WG5 "Prefabricated wall, floor and roof elements"	Johannes Niedermeyer	
PT	"CLT Cross laminated timber"	Dr. Tobias Wiegand	
	"Timber concrete composite"	Dr. Jörg Schänzlin	
	"Reinforcement"	Dr. Philipp Dietsch	
Mauerwerksbau Eurocode 6	SC	CEN/TC250/SC6 "Eurocode 6, Design of masonry structures"	Prof. C.-A. Graubner Prof. W. Jäger A. Schlundt
	WG	CEN/TC250/SC6/WG1 "Evolution of EN 1996-1-1 General rules for reinforced and unreinforced masonry structures"	Prof. C.-A. Graubner Prof. W. Jäger A. Schlundt
	PT	CEN/TC250/SC6/WG1/PT1	Prof. Wolfram Jäger
Geotechnik Eurocode 7	SC	CEN/TC250/SC7	Prof. N. Vogt Dr. B. Schuppener
	WG	SC7/WG1/TG1 "General rules"	Prof. M. Ziegler Dr. H. Huber
		SC7/WG1/TG2 "Harmonization and ease of use"	Prof. N. Vogt

EC	Typ <sup>1)</sup>	Gremium	PRB-Mitarbeiter
		SC7/WG1/TG3 "Rock mechanics"	Prof. C. Boley
		SC7/WG1/TG4 "Dynamic + seismic design"	Prof. C. Vrettos
		SC7/WG2/TG2 "Additional investigation methods"	Dr. R. Wudtke
		SC7/WG3/TG1 "Slopes, cuttings and embankments"	Dr. C. Pohl
		SC7/WG3/TG2 "Spread foundations"	Dipl.-Ing. E. Tafur Bances
		SC7/WG3/TG3 "Pile foundations"	Prof. C. Moormann
		SC7/WG3/TG4 "Retaining structures"	Dr. S. Kinzler
		SC7/WG3/TG5 "Anchors"	Dipl.-Ing. K. Dietz
		SC7/WG3/TG7 "Ground Improvement"	Prof. J. Wehr
	PT	SC7/PT1 "Harmonization and ease of use"	Dr. B. Schuppener

<sup>1)</sup> Legende: TC – Technical Committee, SC – Subcommittee, WG – Working Group, TG – Task Group, PT – Project Team

**Tabelle 1.1.2 – Fachtagungen, an denen PRB-Mitarbeiter vorgetragen haben**

EC	Tagung	Thema	PRB-Mitarbeiter
Betonbau Eurocode 2	'The fib symposium 2017 of the International Federation for Structural Concrete'. Maastricht Juni 2017	Tools for the fire design of concrete columns using EN 1992-1-2 Method A	Prof. Fingerloos
Einwirkungen Eurocode 1	WtG D-A-CH Tagung 2013 13. Dreiländertagung der Windtechnologischen Gesellschaft	Evolution der europäischen Wind- und Schneelastnormen – Praxisvorschläge	Prof. Höffer
Stahlbau Eurocode 3	Münchener Stahlbautage 2015 München, 12.11.2015	Praxiserfahrungen aus dem EC3 und Wünschen zur Novellierung aus der Praxis	Dr. Egner
Stahlbau EC3-1-8	Münchener Stahlbautage 2015 München, 12.11.2015	EN 1993 Teil 1-8: Status Quo und Weiterentwicklung	Prof. Ummenhofer
Stahlbau EC3-1-9	Münchener Stahlbautage 2015 München, 12.11.2015	Gibt es Handlungsbedarf zur Überarbeitung der EN 1993 Teil 1-9 und Teil 1-10?	Prof. Kühn
Stahlbau EC3-1-9	13. Gießener Bauforum – „Aktuelles aus dem Bauwesen“ Gießen, 23.09.2016	Praxisnahe Anwendung der Eurocode-Bemessungsregeln zur Ermüdung von Stahltragwerken und geplante Neuerungen	Prof. Kühn
Stahlbau Eurocode 3	1. Osnabrücker Bautag Osnabrück, 06.10.2016	Aktuelles zum Eurocode 3 Neue Entwicklungen zu den Biegedrillknicknachweisen und zur Bemessung von Kranbahnträgern	Prof. Laumann

EC	Tagung	Thema	PRB-Mitarbeiter
Stahlbau Eurocode 3	38. Darmstädter Massivbau-seminar Darmstadt, 10.11.2016	Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen, Bericht der Projektgruppe 3 für den Stahlbau	Dr. Naumes Dr. Prokop
Holzbau Eurocode 5	COST Action FP-1402 "Basis of Structural Timber Design", Pamplona und Stockholm	Results of surveys concerning reinforcement, ease of use concerning specific parameters of reliability	Prof. Colling Dr. Dietsch
Mauerwerksbau Eurocode 6	Deutscher Mauerwerkskongress 2016	Nachhaltiges Bauen mit Mauerwerk/Bemessung nach Eurocode 6	Prof. Graubner
	IB2MAC 2016	Design of basement walls under lateral earth pressure	Prof. Graubner
	IB2MAC 2016	Analysis of nationally determined parameters of EN 1996-1-1	Prof. Graubner
	IB2MAC 2016	Loadbearing capacity of masonry walls under predominant bending due to wind loads	Prof. Graubner
Geotechnik Eurocode 7	Kolloquium „Bauen in Boden und Fels“, Technische Akademie Esslingen, 1/2016	EU-Normung für das nächste Jahrzehnt am Beispiel des EC7, 10.	Dr. Schuppener
	23. Darmstädter Geotechnik Kolloquium, 10.03.2016	Schwerpunkte bei der 2016 beginnenden Überarbeitung des EC7	Dr. Schuppener
	Deutscher Bautechnik-Tag, 4/2017, Stuttgart	Schnittstelle zwischen Tragwerksplaner und Geotechniker - eine stetige Quelle von Missverständnissen?	Prof. Ziegler
	Baugrundtagung, Bielefeld, 15.09.2016	Harmonisierung der Nachweisverfahren des EC7-1 – Ergebnisse der Projektgruppe Geotechnik der Initiative PraxisRegelnBau e.V.	Prof. Ziegler
	38. Darmstädter Massivbau-seminar Darmstadt, 10.11.2016	Was erwarten wir von der Überarbeitung des EC7?	Dr. Schuppener
	Österreichische Geotechniktagung, Wien, Februar 2017	Ergebnisse der Geotechnikgruppe in der Initiative PraxisRegelnBau e.V. zur Harmonisierung der Nachweisverfahren	Prof. Ziegler

### Analyse der Entwurfsgrundlagen

Vergleichsrechnungen, Kurvendiskussion, Analysen, Rückkopplung zur Praxis zu Vorschlägen anderer Europäer auf Grundlage des "Systematic Reviews" der Eurocodes sowie auf Grundlage von weiteren Vorschlägen, die in den Arbeitsgremien des CEN/TC250 vorgelegt werden, zu den Themen:

- Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung (PG1),
- Einwirkungen auf Bauwerke (PG1),
- Betonbau (PG2),

- Stahlbau (PG3),
- Holzbau (PG4),
- Mauerwerksbau (PG5),
- Geotechnik (PG6).

Hier werden im Folgenden die für jede Projektgruppe relevanten Themen angesprochen.

### **Ergebnisphase**

Erarbeitung von Kompromissvorschlägen und notwendigen Ergänzungen auf Grundlage der Analysen zu den Themen:

- Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung (PG1),
- Einwirkungen auf Bauwerke (PG1),
- Betonbau (PG2),
- Stahlbau (PG3),
- Holzbau (PG4),
- Mauerwerksbau (PG5),
- Geotechnik (PG6).

Die Verteilung von Aufwendungen in den genannten Aufgabenfeldern zwischen den verschiedenen Teilen der Eurocodes ist von den Ergebnissen des "Systematic Reviews" abhängig und wurde in der Beratergruppe (PRB-Lenkungsausschuss) festgelegt. Zudem ist zur Sicherstellung einer zielgerichteten Arbeitsweise ein entsprechender Organisationsaufwand wie folgt erforderlich:

- Koordination der Forschungsarbeiten,
- Termin- und Kostenkontrolle,
- Überprüfung der Forschungsergebnisse,
- Anfertigung Zwischen- und Abschlussbericht.

Für den Transfer auf die europäische Ebene wurden die Arbeitsergebnisse der ersten Phase in Diskussionsgrundlagen umgesetzt und Vergleiche mit den Vorschlägen der anderen CEN-Mitgliedsstaaten auf Grundlage des "Systematic Reviews" der Eurocodes durchgeführt. Zur Analyse der Entwurfsgrundlagen gehören insbesondere Vergleichsrechnungen bzw. Kurvendiskussion sowie Analysen und Rückkopplungen zur Praxis. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf den Vorschlägen der anderen europäischen Mitglieder, die auf Grundlage des "Systematic Reviews" der Eurocodes vom CEN zusammengetragen wurden.

Im Ergebnis wurden wissenschaftliche Grundlagen für Kompromissvorschläge und notwendige Ergänzungen erarbeitet – gestützt auf Analysen in den vorangegangenen Arbeitsfeldern. Flankiert werden diese Arbeiten durch eine Interaktion im Rahmen der Normungsarbeit, die jedoch nicht den Schwerpunkt dieses Forschungsvorhabens bildet.

## 2 Transfer nach Europa

### 2.0 Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung

#### 2.0.1 Vereinfachte Lastfallkombinationen

In der Phase 1 hatte sich die damalige Projektgruppe auf die Vereinfachung der Lastfallkombinationen für den Hochbau, generelle Fragen der Struktur und die Behandlung nichtlinearer Probleme konzentriert.

Der Vorschlag zur Vereinfachung der Lastkombinationen wurde von Prof. Jäger frühzeitig in das Projektteam WG7.T1 eingebracht. In erster Lesung wurde der Vorschlag jedoch abgelehnt, weil er die eigentliche Systematik der Lastkombinationen verwässern würde und daher wissenschaftlich nicht zu vertreten wäre. Hinzu kam, dass in Dänemark und den Niederlanden andere Kombinationsbeiwerte für Schnee angewendet werden, die zu unwirtschaftlichen Konstruktionen in diesen Ländern führen würden.

Nach einer längeren Diskussion insbesondere mit Bezug auf die Anwenderfreundlichkeit („Ease of Use“) konnte erreicht werden, dass die Möglichkeit der Anwendung vereinfachter Lastkombinationen in Form einer Fußnote in die Tabelle zur Bestimmung der Bemessungswerte der Einwirkungen aufgenommen wurde. Diese Fußnote hat bis zum vorliegenden Entwurf im Anhang A1 von EN 1990 für den allgemeinen Hochbau Bestand.

Es entstand dabei die Idee, mit Rückgriff auf die Grundlagen der Lastkombination und der Kombinationsfaktoren nach einer Möglichkeit zu suchen, die o. g. Länder von einer solchen Vereinfachung zu überzeugen und die generelle Einführung dieser zu ermöglichen.

Das war die Grundlage für das Vorhaben PRB-1.9 (2017). Mit diesem Vorhaben sollte geprüft werden, wie bei geringeren Lastkombinationsfaktoren zu verfahren wäre und wie andererseits für die Endphase der Diskussion ausreichende Argumentationen für den Verbleib der Fußnote und ggf. deren Erweiterung gefunden werden können. Die endgültige Entscheidung über den Verbleib der Anmerkung 4 soll im SC10 getroffen werden.

#### 2.0.2 Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen

Die Frage der Zusammenfassung und ggf. Vereinfachung der Schreibweise der Grenzzustandsgleichungen (s. [R9] Abschnitt 6.4.1, S. 39)

- EQU – Equilibrium (Lagesicherheit des Tragwerks)
- STR – Structural (Versagen oder übermäßige Verformungen des Tragwerks)
- FAT – Fatigue (Ermüdungsversagen des Tragwerks)
- UPL –Uplift (Verlust der Lagesicherheit des Tragwerks oder des Baugrundes)
- HYD – Hydraulic (hydraulisches Heben und Senken)

ist zu Beginn der Arbeit des Projektteams sowohl vom Chairman des TC250 als auch vom Chairman des SC10 (vormals WG7) detailliert in Ergänzung zum Arbeitsprogramm gestellt worden (siehe [5] und [15]). Hintergrund war, mehr Anwenderfreundlichkeit zu erreichen und die Diskrepanz in den Ergebnissen der einzelnen Nachweise zu beseitigen. Dies wurde sowohl in [5] als auch in [15] offengelegt. Weiterhin ging es darum, die Geotechnik mit zu integrieren. Zugleich sollte versucht werden, die parallelen Strukturen von zwei prinzipiellen Lastkombinationen (Gl. (6.10) und alternativ (6.10a) zusammen mit (6.10b)) durch Differenzierung der ständigen Lasten im Sinne der Anwenderfreundlichkeit („Ease of Use“) zu beseitigen und zu einer wirtschaftlicheren Lösung zu gelangen.

Im Rahmen der Arbeitsteilung im Projektteam wurde die Hauptarbeit zu diesem Thema von Andrew Bond (Chairman von SC7 und Experte in der Geotechnik) geleistet. Arbeitsstände wur-

den fortlaufend im Projektteam diskutiert. Eine Überprüfung der Arbeitsstände im Hinblick auf die Zielstellung erfolgte sowohl im Projektteam als auch auf deutscher Seite nicht.

Der Forschungsauftrag zum Vorhaben PRB-1.8 (2017) wurde am 20.07.2017 an die forschende Stelle erteilt. Zu diesem Zeitpunkt standen Struktur und Vorgehensweise seitens des Projektteams bereits fest. Mit der Bearbeitung dieses Forschungsvorhabens wurde dann im August 2017 begonnen. Zu diesem Zeitpunkt war eine generelle Einflussnahme im Projektteam nicht mehr möglich. Die Forschungsergebnisse werden nunmehr eine wesentliche Grundlage für die deutsche Stellungnahme darstellen, die zum zweiten Entwurf der Norm abgefordert werden wird.

Die detaillierte Entwicklung von Arbeitssitzung zu Arbeitssitzung des Projektteams ist aktenmäßig festgehalten worden, um sie später nachvollziehen zu können.

## 2.1 Einwirkungen auf Bauwerke

### 2.1.1 Allgemeines

Das CEN/TC250-Arbeitsprogramm zum Mandat M/515 ist in vier Phasen unterteilt. Analog zu den vier Phasen, in denen die Überarbeitung der Eurocodeteile erfolgt, sind für die Bewertung der derzeit gültigen Eurocodeteile vier Phasen des sog. „Systematic Reviews“ etabliert.

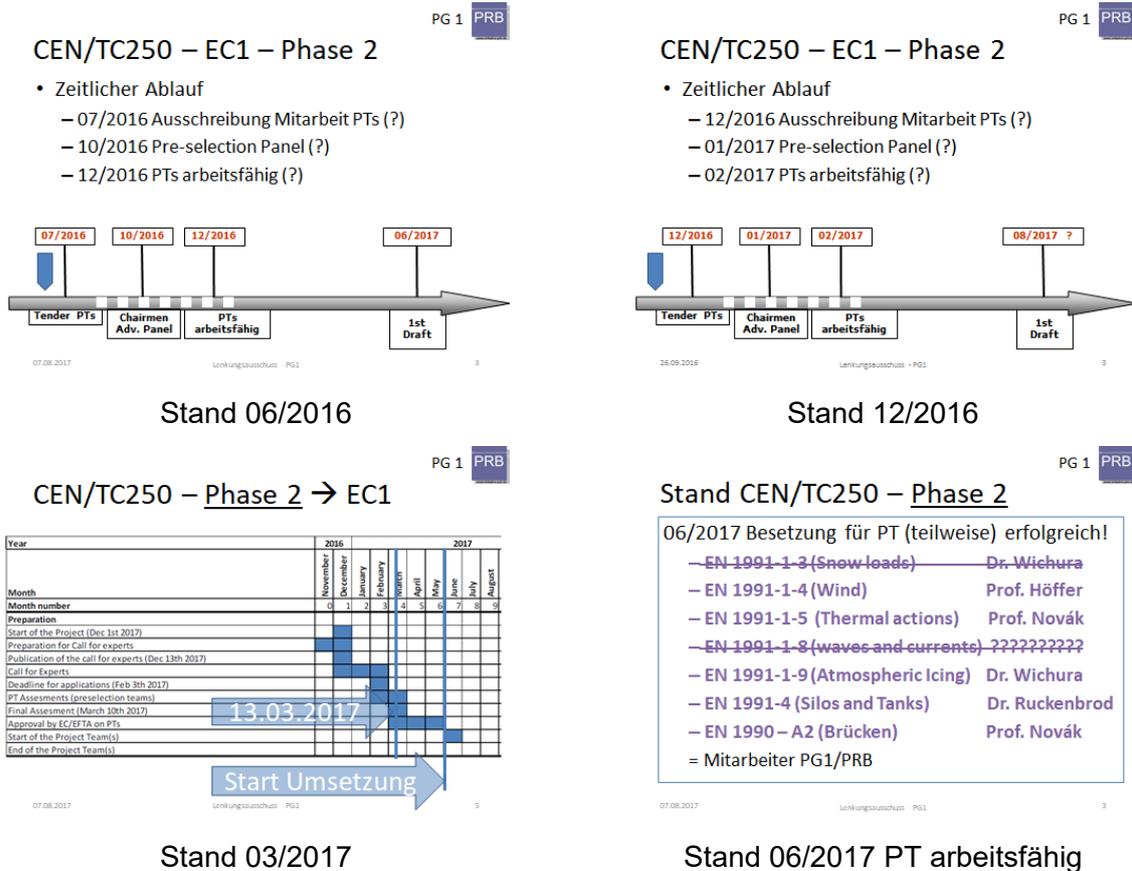
Der Antwort zum Mandat M/515 folgend (CEN/TC250 Response to Mandate M/515, Mai 2013), wurden im September 2014 die ersten von der PRB-Projektgruppe 1 (PG1) erarbeiteten Vorschläge mithilfe des „Systematic Reviews“ im CEN/TC250/SC1 eingebracht. Folgende Eurocodeteile wurden in der ersten Phase „Systematic Review“ kommentiert: EN 1991-1-1, EN 1991-1-2, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5 und EN 1991-2. Im Dezember 2015 erfolgte mit der Kommentierung von EN 1991-4 der Abschluss der zweiten „Systematic Review“-Phase für den EC1. Der Aufruf zum Einbringen von Kommentaren in den „Systematic Review“-Phasen 3 und 4 erfolgte im März 2017. Für die „Systematic Review“-Phase 4 sind folgende EC1-Teile bis Juli 2017 zu bewerten gewesen: EN 1991-1-6, EN 1991-1-7, EN 1991-3. Die Kommentare für die Eurocodeteile EN 1991-1-1, EN 1991-1-2, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5, EN 1991-1-6, EN 1991-1-7, EN 1991-2, EN 1991-3, EN 1991-4 basieren dabei weitestgehend auf dem BBSR-Forschungsvorhaben Az.: SWD-10.08.18.7-12.27 [2] und wurden im zuständigen nationalen Normenausschuss als deutsche Position verabschiedet. Die Kommentare zum „Systematic Review“ bilden damit die Grundlage für die Überarbeitung der Eurocodes in den Projektteams und Arbeitsgruppen des CEN/TC250.

Die Überarbeitung der Eurocodes in den Arbeitsgruppen des CEN/TC250/SC1 startete mit der Besetzung der Projektteams für Phase 1 im Mai 2015 für folgende Eurocodeteile: EN 1991-1-2, EN 1991-2 sowie für den Hintergrundbericht „Climate Change“ (Klimaänderung). Mitarbeiter der PG1 wurden in die Projektteams zur EN 1991-2 (Prof. Novák) sowie „Climate Change“ (Prof. Höffer, Dr. Wichura) aufgenommen.

Am 30./31.05.2016 fand eine Sitzung des CEN/TC250/SC1 in Berlin statt. Dabei wurden die ersten Entwürfe der Projektteams zu diesen drei Arbeitspaketen präsentiert und bestätigt. In der Sitzung des CEN/TC250/SC1 am 12./13.01.2017 in Athen wurden weiterführende Vorschläge präsentiert und diskutiert. Am 22./23.06.2017 wurden in Brüssel die zweiten Entwürfe vom CEN/TC250/SC1 bestätigt. Die Übergabe der Schlussentwürfe erfolgte im Oktober 2017. Nach einer anschließenden dreimonatigen Kommentierungsperiode (CEN-Enquiry) durch die europäischen Normungsorganisationen (NSB) und einer dreimonatigen Überarbeitungsphase wird der Schlussentwurf vom Projektteam an die das Sekretariat haltende Normungsorganisationen übergeben. Die Arbeiten der Projektteams zu Phase 1 enden offiziell im Juni 2018. Die weitere Bearbeitung der Normenentwürfe obliegt dann den beaufsichtigenden Arbeitsgruppen.

Folgende Eurocodeteile des EC1 sind in Phase 2 zu bearbeiten: EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5; EN 1991-1-6, EN 1991-1-8, EN 1991-1-9, EN 1991-4. Die Ausschreibung zur Beteiligung in den Projektteams erfolgte Mitte Dezember 2016 und endete Anfang Februar 2017. Am 22./23.06.2017 wurde in Brüssel zur letzten CEN/TC250/SC1-Sitzung die Besetzung der

Projektteams für Phase 2 bekanntgegeben. Die Beurteilung der zukünftigen Ausarbeitungen muss dabei schwerpunktmäßig in der WG1 des CEN/TC250/SC1 im Sinne der PRB erfolgen.



**Bild 2.1.1 – Verschiebung Phase 2 der EC1 Überarbeitung und Besetzung des Projektteams**

Aufgrund von Verzögerungen in der Umsetzung des Arbeitsprogramms M/515 wurde im Dezember 2016 im übergeordneten Gremium des CEN/TC250 von einer Verschiebung der Überarbeitungsphasen um ca. zwei Jahre ausgegangen. Mit der Besetzung der Projektteams im Juni 2017 hat sich die Verschiebung um ein weiteres halbes Jahr für Phase 2 verlängert.

**2.1.2 Klimatische Einwirkungen (EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5)**

Die Eurocodes für die klimatischen Einwirkungen werden im CEN/TC250/SC1 in der WG1 bearbeitet.

Am 30./31.05.2016 wurden zur Sitzung des CEN/TC250/SC1 in Berlin die mit allen Kommentaren der CEN-Mitgliedsstaaten vervollständigten „Systematic Review“-Tabellen verteilt. Eine erste PG1-interne Auswertung der Tabellen wurde durchgeführt.

Die Vorschläge, die von deutscher Seite für diese Eurocodeteile eingereicht wurden, basieren auf Ausarbeitungen der PG1 und sind folgend kurz aufgeführt:

- EN 1991-1-3: Neben redaktionellen Änderungen wurden hauptsächlich vereinfachte Formbeiwerte für alle Dachformen sowie ein allgemeiner Ansatz zur Ermittlung von Schneelasten vorgeschlagen, wobei die bisher verwendeten Messwerte des Wasseräquivalents um die langjährigen Messreihen der Schneehöhen ergänzt wurden. Auf Grundlage der erweiterten Datenbasis im Norden und Osten Deutschlands und einer geänderten Vorgehensweise bei der Schneelastzonierung kann eine realistischere Darstellung der Schneelastzonen für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland erreicht werden.
- EN 1991-1-4: Reduzierung des Windprofils, des Mittelwinds und Profil des Böengeschwindigkeitsdrucks auf wenige übliche Fälle. Als örtliche Besonderheiten alternativ: Beschränkung

auf Geländekategorien I und II für alle Regelungen des Hauptteils. Weiterhin wurde als sinnvoll angesehen, Lastkoeffizienten für die Tragstruktur und Gebäudehülle deutlicher voneinander zu trennen, um Rechenverfahren zu vereinheitlichen. Als Beispiel wurden für einfache Hallen mit Rahmenkonstruktion erste Vorschläge erarbeitet: Ein anwenderfreundliches, weniger umständliches Verfahren der Windlastermittlung für freistehende Dächer. Ausgearbeitetes Verfahren zur Windlastermittlung an Vordächern. Stabbezogenes und somit rechenfreundliches Verfahren für Fachwerke bzw. räumliche Stabwerke neben Kraftbeiwert-Verfahren. Entwurfsgerechte Gestaltung der Windeinwirkungen auf Brücken.

Die Einführung eines gemeinsamen Modells für die Wirbelresonanz von schlanken Strukturen kann einen erheblichen, weiteren Schritt zur Vereinfachung einer nationalen und europäischen Anwendung der Norm bedeuten. Hierzu werden spezifische Ergebnisse der deutschen Forschung in die europäische Normung eingeführt. Insbesondere bleiben in diesen neu präzisierten Modellen die Wirtschaftlichkeitsvorteile bei der baustatischen Bemessung von Schornsteinen und ähnlichen Bauwerke erhalten.

- EN 1991-1-5: Neben hauptsächlich redaktionellen Korrekturen wurde der Vorschlag unterbreitet den nichtlinearen veränderlichen Temperaturanteil nicht zu berücksichtigen und sich auf Verfahren 1 für vertikale Temperaturanteile zu beschränken.

Für die Überarbeitung der EN 1991-1-3, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5 in Phase 2 fand am Rande der CEN/TC250/SC1-Sitzung am 22./23.06.2017 ein Treffen der WG1 „Climatic Actions“ (Klimatisch bedingte Einwirkungen) statt. Die Ausschreibung zur Besetzung der Projektteams wurde im Zuge dieser Sitzung bekanntgegeben und erste Anlaufberatungen der teilnehmenden Projektteam-Mitarbeiter abgehalten (siehe Bild 2.1.1). Die synoptische Darstellung des PG1-Vorschlages zur EN 1991-1-4 wurde den Mitarbeitern des Projektteams als Arbeitsgrundlage zur Verfügung gestellt.

Ein zweites Treffen des Projektteams zur Überarbeitung der EN 1991-1-3 wird im Nachgang zur Plenarsitzung des CEN/TC250 am 17./18.11.2017 in Berlin stattfinden. Dabei wird von der PG1 angestrebt, dem Vorsitzenden des Projektteams SC1.T2 die PG1-Ausarbeitungen zur EN 1991-1-3 als Arbeitspapier zur Verfügung zu stellen

Die erste Sitzung des Projektteams SC1.T3 fand am 22./ 23.06.2017 in Brüssel im SECO-Gebäude statt. Ein Skype-Meeting wurde am 29.09.2017 durchgeführt. Weitere Sitzungen sind für den 03.11.2017 im Sitzungsraum des VBI in Berlin und am 16.03.18 in Prag terminiert.

Die erste Sitzung des Projektteams SC1.T4, das die Weiterentwicklung von EN 1991-1-5 bearbeitet, fand am 01.09.2017 statt. Weitere Sitzungen sind für den 27.10.2017 (Telefonkonferenz) sowie den 23./24.11.2017 geplant.

### **2.1.3 EN 1991-1-7 und EN 1991-3**

Im März 2017 begann mit dem „Systematic Review“ zu den Eurocodeteilen EC1-1-6, EC1-1-7, EC1-3 die letzte Phase der Überarbeitung der Eurocodes auf europäischer Ebene.

Die europäischen Kommentare zum „Systematic Review“ zu diesen drei Eurocodeteilen wurden im August 2017 zur Verfügung gestellt. Eine erste Auswertung dieser Kommentare ist unter Abschnitt 3.1 aufgeführt. Mit der Besetzung der Projektteams für Phase 4 wird nicht vor 2019 gerechnet.

Problematisch ist für die Überarbeitung dieser Eurocodeteile, dass es derzeit keine zugehörige Arbeitsgruppe im CEN/TC250/SC1 gibt. Die Überarbeitung der Normen würde dabei erst in den Projektteams bei deren Zusammenstellung erfolgen. Dabei müssten ggf. Vorarbeiten, z. B. Vorauswertung des „Systematic Reviews“ im SC1 erfolgen. Dies beträfe auch die zukünftige Bewertung der Ergebnisse welche vom Projektteam erarbeitet werden. Es ist anzustreben, in der SC1-Sitzung am 08./09.02.2018 in Berlin darauf hinzuweisen und auf eine WG-Gründung hinzuwirken. Dabei sollte auch überlegt werden, eine mögliche finanzielle Unterstützung für die WG-Sekretariate anzubieten bzw. vorzubereiten.

### 2.1.4 Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2)

Die Ergebnisse der pränormativen ersten Phase, die 2015 abgeschlossen wurde, sind im ersten Forschungsbericht der PG1 [2] zu EN 1991-2 dargestellt. Die EN 1991-2 (Verkehrslasten auf Brücken) wurde im Hinblick auf eine mögliche Weiterentwicklung überprüft. Dabei wurde auch der nationale Anhang DIN EN 1991-2/NA berücksichtigt. Es hat sich herausgestellt, dass das Hauptdokument eine Vielzahl an Wiederholungen und unstrukturierten Bereichen aufweist. Teilweise wird Lehrbuchwissen wiedergegeben, dass in ein normatives Regelwerk nicht eingehen sollte. Es besteht also die Möglichkeit für eine inhaltliche Straffung zu sorgen, ohne die international nötigen Möglichkeiten zur Anpassung der Regelwerke einzugrenzen. Es sind Defizite vorhanden, die durch unzureichende oder unpräzise Übersetzung des englischen Ursprungsdokuments entstanden sind. Außerdem müssen einige Fehler in Formeln und bei Wertangaben beseitigt werden. Im Rahmen des Berichts wurden die Verbesserungsvorschläge in das Hauptdokument von EN 1991-2 eingearbeitet. Beispielsweise wurde eine Streichung der Lastmodelle 2 und 3 sowie der Ermüdungslastmodelle 1, 2 und 5 vorgeschlagen. Die Kapitel zu den Anpralllasten auf Pfeiler und stützende Bauteile sowie an Überbauten von Straßen- und Fußgängerbrücken sollen durch Verweise auf EN 1991-1-7 ersetzt werden. Eine Übersicht in tabellarischer Form kann ebenfalls dem Forschungsbericht [2] sowie dem unveröffentlichtem PRB Hintergrundbericht dazu entnommen werden.

year	2017												2018										
month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November
month number	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
SC1.T9 Actions - EN 1991-2 (Road and rail traffic loads)																							
Start of the Project Team																							
Preparation of first Draft by PT																							
preparation of background document(s) by PT																							
Delivery of first Draft by PT to NEN																							
Review of first Draft by SC or WG																							
Preparation of Second Draft by PT, taking into account comments from SC or WG																							
Delivery of second draft by PT to NEN																							
review by SC or WG																							
preparation of Final Draft by PT, taking into account comments from SC or WG																							
Delivery of Final Draft by PT to NEN																							
Commenting period for NSBs (Enquiry)																							
Preparation of Final document by PT, taking into account comments from NSBs																							
Delivery of Background document(s) by PT to NEN																							
Delivery of Final document by PT to NEN																							
End of the Project Team																							

**Bild 2.1.2 – Zeitlicher Ablauf für Phase 1 der EN 1991-2 Überarbeitung (2017-2018)**

Die ausgearbeiteten Verbesserungsvorschläge wurden, soweit möglich und sinnvoll, bei der Ausarbeitung der deutschen Kommentare zum „Systematic Review“ von EN 1991-2 berücksichtigt.

Im Rahmen des „Systematic Reviews“ von EN 1991-2 wurde von deutscher Seite eine Vielzahl an Verbesserungs- und Straffungsvorschlägen eingereicht, wovon einige nur eine redaktionelle Bearbeitung erfordern. Allerdings wurden auch Kommentare eingereicht, die eine detaillierte Betrachtung erfordern. Unter anderem wurde eine Streichung von Abschnitt 4.3.3 (Lastmodell 2) und 4.3.4 (Lastmodell 3) vorgeschlagen, da diese Modelle in Deutschland bzw. laut nationalem Anhang DIN EN 1991-2/NA keine Anwendung finden. Der Inhalt von Abschnitt 4.7.2.2 (Anprall an Überbauten) sollte durch einen Verweis auf EN 1991-1-7 ersetzt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass alle relevanten Inhalte bzw. Informationen in die EN 1991-1-7 überführt werden. Im Bereich der Einwirkungen aus Eisenbahnverkehr wurde z. B. eine Überprüfung dynamischer Effekte beim Lastmodell HSLM (High Speed Load Model) empfohlen. Auch die Anforderungen für eine zusätzliche dynamische Berechnung im Abschnitt 6.4.4 sollte überarbeitet werden. In diesem Zusammenhang wird eine Streichung von Anhang F vorgeschlagen. Während der Bearbeitung durch das Projektteam SC1.T9 wurde der „Systematic Review“ mehrfach

durchgesehen und diskutiert. Bei der Bearbeitung der Kommentare fand ein enger Austausch mit den Mitgliedern von CEN/TC250/SC1/WG3 „Traffic loads on bridges“ (Verkehrslasten auf Brücken) statt. Außerdem wurde der nationale Spiegelausschuss NA 005-57-03 AA „Einwirkungen für Brücken“ regelmäßig über die Entwicklungen informiert und in den Prozess mit eingebunden.

### 2.1.5 Krane und Maschinen (EN 1991-3)

Zum 30.06.2017 stand der „Systematic Review“ bzw. die systematische Überprüfung für den EN 1991-3 „Einwirkungen infolge Krane und Maschinen“ an. Wesentliche inhaltliche Änderungsvorschläge zur vereinfachten Anwendung von EN 1991-3 wurden im Rahmen der PRB in der PG1 erarbeitet.

Um diese erarbeiteten Änderungsvorschläge in die Eurocodenormen einbringen zu können, wurde im nationalen EC1-Normenausschuss NA 005-51-02 AA die neue Untergruppe „Einwirkungen infolge Krane“ unter dem Vorsitz von Prof. Dürr gegründet. Im Unterausschuss wurde eine umfassende Kommentarliste zu EN 1991-3 erarbeitet, mit dem Ziel eine für den Anwender einfachere und übersichtlichere Anwendung der Norm EN 1991-3 zu ermöglichen. Inhaltlich basiert die in der Untergruppe „Einwirkungen infolge Krane und Maschinen“ erarbeitete Kommentarliste zum großen Teil auf den Änderungsvorschlägen, welche im Rahmen des o. g. Forschungsvorhabens in Phase 1 der PRB entwickelt wurden. Die erarbeitete Kommentarliste mit den Änderungsvorschlägen wurde national im deutschen EC1-Normenausschuss als deutsche Position verabschiedet und dem CEN/TC250/SC1 übergeben. Die eingereichte deutsche Kommentarliste mit den Verbesserungsvorschlägen bildet den absolut größten Teil der im Rahmen des „Systematic Reviews“ von den CEN-Mitgliedsstaaten eingebrachten technischen Anmerkungen. Nachfolgend sind stichpunktartig die wesentlichen und wichtigsten inhaltlichen Änderungsvorschläge der deutschen Kommentarliste zusammengefasst:

- Deutlicher Hinweis für die Anwender, dass die Kranlasten entsprechend der Baupraxis in der Regel vom Hersteller der Krananlage zu übergeben und nur in Ausnahmefällen entsprechend den Regelungen in EN 1991-3 vom Tragwerksplaner selber zu ermitteln sind.
- Reduzierung der Lastgruppen in Tabelle 2.2 auf die Lastgruppen, die für die Bemessung von Kranbahnen erforderlich sind. Streichung aller anderen nicht bemessungsrelevanten Lastgruppen, die nur für die Kranbemessung im Maschinenbau erforderlich sind.
- Erweiterung der Tabelle 2.2 um weitere Lastfallgruppen für SLS (Gebrauchstauglichkeit) und FLS (Ermüdung), die bisher gefehlt haben.
- Zusammenfassung aller Schwingbeiwerte in einer einzelnen Tabelle zur Übersichtlichkeit und Anwenderfreundlichkeit. Präzisierung der Angaben und Streichung unnötiger Angaben.
- Vereinfachung der Schwingbeiwerte für die Lastgruppe 1 entsprechend den bisherigen einfachen und anwenderfreundlichen deutschen Regelungen aus DIN 4132. Detaillierte kran-spezifische Angaben, die häufig in der Baupraxis bei der Bemessung der Kranbahnen noch gar nicht vorliegen, sind bei diesem Änderungsvorschlag nicht mehr erforderlich. Ein Hintergrundbericht, der diese vereinfachte Regelung stützt, wurde von Mitgliedern des Unterausschusses ausgearbeitet.
- Streichung von für die Baupraxis nicht anwendbaren Regelungen wie z. B. die Ermittlung von Pufferkräften, da diese Angaben in der Baupraxis vom Kranhersteller kommen.
- Streichung des gesamten Kapitels 3 „Einwirkungen aus Maschinen“, da dieses sehr lehrbuchhaft ist und keine für die Baupraxis relevanten Regelungen enthält.

### 2.1.6 Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4)

Das CEN/TC250-Arbeitsprogramm zum Mandat M/515 ist in vier Phasen unterteilt. Die Erarbeitung der EN 1991-4 erfolgt dabei in Phase 2. Analog zu den vier Phasen, in denen die Überar-

beitung der Eurocodeteile erfolgt, wurden für die Bewertung der derzeit gültigen Eurocodeteile vier Phasen des sog. „Systematic Reviews“ etabliert.

Der Antwort zum Mandat M/515 folgend (CEN/TC250 Response to Mandate M/515 Mai 2013), wurden im September 2014 die ersten von der PG1 erarbeiteten Vorschläge für die EN 1991-4 mithilfe des „Systematic Reviews“ im CEN/TC250/SC1 eingebracht. Die wesentlichen inhaltlichen Änderungen wurden im Rahmen der PRB in der PG1 erarbeitet.

Die inhaltlichen Verbesserungsschläge betreffen im Wesentlichen die vorhandenen Sonderregelungen für kleine Silos (Silos der Anforderungsklasse AAC = 1), die Vielzahl der differenzierten Regeln zu den Lastfällen Füllen und Entleeren, insbesondere deren redaktionelle Darstellungen mit sich wiederholenden Textpassagen, die vielen Sonderregelungen für den Ansatz oder nur teilweisen Ansatz der Teilflächenlasten in Abhängigkeit von der Entleerungsexzentrizität und Siloschlankheit, einen vereinfachten, wirtschaftlicheren Vorschlag für den Umgang mit Regelungen für Entleerungen mit großen Exzentrizitäten, sowie die Straffung des Kapitels für die Boden- und Trichterlasten.

Die Kommentare für die EN 1991-4 basieren dabei weitestgehend auf dem BBSR-Forschungsvorhaben Az.: SWD-10.08.18.7-12.27 [2] und wurden im zuständigen nationalen Normenausschuss als deutsche Position verabschiedet.

Die Erarbeitung der Eurocodes für die Einwirkungen aus Schüttgütern und Flüssigkeiten obliegt im CEN/TC250/SC1 der Arbeitsgruppe WG5 „Silos“. Diese europäische Arbeitsgruppe bearbeitet und kommentiert die Ausarbeitungen des mit Experten aus europäischen Ländern besetzten Projektteams SC1.T10, welches in den kommenden Monaten den Entwurf zur überarbeiteten EN 1991-4 an die WG5 und den SC1 liefern wird.

Die Ausschreibung zur Beteiligung in den Projektteams erfolgte Mitte Dezember 2016 und endete Anfang Februar 2017. Am 22./23.06.2017 wurde in Brüssel zur letzten CEN/TC250/SC1-Sitzung die Besetzung der Projektteams für Phase 2 bekanntgegeben. Dabei konnte das Projektteam für EN 1991-4 mit Dr. Ruckebrod (Mitarbeiter der PG1) besetzt werden.

Am 30./31.05.2016 wurden zur Sitzung des CEN/TC250/SC1 in Berlin die mit allen Kommentaren der CEN-Mitgliedsstaaten vervollständigten „Systematic Review“-Tabellen verteilt. Eine PG1-interne Auswertung der tabellarisch erfassten Kommentare der anderen Länder wurde durchgeführt.

Die Auswirkungen der in der PG1 erarbeiteten Verbesserungsvorschläge wurden über eine synoptische Darstellung der Arbeitsgruppe CEN/TC250/SC1/WG5 und dem Projektteam CEN/TC250/SC1.T10 zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurde die den Vorschlägen zugrundeliegende Forschungsbericht in englischer Sprache zusammengefasst und als weitere Erläuterung und Hintergrundinformation übergeben [46]. Diese Unterlage bildete die wesentliche Grundlage für die Arbeitssitzung der Arbeitsgruppe CEN/TC250/SC1/WG5 am 16./17.09.2017 in Kopenhagen, bei der in einer speziell hierfür gebildeten Untergruppe der WG5 (Prof. Rotter, Dr. Nielsen, Dr. Ruckebrod) schwerpunktmäßig die deutschen Kommentare zum „Systematic Review“ diskutiert wurden.

Im Rahmen eines weiteren Forschungsvorhabens der PRB (Zuwendungs-Nr. PRB-1.11) wurden die zur Verfügung stehenden nationalen Anwendungsdokumente anderer Mitgliedsstaaten hinsichtlich deren gewählter nationaler Parameter überprüft und ausgewertet. Das Ergebnis dieser Ausarbeitung wurde in Tabellenform der CEN/TC250/SC1/WG5 im April 2017 zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurde ein Vorschlag zur Reduzierung der national festlegbaren Parameter gemacht. Diese Unterlagen bildeten die wesentliche Grundlage für die zweite Arbeitssitzung der Arbeitsgruppe WG5 am 20.03.2017 in London, bei der schwerpunktmäßig dieses Thema behandelt wurde.

### **2.1.7 Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7)**

Im März 2017 begann mit dem „Systematic Review“ zu EN 1991-1-7, [R12], die letzte, vierte Phase der Überarbeitung der Eurocodes auf europäischer Ebene. Die deutschen Kommentare

zu EN 1991-1-7 [R12] waren 2014/2015 in der Phase 1 entwickelt worden und wurden im Mai 2017 im Unterausschuss NA 005-51-02-07 UA, der die EN 1991-1-7 spiegelt und den zugehörigen nationalen Anhang betreut, nochmals leicht aktualisiert.

EN 1991-1-7 ist im normativen Teil, auf den für das „Systematic Review“ vorrangig reflektiert wurde, überwiegend eine deskriptive Norm, bei der sicherheitstheoretische Hinweise überwiegen. Werteangaben sind dann häufig bereits in Tabellen als Endwerte in Abhängigkeit einer Bauwerks- oder Verkehrswegekategorie angegeben. Berechnungsmöglichkeiten gehen eher aus den informativen Anhängen hervor. National wird in Deutschland die Norm durch den nationalen Anhang [R11] ergänzt, der die 43 möglichen „Öffnungen“ (NDPs) sowie zusätzliche Regelungen (NCIs) umfasst. Untersucht wurden fachliche Konsistenz und Klarheit sowie die redaktionelle Konsistenz der Norm. Fachliche Konsistenz bedeutet u. a. eine Vereinheitlichung gleichartiger Regelungen bei den verschiedenen Anprall-Regelungen. Der normative Teil kann gestrafft werden, indem Erläuterungen und Hintergründe in neue und bestehende informative Anhänge verschoben wurden. Umständliche Formulierungen können bereinigt werden. Fachtechnisch bzw. fachwissenschaftlich sollte versucht werden, auf dem Gebiet des Helikopteraufpralls, des Gabelstapleranpralls und der Explosionslasten Fortschritte und Präzisierungen zu erzielen. An einer konsistenten Anprallkraft-Bestimmung, die einem gleichartigen Sicherheitsniveau (Überschreitungs- oder Versagenswahrscheinlichkeit) genügt, sollte weitergearbeitet werden.

Mit den von Deutschland vorgeschlagenen Änderungen im „Systematic Review“ ließe sich der normative Teil von EN 1991-1-7 um ca. 20 % reduzieren.

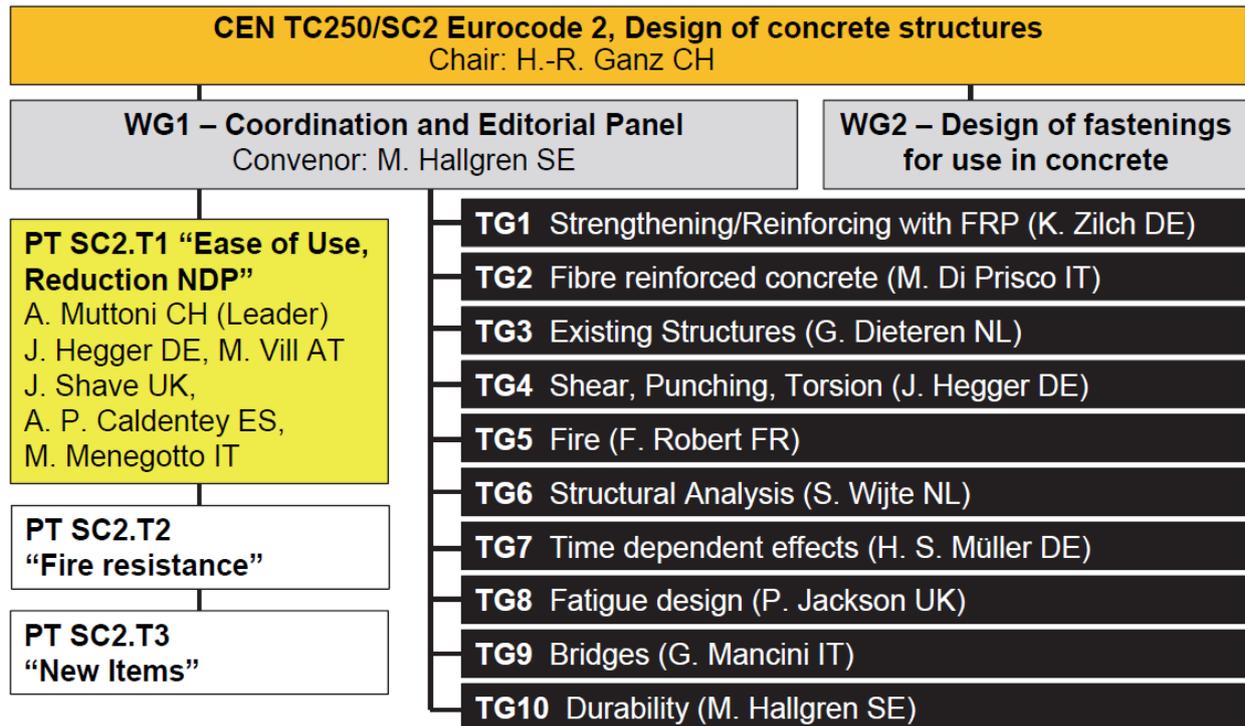
Die europäischen Kommentare zum „Systematic Review“ zu EN 1991-1-7 wurden im August 2017 zur Verfügung gestellt. Eine Auswertung dieser Kommentare ist unter Abschnitt 3.1 aufgeführt.

## **2.2 Betonbau**

### **2.2.1 Allgemeines**

Der gesamte Eurocode 2 (EC2) besteht aus vier Teilen [R15], [R17], [R19] und [R21], die jeweils mit dem zugehörigen nationalen Anhang [R14], [R16], [R18] und [R20] anzuwenden sind. In Deutschland wurden die nationalen Anhänge zu EN 1992-1-1 und EN 1992-2 bei der Umstellung von der deutschen Norm auf den EC2 dazu genutzt, die Unterschiede zu DIN 1045-1 [R7] bzw. zum DIN-Fachbericht 102 [R29] möglichst gering zu halten. In anderen Ländern wurden die nationalen Anhänge ebenfalls dazu genutzt, das jeweilige nationale Sicherheitsniveau sowie nationale Sonderregelungen beizubehalten.

Der EC2 (EN 1992-1-1) für den Betonbau nimmt u. a. auch Bezug auf die zugehörigen Anforderungen an die Bauausführung, welche im Zusammenhang mit dem Sicherheitskonzept für Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit stehen. Die PRB-Verbesserungsvorschläge für die Bemessung nach EC2 müssen daher auch auf Durchgängigkeit mit den zukünftigen europäischen Regeln für die Ausführung von Betontragwerken nach EN 13670 abgestimmt werden. Zur EN 13670 existieren in Deutschland umfangreiche nationale Anwendungsregeln in Form der DIN 1045-3. Im Zuge der weiter fortschreitenden europäischen Harmonisierung der Baunormen gilt es prinzipiell, diese deutschen Regelungen auch möglichst umfänglich in der europäischen Normung zu verankern bzw. formal entsprechende Öffnungsmöglichkeiten oder etwa Klassen in der europäischen Normung aufzunehmen.



**Bild 2.2.1 – Struktur des europäischen EC2-Normungsgremiums CEN TC250/SC2**

In Bild 2.2.1 sind die Struktur, die Themen und die Obleute der EC2-Gremien dargestellt, wie sie derzeit im CEN arbeiten (Abkürzungen siehe Tabelle 1.1.1).

## 2.2.2 NDP-Zusammenstellung und -auswertung für EN 1992-2 Betonbrücken

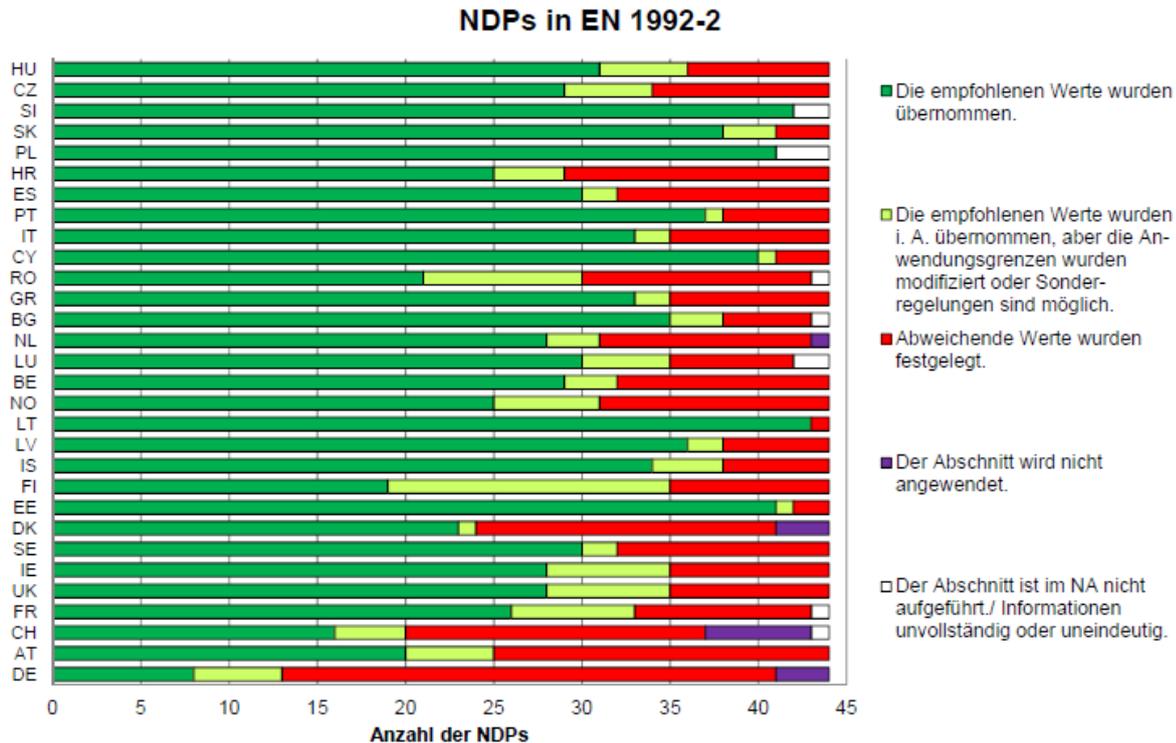
Die nationalen Anhänge der verschiedenen europäischen Länder zum EC2 werden mit dem Ziel ausgewertet, die Anzahl der NDPs zu reduzieren und somit eine Vereinfachung und weitere Harmonisierung zu erreichen, ohne das Grundgerüst und die bestehenden Bemessungsformate ändern zu müssen. Außerdem können durch die Auswertung der nationalen Anhänge Schwerpunkte für die weitere Überarbeitung erkannt werden.

Die Zusammenstellung und Auswertung der nationalen Anhänge zu EC2-1-1 (Hochbau) erfolgte in Phase 1 (siehe [23] und [24]). Im Rahmen der Phase 2 erfolgte die Zusammenstellung und Auswertung der nationalen Anhänge zu EC2-2 (Brückenbau). Die erarbeiteten Zusammenstellungen der NDPs in den verschiedenen nationalen Anhängen wurden der mit der Erarbeitung der nächsten EC2-Generation befassten Arbeitsgruppe WG1 des zuständigen europäischen Normenkomitees CEN/TC250/SC2 als Arbeitsdokumente zur Verfügung gestellt und dienen dort als willkommene Grundlage für die entsprechenden Diskussionen über die weitere Harmonisierung des EC2 in den nächsten Jahren.

Die nationalen Anhänge umfassen mit den national festzulegenden Parametern (NDPs) und den zusätzlichen Informationen (NCIs) zwei unterschiedliche Typen von Informationen. Während die NCIs nationale Sonderregelungen enthalten (z. B. Anwendungsregeln für in EC2 nicht geregelte Fälle oder Verweise auf nationale Normen, Zulassungen oder Literatur), handelt es sich bei den NDPs entweder um einzelne Werte, Gruppen von Werten, Tabellen oder auszuwählende Verfahren. Im EC2 werden für diese Parameter Werte empfohlen, die in den nationalen Anhängen der einzelnen Länder entweder übernommen oder abgeändert werden.

In EC2-1-1 [R15] sind über 120 NDPs enthalten und ca. weitere 70 NDPs finden sich in EC2-1-2 [R17], EC2-2 [R19] sowie EC2-3 [R21]. In [40] findet sich die Zusammenstellung der Regelungen in den nationalen Anhängen zu EC2-2 von 30 Ländern in englischer Sprache aufgeführt. Malta hat keinen nationalen Anhang.

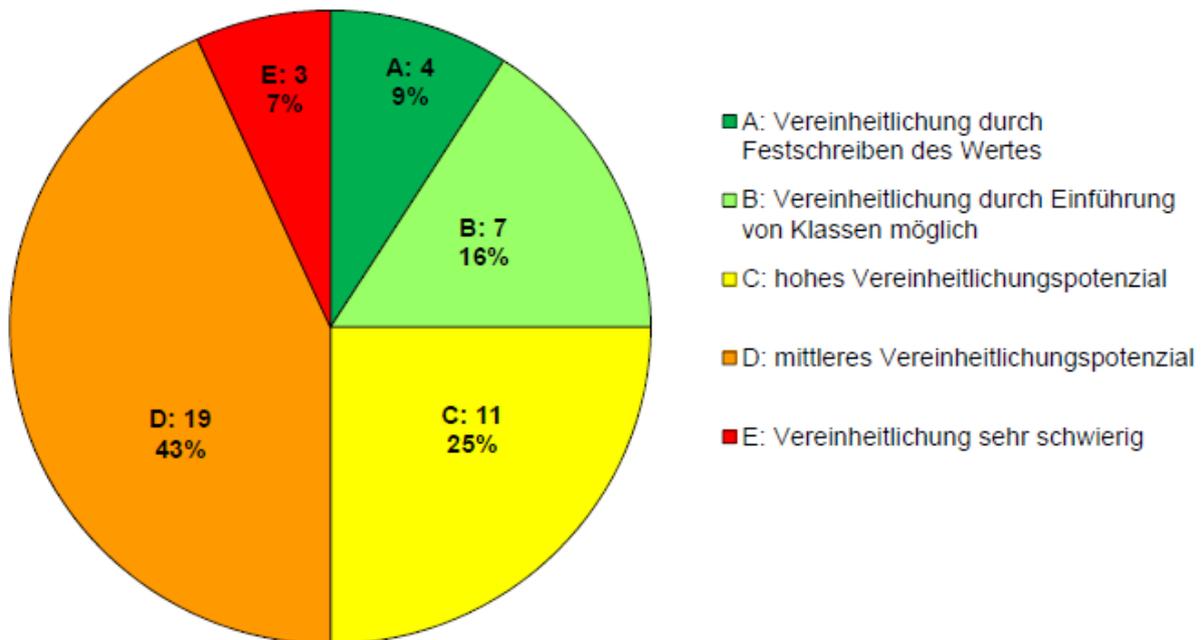
Im Vergleich zu EC2-1-1 mit über 120 NDPs sind in EC2-2 nur etwa 40 NDPs enthalten. Während in EC2-1-1 ein Großteil der NDPs einzelne Werte sind (z. B. Faktoren, Mindestdurchmesser, Abstände), trifft das in EC2-2 nur auf etwa die Hälfte der NDPs zu. Etwa 15 NDPs betreffen Verfahren und zusätzliche Regeln. Das Bild 2.2.2 zeigt, inwieweit die empfohlenen Werte des EC2 in den verschiedenen nationalen Anhängen der Länder übernommen wurden.



**Bild 2.2.2 – Vergleich der national festlegbaren Parameter (NDPs) mit den in EN 1992-2 empfohlenen Werten**

Mit den NDPs werden in vielen Fällen nur die in [R19] empfohlenen Werte abgeändert. Dies bedeutet, dass die Anzahl der Abweichungen zwischen den nationalen Anhängen und [R19] nicht zwangsläufig einen Rückschluss auf die generelle Akzeptanz des EC2 zulässt. So wurden die Konzepte und Modelle des EC2 von allen Ländern im Allgemeinen übernommen. Lediglich die informativen Anhänge werden nicht in allen Ländern angewendet und einige Länder schließen mithilfe von NDPs oder NCIs die Anwendung einzelner Absätze aus.

Um Möglichkeiten der Harmonisierung abzuschätzen, wurden die NDPs analog dem Vorgehen bei EN 1992-1-1 in verschiedene Kategorien eingeteilt (siehe [41]). Das sich daraus ergebende Vereinheitlichungspotenzial ist in Bild 2.2.3 dargestellt.



**Bild 2.2.3 – Vereinheitlichungspotenzial der NDPs in EN 1992-2 (30 Länder ausgewertet)**

Weiterhin wurde die Anwendung der NDPs in EN 1992-2 im Vergleich zu EN 1992-1-1 gesondert untersucht, um daraus Möglichkeiten zur Reduzierung abzuschätzen (siehe [41]). Dieser Ansatz ergab sich daraus, dass es neben den NDPs in EN 1992 1 1, die nicht für EN 1992-2 gelten, da der Abschnitt für Brücken keine Relevanz hat und den NDPs in EN 1992-2, die in brückenspezifischen Regelungen enthalten sind, und somit in EN 1992-1-1 keine Anwendung finden, eine Reihe von NDPs gibt, wo Überschneidungen auftreten. So gibt es Regelungen, die in beiden Teilen auftreten, und jeweils einen eigenen NDP beinhalten. Weiterhin gibt es NDPs in EN 1992-2, für Aspekte, die auch in EN 1992-1-1 abgedeckt sind, dort aber nicht national nachgeregelt werden können, außer in Form eines NCI. Außerdem gelten viele der NDPs in EN 1992-1-1 auch für EN 1992-2, wobei in einigen Fällen in den nationalen Anhängen trotzdem zwischen Gebäuden und Brücken unterschieden wird.

Verschiedene mögliche Ansätze zur Reduzierung und weiteren Harmonisierung der NDPs werden in [41] erläutert und für einen Großteil der NDPs in EN 1992-2 konkretisiert.

### 2.2.3 Zuverlässigkeitsmanagement im Betonbau

Bei der Planung und der Ausführung von Betonbauwerken und der zugehörigen Baustoffherstellung wird seit jeher versucht zu optimieren: Der Planer optimiert seine Planung, der Bauausführende optimiert seine Bauausführung und der Baustoffhersteller optimiert seine Bauproduktherstellung.

Beispiele dieser Optimierungsprozesse sind eine reduzierte „Zwangsbewehrung“, schnelle Umlaufzeiten der Schalungssysteme oder Reduzierungen im Zementgehalt. Nicht immer werden diese verschiedenen Optimierungsvorgänge aufeinander abgestimmt, und oft werden solche „Teiloptimierungen“ bei den einzelnen Beteiligten so stark als Leitmotiv in den Vordergrund gerückt, dass die Optimierung des fertigen Bauwerks und seiner Eigenschaften in den Hintergrund gerät. Hinzu kommt, dass sich der Optimierungsprozess in Normen einpassen lassen muss. Diese Normen werden dabei also stets auf Möglichkeiten abgeklopft, wie aus den geregelten Prozeduren „normgerechte“ Optimierungen ableitbar sind – technische und vor allem: wirtschaftliche.

Die möglichen negativen Folgen eines solchen, nicht aufeinander abgestimmten Optimierens sind offensichtlich und werden gelegentlich auch Realität. Sie können daher immer dann beachtet werden, wenn das fertige Betonbauwerk nicht die vom Bauherrn gewünschten optimalen Eigenschaften aufweist. Ärgerlich ist es insbesondere dann, wenn sich alle Beteiligten in

ihrem Optimierungsvorgang scheinbar normgerecht verhalten haben und es dabei versäumt wurde, notwendige Schnittstelleninformationen mit den anderen am Bau Beteiligten zu kommunizieren.

Es ist offensichtlich, dass Verbesserungen an nur einer Stelle kaum helfen werden. Und nimmt man die Erfahrung hinzu, dass sich die Vertreter der verschiedenen am Bau Beteiligten Ende 2014 auf keine neue deutsche Betonnorm einigen konnten [8], wird deutlich, dass das starre Normungskonzept, das jedem einzelnen zwar Optimierungspotenzial gab, aber auch unbefriedigende Gesamtergebnisse zuließ, überwunden werden muss. Nicht nur in der Betonnorm, sondern auch im Bereich der Planung (Bemessung und Konstruktion) sowie der Bauausführung fehlt also eine solche Differenzierung nach Bauaufgaben.

So werden in der Planung eines Bauvorhabens wichtige Annahmen getroffen, die für die Bauausführung und für die Wahl der Baustoffe von großer Bedeutung sind – beispielsweise, ob eine Bodenplatte nur frühem oder auch spätem Zwang ausgesetzt ist. Dabei können solche Annahmen, die dann in die Planung umgesetzt werden, für die Bauausführung Möglichkeiten, aber auch Einschränkungen bedeuten. Gleiches gilt gegenüber dem Baustoff: Annahmen der Planung und Festlegungen zum Bauverfahren wirken sich bei der Auswahl der Baustoffe entsprechend aus. Und nicht zuletzt aufgrund neuer Entwicklungen in der Betontechnologie sowie der daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten und Erweiterung der Anwendungsgebiete im Betonbau drängt die Notwendigkeit, Bauwerke bzw. Bauteile hinsichtlich ihres Anforderungsniveaus für die Bemessung, die Betonproduktion und die Bauausführung zu klassifizieren.

Die Sicherstellung der durchgängigen Qualität im Betonbau ist deswegen also eine schnittstellenübergreifende Aufgabe von Bauplanung, Bauausführung und Baustofftechnik.

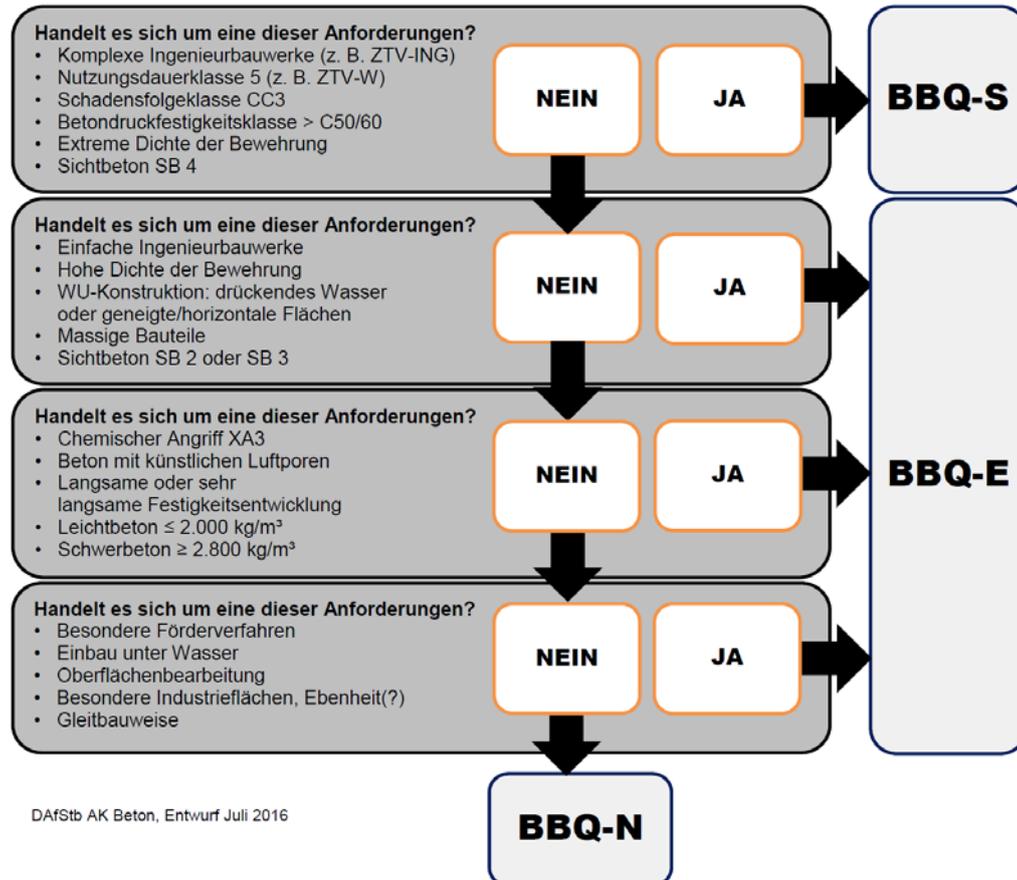
Vor diesem Hintergrund arbeitet der DAFStb seit einiger Zeit an einer Richtlinie „BetonBauQualität“ (Stichwort: BBQ), siehe [6]. Inzwischen liegt hierzu ein erster Entwurf [7] vor, der zeigt, in welche Richtung das Qualitätskonzept weiterentwickelt werden soll:

Um unter den unterschiedlichen Randbedingungen (Bauwerk bzw. Bauteil, Beton, Bauausführung) die angestrebte Beschaffenheit des Bauwerks bzw. Bauteils zielsicher erreichen zu können, werden in der Richtlinie drei Betonbauqualitätsklassen eingeführt:

- BBQ-N Bauwerke mit normalen Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe sowie Kommunikation
- BBQ-E Bauwerke mit erhöhten Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe sowie Kommunikation
- BBQ-S Bauwerke mit besonders festzulegenden Anforderungen an Planung, Bauausführung und Baustoffe sowie Kommunikation

Bild 2.2.4 zeigt den ersten Entwurf eines Entscheidungsbaums, mit dessen Hilfe die Zuordnung zu den drei Klassen vorgenommen werden könnte. Die Betonbauqualitätsklasse ist insbesondere abhängig von und zu verknüpfen mit

- der Nutzungsart und Nutzungsdauer des Bauwerkes oder des Bauteils,
- den Einwirkungen auf das Bauwerk bzw. Bauteil,
- dem eingesetzten Bauverfahren (z. B. Spanverfahren),
- der Art des Betons (z. B. Leichtbeton, Schwerbeton, selbstverdichtender Beton, Faserbeton, Beton mit künstlich eingeführten Luftporen, WU-Beton),
- der Bauwerks- bzw. Bauteilkonstruktion (z. B. Bewehrungsgehalte, Fugenkonstruktion, Einbauteile, spezielle Bauteilgeometrien, Oberflächenbeschaffenheiten).



**Bild 2.2.4 – Mögliche Zuordnung von Bauaufgaben und Anforderungen zu BBQ-Klassen**

Die Intensität der Kommunikation über die Schnittstellen wird ein zentrales Unterscheidungsmerkmal zwischen den BBQ-Klassen sein. Während der Austausch von Informationen und Festlegungen über die Wertschöpfungskette bei einfachen Betonbauwerken (BBQ-N) auch auf das Notwendige beschränkt bleiben kann, sollen bei BBQ-E und BBQ-S verbindliche Betonplanungsgespräche, Betonstartgespräche und Betonausführungsgespräche eingeführt werden, an denen die jeweils maßgebenden Personenkreise teilnehmen. Bei BBQ-S soll ggf. zusätzlich ein übergeordneter Fachkoordinator eingebunden werden.

Die Struktur und die Inhalte dieser Kommunikation soll sich u.a. an den Vorschlägen der ÖBV-Richtlinie „Qualitätssicherung für Beton von Ingenieurbauwerken“ [38] orientieren.

Weitere Erläuterungen zu den Hintergründen und zum Stand der Beratungen enthält [27].

## 2.2.4 Einführung von Widerstandsklassen für Beton

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Betonbauweise wurden seit einigen Jahren im Rahmen von Forschungsarbeiten leistungsorientierte Konzepte zur Abschätzung der Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken entwickelt und in einzelnen Bauprojekten erprobt. Auf der Ebene des CEN wird vor diesem Hintergrund über die Einführung von sog. „Exposure Resistance Classes – ERC“ (Expositions-widerstandsklassen) für Beton beraten.

Im Zuge der bereits begonnenen Überarbeitung des EC2 und der Weiterentwicklung der EN 206, die erst jenseits des Jahres 2020 abgeschlossen sein werden, wird derzeit in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe von CEN/TC250/SC2 und CEN/TC104/SC1 ein entsprechendes neues Dauerhaftigkeitskonzept entwickelt.

Der vorläufige Diskussionsstand in der Task Group TG10 „Durability“ (Dauerhaftigkeit) für das Kapitel Dauerhaftigkeit im zukünftigen EC2 sieht beispielsweise folgende Vorschläge für die

Verknüpfung von Widerstandsklassen in Bezug auf Carbonatisierungs- und Chloridexpositionen und Betondeckungen vor (Tabelle 2.2.1, Stand März 2017).

**Tabelle 2.2.1 – Minimum concrete cover dependant on design working life, exposure classes and exposure resistance classes RXC/RXSD (Draft 2017-03)**

Preliminary values	Minimum cover for 50 and 100 years design working life, (preliminary values, values are rounded to nearest 5 mm)					
	RXC20 <sup>2</sup>		RXC30 <sup>2</sup>		RXC40 <sup>2</sup>	
	50-years	100-years	50-years	100-years	50-years	100-years
XC1	10	15	10	20	10	20
XC2	10	15	15	20	20	30
XC3	15	20	20	25	25	35
XC4	15	20	20	25	25	35
	RXSD45		RXSD60		RXSD75 <sup>6</sup>	
XD1	25	35	30	40	35	45
XS1	25	35	30	40	35	45
XD2	30	40	40	50	50	NA
XS2 <sup>3</sup>	30	40	40	50	50	NA
XD3 <sup>4</sup>	40	50	50	60	60	NA
XS3 <sup>3</sup>	40	50	50	60	60	NA

<sup>1</sup> Concrete corresponding to RXC10, with  $K_{N,50} \leq 1,4$  mm/year<sup>0.5</sup> may be designed with  $c_{min} = \max \{c_{min,D}; 10 \text{ mm}\}$

<sup>2</sup> The values are given for 'slab type geometry' in beams the cover shall be increased by 5mm in RC20 and by 10 mm in RC30 and RC40 for exposure classes XC2, XC3, XC4,

<sup>3</sup> In saline waters with chloride level below 2,0 % the minimum cover may be reduced by 10 mm, with a chloride level below 1,0 % the cover may be reduced by 15 mm, the tabulated values are applicable for Mediterranean and North Sea conditions (3 %).

<sup>4</sup> Structures in regions with only short periods of use of de-icing salts, or low quantities annually, the minimum cover may be reduced by 10 mm, in agreement with provisions valid in the place of use.

<sup>5</sup> The tabulated values for minimum cover assume curing class 2 according to EN 13670 (curing to 35% of  $f_{ck}$ ), where curing to curing class 3 or more is specified the cover may be reduced by 5 mm in exposure classes XC3, XC4, XD1, XD2, XD3 and XS1.

<sup>6</sup> Concrete RXSD75 is not considered applicable for structures with 100 years design working life in exposure classes XD2, XD3, XS2 and XS3 due to excessive cover requirements.

In der DAfStb-Arbeitsgruppe Dauerhaftigkeitsbemessung arbeiten DAfStb, DBV und andere an einem normativen Bemessungsansatz für die Dauerhaftigkeit von Beton. In CEN/TC104/SC1/WG1 wurde eine Umfrage gestartet, um in den CEN-Mitgliedsstaaten die vorhandenen Erfahrungen mit leistungsbezogenen Dauerhaftigkeitsnachweisen und entsprechenden Bemessungskonzepten abzufragen. Die deutsche Antwort auf diese europäische Umfrage ist in [18] enthalten. Die gesamteuropäische Auswertung der Umfrage hat gezeigt, dass kein CEN-Mitgliedsstaat mit dem bestehenden deskriptiven System der Festlegung von Dauerhaftigkeitsanforderungen unzufrieden ist [4].

Keiner der CEN-Mitgliedsstaaten operiert bisher mit einem System, in dem die Dauerhaftigkeit von Beton ausschließlich über leistungsbezogene Standard-Prüfungen des Frost-Tau-Widerstandes, des Chlorid-Eindringwiderstandes oder des Karbonatisierungswiderstandes festgestellt wird. Daher ist es unwahrscheinlich, dass es für ein System in EN 206 ohne einen Grundbausatz an Grenzwerten (z. B. höchstzulässiger w/z-Wert, Mindestzementgehalt, Mindestdruckfestigkeitsklasse) eine Mehrheit im CEN geben wird. Die Auswertung hat gezeigt, dass ein radikaler Wechsel des Systems nicht gewünscht ist.

Auf der europäischen Ebene zeichnet sich derzeit eine Mehrheit für informative Anhänge in den europäischen Normen EC2, EN 206, EN 13670 und EN 13369 ab, die die Festlegung von „Exposure Resistance Classes“ (Expositionswiderstandsklassen) auf Basis qualifizierter Prüfverfahren und/oder deskriptiver Regeln zur Betonzusammensetzung mit nationalen Wahlmöglichkeiten beinhalten. Dadurch wird den CEN-Mitgliedsstaaten Gelegenheit gegeben, das ERC-System über die informativen Anhänge grundsätzlich zur Anwendung zu bringen und dabei gleichzeitig die Verknüpfung mit den bestehenden nationalen deskriptiven Regelungen herzu-

stellen oder alternativ weiterhin ausschließlich dem bisherigen deskriptiven Konzept zu folgen. Dies entspricht auch dem von DAfStb und DBV in den CEN-Gremien vertretenen deutschen Standpunkt.

Aus der PRB wurde ein Zuordnungsvorschlag von Mindestbetondeckungen zu Expositionsklassen unter Einbeziehung von ERC-Klassen und deutschen „deemed to satisfy values“ (als erfüllt anzusehende Werte) für die Betonzusammensetzung aus DIN 1045-2:2008-08 in die Beratungen eingebracht, der den Status-Quo in Deutschland beschreibt (siehe Tabelle 2.2.2).

**Tabelle 2.2.2 – Zuordnungsvorschlag von Mindestbetondeckungen zu Expositionsklassen unter Einbeziehung von ERC-Klassen und deutschen „deemed to satisfy values“**

Exposure Class	Minimum cover for 50 years design working life, (preliminary values with DtS-values of Germany taken from DIN 1045-2:2008-08)			
	No RC	RC20	RC30	RC40
XC1	-	10	10	<b>10</b> C16/20 w/z = 0,75 z ≥ 240 kg/m <sup>3</sup>
XC2	-	10	<b>15</b> C25/30 w/z = 0,65 z ≥ 280 kg/m <sup>3</sup>	<b>20</b> C16/20 w/z = 0,75 z ≥ 240 kg/m <sup>3</sup>
XC3	-	<b>15</b> C30/37 w/z = 0,55 z ≥ 300 kg/m <sup>3</sup>	<b>20</b> C20/25 w/z = 0,65 z ≥ 260 kg/m <sup>3</sup>	25
XC4	-	15	<b>20</b> C35/45 w/z = 0,50 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	<b>25</b> C25/30 w/z = 0,60 z ≥ 280 kg/m <sup>3</sup>
Exposure Class	No RS	RSD45	RSD60	RSD75
XD1/XS1	-	25	<b>30 → 35</b> C40/50 w/z = 0,45 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	<b>35 → 40</b> C30/37 w/z = 0,55 z ≥ 300 kg/m <sup>3</sup>
XD2/XS2	-	<b>30 → 35</b> C45/55 w/z = 0,40 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	<b>40</b> C35/45 w/z = 0,50 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	50
XD3/XS3	<b>35</b> C45/55 w/z = 0,35 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	<b>40</b> C35/45 w/z = 0,45 z ≥ 320 kg/m <sup>3</sup>	50	60

*Italic DtS-values mean: requirement for reducing minimum cover with -5 mm in DIN EN 1992-1-1/NA is to use concrete with two classes higher as minimum concrete strength class → the DtS-values are adopted.*

## 2.2.5 Ausführungsnormen für den Betonbau

Im CEN/TC250 wurde eine AHG "Execution" (Ausführung) installiert, in der ein gemeinsames Grundkonzept für die Ausführungsnormen erarbeitet werden soll. Hier beteiligt sich die PRB, um die aus der AHG kommenden Fragen beantworten zu können und um deutsche PRB-Vorschläge einzubringen. Dazu wurden die derzeitigen Ausführungsregeln in EN 13791 und DIN 1045-3 bewertet. Aus der Bewertung und dem Vergleich sind PRB-Empfehlungen für die Ausführungsnormung mit Bezug zum europäischen Konzept des EC2 bzw. der EN 13670 erarbeitet worden. Die pränormativen Vorschläge wurden dahingehend untergliedert, welche Regelungen aus der aktuellen DIN 1045-3 im Sinne der Anwender unbedingt in die Neufassung von EN 13670 eingebracht werden sollten bzw. welche entsprechenden Öffnungsmöglichkeiten ge-

schaffen werden müssen, und auf welche Regelungen ggf. verzichtet werden kann. Die Ergebnisse sollen die deutsche Position in der AHG „Execution“ (Ausführung) stärken und zu Umsetzungsempfehlungen in den betroffenen Ausführungsnormen führen.

In EN 13670 sind formal drei „Ausführungsklassen“ hinsichtlich Qualitätsmanagement und Überwachung von Baustoffen und Produkten definiert. Die Ausgestaltung des Überwachungskonzepts erfolgt national durch in DIN 1045-3 definierte „Überwachungsklassen“. Eine Öffnung für umfangreiche nationale Regelungen existiert formal in der Einleitung in der Form, dass „Einzelheiten hinsichtlich der Anforderungen an die Qualifikation des Personals sowie zum Qualitätsmanagement in die Zuständigkeit der Mitgliedsstaaten fallen“. Dass diese pauschale Möglichkeit für umfangreiche nationale Regelungen auch künftig in Anspruch genommen werden kann, ist eher nicht zu erwarten. Für die übrigen nationalen Anwendungsregeln der DIN 1045-3 existieren formal keine entsprechenden Öffnungsklauseln.

### Vorschläge für die Neufassung der EN 13670:

Folgende normativen Regelungen aus DIN 1045-3 sollten möglichst in einer künftigen EN 13670 verankert werden:

- System der Überwachungsklassen bzw. der Eigen- und „Fremdüberwachung“ (Anhänge NA bis ND) (ggf. formal in Ausführungsklassen überführen und wenn möglich vereinfachen);
- Definition von Kriterien für Festlegung der Überwachungs-/Ausführungsklassen (Tabelle NA.1) (wenn möglich vereinfachen);
- Definition von Umfang und Häufigkeit der Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften (Tabelle NB.1 bzw. NB.2) (wenn möglich vereinfachen z. B. eine gemeinsame Tabelle für Beton nach Eigenschaften und Zusammensetzung etc.);
- Annahmekriterien z. B. für die Ergebnisse der Druckfestigkeitsprüfungen (Tabelle NB.3) oder weiterer Kriterien (Frischbeton) (wenn möglich vereinfachen);
- Regelungen zum Betonieren (zu 8), z. B. zum Größtkorn, bei hohen und niedrigen Temperaturen, zur Verarbeitbarkeitszeit sowie zur Nachbehandlung,

Folgende normativen Regelungen aus DIN 1045-3 müssen nicht (direkt) in einer künftigen EN 13670 verankert werden:

- Normative Hinweise zu geltenden Normen von Schalungen und Traggerüsten (zu 5.1);
- Zusätzliche Bemessungsregeln zum Hin- und Zurückbiegen sowie Warmbiegen des Betonstahls (zu 6.3), da diese im EC2 enthalten sind bzw. bleiben sollen (ein Verweis ist ausreichend);
- Regelungen zu zulässigen Schweißverfahren des Betonstahls, da diese für tragende Verbindungen in EN ISO 17660 geregelt sind bzw. Tabelle 4.NA zu 6.4 in der Praxis keine Anwendung findet, da z. B. die zugelassenen Verfahren für den Sonderfall „nicht vorwiegend ruhende Belastung“ (bei Ingenieurbauwerken nicht zulässig) nicht baustellentauglich sind;
- Zusätzliche Regelungen zur Vorspannung (zu 7, etwa 4 - 5 Seiten), da diese im Wesentlichen im EC2 geregelt sind bzw. bis auf absehbare Zeit in Deutschland nur zugelassene Spannverfahren nach ETA oder abZ angewendet werden dürfen. Ggf. können einzelne Anforderungen/Prüfungen in die „Überwachung des Vorspannens“ (derzeit NA.4) integriert werden.
- Tabellenwerte für eine vereinfachte Ermittlung der Nachbehandlungsdauer (Tabellen 5.NA bzw. 6.NA), d. h. Konkretisierung der Nachbehandlungsklassen nach EN 13670, Tabelle 4.

Die Vorschläge sind auch mit Hinblick auf etwaige künftige nationale Regelungen zur „Beton-Bauqualität“ (Stichwort: BBQ) [7] erarbeitet worden, wobei eine Implementierung der Regeln in die Struktur der EN 13670 bzw. DIN 1045-3 im Vordergrund stand.

Die Vorschläge zur Neuregelung des Qualitätsmanagements bzw. der Überwachung des Betonierens in EN 13670 / DIN 1045-3 erfolgten vor dem Hintergrund einer Vereinfachung der derzeitigen drei Überwachungsklassen in DIN 1045-3, wobei die Überwachungsklasse 3 nahezu ausschließlich dazu dient, einen erheblichen Mehraufwand an Probekörpern für die Druckfestigkeitsprüfung von hochfestem Beton zu erzeugen. Dieser Aufwand lässt sich nicht mit den heutigen baupraktischen Erfordernissen insbesondere an die Anforderungen an die Prüfung der Frischbetoneigenschaften begründen. Vielmehr können für die zielsichere Erfüllung der maßgeblichen Bauwerksanforderungen auch andere Frisch- und/oder Festbetoneigenschaften notwendig werden als ausschließlich die Betondruckfestigkeit. Folglich wurde der Fokus weg von den erhöhten Festbetonprüfungen hin zu den Frischbetonprüfungen gelegt. Es erfolgte zudem eine Vereinfachung der drei Überwachungsklassen in DIN 1045-3 hinzu dem Vorschlag von 2 „Ausführungsklassen“ in EN 13670 (siehe Tabelle 2.2.3).

**Tabelle 2.2.3 – Vorschlag für zwei Ausführungsklassen für das Betonieren**

S	1	2	3
Z	Gegenstand	<b>AK 1</b>	<b>AK 2<sup>a</sup></b>
1	Festigkeitsklasse für Normal- und Schwerbeton nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08	≤ C25/30	≥ C30/37
2	Festigkeitsklasse für Leichtbeton nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08	≤ LC25/28	≥ LC30/33
3	Stahlfaserbeton nach DAfStb-Richtlinie	Leistungsklasse L1 ≤ 1,2	Leistungsklasse L1 > 1,2
4	Expositionsklasse nach DIN EN 1992-1-1 bzw. DIN EN 201-1/ DIN 1045-2:2008-08	X0, XC, XF1, XA1, WO, WF	XS, XD, XA2, XA3, XM <sup>c</sup> , XF2, XF3, XF4, WA
5	Besonders festzulegende Anforderungen an das Bauteil, den Beton oder das Bauverfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>— auf das Bauverfahren angepasste (geplante) Betonieröffnungen und Rüttelgassen</li> <li>— Betone der Konsistenzklassen F1 bis F5</li> <li>— Transport des Betons mittels Kübel oder durch Pumpen über kurze und mittlere Pumpstrecken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— fehlende (nicht geplante) Betonieröffnungen und Rüttelgassen</li> <li>— hohe Bewehrungsgehalte</li> <li>— von 28 Tagen abweichendes Nachweisalter für die Betondruckfestigkeit</li> <li>— geplante Nutzungsdauer größer 50 Jahre</li> <li>— WU-Beton bzw. wasserundurchlässige Baukörper/Konstruktionen</li> <li>— Bauteile mit Vorspannung</li> <li>— Transport des Betons über lange Pumpstrecken oder in besondere Höhen/Tiefen</li> <li>— Betone der Konsistenzklasse F6 und SVB</li> <li>— weitere Anforderungen (siehe [27])</li> </ul>

Weitere Erläuterungen und konkrete pränormative Vorschläge zur Qualitätssicherung im Betonbau enthält [27].

## 2.3 Stahlbau

### 2.3.1 Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1)

Die Analyse der EN 1993 Teil 1-1 (EC3-1-1) war einer der Schwerpunkte in der ersten Phase der PRB-Projektgruppe 3 (PG3). Im Zuge des „Systematic Reviews“ wurden 2014 die deutschen Kommentare, die auch die Ergebnisse der Arbeit der ersten Phase der PG3 enthielten, an CEN/TC250/SC3 weitergegeben. Dies geschah mittels dreier Dokumente: Eine erste Stellungnahme im Oktober 2014, eine Ergänzungslieferung zu den wichtigen Kapiteln 5 und 6 am 17.12.2014 und eine weitere Ergänzung zu diesen Kapiteln am 16.04.2015. Alle drei Dokumente enthielten die Kommentare und Anmerkungen der PG3 und waren durch die vorherige Abstimmung im Spiegelausschuss offizielle DIN-Stellungnahmen an das CEN.

Auf europäischer Ebene wurden durch die Arbeitsgruppe WG1 alle beim CEN eingegangenen Kommentare systematisiert und in sechs Dokumenten zusammengefasst. Hierzu wurde im Sommer 2015 eine kleine Untergruppe der WG1 gebildet, bestehend aus Ulrike Kuhlmann (DE), Alain Bureau (FR), Bert Snijder (NL) und Ralf Egner (DE, PG3). Durch die Mitarbeit von Ralf Egner in dieser Untergruppe gewann der Aspekt „Ease of Use“ stärkere Bedeutung. Es wurden fast alle deutschen Kommentare positiv, d. h. mit 1, 2 oder 4 bewertet. Die deutschen Kommentare sollten also in der weiteren Eurocode-Überarbeitung berücksichtigt werden (siehe [28]). Das Projektteam zum EC3-1-1 nahm im Herbst 2015 die Arbeiten auf.

Am 04.05.2016 wurde der erste Entwurf für einen neuen EC3-1-1 an das DIN zur Stellungnahme übermittelt. Bei der Durchsicht durch die PG3 wurde bemerkt, dass dieser erste Entwurf nur einen geringen Teil der positiv bewerteten Änderungen enthielt. In der Kommentierung für den Spiegelausschuss wurde darauf hingewiesen, dass diverse Änderungen aus dem zusammengefassten, oben genannten Dokumenten noch fehlen und diese ebenfalls in die überarbeitete Fassung aufzunehmen sind.

Am 03.05.2017 wurde dann der zweite Entwurf für den EC3-1-1 verteilt. Der zweite Entwurf wurde durch drei Dokumente ergänzt, die Kommentare zu den im „Systematic Review“ gewünschten aber nicht umgesetzten Änderungen enthielten. Leider wurde bei der Erarbeitung des zweiten Entwurfs wohl das Teildokument 2 aus der Review-Zusammenstellung (siehe [28]) übersehen. Daher waren die dort vorgeschlagenen Änderungen, alles deutsche und insbesondere Änderungswünsche der PG3, nicht eingearbeitet worden.

### 2.3.2 Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5)

Der Transfer der Ergebnisse aus der ersten PRB-Phase erfolgte für die EN 1993 Teil 1-5 (EC3-1-5) in mehreren Schritten durch zahlreiche Dokumente und die direkte Mitarbeit in den entsprechenden DIN- und CEN-Gremien.

Zuerst wurde basierend auf den vorliegenden PRB-Forschungsergebnissen im Rahmen des „Systematic Reviews“ ein detaillierter Vorschlag für eine Verbesserung des EC3-1-5 erarbeitet und im zuständigen DIN-Spiegelausschuss NA 005-08-16 zum CEN/TC250/SC3 eingereicht und besprochen. Nach allgemeiner Zustimmung wurde dieser Normvorschlag mit weiteren deutschen Vorschlägen durch die PG3 in einem Dokument zusammengeführt und als gesamtdeutsch deutsches Dokument ins Englische übersetzt (siehe [31]).

Anschließend wurde das Dokument [31] über den NA 005-08-16 im Rahmen des „Systematic Reviews“ offiziell an das zuständige europäische Gremium WG5 des CEN/TC250/SC3 weitergeleitet. Zum leichteren Verständnis wurden von der PG3 zudem die Änderungsvorschläge aus [31] direkt in einen konkreten Vorschlag für den neuen Normtext umgesetzt und als Anhang [30] zusammen mit dem „Systematic Review“ beim CEN eingereicht.

Kerninhalt der neuen Vorschläge ist die Konsolidierung der Norm, sowie das Schließen bestehender Lücken in der Nachweisführung, insbesondere zum Vorgehen bei ausgesteiften Bauteilen sowie der Anwendung des allgemeinen Verfahrens zur Ermittlung effektiver Querschnitte. Eine vereinfachte Darstellung des vorgeschlagenen und zum bisherigen, nicht widersprüchlichen, zweistufigen Vorgehen ist in Bild 2.3.1 dargestellt.

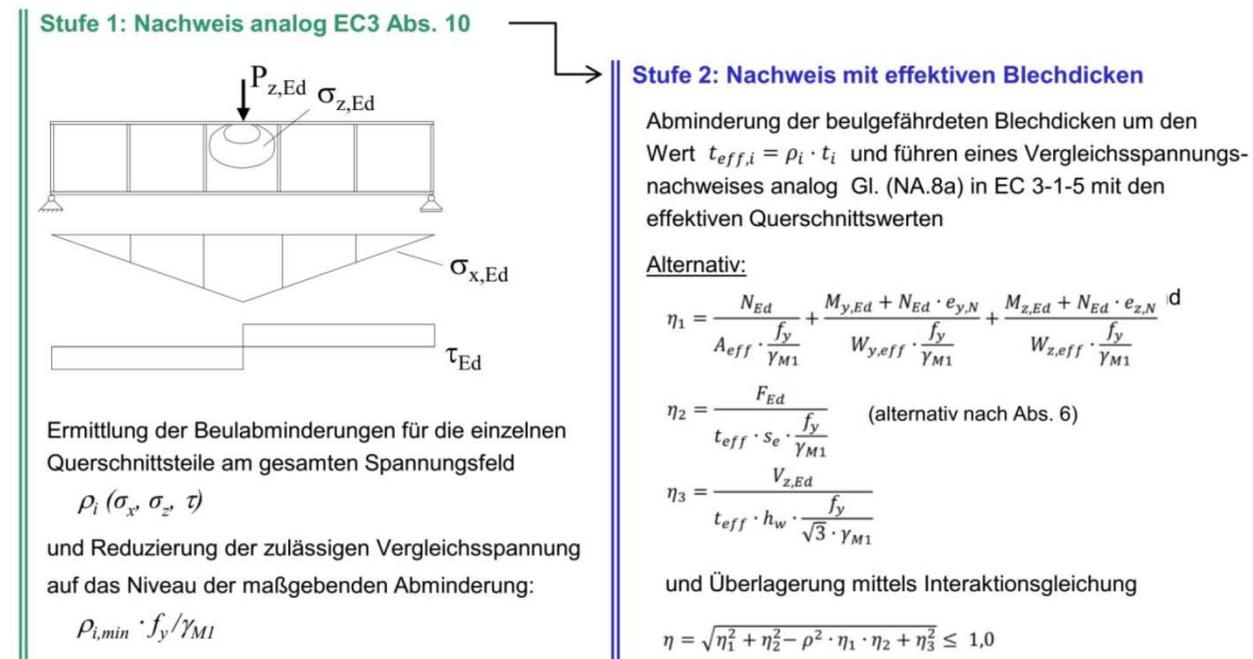


Bild 2.3.1 – Vorgeschlagenes allgemeines Verfahren mit zweistufigem Vorgehen

### 2.3.3 Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8)

Für die EN 1993 Teil 1-8 (EC3-1-8) wurden die Arbeitsergebnisse der ersten PRB-Phase im Rahmen des „Systematic Reviews“ zur aktuell gültigen Version EC3-1-8 [R25] und über die für den EC3-1-8 verantwortliche Arbeitsgruppe WG8 "Evolution of EN 1993-1-8 – Joints and connections" (Weiterentwicklung von EN 1993-1-8 – Anschlüsse und Verbindungen) des CEN/TC250/SC3 direkt auf europäischer Ebene eingebracht. Wesentliche Änderungsvorschläge der PG3 waren die Themenkomplexe „Komponentenmethode“ und „Hohlprofilanschlüsse“. Zur Komponentenmethode, die in Deutschland prinzipiell als praxisfern und zu umständlich für die Anwendung angesehen wird, wurde gefordert, das bestehende Kapitel 6 auf einen kurz gefassten Basistext zu reduzieren und die eigentlichen Komponenten in einen neuen Anhang auszulagern. Zu den Hohlprofilanschlüssen wurde gefordert, dass das bestehende Kapitel 7 vollständig in einen Anhang ausgelagert werden sollte, da das Thema als sehr spezifisch und als nur für vergleichsweise wenige Anwendungsfälle relevant bewertet wurde. Außerdem wurde im „Systematic Review“ eine Vielzahl von konkreten Verbesserungsvorschlägen formuliert.

Der „Systematic Review“ wurde als Teil der aus Deutschland stammenden Verbesserungsvorschläge für EC3-1-8 an die zuständige WG8 des CEN/TC250/SC3 weitergegeben. Weitere deutsche Kommentare zu EC3-1-8 wurden parallel dazu direkt an die WG8 des CEN/TC250/SC3 weitergeleitet. Sie betreffen ausschließlich die Anschlüsse mit Stahlhohlprofilen im bestehenden Kapitel 7 von EC3-1-8.

Die CEN/TC250/SC3/WG8 hat die oben genannten deutschen Vorschläge und alle anderen europäischen Vorschläge in einem Gesamt-Review-Dokument zusammengefasst und hinsichtlich der weiteren Bearbeitung im Rahmen der Weiterentwicklung des EC3-1-8 bewertet. Mit der Umsetzung dieser Aufgaben wurde das Projektteam PT2 beauftragt, das im Herbst 2015 seine Arbeiten aufnahm.

Prof. Ummenhofer ist Convenor der WG8 des CEN/TC250/SC3 und begleitet in dieser Funktion die durch PG3 veranlassten Verbesserungsvorschläge.

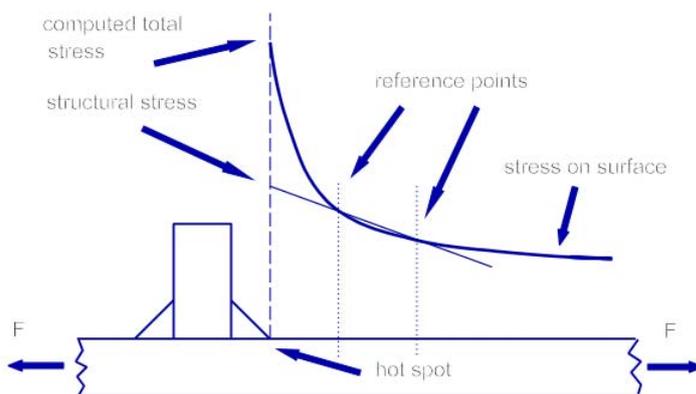
### 2.3.4 Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9)

Die Ergebnisse aus der ersten PRB-Phase (siehe Abschlussbericht [16]) für die Verbesserung der Praxistauglichkeit der EN 1993 Teil 1-9 (EC3-1-9) wurden bis September 2016 für die Einreichung beim CEN im Rahmen des „Systematic Reviews“ aufbereitet und in der Kommentar-

tabelle für den zuständigen DIN-Spiegelausschuss NA 005-08-16 zum SC3 zusammengestellt. Ein wesentlicher Punkt war, dass die Regelungen im EC3-1-9 zum Strukturspannungskonzept für die sichere allgemeine Anwendung unzureichend sind.

Am 28.09.2016 wurden diese PRB-Vorschläge dann zusammen mit zwei weiteren deutschen Kommentaren der Universität Stuttgart und der DSTV Fachgemeinschaft Brückenbau in der Sitzung des DIN-Spiegelausschusses diskutiert. Die Vorschläge der PG3 bekamen weitestgehend Zustimmung und deren Weiterreichung an das CEN wurde befürwortet. In der Gesamtdiskussion aller Kommentare wurde festgestellt, dass einige der anderen Vorschläge Doppelungen zu den PG3-Vorschlägen aufwiesen oder zumindest vom Sinn her in die gleiche Richtung zielten. Dies betraf vor allem die PG3-Vorschläge, wonach die Gefahren durch Fehlanwendung des Strukturspannungskonzeptes abgewendet werden sollten.

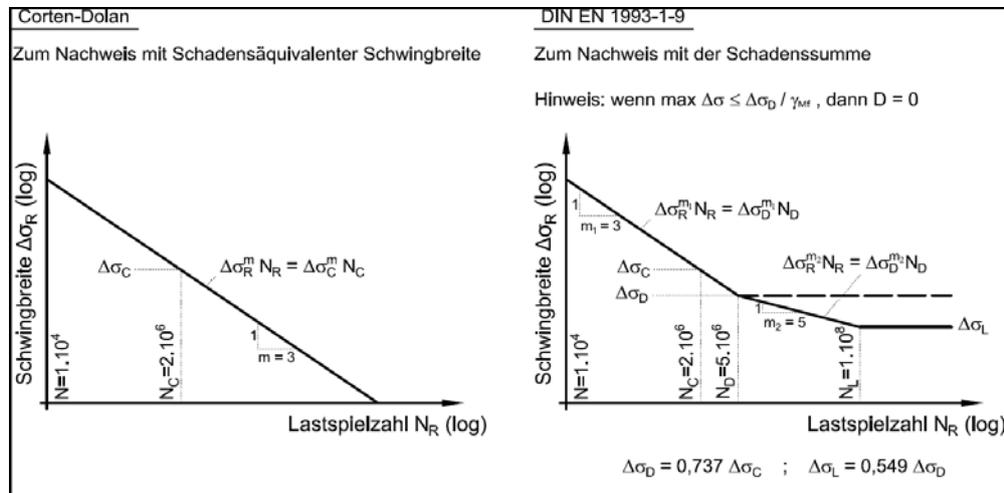
Exemplarisch seien hier die bisher gänzlich fehlenden Regelungen zur genauen Bestimmung der maßgeblichen Strukturspannung genannt, mit denen der Nachweis zu führen ist. Es ist unstrittig, dass man aufgrund von Singularitäten in keinem Fall eine Spannung genau an der Stelle einer scharfen Kerbe bestimmen kann. Wie aber ist dann die maßgebliche Strukturspannung aus einem FEM-Modell zu bestimmen? An welcher Stelle (Stützstelle) neben der maßgebend zu untersuchenden Stelle sind Spannungen zu bestimmen und wie ist ausgehend von diesen Spannungen auf die Spannungen an der interessierenden Stelle zurückzuschließen? Ist eine lineare Extrapolation von den Stützstellen auf die maßgebende Stelle ausreichend oder sollten besser gekrümmte Extrapolationen verwendet werden? Wenn letzteres zutrifft, welcher Funktion genau sollte diese Extrapolation dann folgen? Das Bild 2.3.2 erläutert den Hintergrund der Fragen.



**Bild 2.3.2 – Definition von Strukturspannung und Möglichkeiten deren Berechnung**

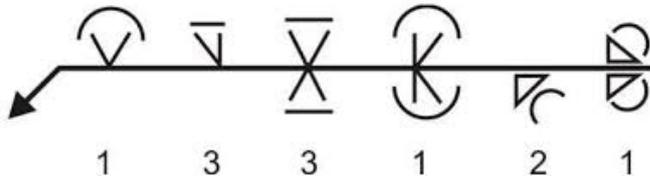
Der EC3-1-9 liefert auf diese wesentlichen Fragen keine Antworten. In diesem Zusammenhang wurde leider dem ursprünglichen Vorschlag der PG3, bis auf die Öffnungsklausel zur Anwendung des Bemessungskonzeptes alle übrigen nur fragmentartig vorhandenen Regelungen zum richtigen Umgang mit diesem Bemessungskonzept ersatzlos zu streichen, nicht gefolgt. In der DIN-Sitzung wurde einvernehmlich festgelegt, dass fehlende Angaben zur sicheren Anwendung des Konzeptes in einer Technischen Spezifikation aufgenommen werden sollen. Dieses Vorgehen verfolgt zwei mit den Grundgedanken der PG3 im Einklang stehende Bestrebungen. Zum einen wird der bestehende Normenteil nicht völlig unnötig durch die Ergänzung fehlender Regelungen aufgebläht, zumal das angesprochene Konzept eher eine Nischenanwendung für Spezialisten als einer Standardanwendung für den normalen Ingenieur entspricht. Zum anderen können die wenigen, lückenhaften Angaben zur Anwendung des Strukturspannungskonzeptes aus dem EC3-1-9 ausgelagert und dadurch dieser Normenteil weiter gestrafft werden. Da dieser Vorschlag jedoch in dieser Form in einem anderen Kommentar im „Systematic Review“ zu finden war, wurden entsprechende Hinweise im Vorschlag der PG3 zur ersatzlosen Entfernung der betreffenden Regelungen aus Teil 1-9 nicht übernommen. Alle übrigen Vorschläge, wie z. B. der zur Umstrukturierung einiger Abschnitte der Norm, wurden sehr positiv aufgenommen.

Beispielhaft werden hier zwei Punkte angeführt. Es wurde folgender Vorschlag für die deutlich vereinfachte Bemessung positiv bewertet: Statt mit einer zweifach abgeknickten Wöhlerlinie konservativ soll es zukünftig möglich sein, auch mit einer durchgehenden, nicht abgeknickten Bemessungslinie nach Corten-Dolan zu rechnen (siehe Bild 2.3.3).



**Bild 2.3.3 – Vereinfachte Bemessungskurve gegenüber der aktuellen, zweifach geknickten Wöhlerkurve aus Teil 1-9**

Zum anderen wurde ebenfalls der Vorschlag befürwortet, zur Vermeidung von Fehlanwendungen der Kerbfalltabellen aus Teil 1-9 eine Spalte in allen Tabellen zu integrieren, in der die genaue, auf jeden spezifischen Kerbfall zutreffende Schweißnahtsymbolik mit aufgenommen wird.



**Bild 2.3.4 – Beispiele für Schweißsymbole, die in eine gesonderte Spalte in den Kerbfalltabellen mit aufgenommen werden sollen**

Die Vorschläge der PG3 wurden bis Ende November 2016 unter Berücksichtigung der Diskussionsergebnisse des Spiegelausschusses ins Englische übersetzt (durch Prof. Kühn und Dr. Prokop) und im Rahmen des „Systematic Reviews“ zusammen mit den anderen Kommentaren beim CEN eingereicht. Die Seitenanzahl wurde deutlich reduziert, da es in der ersten Zusammenstellung der verschiedenen deutschen Kommentare zahlreiche Doppelungen gegeben hatte.

Als Fazit lässt sich an dieser Stelle festhalten, dass es der PG3 in Bezug auf den Teil EC3-1-9 gelungen ist, sämtliche in der PG3 erarbeitete Änderungsvorschläge nicht nur im nationalen Normenausschuss zu positionieren und zu argumentieren, sondern vielmehr auch nahezu 100 % der Vorschläge bis in das zuständige europäische Normengremium WG9 des CEN/TC250/SC3 weiterzuleiten.

### 2.3.5 Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6)

Das Forschungsprojekt soll zur Anwenderfreundlichkeit bei der Bemessung von Kranbahnträgern nach EN 1993 Teil 6 (EC3-6) beitragen. Ziel ist es, die Ergebnisse der ersten PRB-Phase (siehe Abschlussbericht [16]) in den europäischen Normungsgremien einzubringen und für die Überarbeitung des EC3-6 zu etablieren, sowie die anderen europäischen Vorschläge zu analysieren und zu bewerten.

Prof. Laumann arbeitet seit 2015 im für Kranbahnen zuständigen DIN-Spiegelausschuss NA 005-08-01 AA zum CEN/TC250/SC3/WG19 intensiv an der Weiterentwicklung des EC3-6 mit. In engem Zusammenhang dazu stehen Vorschläge zu tangierenden Normenteilen, wie EN 1991-3 (Einwirkungen infolge von Kranen), EN 1993-1-1 (Allgemeine Bemessungsregeln) und EN 1993-1-9 (Ermüdung).

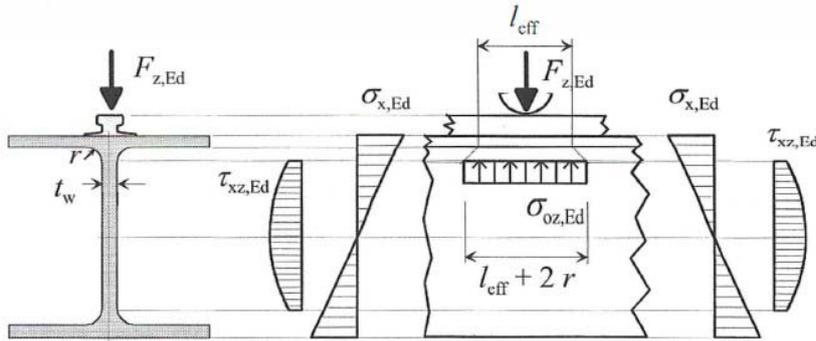
Die wesentlichen Ergebnisse der ersten PRB-Phase wurden im Spiegelausschuss zur WG19 des CEN/TC250/SC3 in mehreren Sitzungen und mit Dokumenten direkt eingebracht. Die Verbesserungsvorschläge der ersten PRB-Phase, insbesondere die notwendigen rein redaktionellen Änderungen wurden direkt in das Dokument für den „Systematic Review“ übernommen. Ebenso wurden die technisch-inhaltlich relevanten Änderungsvorschläge in den „Systematic Review“ eingebracht. Hierbei sind insbesondere zu nennen:

- Reduzierung von Schwingbeiwerten;
- Reduzierung bzw. Zusammenfassung von Lastfallgruppen;
- Einfügen einer Übersicht mit eindeutiger Festlegung, wann welcher Nachweis mit welchen Beanspruchungen zu führen ist (siehe Tabelle 2.3.1);
- Klärung des Lastangriffspunktes der vertikalen Radlasten bei Stabilitätsnachweisen;
- Anpassung der vereinfachten Stabilitätsnachweise „Druckgurt als Druckstab“;
- Korrekturen bei den Ermüdungsnachweisen.

**Tabelle 2.3.1 – Übersicht notwendiger Nachweise an Kranbahnträgern**

Nachweis	GZT	GZG	Ermüdung
<b>global</b>	<b>Querschnittsnachweis</b> - elastisch - elastisch/plastisch <b>Biegedrillknicken</b>	<b>Querschnittsnachweis</b> elastisch wenn im GZT elastisch/plastisch gerechnet	<b>Ermüdungsnachweis</b> nach Kerbfall
<b>lokal</b>	<b>Querschnittsnachweis</b> elastisch mit Radlastpressung <b>Beulnachweis</b>	-	<b>Ermüdungsnachweis</b> nach Kerbfall für: - Radlastpressung - Stegbiegung $\geq S3$ - Verbindungsmittel
<b>Zusätzliche Nachweise</b>	<b>Pufferanprall</b> in Außergewöhnlichen LFK <b>Anschlüsse</b>	Begrenzung der <b>Verformungen</b> Begrenzung der <b>Plattenschlankheit</b>	Nachweis der <b>Gesamtschädigung</b>
<b>Berücksichtigung der H-Last</b>	Schräglauf $H_S$ Anfahren/Bremsen $H_L, H_T$	Schräglauf $H_S$ Anfahren/Bremsen $H_L, H_T$	-
<b>Exzentrische Radlasteinleitung</b>	-	-	$b_r/4$ für S3 bis S9 $b_r$ : Schienenbreite

Unter anderem wurde Tabelle 2.3.1 vorgeschlagen, um dem Anwender der Norm einen direkten Überblick über die erforderlichen Nachweise und zu berücksichtigenden Belastungen zu geben. Des Weiteren wurde das Bild 2.3.5 als Klarstellung für den Ansatz lokaler und globaler Spannungsanteile eingebracht.



**Bild 2.3.5 – Vorschlag zur Klarstellung zum Ansatz der lokalen und globalen Spannungen**

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Arbeit war die Untersuchung zum Einfluss des Lastangriffs auf das Biegedrillknicken von Kranbahnträgern. Gemäß der aktuellen Norm darf der Lastangriff der Radlasten vereinfacht im Schubmittelpunkt angesetzt werden, was nach nationaler Normung und realer Situation nicht zutreffend ist. Bisherige Recherchen zu Hintergrundberichten und -informationen zeigen, dass es hierzu keine genaueren Betrachtungen gibt. Ausnahme sind rudimentäre und von dieser Regelung abweichende Angaben in der schwedischen Normung. Eigene Auswertungen anhand typischer Kransysteme und der gesamten HEA-, HEB- und HEM-Reihe zeigen, dass der Einfluss auf das kritische Moment  $M_{cr}$  bzw. den Verzweigungslastfaktor  $\alpha_{cr} = M_{cr}/M_y$  erheblich ist. Die Ergebnisse wurden in die zuständigen Ausschüsse eingebracht.

### 2.3.6 Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2)

Die EN 1993 Teil 1-2 (EC3-1-2) betrifft die Heißbemessung der Stahlbauten. Die Ergebnisse der ersten PRB-Phase (siehe Abschlussbericht [16]) wurden für den „Systematic Review“ zur aktuell gültigen Version EC3-1-2 [R22] zusammengefasst, aufbereitet und übersetzt. Wesentliche Änderungsvorschläge der PG3 waren die Themenkomplexe „Verbesserung der Gliederung“, „Bauteilklassifizierungen und Tabellenanwendungen“, „Übersichtlichere Gestaltung des Formelwerks“ sowie „Kaltverfestigung nichtrostender Stähle“. Außerdem wurde für den „Systematic Review“ eine Vielzahl von konkreten Verbesserungsvorschlägen formuliert.

Das Dokument der PG3 zum „Systematic Review“ wurde direkt an Prof. Schaumann, Convenor und deutscher Experte in der zuständigen Arbeitsgruppe WG2 des CEN/TC250/SC3, gegeben, um es in den europäischen Normungsprozess einzubringen. Der direkte Weg war notwendig, da seinerzeit die PG3 noch nicht im national zuständigen Spiegelausschuss zur WG2 aktiv war. Jedoch gelang das kurzfristige Einbringen der PG3-Vorschläge in den offiziellen Review nicht mehr, weshalb Prof. Schaumann die Vorschläge direkt in die WG2 und zudem noch in die Horizontal Group (HG) „Fire“ des CEN/TC250 einbrachte. Zur Besprechung dessen diente u. a. ein Treffen von Vertretern der PG3 mit Prof. Schaumann und weiteren Experten im Januar 2016.

Dr. Hörenbaum ist seit 2017 zunächst Gast und nachfolgend Mitglied des DIN-Spiegelausschusses NA 005-52-22 AA zur CEN/TC250/SC3/WG2. Die Entsendung von Dr. Hörenbaum als deutscher Experte in die WG2 „Fire“ des CEN/TC250/SC3 soll ab Herbst 2017 stattfinden. Dies ermöglicht ihm zukünftig eine direkte Mitarbeit bei der Weiterentwicklung des EC3-1-2.

### 2.3.7 Verbundbau (EN 1994-1-1)

Die EN 1994 (EC4) für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton beinhaltet drei Teile: Teil 1-1 für den Hochbau, Teil 1-2 für den Brandfall und Teil 2 für den Brückenbau. Dieses Normenwerk für den Verbundbau gilt in der aktuellen Fassung, woran Prof. Hanswille maßgeblich beteiligt war, als einer der derzeit fortschrittlichsten Eurocodes. Der EC4 zeigt, dass bei einer Beschränkung auf wesentliche Aspekte eine Norm anwenderfreundlich und konsistent gestaltet werden kann. Aus diesem Grund wurde der EC4 im vorangegangenen Forschungsvorhaben PRB-Phase 1 nicht durch die PRB-Projektgruppe Stahlbau (PG3) bearbeitet. Es erfolgte daher auch keine Einreichung von Kommentaren zum „Systematic Review“.

Mit Beginn der Arbeiten des CEN/TC250/SC4 zur Eurocode-Novellierung wurde es notwendig, diese von Seiten der PG3 zu begleiten. Schwerpunkt der Aktivitäten war und ist die Sichtung, Bewertung und Kommentierung der Neuvorschläge für den Eurocode 4, Teil 1-1 (EC4-1-1) im CEN/TC250/SC4. Der zuständige DIN-Spiegelausschuss NA 005-08-99 AA „Verbundbau - SpA zu CEN/TC250/SC4“ hat seine Arbeiten nach einer Pause 2016 ab dem Jahr 2017 unter dem Vorsitz von Prof. Kurz als Nachfolger von Prof. Hanswille wieder aufgenommen. Die von der PG3 erarbeiteten Kommentare werden über diesen Spiegelausschuss in die europäischen Gremien gegeben.

### **2.3.8 EN 1090-2**

Da die Ausführungsnorm EN 1090-2 in engem Zusammenhang mit den Bemessungsnormen für den Stahlbau steht, wurde sie in der ersten PRB-Phase neben den wichtigen Teilen der EN 1993 mit untersucht. Es wurde eine Reihe von Vorschlägen zur Verbesserung der Anwenderfreundlichkeit erarbeitet.

Eine seinerzeit in den europäischen Gremien erarbeitete Fassung der EN 1090-2 wurde dann in der ersten CEN-Umfrage nicht angenommen. Daher wurde ab 2016 ein neuer Entwurf erarbeitet, woran Gregor Machura und Volker Hüller aktiv beteiligt waren.

Die Vorschläge von Prof. Schmidt aus der ersten PRB-Phase wurden in die Überarbeitung der EN 1090-2 eingebracht.

## **2.4 Holzbau**

Die PRB-Projektgruppe 4 (PG4) hat mehrere Forschungsanträge an die PRB gestellt, um die in der Phase 1 erarbeiteten Ergebnisse in die europäischen Gremien einzubringen (siehe Tabelle 0.2.1).

Die PG4 wurde parallel zur Struktur des TC250/SC5 sowie des Spiegelausschusses TC124/TC250 Holzbau angelegt, um die Ergebnisse der Arbeiten in der PG4 direkt in den entscheidenden Gremien auf europäischer Ebene des TC250/SC5 einfließen lassen zu können. Über den „Sprecher der deutschen Delegation“ (Dipl.-Ing. Matthias Gerold) werden die Arbeitsgruppen, die nicht direkt mit PRB-Mitarbeitern besetzt sind, erreicht und über den Chairman Prof. Winter werden die Ansätze zur Vereinfachung der Anwendung der PRB in der TC-Vollversammlung eingebracht (siehe Tabelle 1.1.1). Die Durchgängigkeit für den Transport der PRB-Ergebnisse wird damit gewährleistet.

## **2.5 Mauerwerksbau**

### **2.5.1 Allgemeines**

Die pränormative 1. Phase wurde von der PRB-Projektgruppe 5 (PG5) bis 2015 abgearbeitet. Da die Überarbeitung des Eurocodes 6 (EC6) bereits begonnen hat, hatte sich die PRB weiterhin die Aufgabe gestellt, in einer 2. Phase („Entwurfsphase“) die Normungsarbeit auf europäischer Ebene zu begleiten.

Der hier vorgelegte Bericht dient der Information über die geleistete Arbeit der PG5 in der 2. Phase und beinhaltet die eine zusammenfassende Darstellung über die Ergebnisse der drei bearbeiteten Projekte 5.2 (2015), 5.3 (2015) und 5.4 (2015).

### **2.5.2 Allgemeine Regeln (EN 1996-1-1)**

Entsprechend dem Forschungsantrag befasst sich das Projekt 5.2 (2015) zum einen mit dem Transfer der in Phase 1 gewonnenen Erkenntnisse in den laufenden Prozess des „Systematic Reviews“ von EN 1996-1-1, welcher derzeit innerhalb der WG1 in Kooperation mit dem zugehörigen Projektteam erfolgt. Diesbezüglich wurden die in Phase 1 erarbeiteten Ergebnisse zur Vereinfachung des Nachweises der Knicksicherheit von Mauerwerkswänden hinsichtlich der europäischen Randbedingungen in geringfügig modifizierter Form auf der Sitzung der WG1 am

14./15.12.2015 eingebracht und stehen damit dem Projektteam für die Überarbeitung des Teils 1-1 von EN 1996 zur Verfügung.

Hinsichtlich der von Deutschland vorgesehenen Ergänzungen zum Nachweis von Kellermauerwerk im genaueren Nachweisverfahren von EN 1996-1-1 konnte auf europäischer Ebene zunächst kein Konsens erzielt werden. Durch entsprechende vorbereitende Arbeiten der Mitglieder der PG5 konnte jedoch erreicht werden, dass zukünftig die vereinfachten Berechnungsmethoden von EN 1996-3 dahingehend modifiziert werden sollen, dass ein einfacher und praxisnaher Nachweis von Kellerwänden aus Mauerwerk bei beliebigem Erdruckansatz (also auch unter Erdruchdruck) im Rahmen der vereinfachten Berechnungsmethoden zur Verfügung stehen wird. Im genaueren Nachweisverfahren bleibt es bei den bisherigen Regelungen.

Darüber hinaus wurden die im Zuge von Phase 1 von der PG5 in deutscher erarbeiteten Vorschläge zum „Systematic Review“ von EN 1996-1-1, welche in Projekt 6 der Phase 1 ins Englische transferiert wurden, Prof. Jäger als Mitglied des PT1 zur Verfügung gestellt und werden von diesem derzeit in den laufenden Überarbeitungsprozess eingebracht. In der zugehörigen Arbeitsgruppe WG1 wurde in zwei Sitzungen am 25./26.06.2015 und am 14./15.12.2015 der Überarbeitungsbedarf in den einzelnen Abschnitten von EN 1996-1-1 identifiziert und daraus die konkreten Aufgaben des zugehörigen Projektteams bestimmt.

Im Rahmen der genannten WG1-Sitzung am 14./15.12.2015 wurde festgestellt, dass europaweit dringender Handlungsbedarf hinsichtlich des Nachweises der Querkrafttragfähigkeit gesehen wird. Daher wurde in Ergänzung zu den bisherigen Arbeiten im Projekt 5.2 ein erster Vorschlag für eine weitere Vereinfachung des Nachweises der Querkrafttragfähigkeit bei Scheiben- und Plattenschub entwickelt, auf der Sitzung des Spiegelausschusses NA 005-06-01-AA am 21.01.2016 vorgestellt und für die weitere Ausarbeitung freigegeben. Dieser Vorschlag, der die Ergebnisse des BBSR-Forschungsvorhabens Az.: SWD-10.08.18.7-13.11 [20], Teilprojekt 4 (kleiner Scheibenschub) aus Phase 1 einbezieht, wurde durch Vergleichsrechnungen innerhalb der PG5 verifiziert und durch den nationalen Spiegelausschuss am 11.05.2016 endgültig zur Einspeisung in die europäischen Normungsgremien beschlossen. Nach intensiver Diskussion innerhalb der WG1 und des SC6 fand sich jedoch keine Mehrheit für eine Aufnahme in EN 1996-1-1.

Der für März 2016 vorgesehene erste textliche Neuvorschlag für EN 1996-1-1 mit konkreten inhaltlichen Änderungsvorschlägen wurde im Juni 2016 verteilt. Ab diesem Zeitpunkt erfolgte die Analyse und Bewertung dieses Entwurfs und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Bemessung in Deutschland im Rahmen des Projektes 5.2 durch die PG5. Hierzu wurden die bisherigen Regelungen den neuen Vorschlägen gegenübergestellt und Vergleichsrechnungen durchgeführt. Nach ausführlicher Sichtung der Ergebnisse konnten die Bewertung aus deutscher Sicht sowie entsprechende Änderungswünsche und Kritikpunkte über Prof. Graubner und Prof. Jäger direkt in den Review-Prozess in WG1 und PT1 zurückgespielt werden. Seit Juni 2017 liegt nun auch der zweite Entwurf des Projektteams vor. Dieser wurde ebenfalls von den Mitgliedern der PG5 geprüft und die Ergebnisse in die Sitzung des Spiegelausschusses am 19.06.2017 eingebracht. Die dort zusammengestellten deutschen Kommentare wurden anschließend wiederum an WG1 und PT1 zurückgemeldet.

Weiterer Arbeitsinhalt des Projektes 5.2 ist die Begleitung des „Systematic Reviews“ von EN 1996-3 (vereinfachte Bemessungsmethoden). Hier haben sich die Konstituierung der zugehörigen WG2 und die Auswahl des PT2 zeitlich verzögert, sodass erst im Juni 2017 die erste Sitzung der WG2 stattfinden konnte. Seit Juli 2017 steht auch die Besetzung des PT2 fest, jedoch sind hier noch keine Arbeitsergebnisse zu verzeichnen. Es ist jedoch gelungen, Prof. Graubner, Obmann des deutschen Spiegelausschusses, als Leiter des PT2 durchzusetzen. Somit ist sichergestellt, dass alle Forschungsergebnisse direkt in den europäischen Review-Prozess einfließen und dort mit hoher Fachkompetenz für deren Integration in den Normentext argumentiert werden kann.

Nichtsdestotrotz wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens bereits umfangreiche Vorarbeiten zur Vorbereitung des Review-Prozesses geleistet. In einem ersten Schritt wurde hierzu

das strategische Vorgehen festgelegt und die aus deutscher Sicht unabänderlichen Randbedingungen erörtert. Anschließend erfolgte eine Analyse des bestehenden Regelwerks, mit der die für Deutschland essentiellen Regelungen, welche in EN 1996-3 zwingend bestehen bleiben müssen oder dringend normativ zu integrieren sind, identifiziert wurden. Die Bewertungen der einzelnen Forscher wurden auf der Sitzung am 06.02.2017 diskutiert und zu einer gemeinsamen Position zusammengefasst.

Des Weiteren konnten bereits eingehende Überprüfungen der Ergebnisse aus den beiden anderen PRB-geförderten Forschungsvorhaben der Phase 2 – die Erweiterung des Anwendungsgebiets der vereinfachten Berechnungsmethoden [19] und die Untersuchung der erforderlichen Mindestauflast [25] – durchgeführt werden. Als Fazit dieser Evaluierung konnte festgestellt werden, dass in beiden Forschungsvorhaben brauchbare Resultate erzielt wurden. Zur Verbesserung der Praxistauglichkeit und Handhabbarkeit der Bemessungsvorschrift wurde beschlossen, einige dieser Ergebnisse direkt in den beginnenden Review-Prozess einzuspeisen und in den europäischen Normungstext zu integrieren.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeitete deutsche Strategie mit dem Ergebnis der Bewertung von EN 1996-3 wurden inzwischen bereits im nationalen Spiegelausschuss eingebracht und dort nahezu unverändert als deutsche Position zur Umsetzung auf europäischer Ebene beschlossen.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass die Arbeiten dem beantragten Arbeitsprogramm entsprechen, mit den Leitlinien von PRB korrespondieren, die Zielsetzungen von PRB hinsichtlich der Vereinfachung der Nachweismethodik erfüllen und – soweit möglich – innerhalb des zur Verfügung stehenden Zeitrahmens abgearbeitet wurden. Auch wenn das Forschungsvorhaben inzwischen beendet ist, gehen die Spiegelung der europäischen Normungsgremien und die Begleitung des „Systematic Reviews“ dennoch weiter.

### **2.5.3 Vereinfachte Berechnungsmethoden (EN 1996-3)**

Das Projekt PRB 5.3 (2015) befasst sich im Schwerpunkt mit der Erweiterung der Anwendungsgrenzen der vereinfachten Bemessungsmethoden in EN 1996-3, um diesen für die Praxis in Deutschland besonders wichtigen Teil von EN 1996 für den europäischen Anwender noch attraktiver zu gestalten. Entsprechend dem Arbeitsplan gliedert sich Projekt 5.3. ursprünglich in fünf Arbeitspakete mit unterschiedlicher inhaltlicher Gewichtung. Wegen der ähnlichen Fragestellung wurden die Erweiterung der zulässigen Deckenspannweiten und die Erweiterung der zulässigen Wandhöhen jedoch in einem Arbeitspaket zusammengefasst.

Die in den einzelnen Teilprojekten (Integration teilaufliegender Decken in die vereinfachten Berechnungsmethoden, Vergrößerung der zulässigen Geschosshöhe und der Deckenstützweite für die Anwendung der vereinfachten Bemessungsmethoden, konstruktiven Regeln zum Entfall des Aussteifungsnachweises, vereinfachter Nachweis für Kellerwände) geleisteten Arbeiten beinhalten konkrete Vorschläge, wie die erzielten Ergebnisse in EN 1996-3 integriert werden können (siehe Abschnitt 3.5). Diese Normungsvorschläge wurden dem zuständigen nationalen Spiegelausschuss bereits auf verschiedenen Sitzungen vorgelegt und von diesem akzeptiert sowie zur Eingabe in den europäischen Normungsprozess freigegeben.

Aufgrund von Verzögerungen in den europäischen Normungsgremien begann der „Systematic Review“ von EN 1996-3 erst Ende des 1. Halbjahres 2017 anstatt wie ursprünglich vorgesehen im 2. Halbjahr 2016. Aus diesem Grund konnten die Ergebnisse bisher nur teilweise in den Review-Prozess eingespielt werden. Die deutschen Vertreter sind jedoch über die Ergebnisse informiert und konnten in der ersten Sitzung der WG2 bereits die erarbeiteten Vorschläge einbringen. Der Vorschlag für den vereinfachten Nachweis von Kellerwänden wurde bereits im Rahmen des Reviews von EN 1996-1-1 vorgebracht. Hier konnte bereits die Zusage erreicht werden, dass dieser Vorschlag in EN 1996-3 integriert werden kann.

Für Projekt PRB 5.3 (2015) kann zusammenfassend festgestellt werden, dass sämtliche Arbeiten im vorgesehenen Zeitplan abgeschlossen wurden und sowohl mit den Leitlinien von PRB als auch mit den Zielsetzungen des Antrags übereinstimmen. Abweichungen sind nicht zu ver-

zeichnen. Damit ist in jedem Fall sichergestellt, dass alle Ergebnisse planmäßig in den „Systematic Review“ von EN 1996-3 einfließen können.

#### 2.5.4 Mindestauflast nach EN 1996-3

Das Forschungsthema PRB-5.4 (2015) befasst sich mit der unteren Nachweisgrenze eines Mauerwerkbauteils unter exzentrischem Druck. Da Mauerwerk keine Zugspannungen senkrecht zur Lagerfläche der Steine übertragen kann bzw. dies nicht angesetzt werden darf, ist zur Übertragung eines Momentes immer eine gewisse Auflast erforderlich.

Ausgehend von einer Analyse der derzeitigen Normungssituation sind diverse Hintergrundpapiere zur europäischen Lösung und Unterlagen zum deutschen Standpunkt zur damaligen Zeit erschlossen worden.

Der Nachweis der minimalen Auflast ist Bestandteil der vereinfachten Berechnungsmethoden nach EN 1996-3 und stellt – so wie er derzeit vorgeschrieben ist – ein aktuelles Problem in der Bemessung im Mauerwerksbau dar. Er führt zu einem nicht unerheblichen Mehraufwand und z. T. zu unsinnigen Ergebnissen. Sofern die Mindestauflast nicht vorhanden ist, soll nach den allgemeinen Regeln nach EN 1996-1-1 nachgewiesen werden, was aber zu keinen anderen Ergebnissen führt oder nicht möglich ist, wenn man als Alternative das Bogenmodell anwenden will. Dieses ist nicht verwendbar, weil eine Mindestspannung von  $0,1 \text{ N/mm}^2$  über den Querschnitt vorhanden sein muss.

Mit Fokussierung auf gemauerte Wände mit Stahlbetondecke ist davon auszugehen, dass das bisher angewendete Modell nicht mehr zutreffend ist. Der Lastabtrag geht anders vonstatten, als bei einer Wand unter geringer Exzentrizität der Normalkraft angenommen worden ist.

Hier ist das Bogenmodell anzusetzen, das wesentlich höhere Tragfähigkeiten zulässt, vorausgesetzt, die umliegenden Stahlbetonbauteile können den entstehenden vertikalen Bogenschub aufnehmen. Derzeit ist die in der Norm enthaltene Anwendungsgrenze auf Wände mit mindestens  $0,1 \text{ N/mm}^2$  Druckspannung (Bemessungswert) hinderlich. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich mit zunehmender horizontaler Belastung die notwendige Normalkraft aufbaut, wenn die Widerlager entsprechend steif sind. Bei der Anwendung des Bogenmodells treten keine Stabilitätsprobleme (Knicken in Bogenachse, Durchschlagen) auf.

Auf der Basis des Bogenmodells konnten einfache und zutreffende Formeln für die Mindestauflast mit Rückblick auf bisherige Parameterstudien vorgelegt werden. Sie basieren auf dem Bogenmodell. Ihre Gültigkeit konnte mittels FEM durch Nachvollziehen des Belastungsprozesses im Falle von Windlasten verifiziert werden.

Auf der Grundlage der erarbeiteten Formelsätze und Erkenntnisse wurde eine Parameterstudie über die gängigen Anwendungsfälle der vereinfachten Berechnungsmethoden sowohl für die voll aufliegende als auch für die teilweise aufliegende Deckenplatte durchgeführt.

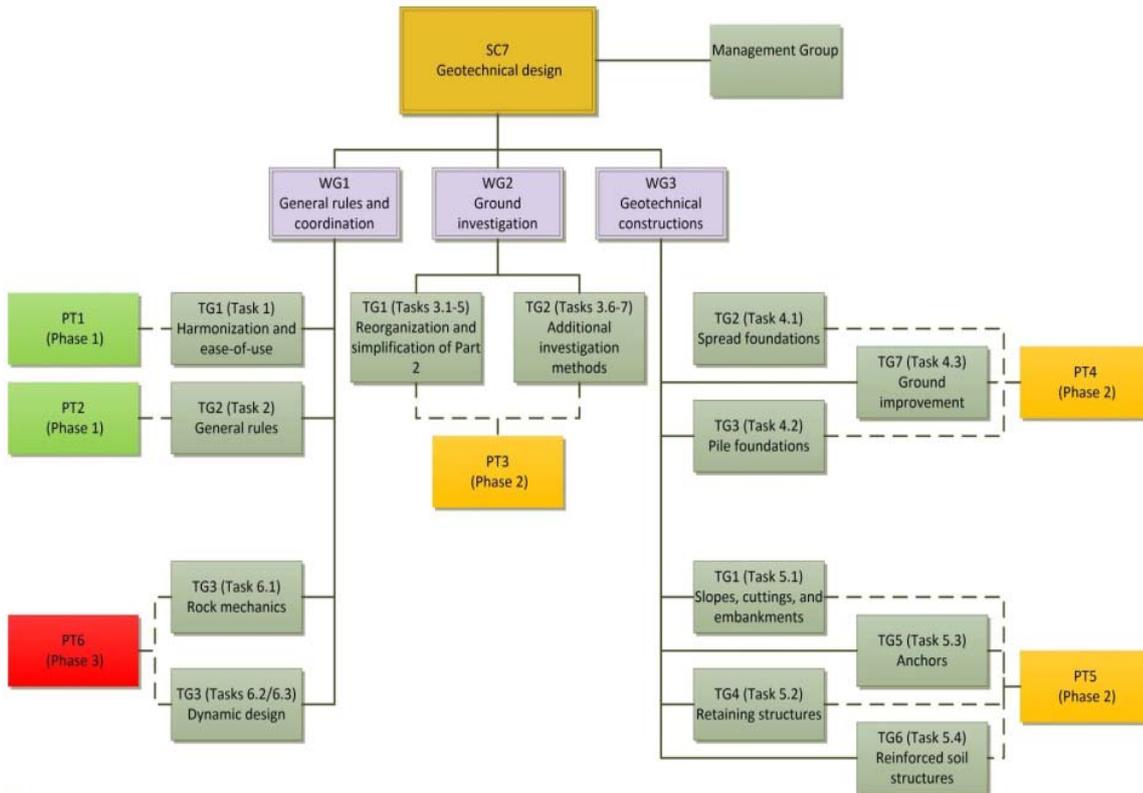
Die Handhabung des Bogenmodells im Falle von Wänden mit geringer Auflast wurde ebenso demonstriert wie der Nachweis der umfassenden Stahlbetonbauteile auf Durchbiegung. Als Ergebnis wurden die Randbedingungen für den Wegfall des Nachweises der minimalen Auflast spezifiziert und notwendige Anpassungen in den Normen EN 1996-1-1 und EN 1996-3 vorgeschlagen.

Da die Arbeiten an EN 1996-1-1 noch nicht abgeschlossen sind, muss zu gegebener Zeit eine nochmalige Überprüfung und ggf. Anpassung erfolgen.

## 2.6 Geotechnik

Die PRB-Projektgruppe 6 (PG6) hat die pränormative 1. Phase abgearbeitet. Die Überarbeitung des Eurocodes 7 (EC7) hat begonnen. Die PRB stellt sich weiterhin die Aufgabe, in einer 2. Phase („Entwurfsphase“) die Normungsarbeit auf europäischer Ebene zu begleiten, um die in Phase 1 erarbeiteten Vorschläge für die verbesserte Praxistauglichkeit des EC7 in die europäischen Gremien einzubringen. Zur Überarbeitung des EC7 ist eine Organisationsstruktur gewählt worden, bei der jeweils eine Arbeitsgruppe (WG) für einen der drei Teile des zukünftigen EC7

verantwortlich ist (siehe Bild 2.6.1). Die Arbeitsgruppen haben insgesamt etwa 300 Mitglieder, davon kommen 34 aus Deutschland.



**Bild 2.6.1 – Organisation der Überarbeitung des EC7**

Jede Arbeitsgruppe (WG) hat eine Reihe von Task Groups (TG) und Projektteams (PT), die einzelne Themen bzw. Themenfelder (Tasks) bearbeiten. Während die Projektteams die Formulierungen für die neue Fassung des EC7 erarbeiten, sichten und bewerten die TG die Einsprüche zum EC7, beraten die Projektteams bei ihrer Arbeit und empfehlen den SC die Annahme oder Überarbeitung der Normentexte.

Die Experten haben ihre Arbeiten in den zugehörigen europäischen Arbeitsgruppen fortgesetzt (siehe Tabelle 1.1.1). Ergänzt wird diese Arbeit auch dadurch, dass PRB-Mitarbeiter auf nationalen und internationalen Fachtagungen vorgetragen haben und vortragen werden (siehe Tabelle 1.1.2)

### **3 Analyse der Entwurfsgrundlagen**

#### **3.0 Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung**

##### **3.0.1 Vereinfachte Lastfallkombinationen**

Die derzeitige europäische Norm EN 1990 [R9] gibt unterschiedliche Teilsicherheitsfaktoren an, um Lastkombinationen zu definieren. Verschiedene Arten von Teilsicherheitsbeiwerten und diverse Kombinationsmöglichkeiten stehen im Gegensatz zum Konzept der Benutzerfreundlichkeit in der neuen Generation von EN 1990. Daher wurde eine Vereinfachung der Lastkombination auf der Grundlage von Kombinationsfaktoren in EN 1990 vorgeschlagen. Die Vereinfachung wird über das Produkt aus Teilsicherheitsbeiwert und Kombinationsbeiwert der begleitenden variablen Lasten realisiert.

Dieser Vorschlag wurde auf der Grundlage der Kombinationsbeiwerte in EN 1990 entwickelt. Die Kombinationsbeiwerte sind jedoch im jeweiligen nationalen Anhang verschiedener Länder in Europa unterschiedlich. In nationalen Anhängen einiger Länder, wie in Dänemark und den Niederlanden, werden die Kombinationsfaktoren kleiner als in EN 1990 empfohlen. Die Anwendung einer vereinfachten Lastkombination führt daher zu einem auf der sicheren Seite liegenden Ergebnis im Vergleich zu den Empfehlungen der nationalen Anhänge in diesen Ländern, aber doch zu erheblich unwirtschaftlichen Ergebnissen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird ein Textvorschlag für eine neue Klausel unterbreitet, die die vereinfachte Lastkombination erlaubt und verbal verankert. Es wird basierend auf Zuverlässigkeitsanalysen gezeigt, dass der neue Vorschlag im Ergebnis fast deckungsgleich mit der ausführlichen Regel ist.

##### **3.0.2 Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen**

Von Denton und Angelino wurden im Vorfeld der Bearbeitung der Problematik Referenzbeispiele zusammengetragen, bei denen es zu Konflikten in der Schreibweise der unterschiedlichen Lastkombinationen nach den bisherigen Regelungen der EN 1990 [R9] kommt.

Die Leitlinie für die Überarbeitung wurde von Denton und Angelino in [5] gegeben. Das Ziel sollte sein, über ein generelles Nachweisformat und die Fallidentifikation zu den anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerten zu kommen, die dann aus einer Tabelle ausgewählt werden sollten. Dabei sollte auf die Nennung der einzelnen Grenzzustandsarten verzichtet und diese lediglich mit Nummern versehen werden.

Diese Vorgabe erschien fragwürdig. Der Bearbeitungsvorgang konnte von Prof. Jäger lediglich intuitiv begleitet werden, da entsprechende Mittel zur tiefgründigen Bearbeitung nicht bereitstanden. Gegenvorschläge konnten nicht unterbreitet werden.

Um mit einem zielführenden Gegenvorschlag auftreten zu können, wären Zuverlässigkeitsanalysen der Referenzsysteme und praktischer Beispiele von realen Bauvorhaben notwendig gewesen, die jedoch im Rahmen der zur Verfügung stehenden Mittel nicht durchgeführt werden konnten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde die Neuformulierung der maßgebenden Lastkombinationen auf die Referenzbeispiele und einige reale Bauprojekte angewendet und mit den bisherigen Ergebnissen sowie der o. g. Zielstellung verglichen.

#### **3.1 Einwirkungen auf Bauwerke**

##### **3.1.1 Schneelasten (EN 1991-1-3)**

Der EC1, Teil 1-3 „Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten“ ist mit seinem 44-seitigen Umfang ein überschaubarer Normenteil der Eurocodereihe. An der Kommentierung der EN 1991-1-3 („Systematic Review“) haben sich zehn CEN-Mitgliedsstaaten beteiligt, welche insgesamt 114 Kom-

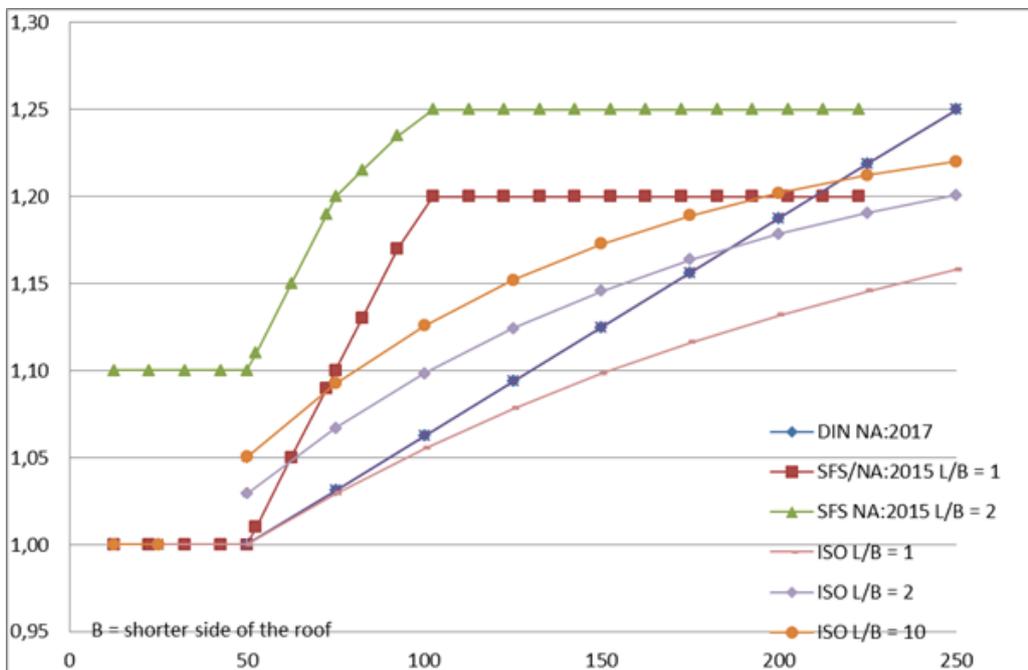
mentare abgegeben haben. Eine Auswertung der Kommentare ergibt dabei folgendes Bild: Mit 62 Anmerkungen hat Deutschland die umfangreichste Kommentierung vorgenommen. Etwa zwei Drittel der Kommentare sind genereller bzw. redaktioneller Natur und davon ca. 50 % Kürzungsvorschläge, welche dem PRB-Gedanken des „Ease of Use“ (Anwenderfreundlichkeit) folgen.

Die Abschnitten 5 und 6 der Norm werden am häufigsten (ca. 40 %) kommentiert. Von allen Kommentaren beziehen sich allein 30 % auf die Abschnitte 5 „Formbeiwerte für Dächer“ sowie Abschnitt 6 „örtliche Effekte“. Bei den Anhängen erhält Anhang C mit seinen Schneelastzonenkarten die meisten Kommentare.

## Große Dächer

In der derzeit gültigen EN 1991-1-3 wurde mit der Ergänzung/Korrektur („Amendment“) A1:2015 zur EN 1991-1-3 [33], welche auf europäischer Ebene veranlasst wurde, die Möglichkeit geschaffen, auch für Pult- und Flachdächer mit großen Dachflächen die Schneelasten zu erhöhen. Dies ist erforderlich, da ab einer bestimmten Größe der Dachfläche die Schneelasten auf dem Dach den Werten am Boden entsprechen können. Derzeit ist über die Formbeiwerte für kleinere Dachflächen eine Begrenzung auf 80 % der Schneelast auf dem Boden üblich. Mit Kommentaren aus Italien (IT2) und Finnland (FI1) werden zwei Vorschläge unterbreitet, wie mit dieser Problematik zukünftig umgegangen werden könnte:

Die beiden Vorschläge unterscheiden sich dahingehend grundlegend, dass im finnischen Vorschlag die Schneelasten auf großen Dächern über den Umgebungskoeffizienten  $C_e$  erhöht werden. Dadurch können die Schneelasterhöhungen theoretisch unabhängig von den Dachformen betrachtet werden. Der Italienische Vorschlag favorisiert eine Anpassung der Formbeiwerte und verweist auf die ISO 4355 [R39]. Sowohl der finnische als auch der deutsche Vorschlag orientieren sich mit ihren Grenzwerten an den Vorgaben der ISO 4355.



**Bild 3.1.1 – Vergleich der Vorgehensweisen zur Ermittlung von  $C_e$  bei großen Dächern zwischen ISO 4355 [R39] finnischem und deutschem nationalen Anhang im Entwurf von 2017**

Als Kompromiss könnte die Steigung der Geraden des deutschen Vorschlages auf europäischer Ebene über ein NDP angepasst werden.

Deutscher Vorschlag:

$$C_e = 1 + 0,25 \times (B - 50) / L$$

with:

B shorter side of the roof with  $B > 50\text{m}$ ,

L long side of the roof.

NOTE: L to be determined by national Annex recommended value is  $L = 200\text{ m}$ .

### Verwehungen an Dachkreuzungspunkten

Mit dem Kommentar FI3 aus Finnland wird nach einem Lösungsansatz für Schneeverwehungen mit sich schneidenden Dachflächen und nichtparallelen Firstlinien ähnlich den Ansätzen folgender Normenwerke verlangt:

- US-Amerikanischer „Uniform Building Code“ (UBC) von 1997 [R59],
- British Standard BS 6399-3:1988 [R3].

Die Vorgehensweise im UBC ist in Ihrer Art sehr verschieden von den Regelungen im EC1-1-3 [R10]. Eine Vermischung der Philosophien der unterschiedlichen Normen ist abzulehnen. Die nationale Norm BS 6399-3:1988 ist in großen Teilen identisch mit dem informativen Anhang B (Formbeiwerte für Schneelasten bei außergewöhnlichen Schneeverwehungen) der EN 1991-1-3.

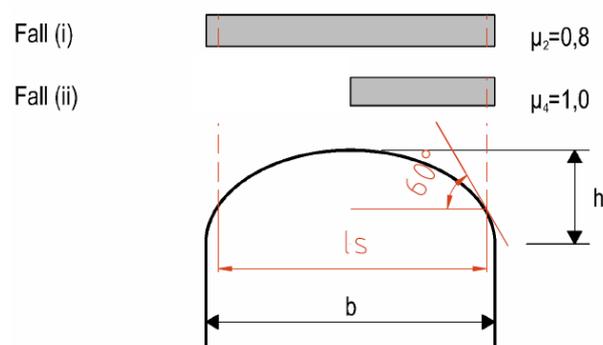
Deutscher Vorschlag: Regelungen aus BS 6399-3:1988 [R3] zu den „drift length for intersecting pitched roofs“ (Verwehungskeillänge sich schneidender Schrägdachflächen) können in Anhang B der EN 1991-1-3 [R10] übernommen werden, wenn dieser Anhang in der nächsten Eurocode-Generation weiterhin „informativ“ bleibt.

### Tonnendächer

Mit dem Vorschlag der PRB-Projektgruppe 1 (PG1) wurde eine Vereinfachung erarbeitet, welche ebenfalls im Entwurf zum deutschen nationalen Anhang Eingang gefunden hat. Der Vorschlag der PG1 wurde basierend auf der Regelung der EN 1991-1-3 zur asymmetrischen Belastung eines Bogens bei Schneeverwehungen erarbeitet. Für die praktische Anwendung hat sich nach [39] die im EC1-1-3 geforderte Ermittlung der Lasteinflussbreite  $l_s$  als umständlich erwiesen.

Mit zwei Kommentaren aus Finnland und Norwegen wird an den bestehenden Regelungen im Eurocode kritisiert, dass die Lastverteilung für verwehten Schnee (Fall ii) für einen einseitig belasteten Bogen eher zu bemessungsrelevanten Ergebnissen führt als die aktuell gültige Lastverteilung nach EN 1991-1-3. Den Vorschlägen zur einseitigen asymmetrischen Belastung könnte sich im Sinne von „Ease of Use“ (Anwenderfreundlichkeit) angeschlossen werden.

Deutscher Vorschlag:



NOTE 1: The upper value of  $\mu_4$  may be specified in National Annex.

NOTE 2: Use of  $l_s \leq b$  if  $\beta \geq 60^\circ$  can be specified in National Annex.

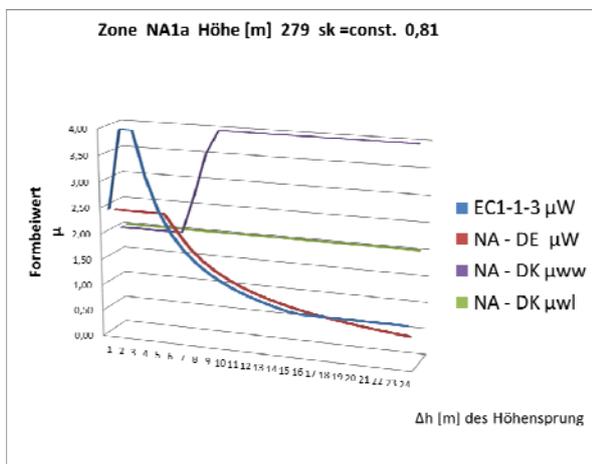
## Höhensprünge an Dächern

Die komplexeste Regelung der EN 1991-1-3 wurde im „Systematic Review“ hauptsächlich bezüglich der vorgegebenen Grenzwerte für den verwehten und abrutschenden Schnee kommentiert. Dabei ist es hauptsächlich Sache des nationalen Anhangs dafür Werte anzugeben.

Ein Vorschlag aus Frankreich befasst sich eingehend mit der Problematik des abrutschenden Schnees vom höheren auf das niedere Dach, wenn die obere Dachneigung über 30° beträgt. Dabei wird nicht untersucht oder berücksichtigt, dass der verfrachtete Schnee eventuell im verwehten Anteil des unteren Daches mit enthalten ist bzw. durch Windeinwirkung weitergetragen werden kann.

Mit dem italienischen Kommentar wird auf eine Unterscheidung zwischen lokalem und globalem Effekt bei den Verwehungen in Anlehnung an ISO 4355 hingewiesen.

Ein Vorschlag dahingehend wurde mit dem dänischen nationalen Anhang [R30], [34] in der WG1 des CEN/TC250/SC1 eingebracht. Im Allgemeinen folgt der dänische Vorschlag für die Verwehungen nicht der Vorgehensweise der EN 1991-1-3. Im Eurocode und im deutschen nationalen Anhang fällt der Formbeiwert nach Erreichen des oberen Grenzwertes und weiter ansteigender Höhe des Höhengsprungs wieder auf den Minimalwert ab. Im dänischen nationalen Anhang ist dies nicht der Fall, dort steigt der Wert für die Verwehungen bis zum oberen Grenzwert an und bleibt bei weiter ansteigender Höhe des Aufbaus konstant (Bild 3.1.2). Von deutscher Seite wurde ebenfalls mehrmals die Verringerung des Formbeiwertes bei ansteigender Höhe des Aufbaus in europäischen Normensitzungen hinterfragt. Dabei wurde von Vertretern der CEN/TC250/SC1/WG1 auf die sich bildenden Verwirbelungen durch Wind vor Aufbauten hingewiesen. Dieses Phänomen ist auch auf einem Bild, welches dem Hintergrundbericht zur Überarbeitung des dänischen NAs entnommen wurde, dargestellt (Bild 3.1.2).



Kurvenverläufe der Verwehungen über die Aufbauhöhe.



Verwirbelung vor dem Aufbau aus [34]

**Bild 3.1.2 – Grenzwertverläufe von Verwehungen an Höhengsprüngen und Verwirbelung an Aufbauten durch Wind**

Deutscher Vorschlag: Es sind weitere Untersuchungen in Form von Modellversuchen und Simulationen erforderlich, um die komplizierten aerodynamischen Einflüsse auf die Verteilung von Schnee im Bereich der Aufbauten von Gebäuden zu erfassen. Solange diese nicht vorliegen sollte die vorgeschlagene Regelung des EC1-1-3 mit der vorhandenen Öffnung für nationale Regelungen beibehalten werden.

## Anhang C

Hierbei ist vom Projektteam und der WG1 zu untersuchen, ob anstatt einer europäischen und weiterer länderspezifischer Karten nicht eine generell anzuwendende Methodik vorgeschlagen werden sollte, um Schneelastkarten in den europäischen Nationen zu erstellen. Die Erstellung

der Schneelastzonenkarten sollte dabei immer ein Belang der nationalen Anhänge bleiben. Dieser Vorschlag wird durch die verschiedenen Kommentare der unterschiedlichen Länder unterstrichen.

Der deutsche Vorschlag für die Erstellung von Schneelastkarten basiert auf einer Pilotuntersuchung des Deutschen Wetterdienstes DWD [47] zur Überprüfung der Schneelastzonenkarte der EN 1991-1-3/NA, in welcher in fünf bayerischen Landkreisen alle verfügbaren Schneemessdaten (Wasseräquivalents und Schneehöhe) des DWD analysiert wurden. Das Ziel der Untersuchungen war eine Verdichtung der räumlichen Auflösung der Schneelastinformationen mit geeigneten Messdaten. Die Ergebnisse zeigen, dass die aus den topografischen Gegebenheiten resultierenden Höhenabhängigkeiten der Schneelasten sich in den betrachteten Regionen häufig von denjenigen unterscheiden, die in den Berechnungsgleichungen der EN 1991-1-3/NA verankert sind. Die Ergebnisse können ein Argument für die Einführung von veränderten regionalen Zonierungen sein.

Alternativ wird aktuell diskutiert, anstelle der Zoneneinteilung nur noch eine Formel, vergleichbar der europäischen Formel in der EN 1991-1-3/NA, zu verwenden. In dieser Formel wird die Abhängigkeit von der Höhe über NN berücksichtigt und als einziges ortsbezogenes Element – wie im Eurocode ein Z-Faktor – genutzt, der jeweils an die lokal ermittelten Schneelastwerte angepasst ist. Diese Z-Faktoren könnten dann in einer Gemeinde und/oder Ortsliste geführt werden.

### **3.1.2 Windlasten (EN 1991-1-4)**

Der Umfang des „Systematic Review“-Dokuments mit allen derzeit vorliegenden nationalen Vorschlägen beläuft sich auf derzeit 184 Seiten und wurde damit für die Klimasteile des EC1 am umfangreichsten kommentiert. Deutschland hat 2016 mit der Überarbeitung der „Systematic Review“-Tabelle die Anzahl seiner ursprünglich im Jahr 2015 abgegebenen 80 Kommentare auf ca. 20 reduziert. Dies war insofern notwendig, da sich eine Überfrachtung der Kommentartabelle durch die internationalen Teilnehmer abzeichnete und eine fundierte Auseinandersetzung im bearbeitenden Projektteam in solch kurzer Bearbeitungsdauer nicht möglich gewesen wäre.

Stattdessen wurden die deutschen Kommentare auf die Neustrukturierung der Kapitel und auf technische Änderungen fokussiert, welche im Sinne des „Ease of Use“ von der PG1 entwickelt wurden. Es wurden auch Einträge anderer Länder daraufhin untersucht, ob diese die deutschen Positionen stützen, was sehr oft der Fall ist, bzw. ob und welche Anpassungen an den deutschen Vorschlägen sinnvoll erscheinen, um die Unterstützung der europäischen Nachbarn zu gewinnen.

### **3.1.3 Temperatureinwirkungen (EN 1991-1-5)**

Zunächst wurden die im Rahmen von Phase 1 ausgearbeitete Verbesserungsvorschläge ausgewertet, zu denen im „Systematic Review“ auch andere Nationen Vorschläge eingereicht haben. Dabei wurden nur Vorschläge berücksichtigt, die inhaltlicher Natur sind. Auch Korrekturhinweise aufgrund von unsachgemäßer Übersetzung wurden nicht aufgenommen, da es nicht sinnvoll erscheint, diese Vorschläge auf europäischer Ebene zu diskutieren.

Bei der Durchsicht des „Systematic Reviews“ zeigt sich, dass nicht nur in Deutschland der Wunsch nach klareren Formulierungen der EN 1991-1-5 besteht. Länder wie Großbritannien, Belgien und Tschechien haben eine große Anzahl an Kommentaren verfasst, die dies belegen. Häufig wurden die Abschnitte 5.2 (Bestimmung der Temperatur an Gebäuden), 5.3 (Bestimmung von Temperaturprofilen an Gebäuden), das gesamte Kapitel 6 (Brücken) sowie Kapitel 7 (Temperaturunterschiede in Industrieschornsteinen, Rohrleitungen, Silos, Tanks und Kühltürmen) kommentiert.

Eine detaillierte Betrachtung der Kommentare zeigt, dass die Meinungen zu machen Abschnitten divergieren. Während z. B. Deutschland den Abschnitt 6.1.1 (1) mit der Definition der Arten von Brückenüberbauten als Möglichkeit zur Straffung des Dokuments ansieht, wünschen Großbritannien und Belgien eine genauere Beschreibung der Verbundkonstruktionen. Tschechien

empfiehlt sogar die zusätzliche Bereitstellung von Regelungen zu Holzbrücken und Konstruktionen aus Mauerwerk. Belgien wünscht eine Ergänzung von Abschnitt 6.1.2 (2) mit einer Empfehlung zur Anwendung von Verfahren 1 (Vertikale linear veränderliche Anteile) oder Verfahren 2 (Vertikale Temperaturanteile mit nichtlinearen Einflüssen) in Anhängigkeit der Spannweite. Tschechien empfiehlt die Festlegung eines Verfahrens im Basisdokument ohne die bevorzugte Variante zu nennen. Aus deutscher Sicht könnte Abschnitt 6.1.4.2 eliminiert werden, da Verfahren 2 in Deutschland nicht angewendet wird. Tschechien formuliert zu diesem Abschnitt Vorschläge zur genaueren Berücksichtigung von Verbundkonstruktionen.

Über die Notwendigkeit zur eindeutigeren und verständlicheren Formulierung der Abschnitte 5.2 und 5.3 herrscht Einigkeit. Jedoch werden auch hier unterschiedliche Ansätze vorgeschlagen. Der Vorschlag aus Deutschland sieht eine Zusammenfassung von Tabelle 5.1 bis 5.3 vor, die zur Bestimmung von Temperaturprofilen erforderlich sind. Großbritannien, Belgien und Tschechien haben hierbei mehrere Umformulierungen empfohlen. Gleiches gilt für die Definition des konstanten Temperaturanteils im Rahmen der Temperaturunterschiede bei Brücken in Abschnitt 6.1.3, für welchen sehr viele redaktionelle Änderungsvorschläge eingereicht wurden.

Weiterhin wurde von Belgien und Großbritannien eine Änderung der Regelungen zur gleichzeitigen Berücksichtigung von konstanten und veränderlichen Temperaturanteilen angeregt. Belgien wünscht die Definition unterschiedliche Kombinationen an der Ober- und Unterkante des Überbaus

### 3.1.4 Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2)

Zunächst wurden die im Rahmen von Phase 1 ausgearbeitete Verbesserungsvorschläge ausgewertet, zu denen im „Systematic Review“ auch andere Nationen Vorschläge eingereicht haben. Dabei wurden nur inhaltliche Vorschläge berücksichtigt. Auch Korrekturhinweise aufgrund von unsachgemäßer Übersetzung wurden nicht aufgenommen, da es nicht sinnvoll erscheint, diese Vorschläge auf europäischer Ebene zu diskutieren. Im Folgenden werden einige Beispiele aufgezeigt:

- Eisenbahnverkehr in Tabelle 2.1 ergänzen: Spanien stimmt zu
- Abschnitt 4.3.3 (Lastmodell 2) streichen: Tschechien und Großbritannien wünschen eine Reduktion der anzusetzenden Lasten
- Abschnitt 4.6.6 (Ermüdungslastmodell 5) streichen: Großbritannien wünscht eine genau Beschreibung des Ansatzes des Lastmodells
- Abschnitt 4.7.2 überarbeiten (auf EN 1991-1-7 verweisen): Großbritannien stimmt zu
- Abschnitt 5.6.2 überarbeiten (auf EN 1991-1-7 verweisen): Großbritannien stimmt zu

Die Länder Belgien, Finnland, Großbritannien und Österreich fordern im „Systematic Review“ eine Überarbeitung des Lastmodells für Hinterfüllungen und Widerlager. Als Begründung wird genannt, dass das Lastmodell, welches dem Lastmodell 1 entspricht, nicht für die Bemessung von Widerlagern und Flügelwänden geeignet sei, da es für die Bemessung von Brücken ausgearbeitet wurde. Dass die Anwendung des Lastmodells bei der Bemessung von Widerlagern aufgrund der ungünstigen Anordnung der Belastung der Fahrstreifen aus Flächen- und Überlast (siehe Tandem-System) für die einzelnen Bauteile einen gewissen Aufwand mit sich bringt, ist offensichtlich.

Abweichend von Lastmodell 1 beträgt die Aufstandsfläche des Tandem-Systems 3,0 m auf 2,2 m. Diese Fläche kann jedoch durch einen NDP national modifiziert werden. Außerdem gehen die unterschiedlichen  $\alpha$ -Faktoren der einzelnen Länder mit ein und es können durch einen weiteren NDP alternative Lastmodelle definiert werden. Die Tabelle 3.1.3 gibt einen Überblick über die in einigen Ländern angewendeten Regelungen. Es wird ersichtlich, dass sich das Vorgehen in den verschiedenen Ländern sehr unterscheidet.

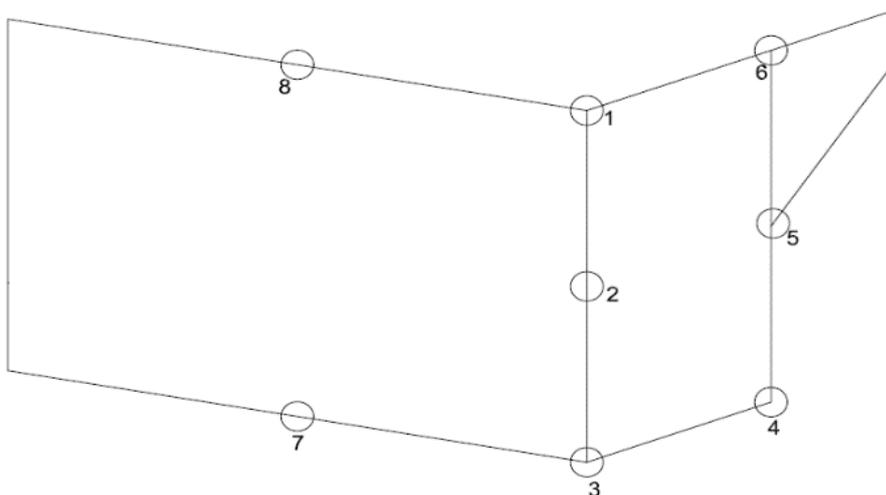
**Tabelle 3.1.3 – Lastmodelle für Hinterfüllungen und Widerlager**

Land	Auslegung
Frankreich, Lettland, Rumänien	3,0 m auf 2,2 m
Griechenland	3,0 m auf 3,0 m
Deutschland, Kroatien, Österreich, Tschechien	5,0 m auf 3,0 m
Niederlande	Von Lastmodell 1 abweichende $\alpha$ -Faktoren in Anhängigkeit des Schwerverkehrs und der Länge der Einflusslinie gleichen Vorzeichens
Belgien, Finnland, Großbritannien, Irland, Spanien	Alternative Lastmodelle

Aus Sicht des Projektteams SC1.T9 erscheint die Ausarbeitung eines harmonisierten Lastmodells sinnvoll. Das neue Lastmodell soll unabhängig von der Anzahl der rechnerischen Fahrstreifen aus einem Tandem-System mit einer Auflast von 600 kN bestehen. Diese Last wird auf eine Fläche von 5,0 m auf 3,0 m verteilt und muss wie auf bei Lastmodell 1 ungünstig angesetzt werden. Zusätzlich wird auf der gesamten Fläche der rechnerischen Fahrstreifen eine Flächenlast von 9 kN/m<sup>2</sup> angesetzt. Die Lasten können national modifiziert werden.

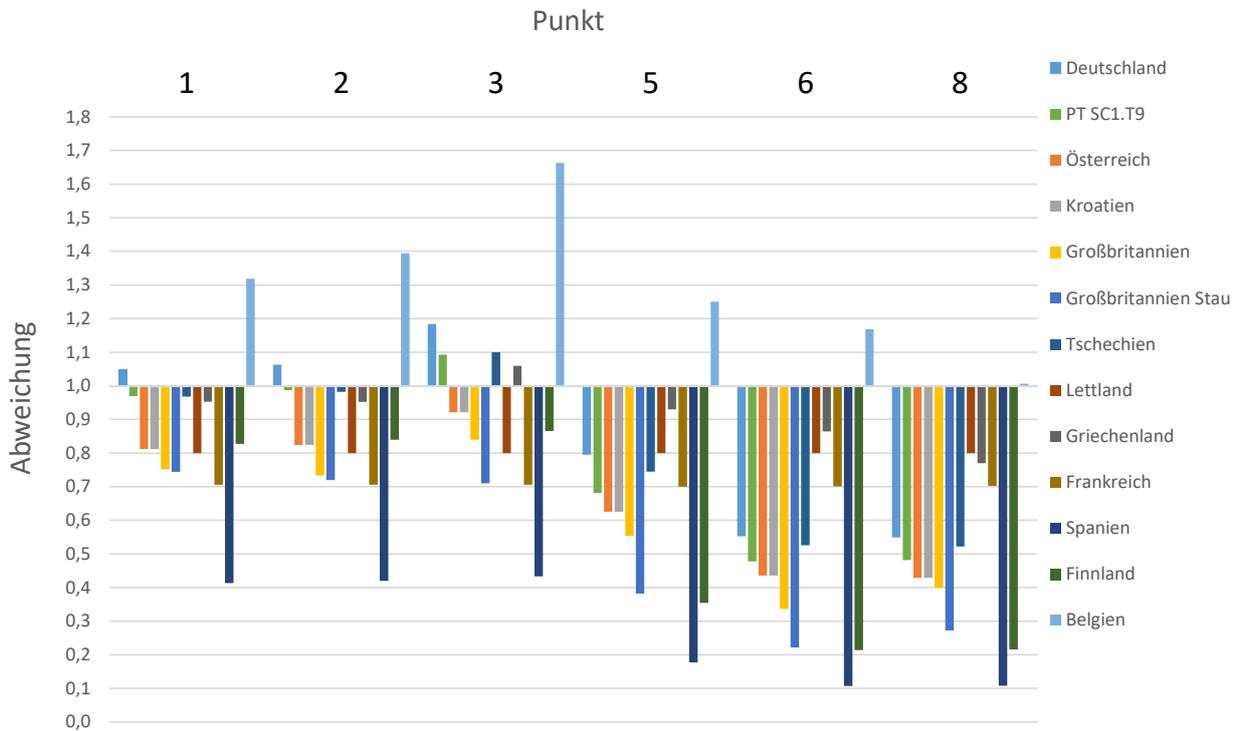
Der Vorschlag des Lastmodells wurde durch Vergleichsrechnungen eines Mitglieds des Projektteams SC1.T9 verifiziert. Zusätzlich wurden im Rahmen einer Masterarbeit durch das ILEK (Universität Stuttgart) Vergleichsrechnungen angefertigt, die im Folgenden beschrieben sind.

Es erfolgte eine Ermittlung der Biegemomente an unterschiedlichen Widerlagergeometrien. Die Lasten wurden entsprechend dem Basisdokument EN 1991-2, ausgewählter nationaler Anhänge sowie dem Vorschlag vom Projektteam SC1.T9 gegenübergestellt. Bei den Untersuchungen wurde ein Erdruckbeiwert von 0,5 herangezogen.

**Bild 3.1.3 – Betrachtete Punkte**

Die charakteristischen Biegemomente in x-Richtung (horizontal) und y-Richtung (vertikal) wurden an den in Bild 3.1.3 dargestellten Punkten ausgewertet, wobei in jede Richtung nur die relevanten Schnittgrößen betrachtet werden. Eine Abweichung größer als 1,0 bedeutet, dass die Momente infolge des entsprechenden nationalen Anhang eine Schnittgröße liefern, die um den angegebenen Faktor größer ist als jene, die sich infolge von EN 1991-2 ergibt. Aufgrund der geringeren  $\alpha$ -Faktoren ergeben sich in den meisten Ländern geringere Biegemomente als bei Berechnungen entsprechend dem Basisdokument. In Belgien werden durch das alternative Lastmodell verhältnismäßig große Lasten angesetzt, die zu größeren Momenten führen. Dies gilt aufgrund der  $\alpha$ -Faktoren auch für Deutschland und Tschechien. Insgesamt zeigt sich, dass die resultierenden Biegemomente stark divergieren. Die Momente infolge des vorgeschlagenen

Lastmodells liegen im Bereich der aktuell in Deutschland anzusetzenden Lasten. Die Ergebnisse sind beispielhaft in Bild 3.1.4 aufgezeigt.



**Bild 3.1.4 – Momente in x-Richtung (Geometrie 3)**

Neben der Auswertung des „Systematic Reviews“ wurde eine Liste mit allen verfügbaren NDPs der europäischen Länder erstellt. Einerseits wurde dabei eine Datenbank verwendet, die durch die CEN bereitgestellt wurde. Andererseits erfolgte eine Auswertung mehrerer nationaler Anhänge, die über die Mitarbeiter von CEN/TC250/SC1/WG3 zusammengetragen wurden. Einige der Dokumente waren hierbei nur in Landessprache verfügbar. Ziel der Auswertung war die Zusammenstellung der einzelnen NDPs, um einen Überblick über die Nutzung der bestehenden Öffnungen in der EN 1991-2 zu bekommen. Ausgehend davon wurden mögliche Kandidaten für eine Reduktion der NDPs identifiziert und die entsprechenden Vorschläge im aktuellen Entwurf vom Projektteam SC1.T9 umgesetzt. Laut CEN sollen jedoch nur nationale Öffnungen eliminiert werden, die keine direkten Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau haben.

### 3.1.5 Krane und Maschinen (EN 1991-3)

Die europäischen Kommentare zum „Systematic Review“ vom Eurocodeteil EN 1991-3 „Einwirkungen infolge Krane und Maschinen“ stehen seit August 2017 zur Verfügung. Der größte Teil der Kommentare wurde dabei von Großbritannien und Deutschland gestellt. Da es derzeit für den Eurocodeteil EN 1991-3 „Einwirkungen infolge Krane und Maschinen“ allerdings noch keine Arbeitsgruppe gibt, welche sich mit der Auswertung der Kommentare des „Systematic Reviews“ befasst, wurde von deutscher Seite im CEN/TC250/SC1 vorgeschlagen, die Bildung einer neuen Arbeitsgruppe für die Einwirkungen infolge Krane einzurichten. Ziel dieser neuen Arbeitsgruppe ist es, die Kommentare aller europäischen Länder aus dem „Systematic Review“ auszuwerten, zu klassifizieren und daraus Arbeitspakete für ein zu bildendes Projektteam zu separieren bzw. abzuleiten. Als weiteres Ziel der Arbeitsgruppe würde der horizontale Abgleich zu CEN/TC250/SC3/WG19 „Evolution of EN 1993-6 – Crane supporting structures“ (Weiterentwicklung von EN 1993-6 – Kranbahnen) sein. Die Überarbeitung der Normen und die Auswertung der europäischen Kommentare würde ohne eine eigene Arbeitsgruppe, erst in den Projektteams nach deren Zusammenstellung erfolgen, wobei mit der Besetzung der Projektteams nicht vor 2019 gerechnet wird. Eine Entscheidung des CEN/TC250/SC1 zur Gründung einer neuen Arbeitsgruppe steht aber derzeit noch aus.

Im Rahmen des „Systematic Reviews“ wurden über die von Deutschland eingebrachten Anmerkungen nur Kommentare von den Mitgliedsstaaten Finnland, Großbritannien, Tschechien und Slowenien eingereicht.

Im Einzelnen wurden neben den 43 deutschen Kommentaren von Finnland 7, von Großbritannien 48 und von Tschechien 3 Kommentare für die Überarbeitung von EN 1991-3 eingereicht. Von Slowenien kam lediglich die Anmerkung, dass eine Überarbeitung unterstützt wird, aber es wurden keine redaktionellen oder technischen Anmerkungen gemacht.

Bei den finnischen Kommentaren handelt es sich im Wesentlichen um Kommentare in Bezug zu den aktuellen Krannormen EN 13001 und EN 15011, welche die Basis von EN 1991-3 sind. Es werden hierbei konkrete Punkte aufgeführt, in denen die derzeitig vorhandenen Regelungen von EN 1991-3 nicht mehr den Regelungen aus den aktuellen Krannormen entsprechen.

Die finnischen Kommentare sind sinnvoll und nachvollziehbar, da dadurch ein Abgleich mit den aktuellen Krannormen erlangt wird. Die Schnittstelle zum Kranhersteller wird für den Anwender dadurch vereinfacht.

Bei den Kommentaren aus Großbritannien handelt es sich überwiegend um redaktionelle Anmerkungen, welche als positiv zu bewerten sind, da z. B. durch eine Überarbeitung der Bilder die Lesbarkeit und Verständlichkeit der Norm deutlich verbessert wird. Weitere Kommentare unterstützen auch die deutsche Position, z. B. dass die vorhandenen Regelungen zu Maschinen zu lehrbuchhaft und daher zu streichen sind. Kommentare die den deutschen Positionen entgegenstehen, sind in den Anmerkungen nicht vorhanden.

Bei den tschechischen Kommentaren handelt es sich nicht um konkrete Verbesserungsschläge der Norm, sondern um die Empfehlung, dass für einzelne Sonderfälle noch Regelungen auszuarbeiten und in die Norm zu integrieren sind. Um die Norm nicht noch weiter aufzublähen, ist eine Übernahme dieser Kommentare nicht empfehlenswert, da dies dem Leitgedanken für eine Vereinfachung der Anwendbarkeit der Norm entgegenstehen würde.

### **3.1.6 Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4)**

Am 26.04.2016 fand in London im Rahmen der Überarbeitung der Eurocodes das erste Treffen der WG5 „Silos“ statt. Dort wurden die Kommentare der europäischen Länder des „Systematic Reviews“ grob bewertet und Arbeitspakete für das Projektteam und die WG5 abgeleitet.

Durch eine im Vorfeld der Arbeitssitzung der WG5 vorgenommene Umstrukturierung der Tabelle des „Systematic Reviews“ ist der Sinnzusammenhang der Umstrukturierung des Normentextes etwas verloren gegangen. Um die deutschen Kommentare näher zu erläutern, wurden wie unter Abschnitt 2.1.6 bereits erwähnt die synoptische Darstellung und ein diese Anregungen umgesetzter vollständiger Normentext verteilt. Weiterhin wurde eine englischsprachige grobe Erläuterung der Hintergründe der Kommentare bzw. Verbesserungsvorschläge vorgelegt. Da bereits in der Phase 1 die Hintergrundinformationen dargelegt wurden, wird an dieser Stelle auf die Berichte der Phase 1 und den Forschungsbericht (Überarbeitung der Silolasten DIN EN 1991-4 mit Zuwendungsbescheid: PRB-1.5 (2013) im Rahmen des BBSR-Forschungsvorhabens Az.: SWD-10.08.18.7.-12.27 [2]) verwiesen, in dem im Anhang auch der vollständige Normentext mit den umgesetzten Änderungsvorschlägen enthalten ist.

Im Rahmen des „Systematic Reviews“ wurden über die von Deutschland und vorwiegend über die PG1 eingebrachten Anmerkungen inhaltlich bedeutende Anmerkungen lediglich von Frankreich und besonders Spanien, einige wenige von Finnland, Belgien und Tschechien gemacht.

Die eingereichten Kommentare der anderen Mitgliedsstaaten beziehen sich nur in geringem Umfang auch auf den Aspekt der Vereinfachung des Regelwerkes. Die meisten Kommentare beinhalten Anregungen zur Aufnahme von zusätzlichen Regeln für bisher durch den Anwendungsbereich nicht abgedeckte Bemessungssituationen und Füllgüter. Dabei handelt es sich in der Regel um spezielle Silos, für die es entweder gar keine Untersuchungsergebnisse zu den anzusetzenden Lasten gibt, oder nur vereinzelt Vorschläge, die keine ausreichende Reflexion und allgemeine Anerkennung in der Fachwelt besitzen.

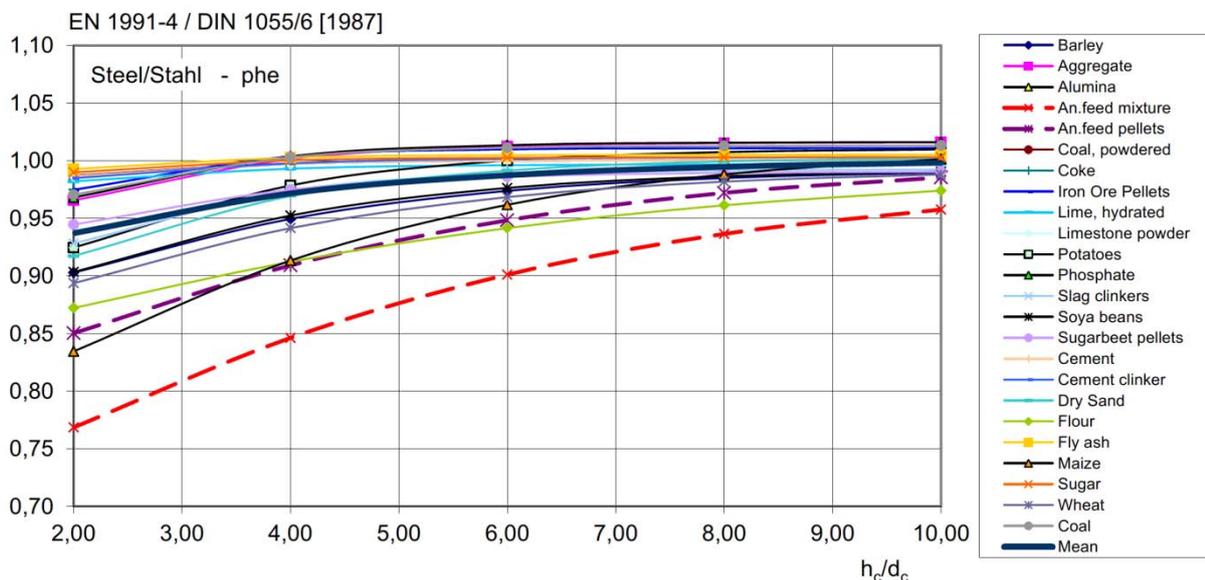
Die wenigen sich auch auf eine Vereinfachung der Anwendung des Regelwerkes erstreckenden Kommentare wie z. B. zu den vereinfachten Anwendungsregeln für die Teilflächenlasten, den Lastfallkombinationen und Lastansätzen bei der Entleerung mit großen Entleerungsexzentrizitäten, werden von PRB unterstützt bzw. sind bereits Inhalt der deutschen Kommentare des „Systematic Reviews“.

Eine der zentralen Aufgaben bei der Überarbeitung der Europäischen Regelwerke besteht darin, den Umfang der nationalen Anwendungsregeln möglichst zu beschränken. Hierzu wurden die zur Verfügung stehenden nationalen Anwendungsdokumente bezüglich deren speziellen nationalen Regelungen der dafür „geöffneten“ Regeln des EN 1991-4 bewertet.

Das Ergebnis der im Rahmen des Forschungsvorhabens PRB-1.11 erstellten Auswertung der zur Verfügung stehenden nationalen Anhänge wurde in Tabellenform zusammengefasst. Es wird darin der Arbeitsgruppe und dem Projektteam eine Empfehlung mit Begründung gegeben, wie man diese abweichenden Regeln im Zuge des „Systematic Reviews“ berücksichtigen sollte.

Einige Mitgliedsstaaten haben allgemeine Anmerkungen zu dem sich nach EN 1991-4 einstellendem Lastniveau und der daraus resultierenden Konsequenzen für eine wirtschaftliche bzw. konkurrenzfähige Bemessung im Vergleich zu anderen internationalen Regelwerken abgegeben, wobei die „Konkurrenzfähigkeit“ der Einwirkungen von EN 1991-4 im Vergleich anderer Regelwerke infrage gestellt wurde.

Für den in der Regel maßgeblichen Fall der Siloentleerung wurden bei der Entwicklung der Lastansätze von EN 1991-4 darauf Wert gelegt, dass für die Bemessungssituationen, die in der DIN 1055-6:1987 enthalten waren, annähernd das gleiche Lastniveau vorliegt. In Vergleichsrechnungen lässt sich dies, abgesehen von vereinzelt Schüttgütern, im Bereich niedriger Schlankheiten zeigen (siehe z. B. Bild 3.1.5). Dieses Vorgehen wurde nicht willkürlich, sondern deshalb gewählt, weil zu dem damaligen Zeitpunkt die Lasten nach DIN 1055-6:1987 international am meisten anerkannt waren.



**Bild 3.1.5 – Vergleich der horizontalen, rotationssymmetrischen Entleerungslasten zwischen EN 1991-4 und DIN 1055-6:1987 bei zentrischer Entleerung (ohne Teilflächenlasten)**

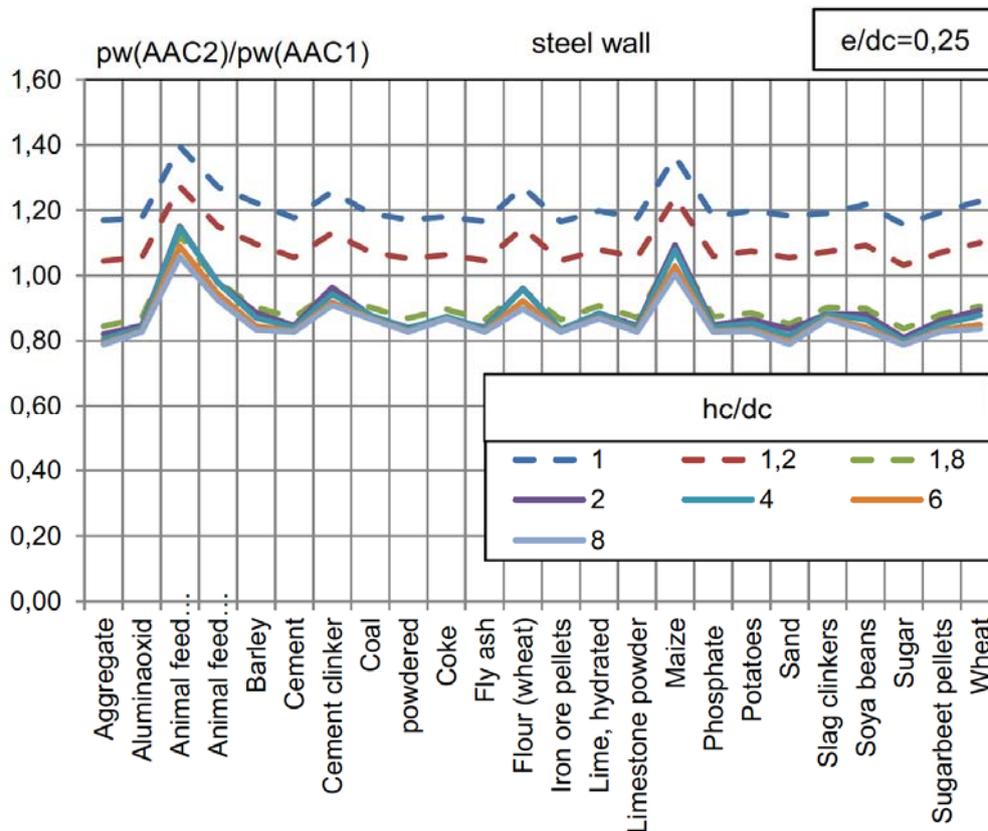
Bei der Bemessungssituation der Einwirkungen im Füllzustand, die für einige Silotypen maßgeblich sein können, ergeben sich tatsächlich im Mittel höhere horizontale Silodrücke als diese sich nach der DIN 1055-6:1987 ergeben haben.

Dieser Sachverhalt wurde in der WG5-Sitzung am 16.09.2017 in Kopenhagen vorgetragen. Von den Beteiligten wurde erkannt, dass hier eine Reflexion der Lastansätze für den Füllzustand erforderlich ist.

Die PG1 hatte im „Systematic Review“ vorgeschlagen, die Sonderregeln für die kleinen Silos der Anforderungsklasse AAC1 zu streichen, weil diese die Anwendbarkeit des Regelwerkes in der umgesetzten Form erschwerten.

Die WG5 hat dieses Ansinnen grundsätzlich abgelehnt und den Beschluss gefasst, im Sinne der leichteren Anwendbarkeit diese Sonderregeln in einem separaten Anhang von EN 1991-4 zu bündeln. Diesem Vorschlag kann gefolgt werden.

Vereinfachte Regeln sollten jedoch grundsätzlich zu ungünstigeren Lasten und Schnittgrößen und somit zu einer sicheren Bemessung führen. Um dies in dem Fall der Regeln für die Silos der Anforderungsklasse AAC1 zu überprüfen, wurden durch die PG1 umfangreiche Vergleichsberechnungen durchgeführt.



**Bild 3.1.6 – Vergleich der Wandreibungslasten zwischen AAC1 und AAC1**

Es gibt demnach durchaus einige maßgebliche Bemessungssituationen (siehe Bild 3.1.6), bei denen die vereinfachten Regeln zu einer wirtschaftlicheren Bemessung führen, als die genaueren Betrachtungen für Silos ab Anforderungsklasse AAC2. Das bedeutet, dass, wenn die Sonderregeln für Silos der Anforderungsklasse AAC1 weiterhin im Regelwerk verbleiben sollen, hier eine Nachbesserung erfolgen muss. Dies wurde ebenfalls in der WG5-Sitzung am 16.09.2017 in Kopenhagen vorgetragen. Von den Beteiligten wurde erkannt, dass eine solche nach Prüfung dieses Sachverhaltes erforderlich ist.

### 3.1.7 Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7)

Die europäischen Kommentare zum „Systematic Review“ zu EN 1991-1-7 wurden im August 2017 zur Verfügung gestellt.

Insgesamt wurden 95 Kommentare abgegeben, die sich nach Ländern bzw. Normungsorganisationen wie folgt verteilen: 40 (DE), 25 (UK), 16 (DK), 8 (FI) und 6 (CZ). Von diesen 95 Kommentaren betreffen 33 Kommentare, also rund ein Drittel, die informativen Anhänge der EN 1991-1-7. Nach Ländern bzw. Normungsorganisationen unterschieden kommentierten die

Anhänge 12 (UK), 8 (DE), 8 (FI), 4 (DK) und 1 (CZ). Deutschland und Großbritannien sind bezogen auf Normungstext und Anhänge die stärksten Kommentatoren, Finnland hat nur Kommentare zu den Anhängen.

Bei der Analyse wurde untersucht, welche Kommentare

- redaktionell oder fachlich lediglich der Klarstellung dienen,
- welche Kürzungsmöglichkeiten ohne Verlust der Aussagekraft der Norm bestehen und
- welche Kommentare zu einer Diskussion und ggf. noch weiteren fachlichen Untersetzung führen. Es wurden hierbei insbesondere Querbezüge zu den verschiedenen länderspezifischen Kommentaren hergestellt, um zu erkennen, welche Länder-Kommentare Gemeinsamkeiten haben und bei welchen Länder-Kommentaren eine gemeinsame Diskussion erforderlich ist.

Die Untersuchung wurde tabellarisch durchgeführt und jeder Kommentar bewertet; die Tabelle ist verfügbar. Schwerpunkte werden im weiteren Text vorgestellt und bewertet.

Tschechien, Deutschland und Finnland wünschen weitergehende Anforderungen und Regeln zur Robustheit. Einige dieser Einwirkungen finden sich in anderen Normenteilen des EC1 und müssten ggf. übertragen werden.

Großbritannien (für Radwege- und Fußgängerbrücken) und Deutschland, Tschechien, Finnland und Großbritannien (für Einwirkungen auf Brücken, z. B. Entgleisung) wünschen eine Ergänzung der Norm bis hin zur Berücksichtigung von weiteren außergewöhnlichen Einwirkungen, wie z. B. Einwirkungen aus Feuer, Klimawandel, Trümmerlasten und Terrorismus.

Dänemark schlägt eine Regelung zur Definition des akzeptablen Risikos vor, die die Festlegung von Versagenswahrscheinlichkeiten beinhaltet. Hierbei werden auch Werte für bestehende Bauwerke vorgeschlagen. Ergänzend werden seitens Dänemark auch zwei zusätzliche informative Anhänge E und F als jeweilige NCIs vorgeschlagen. Prinzipiell entspricht die Festlegung eines akzeptablen Risikos auch dem Wunsch von Deutschland nach Festlegung einer Überschreitungswahrscheinlichkeit für die Bestimmung der außergewöhnlichen Einwirkung. Zu klären wären hier jeweilige Einstufungen in Versagensfolgeklassen CC sowie die zugehörigen Zuverlässigkeitsindices. Die seitens Dänemark vorgeschlagenen Regelungen sind mit dem in EN 1991-1-7 bereits enthaltenen Anhang B, dort B.5 und B.6, abzugleichen. Regelungen für bestehende Bauwerke sollten in einer eigenen Normenreihe enthalten sein und nicht in EN 1991-1-7.

Dänemark wünscht mit einer Erweiterung auf Anhänge E und F, jeweils NCIs, Regelungen zur Optimierung von Maßnahmen, die das Sicherheitsrisiko reduzieren. Diese Optimierung soll über Kostenansätze bewerkstelligt werden. Der Sachverhalt bedarf eigentlich keines zusätzlichen Anhangs (z. B. Anhang E), da in EN 1991-1-7, [R12], unter Anhang B, dort in B.5 und B.6, bereits Hinweise zu risikomindernden Maßnahmen und deren Bewertung (z. B. auch ALARP) gegeben werden. Dänemark wünscht im Zusammenhang mit dem Vorschlag eines neuen Anhangs F Hinweise zu zulässigen Versagenswahrscheinlichkeiten, wie sie auch von Deutschland gewünscht werden. Diese stehen im Zusammenhang mit dem akzeptierten Risiko und müssten in EN 1991-1-7, dort in B.5, formuliert werden. Insofern bedarf es keines zusätzlichen Anhangs F. Gewünschte Hinweise auf einschlägige dänische Handbücher müssten europäisch abgestimmt werden.

Dänemark wünscht diverse Lasterhöhungen für den Anprall von Kraftfahrzeugen, so für Brückenunterbauten und -überbauten über Land- und Stadtstraßen sowie für den Anprall in Hofräumen und Parkgaragen. Insgesamt dürfte sich für diesen Bereich eine Diskussion von Lastanpassungen und ggf. auch des zugrundeliegenden Stoßlast-Modells ergeben.

Dänemark und Tschechien wünschen sich im Bereich des Anpralls von Eisenbahnfahrzeugen die Aufnahme weiterer konkreter Einwirkungsgrößen, stärkere Bezüge zu UIC 777-2R [R57] bzw. auch konkretisierte Angaben für Bauwerke der Klasse B, Bauwerke ohne Überbauungen. Je nach Bauwerksart – A (mit Aufbauten) oder B (ohne Aufbauten) – und je nach Zone des an-

prallgefährdeten Bauteils, die durch den lichten Abstand zwischen Gleis und Bauwerk beschrieben wird, würden sich teils höhere, teils niedrigere Lastwerte gegenüber den derzeitigen Empfehlungen in EN 1991-1-7 ergeben.

Dänemark regt an, den Anhang A, der sich mit Robustheitsaspekten für nicht-identifizierbare Einwirkungen (= außergewöhnlich) beschäftigt, in EC0 zu überführen und auch die Versagensfolge-Klassen identisch mit EC0 zu regeln. Dies spiegelt langjährige Diskussionen wider, ob Anhang A Teil der EN 1991-1-7 oder des EC0 sein sollte. Da die Empfehlungen in Anhang A sich speziell mit Robustheit gegenüber außergewöhnlichen Einwirkungen beschäftigen, könnte auch ein Beibehalt sinnvoll sein. Ebenso die Zuordnung von Versagensfolgeklassen (CC-Klassen), die in EN 1991-1-7 zum einen nur für den Hochbau gelten und zum anderen weitaus detaillierter als in EC0 sind.

In den weiteren Diskussionen ist auch zu erörtern, ob NDP-Empfehlungen generell geändert würden oder national weiterhin Präzisierungen im nationalen Anhang möglich sind.

### 3.1.8 „Climate Change“

Das Projektteam SC1.T5 „Climate Change“ (Klimaänderung) nahm seine Arbeit Ende 2015 auf und legte im Oktober 2017 seinen Abschlussbericht vor. Im Bericht werden die wichtigsten Arbeiten über Fragestellungen des Klimawandels in Europa und ihren möglichen Bezug zur Beurteilung von Einwirkungen auf Tragwerke – wie in den Eurocodes spezifiziert – zusammengestellt. Die für den Klimawandel relevanten Parameter werden identifiziert. Die aktuellen Erkenntnisse (Klimaprojektionsrechnungen) für diese Parameter werden aufgelistet und Empfehlungen für deren Berücksichtigung in der Normung abgeleitet.

Die hohe Variabilität der Ergebnisse zum Klimawandel für die betrachteten Parameter in ganz Europa wird diskutiert. Es wird festgestellt, dass die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf Strukturen ebenso wie der Umgang damit noch in der Entwicklung befindlich ist. Die aktuellen Resultate der (globalen und regionalen) Klimaprojektionsrechnungen weisen für viele einwirkungsrelevante Parameter große Unsicherheiten auf, die aus der natürlichen Klimavariabilität, den Klimaprojektionen (Unsicherheiten der Emissionsszenarien, der Physik der Klimamodelle) selbst und aus der zeitlichen und räumlichen Auflösung der Ergebnisse resultieren.

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen lassen oft nur Aussagen zu Trends und Variabilität zu. Resultate zu Extremwerten liegen deutlich weniger vor, sie sind aus den genannten Gründen mit großen Unsicherheiten behaftet. Es ist ungeklärt, in welcher Weise eine klimatisch bedingte Änderung einwirkungsrelevanter Parameter sich auf die Art und Weise ihrer (extremwert-)statistischen Behandlung (gleiche Grundgesamtheit, Homogenität der Daten) auswirkt.

Aufgrund der hohen räumlichen Variabilität der Ergebnisse zum Klimawandel für Europa sowie aufgrund der Unsicherheiten der Klimaprojektionen für verschiedene Klimaparameter erscheint es aktuell unrealistisch, spezifische Empfehlungen (auf einzelne Klimaparameter oder Einwirkungen bezogen) für die Berücksichtigung des Klimawandels in den Eurocodes zu formulieren. Aus diesem Grund werden als grundlegende Ansätze empfohlen:

- Die einwirkungsrelevanten Klimaparameter sollten im Hinblick auf den Klimawandel in definierten Zeitabständen (maximal 10 Jahre) überprüft werden.
- Brücken und andere Strukturen, die großen Temperaturamplituden ausgesetzt sind, sollten für höhere Temperaturamplituden geplant werden.
- Überprüfungs- und Wartungspläne sollten für Strukturen geplant werden, deren Lebenszyklus sich dem Ende nähert, um im Hinblick auf den Klimawandel Vorsorgemaßnahmen treffen zu können.
- Die Sicherheitsbeiwerte sollten im Hinblick auf die genannten Unsicherheiten der einwirkungsrelevanten Parameter im Klimawandel geprüft werden.

## 3.2 Betonbau

### 3.2.1 Allgemeines

In der Entwurfsphase des EC2 sind europäische Vorschläge aus den zuständigen Normungsgremien wie z. B. zu neuen Bemessungsmodellen zu spiegeln und zu überprüfen. Im Rahmen des Vorhabens soll ein Vergleich und die Bewertung der viel diskutierten europäischen Bemessungsmodelle zum Durchstantragverhalten von Flachdecken und Fundamenten erfolgen.

### 3.2.2 Bewertung neuer europäischer Bemessungsmodelle für Durchstanzen

Inhalt des in [42] ausführlich dargestellten Vorhabens ist eine Gegenüberstellung verschiedener Bemessungsmodelle für das Durchstanzen von Flachdecken und Bodenplatten bzw. Fundamenten anhand von Praxisbeispielen aus einem Pilotprojekt [12], welches im Rahmen eines DIBt-Forschungsvorhabens durchgeführt wurde. Es werden vier Bemessungsmodelle miteinander verglichen und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewertet bzw. möglicher Sicherheitsdefizite diskutiert:

- EC2+NA(D) – DIN EN 1992-1-1 [R15] in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA [R14]
- Vorschlag des Projektteams – PT1prEN 1992-1-1 [44]
- PRB-Vorschlag – PRB-prEN 1992-1-1 [43]
- DIN 1045-1 [R7]

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt, wobei sich die Untersuchungen ausschließlich auf die Durchstanznachweise von Flachdecken, Bodenplatten und Fundamenten beschränken:

- Zusammenstellung der Eingangsparameter und Bemessungsformate der untersuchten Bemessungsmodelle,
- Systematischer Vergleich von Bemessungsergebnissen nach PT1prEN 1992-1-1 mit den Ergebnissen nach DIN 1045-1 und nach EC2+NA(D) an typischen Bauteilen mit praktisch vorkommenden Parametern [12] (Stichproben)
- Vergleich der Ergebnisse nach PT1prEN 1992-1-1 mit den vereinfachten Regelungen des PRB-Vorschlags,
- Stichprobenhafte Überprüfung der praktischen Handhabbarkeit der Vorschläge des Projektteams
- Abschätzung wirtschaftlicher Folgen der Vorschläge des Projektteams (Bewehrungsgehalte, Bauteilabmessungen).

Zusammenfassend lässt sich für die untersuchten Bemessungssituationen feststellen:

- Der Vorschlag des Projektteams legt keinen Mindestwert für den Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung fest. Dies führt bei kleinen Biegebewehrungsgraden dazu, dass der Durchstanzwiderstand weniger stark steigt. Bei den betrachteten Fundamenten mit geringem Bewehrungsgehalt wird in etwa das Niveau des EC2+NA(D) erreicht, während es bei Flachdecken und Bodenplatten erheblich überschritten wird.
- Durch den Verzicht im Vorschlag des Projektteams auf eine Begrenzung des Seitenverhältnisses der Lasteinleitungsfläche  $A_{load}$  bei Wandenden erhöht sich die rechnerische Länge  $u_0$  speziell bei Wandenden gegenüber den anderen Bemessungsmodellen deutlich. Der Durchstanzwiderstand erhöht sich entsprechend überproportional.
- Der Durchstanzwiderstand bei Wandecken erhöht sich im Vorschlag des Projektteams drastisch (um bis zu 80 %) im Vergleich zu den anderen Bemessungsmodellen.
- Der Vorschlag des Projektteams führt bei den betrachteten Bemessungssituationen z. T. zu erheblich wirtschaftlicheren Ergebnissen im Vergleich zu EC2+NA(D) oder auch DIN 1045-1.

Auch im Vergleich mit dem PRB-Vorschlag ist der Vorschlag des Projektteams z. T. deutlich wirtschaftlicher. Dies betrifft sowohl den Widerstand ohne Durchstanzbewehrung als auch den mit Bewehrung.

- Eine wesentliche Ursache für die stark verringerte Durchstanzbewehrung bei einer Bemessung nach dem Vorschlag des Projektteams ist die unterschiedliche Berücksichtigung des Betontraganteils, wenn Durchstanzbewehrung erforderlich wird. Während der Traganteil des Betons im Vorschlag des Projektteams beanspruchungsabhängig berücksichtigt wird, ist sein Anteil im EC2 bei Flachdecken auf dem Niveau der Maximaltragfähigkeit ( $v_{Rd,max}$ ) fixiert und wird im NA(D) bei Fundamenten und Bodenplatten gänzlich vernachlässigt. Dies führt speziell bei Bodenplatten und Fundamenten zu unwirtschaftlichen Bemessungen. Der Vorschlag des Projektteams legt den Traganteil des Betons in Abhängigkeit von dessen Beanspruchung ( $\eta_c$ ) fest. Im PRB-Vorschlag ist dies nicht implementiert.

Im Gegensatz zur Regelung in EC2+NA(D) enthält sowohl der Vorschlag des Projektteams als auch der PRB-Vorschlag ein einheitliches und durchgängiges Bemessungsverfahren für Flachdecken, Bodenplatten und Fundamente. Auch DIN 1045-1 sah eine einheitliche Regel vor, eröffnete bei Fundamenten und Bodenplatten jedoch Bemessungsvarianten, die in aller Regel zu unterschiedlichen Bemessungsergebnissen führten.

Grundlage des Vorschlages des Projektteams und des PRB-Vorschlags ist die Festlegung des Kontrollrundschnittes im Abstand von  $0,5 d$  vom Rand der Lasteinleitungsfläche.

Der wünschenswerte Verzicht auf unterschiedliche Bemessungsformate für das Durchstanzen in Flachdecken, Bodenplatten und Fundamente hat naturgemäß eine Erhöhung der zu betrachtenden Bemessungsparameter zur Folge.

Die Anzahl der Parameter im Vorschlag des Projektteams wächst als Folge der Optimierung der semi-empirisch ermittelten Formeln anhand von Versuchsdatenbanken zusätzlich an. Diese Optimierung in wirtschaftlicher Richtung ist einerseits zu begrüßen, beispielweise die beanspruchungsabhängige Erfassung des Betontraganteils. Andererseits ist sie im Hinblick auf „Ease of Use“ zu hinterfragen (z. B. Korngrößeneinfluss, Membranwirkung).

Die Erfassung der Schubschlankheit ist zu begrüßen. Jedoch sind weitere Parameterstudien erforderlich, die den Einfluss der Bestimmung der Momentennulllinien ( $a_v$ ) aufzeigen. Es kann vermutet werden, dass der Vorschlag des Projektteams speziell bei Flachdecken und Bodenplatten dazu führen wird, dass die EDV-Programme so weiterentwickelt werden, dass der Durchstanznachweis als nicht nachvollziehbare „Blackbox“ integriert ist. In diesem Zusammenhang sind weitere Parameterstudien erforderlich, in welchen die Näherung für  $a_v$  ( $0,22 L_x$  bzw.  $0,22 L_y$ ) zu hinterfragen ist. Insbesondere, ob diese Näherung jeweils ausreichend genau auf der sicheren Seite liegt.

Aus der vorliegenden Bewertung ist noch eine PRB-Empfehlung mit Begründung zum europäischen Vorschlag zu erarbeiten, welche als deutsche Position über den NABau-AA „Bemessung und Konstruktion“ in die europäischen Gremien eingebracht werden soll.

### 3.3 Stahlbau

#### 3.3.1 Allgemeines

In der Entwurfsphase des Eurocode 3 (EC3) sind europäische Vorschläge aus den zuständigen Normungsgremien wie z. B. zu neuen Bemessungsmodellen zu spiegeln und zu überprüfen. Der EC3 besteht aus insgesamt 20 Teilen. Zu jedem Teil gibt es eigene europäische Arbeitsgruppen, in die Vorschläge aus ganz Europa eingebracht werden. Aufgrund der Vielzahl an Normteilen und Gremien beschränken sich die Aktivitäten der PRB-Projektgruppe 3 (PG3) auf die wichtigsten Teile des EC3, die auch in der ersten Phase bearbeitet wurden.

### 3.3.2 Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1)

Nach der Verteilung des ersten Entwurfs fand am 13.05.2016 eine Sitzung der PG3 statt. Dort wurden die im ersten Entwurf eingearbeiteten Änderungen, die hauptsächlich Änderungen im Abschnitt 5.3 zu den Imperfektionen betrafen, und eine Frage zu den Verformungen im Grenz-zustand der Gebrauchstauglichkeit, nämlich ob solche Regelungen werkstoffübergreifend im EC0 festgelegt werden sollen, besprochen und im Nachgang überprüft.

Die erneute Beschäftigung mit der Frage nach den anzusetzenden Imperfektionen im Zusammenhang mit der zugehörigen Querschnittsinteraktion wurde im „Systematic Review“ durch die PG3 aufgeworfen, da es dazu keine klare Angabe im EC3-1-1, Abschnitt 5.3, gab. Im Rahmen der dadurch ausgelösten Forschungstätigkeit an mehreren Universitäten wurde die angemerkte Diskrepanz bestätigt und ein verbesserter Vorschlag erarbeitet.

Eine weitere Sitzung mit Beratung zu neuen Vorschlägen, u. a. für die Wahl der Imperfektionen – Vorschlag von Prof. Lindner – fand am 09.12.2016 statt. Nach Analyse, Prüfung und Diskussion empfahl die PG3, dem Vorschlag von Prof. Lindner zuzustimmen (siehe Bild 3.3.1).

Change the clause 5.3.2 (3) b) and the Table 5.1 for sections with steel grades 235 to S420 and S460 in the following way:

b) relative initial local bow imperfections of members for flexural buckling, where L is the member length

$$j = \frac{L}{e_0} = \frac{\beta \cdot \varepsilon}{\alpha}$$

$\alpha$  imperfection factor, depending on the relevant buckling curve from Table 6.1

$\beta$  according to Table 5.1

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{y,k}}} \quad \text{where for the relevant steel grade } f_{y,k} \text{ in N/mm}^2$$

Table 5.1. Values  $\beta$  for initial bow imperfections

Buckling rectangular to axis	elastic cross section utilization	plastic cross section utilization
y-y	110	75
z-z	200	68

if advantage is taken for the plastic cross section utilization:

- for buckling about axis y-y: the linear plastic cross section interaction, given in clause 6.2.1 (7), must be used. All CHS and RHS sections are part of this group

- for buckling about axis z-z: any plastic cross section interaction may be used, but the plastic shape factor  $M_{pl} / M_{el}$  should be limited to 1.25

$$\frac{M_{pl}}{M_{el}} \leq 1,25$$

**Note:** The values  $\beta$  may be further simplified by shortening in the National Annex. The recommended values are given in Table 5.1

**Bild 3.3.1 – Vorschlag zur Anpassung der Ersatzimperfektionen und Klarstellung zur Querschnitts-Interaktion**

Die allgemeine normative Festlegung von zulässigen Verformungen in z. B. EC0 wurde nach interner Diskussion von der PG3 abgelehnt. Zum einen erscheint dies kaum möglich, da für die verschiedenen Bauweisen und insbesondere im Stahlbau viele unterschiedliche Randbedingungen zu berücksichtigen wären, was zu einer unübersichtlichen normativen Situation führen würde und nicht zu einer Vereinfachung der Anwendung. Zum anderen gibt es keinen Grund, die bisherige Praxis der individuellen und zielführenden Abstimmung von Gebrauchstauglichkeitskriterien mit dem Auftraggeber durch eine normative Regelung zu ersetzen.

Direkt nach der Verteilung des zweiten Entwurfs zum EC3-1-1 fand am 19.05.2017 eine Sitzung der PG3 statt, bei der der zweite Entwurf allerdings nicht vollständig durchgesprochen werden konnte, sodass dazu eine weitere Telefonkonferenz am 09.06.2017 erforderlich war. In dieser Sitzung am 19.05.2017 wurde festgestellt, dass das zuvor erwähnte Teildokument 2 (siehe [7]) offensichtlich übersehen worden war. Weiterhin zu bemängeln war die mehrfache Verwendung gleicher Formelzeichen mit unterschiedlicher Bedeutung.

Am Folgetag der PG3-Sitzung fand am 20.05.2017 eine Sitzung der WG1 statt, deren Thema unter anderem der zweite Entwurf des EC3-1-1 war. Die Feststellungen aus der Besprechung der PG3 am Vortag konnten sogleich als Anmerkungen in der WG1 platziert werden.

Die Ergebnisse aus beiden Sitzungen (PG3 und WG1) dienten zur Vorbereitung der Spiegelausschusssitzung am 21.06.2017 in Berlin. Dort wurden die von der PG3 erarbeiteten Vorschläge zur Kommentierung des zweiten Entwurfs ohne wesentliche Änderungen als deutscher Kommentar verabschiedet und durch das DIN an das CEN weitergegeben.

Weitere aktuelle wichtige Diskussionspunkte zum EC3-1-1 im europäischen Rahmen sind die Werkstoffkennwerte aus Tabelle 3.1 und die Erweiterung der verwendbaren Stahlgüten bis hin zu Stahl S 960. Aufgrund der in den Produktnormen (z. B. EN 10025) teilweise dickenabhängig abweichend zu Tabelle 3.1 festgelegten Streckgrenzen und Zugfestigkeiten wurde der Vorschlag eingebracht, die Werkstoffkennwerte künftig in drei Gruppen ( $t \leq 16$  mm,  $16$  mm  $< t \leq 40$  mm und  $40$  mm  $< t \leq 80$ , siehe Bild 3.3.2) einzuteilen und die Kennwerte entsprechend der Produktnorm anzupassen. Dies wird derzeit aufgrund der Verkomplizierung des Festigkeitsnachweises selbst gewöhnlicher geschweißter Querschnitte von der PG3 abgelehnt.

Ebenso liegen zur Verwendung von höherfesten Stählen S 900 und S 960 im Regelbereich von EC3-1-1 bisher keine Hintergrundberichte vor, sodass die Aufnahme dieser Stahlgüten ebenfalls durch die PG3 abgelehnt wird. Sollten diese Berichte in absehbarer Zeit verfügbar gemacht werden, wären diese zu prüfen und zu bewerten.

**Table 3.1a – Nominal values of yield strength  $f_y$  and ultimate tensile strength  $f_u$  for EN 10025 hot rolled structural steels**  
(editorial note: values taken from prEN 10025:2014)

Standard and grade	Nominal thickness of the element $t$ [mm]					
	$t \leq 16$ mm		16 mm $< t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ <sup>b)</sup> mm	
	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_u$ [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>EN 10025-2</b>		<b>Standard</b>			<b>Standard</b>	<b>Standard</b>
S 235	235	360	225	360	215	360
S 275	275	410 (430/410)	265	410	245 (255/245)	410
S 355	355	470 (510/470)	345	470	325 (335/325)	470
S 450 e1)	450 (N2280: 440)	550	430	550	390 (410/390)	550
S 460 <sup>a)</sup> e2)	460	550	440	550	400 (420/400)	550
S 500 <sup>a)</sup> e2)	500	580	480	580	450 (460/450)	580

**Bild 3.3.2 – Aktueller Vorschlag zur Anpassung EC3-1-1, Tabelle 3.1**

Aktuell läuft derzeit die praktische Überprüfung der in der WG1 eingebrachten Vorschläge für die Stabilitätsnachweise in EC3-1-1, Abschnitt 6.3. Nach Abschluss der Vergleichsberechnun-

gen, die auf eine Verbesserung der Ausnutzung der Bauteile hinweisen, folgen noch entsprechende Auswertungen.

### 3.3.3 Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5)

Ein Großteil der beim CEN im Rahmen des „Systematic Reviews“ eingereichten und positiv bewerteten Änderungsvorschläge (Klassifizierung 1, 2, 4 oder 6) sind entweder sinnvolle, kleinere redaktionelle Vorschläge (z. B. die Korrektur falscher oder doppelt belegter Indizes) oder Ergänzungen zum besseren Verständnis bzw. zur besseren Anwendung der Norm.

Änderungsvorschläge, die einen größeren Einfluss sowohl auf das resultierende Berechnungsergebnis als auch auf den Umfang der Berechnung haben, betreffen die vorhandenen Interaktionsbeziehungen zwischen den einzelnen Beanspruchungskomponenten Längsspannung  $\sigma_x$ , Querspannung  $\sigma_z$  und Schub  $\tau_{xz}$  bzw. zwischen den dazugehörigen Schnittgrößen. Alle diese Korrekturvorschläge werden, auf Basis von Forschungsergebnissen, als sicherheitsrelevant bezeichnet. Sie dienen somit nicht in erster Linie der Optimierung der Norm, sondern vielmehr zur Herstellung des erforderlichen Sicherheitsniveaus.

Die beiden nachfolgenden Änderungsvorschläge wurden in den Normungsgremien in jüngster Vergangenheit diskutiert und als NCIs und NDPs zum bestehenden deutschen nationalen Anhang bereits eingeführt. Dabei schließt die Gleichung in Bild 3.3.3 eine bisher bestehende Lücke in der Nachweisführung. Die Gleichung in Bild 3.3.4 korrigiert die bestehende Regelung für den Fall einer biaxialen Druckbeanspruchung in Richtung mehr Sicherheit.

$$\overline{\eta}_1^{-3,6} + \left[ \overline{\eta}_3 \cdot \left( 1 - \frac{F_{Ed}}{2 \cdot V_{Ed}} \right) \right]^{1,6} + \eta_2 \leq 1.0 \quad (\text{NA.7})$$

mit:  $\overline{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$

$$\overline{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$$

**Bild 3.3.3 – NCI zu Abschnitt 7: Zusätzlicher Einzelnachweis bei gemeinsamer Wirkung von Querkraft an den Längsrändern sowie Querkraft und/oder Biegemoment**

$$\left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - V \cdot \left( \frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \left( \frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \left( \frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \leq 1 \quad (\text{NA.x})$$

mit:  $V = \rho_x \cdot \rho_z$

**Bild 3.3.4 - NDP zu Abschnitt 10: Modifikation des Beulnachweises für den Fall biaxialen Drucks**

Darüber hinaus wird derzeit ein weiterer Vorschlag zur Änderung der bestehenden M-V-Interaktionsbeziehung in Abschnitt 7 in der WG5 diskutiert. Hierbei handelt es sich nach den Forschungsergebnissen von Dr. Balázs Kövesdi (Ungarn) ebenfalls um eine sicherheitsrelevante Korrektur der bestehenden Regelungen. Der Mehraufwand für die Berechnung ist gering. Jedoch handelt es sich bei der vorgeschlagenen Interaktionsbeziehung um eine an numerischen Simulationen kalibrierte Gleichung, für die kein direkter mechanischer Hintergrund besteht.

Prinzipiell scheint eine Korrektur der bestehenden Gleichung jedoch erforderlich, da sie auf plastische Widerstandswerte zurückgreift und oftmals zu unsinnigen und unsicheren Ergebnissen führt.

1) Replace clause 7.1 (1) by:

(1) Provided that  $\bar{\eta}_3$  (see below) does not exceed 0.5, the design resistance to bending moment and axial force need not be reduced to allow for the shear force. If  $\bar{\eta}_3$  is more than 0.5 the combined effects of bending and shear in the web of an I or box girder should satisfy:

$$\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{el,eff,Rd}}\right) (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^\kappa \leq 1.0 \quad (7.1)$$

where  $M_{f,Rd}$  is the design plastic moment resistance of the section consisting only of the effective area of the flanges;

$M_{el,eff,Rd}$  is the design elastic resistance of the effective section consisting of the effective area of the flanges and the web.

$$\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$$

$$\kappa = \left(\frac{M_{f,Rd}}{M_{el,eff,Rd}} + 0.2\right)^{15} + 1$$

Action effects should include global second order effects of members where relevant.

### Bild 3.3.5 – Aktueller Vorschlag zur Änderung der bisherigen M-V-Interaktionsbeziehung im Abschnitt 7

So entsteht bei der bisherigen Nachweisführung oft die Situation, dass der Nachweis für eine einzelne Einwirkungskomponente M oder V zu einem höheren Ausnutzungsgrad führt, als der Interaktionsnachweis unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Wirkung beider Einwirkungskomponenten M und V. Prinzipiell ist eine Korrektur der Gleichung somit auch von PRB-Seite aus zu unterstützen. In welcher Form die Korrektur erfolgt, wird derzeit noch in der WG5 diskutiert. Neben dem o. g. Ansatz (siehe Bild 3.3.4) ist auch eine Übertragung der entsprechenden Gleichung aus EN 1999-1-1 [R46] in der Diskussion. Die PG3 wird die bestehenden Diskussionen weiterverfolgen und versuchen, die Entscheidung hin zu einer einfachen und transparenten Lösung mit erkennbarem mechanischen Hintergrund zu beeinflussen.

Im zuständigen europäischen Gremium WG5 des CEN/TC250/SC3 wurden bis April 2016 alle über den „Systematic Review“ eingereichten europäischen Vorschläge, einschließlich der o. g. deutschen Vorschläge, klassifiziert. Es ist ein Teilerfolg, dass keiner der 17 deutschen Vorschläge abgelehnt, also mit 3 oder 5 klassifiziert worden ist. Insgesamt wurden acht Vorschläge mit „akzeptiert“ (1 oder 2) klassifiziert. Die übrigen neun wurden mit 4 oder 6 klassifiziert. Das bedeutet, dass sie noch weiter in der WG5 diskutiert werden müssen und teilweise noch ergänzender Klarstellungen bedürfen. Zu diesem Zwecke wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens die Dokumente [35] bis [37] ins Englische übersetzt und an die WG5 weitergeleitet.

### 3.3.4 Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8)

Der bewertete „Systematic Review“ [29] des CEN/TC250/SC3/WG8 beinhaltet die enorme Anzahl von 429 Kommentaren und Änderungsvorschlägen. Neben den oben genannten deutschen Verbesserungsvorschlägen wurden 307 Kommentare und Änderungsvorschläge aus den übrigen europäischen Ländern eingereicht und durch die WG8 bewertet.

Von den 39 durch die PG3 eingebrachten Verbesserungsvorschläge wurden 20 vollständig positiv bewertet, zehn entweder als weiter diskussionswürdig beurteilt bzw. auf schon bestehende Beschlüsse zum Thema verwiesen. Nur neun PG3-Vorschläge wurden abgelehnt. Insbesondere wurde die erste Hauptforderung nach Auslagerung des Kapitels 6 in einen Anhang (Komponentenmethode) abgelehnt. Die zweite Hauptforderung nach Auslagerung des Kapitels 7 (Hohlprofilanschlüsse) wurde als diskussionswürdig eingestuft.

Die übrigen, nicht durch die PG3 veranlassten Änderungsvorschläge können an dieser Stelle nicht inhaltlich wiedergeben werden. Es sei lediglich auf die Vielzahl von Kommentaren zu den Hohlprofilanschlüssen hingewiesen, die zum großen Teil akzeptiert wurden und auf eine Erweiterung der Bemessungsmethoden für die Hohlprofilanschlüsse abzielen.

Im Verlauf der nachfolgenden Sitzungen der CEN/TC250/SC3/WG8 wurde sogar der Vorschlag eingebracht, die Komponentenmethode in EC3-1-8 für Hohlprofilanschlüsse zu erweitern. Aus Sicht des überwiegenden Teils der deutschen Baupraxis würde diese Erweiterung einem lediglich sehr begrenzten Anwenderkreis von Nutzen sein und bezüglich Umfang und Praxistauglichkeit der Norm EC3-1-8 schaden. Dieser Vorschlag konnte erfreulicherweise abgewendet werden.

### 3.3.5 Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9)

Sämtliche europäische Kommentare zum „Systematic Review“ EC3-1-9 wurden in einem Dokument des CEN/TC250/SC3 zusammengefasst in der Arbeitsgruppe WG9 „Evolution of EN 1993-1-9 – Fatigue“ (Weiterentwicklung von EN 1993-1-9 – Ermüdung) bekanntgegeben und nachfolgend in einer ad-hoc-Gruppe entsprechend allgemeinen CEN-Vorgaben mit (1) bis (6) klassifiziert.

Die von der ad-hoc-Gruppe vorgeschlagene Klassifizierung wurde dann anschließend in der WG9 verteilt und abschließend in der WG9-Sitzung am 04./05.05.2017 diskutiert. Die endgültige, an CEN/TC250/SC3 zur Entscheidung zurückgesandte Klassifizierung der Kommentare liegt zwischenzeitlich vor. Auch europäisch wurden alle wichtigen PG3-Vorschläge positiv bewertet und sollen in die Weiterentwicklung des EC3-1-9 aufgenommen werden. Nur drei der deutschen Vorschläge, darunter jene der PG3 zum generellen Vorwort der Eurocodes und zwei für weniger bedeutende Definitionen, wurden abgelehnt.

Ein Erfolg ist, dass elf der PG3-Vorschläge für so gut und ausgereift befunden wurden, dass sie ohne weitere Zusätze direkt in die Norm übernommen werden sollen. Der größte Teil aller 45 übermittelten deutschen Vorschläge wurde direkt ins Arbeitsprogramm von Projektteam und WG9 überführt. Sie sollen nach einer weiteren Verfeinerung und Schärfung durch die Arbeitsgruppe ebenfalls den direkten Weg in die Norm finden. Bei lediglich neun der eingereichten Kommentare sind mehr Hintergrundinformationen und weitere Erläuterungen notwendig. Hier kann noch nicht genau eingeschätzt werden, ob sie im Rahmen der aktuellen Überarbeitung Eingang in die Norm finden oder aufgrund eines noch länger dauernden Diskussionsprozesses erst bei der nächsten Novellierung berücksichtigt werden. Sämtliche zuvor genannten Zahlen beziehen sich auf die gesamten deutschen Kommentare und können aber in Verhältnis auch auf die Kommentare der PG3 übertragen werden.

### 3.3.6 Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6)

Wesentliche Änderungsvorschläge der PRB-Phase 1 wurden in den von deutscher Seite eingebrachten „Systematic Review“ übernommen und im Sommer 2017 auf europäischer Ebene eingereicht (siehe Abschnitt 2.3.6). Die Analyse der anderen europäischen Vorschläge, beispielsweise aus dem „Systematic Review“, wird erfolgen, sobald diese verfügbar sind.

### 3.3.7 Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2)

Es liegt derzeit der kommentierte „Systematic Review“ vor. Darin enthalten sind 67 akzeptierte Änderungsvorschläge für die Weiterentwicklung des EC3-1-2. Die Vorschläge der PG3 sind darin aus den in Abschnitt 2.3.6 genannten Gründen nicht enthalten.

Die Vorschläge im „Systematic Review“ wurden von der forschenden Stelle der PG3 gesichtet und bewertet. Die von der WG2 positiv bewerteten Vorschläge können als nicht im Widerspruch zu den von der PG3 vorgeschlagenen Verbesserungen angesehen werden.

Die Vorschläge der PG3 zum EC3-1-2 wurden in den NA 005-52-22 AA eingebracht. Es laufen derzeit auf europäischer Ebene Aktivitäten, die teilweise auch die Umsetzung der Vorschläge der PG3 betreffen. Im Jahresbericht 2016 des DIN-Normenausschusses Bauwesen wird beispielsweise gesagt:

*„NA 005-52-22 AA Konstruktiver baulicher Brandschutz [...] Im Bereich Stahl (EC3-1-2) gibt es national zurzeit keine Aktivität. CEN/TC250/SC3/WG2: Die 2015 im Zuge der turnusgemäßen Überprüfungen eingegangenen Kommentare wurden gesichtet, und den zuständigen Mitarbeitern aus der WG zugeordnet. Der von der Horizontal Group erstellte Vorschlag einer konsistenten Gliederung für alle Eurocode-Brandschutzteile wurde diskutiert und wird für den EC3-1-2 übernommen. Für nichtrostenden Stahl sollen Spannungs-Dehnungslinien im Anhang des EC3-1-2 dargestellt werden, da eine Anwendung der Materialgesetze für Kohlenstoff-Stahl nicht geeignet ist.“*

Dies entspricht vollkommen den Forderungen der PG3. Konkret kann dies jedoch erst nach Einsicht in die entsprechenden Unterlagen bewertet werden, sobald Dr. Hörenbaum Mitglied der WG2 sein wird. Lediglich der PG3-Vorschlag von Bauteilklassifizierungen und Tabellenanwendungen zur Aufnahme in EC3-1-2 wurde mit Verweis auf die neu erschienene Version von DIN 4102-4 [R8] abgelehnt.

Nach Auskunft des Sekretariats von CEN/TC250/SC3/WG2 liegen seit Erscheinen des Reviews keine weiteren Unterlagen vor, die die Weiterentwicklung von EC3-1-2 dokumentieren. Somit erscheint es erfolversprechend, dass die bisherigen Arbeitsergebnisse der PG3 noch in die Weiterentwicklung des EC3-1-2 eingebracht werden können.

### 3.3.8 Verbundbau (EN 1994-1-1)

Bis Ende 2016 wurden erste Teilvorschläge der Projektteams für die EN 1994 im CEN/TC250/SC4 eingebracht. Die forschende Stelle und die PG3 analysierten und kommentierten diese ersten Entwürfe und leiteten die Kommentare an den deutschen Experten in der zuständigen Arbeitsgruppe, Prof. Kurz, weiter. Die Kommentare wurden nachfolgend im Verbundbau-Ausschuss vom bauforumstahl e.V. besprochen und bildeten eine Grundlage für Analysen späterer Entwürfe.

Bis Ende Mai 2017 wurden die zweiten Entwürfe für die geplanten Änderungen der EN 1994 vorgelegt. Im Rahmen der bisherigen Arbeit wurden die Dokumente von SC4.T1 bis T4 und die vorliegenden Entwürfe zum EC4 gesichtet, analysiert und bewertet. Die daraus resultierenden Kommentare wurden an den deutschen Spiegelausschuss weitergeleitet.

Auf der Sitzung des DIN-Spiegelausschusses im Juni 2017 wurden die deutschen Kommentare zu den Dokumenten des CEN/TC250/SC4 abgestimmt. Dabei wurden auch die vorab eingereichten Kommentare der PG3 durchgesprochen. Die umfangreichen deutschen Kommentare beinhalten vollständig die Kommentare der PG3. Sie umfassen verschiedenste technische und redaktionelle Anmerkungen mit Klarstellungen und Rückfragen zu den Entwürfen.

Die PG3 und auch der NA 005-08-99 AA „Verbundbau“ kritisieren die Neuvorschläge des CEN/TC250/SC4 in einzelnen Punkten grundsätzlich. Die Punkte werden im Folgenden aufgeführt und begründet.

- Task SC4.T1 (preliminary draft Annex D, concrete dowels):

Es wird infrage gestellt, ob ein Anhang zum EC4 das richtige Mittel zur Regelung von Betondübeln ist. Vor dem Hintergrund von erforderlichen Anpassungen der Dübelparameter infolge von technischen oder wirtschaftlichen Themen erscheint es sinnvoller, Betondübel vorerst im Rahmen von einer Technical Specification (TS) des CEN zu regeln.

- Task SC4.T2 (composite beams with large web openings):

Für Stahlträger mit großen Stegöffnungen ist ein eigener Teil zum EC3, für Verbundträger mit großen Stegöffnungen ist ein eigener Anhang zum EC4 vorgesehen. Die in Diskussion stehenden Dokumente sowohl für den Stahlbau als auch für den Verbundbau enthalten überwiegend Lehrbuchwissen. In einem Schreiben an den NA 005-08-16 „Stahlbau“ empfahl der NA 005-08-99 „Verbundbau“, lediglich die Grundprinzipien des Nachweises im EC3 aufzunehmen. Die Detailregelungen könnten in einer CEN/TS aufgenommen werden. Hier wäre auch eine gemeinsame CEN/TS für Stahl- und Verbundbau zu begrüßen.

### 3.3.9 EN 1090-2

Vorschläge für die Überarbeitung der Norm wurden fortlaufend gesichtet und geprüft. Kommentare wurden über den zuständigen DIN-Spiegelausschuss NA 005-08-14 AA an die europäischen Gremien geleitet.

## 3.4 Holzbau

### 3.4.1 Vereinfachung der Bemessung von Deckentafeln

Im Rahmen der PRB-Teilprojekte PRB-4.5 (2016) und PRB-4.6 (2016) wurden die Grundlagen der erweiterten Schubfeldtheorie beschrieben und hergeleitet. Aufbauend auf diesen Grundlagen sollen im Rahmen dieses weiterführenden Projektes Vereinfachungen für die Bemessung von Deckentafeln abgeleitet werden.

Das Projekt wurde in der Endphase der Projekte PRB-4.5 (2016) und PRB-4.6 (2016) überschneidend mit diesen bearbeitet; abschließende Berechnungen und Auswertungen werden aktuell basierend auf erarbeiteten Grundlagen der vorausgegangenen Projekte durchgeführt.

Die Gleichungen zur Berechnung der Schubflüsse wurden hergeleitet und zwischenzeitlich in Excel-Tabellen implementiert. Die wesentlichen Parameterstudien zur Findung der wichtigsten Einflussparameter und zur Ableitung von Vereinfachungen wurden bereits durchgeführt.

Die Arbeiten im Zusammenhang mit der Ableitung von Gleichungen zur Berechnung von Verformungen (Tafeldurchbiegungen) stehen kurz vor dem Abschluss.

Gegenstand der Projektarbeiten sind systematische Parameterstudien zur Ableitung von vereinfachten Bemessungsregeln.

In einem ersten Schritt wurde untersucht, inwieweit es möglich ist, vereinfachte Formeln für die Berechnung des maximalen Schubflusses abzuleiten. Bei den zugehörigen Berechnungen wurden dabei u. a. folgende Variablen berücksichtigt:

- Abmessungen der Deckentafeln (Länge/Breite bzw. L/H-Verhältnis),
- Belastungsrichtung: parallel bzw. rechtwinklig zu den Deckenbalken,
- Plattenabmessungen einschl. der Verwendung von Passplatten,
- Abstände der Deckenbalken,
- Anzahl der Plattenreihen,
- einseitige bzw. beidseitige Lasteinleitung.

Auch die Berechnungen im Hinblick auf die Durchbiegung von Deckentafeln werden mit entsprechenden Parameterstudien durchgeführt.

Im letzten, noch zu beendenden Schritt werden konstruktive Regeln bzw. Randbedingungen abgeleitet, unter denen auf eine detaillierte Bemessung bzw. Berechnung verzichtet werden kann.

Die abschließende Auswertung der Parameterstudien sowie die Dokumentation der konstruktiven Regelungen sind in der aktuellen Bearbeitung. Die Arbeitsinhalte werden in den kommenden Wochen in Berichtsform überführt.

Die Ergebnisse werden in der deutschen Spiegelgruppe NA 005-04-01-03 AK beraten und anschließend in die WG3 eingebracht werden.

### 3.4.2 Vergleichsrechnungen von $k_{mod}$ -Werten

Im Rahmen eines ersten PRB-Teilprojektes wurden vereinfachte Regeln zur Findung der für die Bemessung von Holzbauteilen maßgebenden Lastkombination vorgeschlagen. Gegenstand dieses weiterführenden Projektes ist es, aufbauend auf den bisherigen Arbeiten weitere Vereinfachungen abzuleiten. Hierbei sollte eine Reduzierung der  $k_{mod}$ -Klassen angestrebt werden.

Die derzeit im EC5 festgelegten  $k_{mod}$ -Werte stellen vereinbarte Rechenwerte dar, ohne dass diese in allen Fällen wissenschaftlich abgeleitet oder nachgewiesen wurden.

So wurden Langzeituntersuchungen nur für den Fall einer Biegebeanspruchung durchgeführt, anhand derer eine Abschätzung des  $k_{mod}$ -Wertes möglich ist. Für andere Beanspruchungsarten, wie z. B. Zug parallel oder gar rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor. Somit ist es auch nicht möglich, „bessere“ und wissenschaftlich abgesicherte  $k_{mod}$ -Werte abzuleiten. Hierzu fehlen „Schadens-Akkumulationsmodelle“, mit denen es möglich wäre, das Langzeitverhalten zu simulieren.

Daher werden im Rahmen dieses PRB-Teilprojektes nicht „neue“  $k_{mod}$ -Werte abgeleitet, sondern es wird versucht, über eine Reduzierung der Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) zu einer geringeren Anzahl an  $k_{mod}$ -Werten zu gelangen.

Herr Mikoschek (Mitarbeiter des IfH) hat im Rahmen eines zweiwöchigen Aufenthaltes bei Prof. Köhler in Trondheim (Norwegen) erste Sicherheitsanalysen von vereinfachten Bemessungskonzepten durchgeführt. Diese Arbeiten bilden die Grundlage für die nachfolgend beschriebenen Analysen.

In der Tabelle 3.4.1 sind die Randbedingungen der durchzuführenden Sicherheitsanalysen zusammengestellt.

**Tabelle 3.4.1 – Randbedingungen der durchzuführenden Sicherheitsanalysen**

Anzahl der KLED	KLED	Lastkombinationen nach	
		EC0	PRB-Vorschlag
6 (entspr. EC5 u. NA)	- ständig - lang - mittel - kurz - kurz/sehr kurz - sehr kurz	x	x
3	- ständig/lang - mittel/kurz - kurz/sehr kurz	x	x
2	- permanent - veränderlich	x	x

Für diese Fälle werden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Abweichung von der derzeitigen Bemessungspraxis (z. B. in %),
- Jeweils zugehöriger Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  und Vergleich mit dem derzeitigen Sicherheitsniveau nach EC5 / EC0 entsprechend [1].

Als Variablen werden hierbei berücksichtigt:

- Anteil Eigengewicht/veränderlicher Einwirkung,
- Verschiedene Kombinationen von veränderlichen Einwirkungen mit verschiedenen KLEDs.

Die Berechnungen dauern derzeit noch an, eine zusammenfassende Bewertung ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Ziel der Berechnungen ist jedoch, mithilfe von Sicherheitsanalysen die Auswirkung von möglichen Vereinfachungen auf das jeweilige Sicherheitsniveau abschätzen zu können.

Nach Abschluss der Berechnungen sollen die Ergebnisse sowohl in die deutsche Spiegelgruppe als auch in die WG10 selbst eingebracht werden.

### 3.4.3 Vergleichsrechnungen zu EN 1995-1-2 – Bemessung für den Brandfall

Bei der Beurteilung der Feuerwiderstandsdauer von Wand- und Deckenkonstruktionen in Holzbauweise wird zwischen der mechanischen Tragfähigkeit R und dem Raumabschluss EI unterschieden. Der Raumabschluss verhindert die Brandausbreitung innerhalb des Gebäudes oder auf Nachbargebäude und gewährleistet sichere Rettungswege.

Die EN 1995-1-2 (EC5) [R27] bietet mit dem informativen Anhang E ein Verfahren zum Nachweis des Raumabschlusses an, das nach nationalem Anhang DIN EN 1995-1-2/NA [R26] in Deutschland angewendet werden darf. In der PRB-Phase 1 stellte Dr. Peter durch eine Umfrage fest, dass das aktuelle Nachweisverfahren zum Raumabschluss nicht praxisgerecht ist und kaum angewendet wird. Im Jahr 2009 wurde mit der Dissertation von Schleifer [45] ein neues Bemessungsverfahren publiziert, das bereits in den europäischen Leitfaden „Fire safety in timber buildings“ (Brandschutz im Holzbau) [13] und den nationalen Anhang von Österreich, ÖNORM B 1995-1-2 zur EN 1995-1-2 [R50], aufgenommen wurde. In der nächsten Generation der EN 1995-1-2 soll ein Nachweisverfahren auf Grundlage der Dissertation von Schleifer das aktuelle Nachweisverfahren zum Raumabschluss ersetzen. Ziel der Untersuchungen in diesem Teilprojekt ist, die praktische Anwendbarkeit und den Anwendungsbereich des Nachweisverfahrens nach Schleifer im Vergleich zum aktuellen Berechnungsverfahren zu untersuchen und Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Sowohl das Bemessungsverfahren nach EC5 als auch das Bemessungsverfahren nach Schleifer beruht auf der Annahme, dass die Anforderungen an den Raumabschluss erfüllt sind, wenn die Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung erfüllt sind und sichergestellt ist, dass sich die Bekleidung an der feuerabgewandten Seite nicht ablöst. Das Bemessungsverfahren nach Schleifer ist als Weiterentwicklung des Bemessungsverfahrens nach EC5 anzusehen, wobei die Nachweisführung genauer und aufwendiger ist.

In der Tabelle 3.4.2 wird der Anwendungsbereich beider Bemessungsverfahren bezüglich Feuerwiderstandsdauer, Balkenabstand und Materialien gegenübergestellt. Dabei sind nur geringfügige Unterschiede festzustellen.

Tabelle 3.4.2 – Gegenüberstellung Anwendungsbereich

Bemes- sungs- verfahren	Max. Feuer- widerstands- dauer	Max. Balken- abstand	Mögliche Materialien
<b>EC5, Anhang E</b>	60 min	625 mm	- Sperrholz, Span- und Faserplatten, Holzbekleidungen, Gipsplatten (Typen A, H, F) - teil- oder vollgedämmt: Steinwolle, Glaswolle sowie ungedämmte Hohlräume
<b>Dissertation Schleifer</b>	60 min	keine Angabe	- Spanplatten, OSB-Platten, Massivholzplatten, Gipsplatten (Typen A, H, F), Gipsfaserplatten - teil- oder vollgedämmt: Steinwolle, Glaswolle sowie ungedämmte Hohlräume

Neben den einsetzbaren Materialien sind besonders die Anordnungsmöglichkeiten der einzelnen Schichten von großer Bedeutung für die praktische Anwendung.

Für beidseitig einlagig bekleidete Konstruktionen lässt das Verfahren nach EC5, Anhang E eine beliebige Anordnung der möglichen Materialien zu. Als beidseitig zweilagig bekleidete Konstruktionen kann nur eine sehr eingeschränkte Anzahl von Wandkonstruktionen (keine Decken) ohne die Möglichkeit der Berücksichtigung von Glaswoll- oder Gipsplatten-Typ F berechnet werden. Das Bemessungsverfahren nach Schleifer lässt eine beliebige Anordnung der möglichen Materialien sowohl für Wand- als auch für Deckenkonstruktionen zu.

Tabelle 3.4.3 – Vergleich der Praxistauglichkeit

Praxistauglichkeit in Bezug auf ...	EC5, Anhang E	Dissertation Schleifer
...Feuerwiderstandsdauer	+/-	+/-
...Balkenabstand	-	?
...Materialien	-	-
...Anordnung der Materialien	--	++
...Verständlichkeit	+	+
...Berechnungsaufwand	+	+/-

Anhand von Excel-Vergleichsrechnungen an verschiedenen Wandaufbauten wird die Praxistauglichkeit beider Bemessungsverfahren hinsichtlich Anwendungsbereich und Berechnungsaufwand untersucht. Aufgrund der beliebigen Anordnungsmöglichkeit der einzelnen Schichten können mit dem aufwendigeren Verfahren nach Schleifer mehr Konstruktionen als nach EC5, Anhang E bemessen werden. Deutliche Unterschiede werden zwischen beiden Bemessungsverfahren in Bezug auf die berechnete Dauer des Raumabschlusses  $t_{ins}$  festgestellt. Dabei trifft es allerdings nicht zu, dass mit einem Bemessungsverfahren im Vergleich zum anderen Bemessungsverfahren stets konservativere Werte für  $t_{ins}$  ermittelt werden. Diesbezüglich sind weitere Untersuchungen erforderlich. Die Praxistauglichkeit der beiden Verfahren wird im Hinblick auf verschiedene Kriterien in Tabelle 3.4.3 bewertet und gegenübergestellt.

Die Vorteile des Verfahrens nach Schleifer überwiegen. Deshalb wird empfohlen, dieses Bemessungsverfahren in den nächsten EC5 aufzunehmen. Dabei sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Erweiterung um weitere Materialien, wie z. B. Dämmstoffe und Bekleidungen aus nachwachsenden Rohstoffen (Holzfaser, Zellulose, ...)
- Nachweismöglichkeit des Raumabschlusses bis  $t_{ins} = 90$  min

- Gewährleistung eines zulässigen Balkenabstandes bis 83,5 cm
- Berücksichtigung von abgehängten Decken (Metallprofile)
- Untersuchungen zu den großen Unterschieden bei den berechneten Raumabschluss-Dauern beider Verfahren (EC5, Schleifer), ggf. Optimierung des Verfahrens Schleifer

#### 3.4.4 Bemessungsregeln für Furnierschichtholz

EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 enthält u. a. auch Regelungen für die Bemessung von Furnierschichtholz. Die derzeitigen Regelungen für Furnierschichtholz sind aber unvollständig und/oder unpräzise. So ist in vielen Abschnitten nicht klar, ob sich Nachweisformeln auf eine Flachkant- oder Hochkantbeanspruchung des Furnierschichtholzes beziehen.

Es wird nicht zwischen Furnierschichtholz mit oder ohne Querlagen differenziert.

Es werden keine Aussagen zu den Holzarten oder Holzartengruppen, für die die Bemessungsregeln gelten, getroffen.

Weiterverarbeitete Produkte, wie Brettschichtholz aus Furnierschichtholzlamellen, sind derzeit nicht Gegenstand der EN 1995-1-1.

Im Rahmen des PRB-Vorhabens wurden daher Vorschläge für die Anpassung und Ergänzung der EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008 formuliert. Zu den vorgeschlagenen Änderungen wurde ein Hintergrundbericht [14] mit Quellenangaben zu den Grundlagen der vorgeschlagenen Änderungen erstellt. Nachfolgend sollen die wesentlichen vorgeschlagenen Änderungen aufgelistet werden:

- Als Produktnorm soll künftig ausschließlich EN 14374 und nicht mehr EN 14279 in Bezug genommen werden.
- Es soll durchgehend zwischen LVL-P (Furnierschichtholz mit ausschließlich faserparallel verklebten Furnieren) und LVL-C (Furnierschichtholz mit kreuzweise angeordneten Furnieren) differenziert werden.
- Zudem sollen unter dem Kürzel GLVL Regelungen für Brettschichtholz aus Furnierschichtholz integriert werden.
- Es wird vorgeschlagen, für die Produkte LVL und GLVL in Deutschland aufgrund der gegenüber anderen Materialien deutlichen geringeren Streuung künftig einen Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_M = 1,2$  anstatt  $\gamma_M = 1,3$  anzuwenden.
- Es wird vorgeschlagen, für LVL aus Nadelholz und LVL aus Laubholz identische Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  und Modifikationsbeiwerte  $k_{mod}$  einzuführen.
- Es wird vorgeschlagen, die Deformationsbeiwerte für LVL und GLVL an die derzeit gültigen bauaufsichtlichen Zulassungen und europäische-technische Bewertungen anzupassen. Dabei sollen künftig unterschiedliche  $k_{def}$ -Werte für Flach- und Hochkantbiegebeanspruchung angegeben werden.
- Es werden zukünftig nach Holzart und Produkt (LVL oder GLVL) differenzierte Bezugsmaße und Exponenten für die Ermittlung der Höhen- oder Längenfaktoren angegeben. Diese Maße wurden erneut den vorliegenden allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und ETAs entnommen.
- Die Anwendung von Universalkeilzinkenverbindungen in Furnierschichtholz wird, wie für Brettschichtholz nach EN 14080, aufgrund der Gefahr des Eindringens von Feuchte in der Nutzungsklasse 3 auf die Nutzungsklassen 1 und 2 beschränkt.
- Für den Nachweis der Druckspannung parallel zur Faser wird für Bauteile, die eindeutig der Nutzungsklasse 1 zugeordnet werden können, die Möglichkeit einer Erhöhung der Druckfestigkeit parallel zur Faser eingeräumt. Die in den Materialnormen bzw. Zulassungen derzeit angegebenen Druckfestigkeiten parallel zur Faser gelten sowohl für die Nutzungsklasse 1

wie auch für die Nutzungsklasse 2. Daher schreiben die Produktnormen derzeit eine Abminderung der in Nutzungsklasse 1 gewonnenen Testergebnisse für die Deklaration der Druckspannungen vor. Für Bauteile, die eindeutig der Nutzungsklasse 1 zugeordnet werden können, können aber die tatsächlichen in Nutzungsklasse 1 erzielten Werte angesetzt werden.

- Die Querdrucknachweise werden so modifiziert, dass sie die Orientierung der Fasern der Deckfurniere und das Vorhandensein von Querlagen berücksichtigen können. Neu eingeführt wird zudem eine Gleichung zur Abschätzung der zu erwartenden Querdruckverformungen. Im Rahmen des PRB-Vorhabens wurden auch Vorschläge für die Anwendung dieser Gleichungen auf andere Vollholzprodukte gemacht.
- Es werden Zug- und Biegespannungsnachweise unter einem Winkel zur Faser eingeführt.
- Es wird für die Ermittlung des kritischen Biegemomentes die Möglichkeit eröffnet, dass Produkt aus E-Modul und Schubmodul aufgrund der statistischen Unabhängigkeit der beiden Werte mit einem Faktor von etwa 1,4 zu erhöhen.
- Die Nachweise an den angeschnittenen Rändern von Bauteilen werden für Furnierschichtholzprodukte mit ausschließlich faserparallel verklebten Furnieren und Furnierschichtholzprodukte mit Querfurnieren differenziert.
- Es wird klargestellt, dass die Nachweisformate für gekrümmte Bauteile auch für Brettschichtholz aus Furnierschichtholz gelten.
- Für Furnierschichtholz werden modifizierte Regeln für die Lochlaibungsfestigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln angegeben. Die Gleichungen für die Ermittlung der effektiven Verbindungsmittellanzahl werden modifiziert. Differenzierte Regeln für LVL-P und LVL-C werden dabei angegeben. Der Anwendungsbereich des bisherigen Eurocodes wird auf Verbindungsmittel in den Schmalseiten von Furnierschichtholz oder Brettschichtholz aus Furnierschichtholz erweitert.
- Die Regeln für Verbindungsmittelabstände werden ergänzt. Für Schraubenverbindungen werden Regeln für schräg eingedrehte Schrauben (Neigung in Bezug auf beide Hauptachsen) angegeben.
- Die Nachweisgleichungen für Auszugswiderstände bei Vollgewindeschrauben werden ergänzt.
- Die für den Nachweis von Dübeln besonderer Bauart erforderlichen Beiwerte werden für Furnierschichtholzprodukte ergänzt.
- Für den Nachweis von Aussteifungsverbänden wird die Einführung von Beiwerten für Systeme mit einer Gesamtauslenkung  $L/1000$  vorgeschlagen.

Die Unterlagen wurden zwischenzeitlich an CEN/TC250/SC5 mit der Bitte um Weitergabe an die zuständigen Arbeitsgruppen weitergeleitet. Auf der letzten Plenarsitzung CEN/TC250/SC5 am 27./28.09.2017 wurden die Papiere kurz diskutiert. Die Arbeitsgruppen CEN/TC250/SC5/WG3 „Cluster Eurocode 5“ und WG5 „Connections and fasteners“ (Verbindungen und Befestigungsmittel) waren über die Zuarbeit erfreut und sagten zu, die Dokumente in ihrer weiteren Ausarbeitung zu berücksichtigen. Beide Arbeitsgruppen werden aber zunächst die allgemeinen Regeln festlegen und die vorgeschlagenen Ergänzungen für Furnierschichtholz später einpflegen.

### 3.4.5 Verbindungsmittel

Im Rahmen der Phase 2 zum Thema Verbindungsmittel wurden explizit Schraubenverbindungen untersucht.

Derzeit ist eine Bemessung von Schraubenverbindungen nur mit den Materialwerten aus allgemein bauaufsichtlichen bzw. Europäischen Technischen Zulassungen möglich. Eine produkt-

neutrale statische Berechnung und dadurch eine produktneutrale Ausschreibung sind somit nicht möglich.

Im Zuge der Anamnese und Diagnose wurden die statischen Widerstandswerte von verschiedenen Schraubenanbietern erfasst und miteinander verglichen. Bei der Zugtragfähigkeit sowie den Schraubenabständen differieren die Werte nur gering. Eine größere Abweichung ergibt sich beim Fließmoment, der Ausziehfestigkeit und der Kopfdurchziehfestigkeit. Eine produktneutrale Ausschreibung ist somit nur mit den Angaben von statischen Widerstandswerten möglich.

Als Therapievorschlag erfolgt deshalb die Einteilung der Schrauben anhand folgender statischer Widerstandswerte:

- Durchmesser: d (Diameter)
- Zugtragfähigkeit: t (Tension)
- Fließmoment: y (Yield)
- Ausziehparameter: w (Worm)
- Kopfdurchziehparameter: h (Head)

Diese fünf Werte sind maßgebend für die Bemessung einer Schraubenverbindung. Abhängig von der Beanspruchung der Verbindung (Scherverbindung oder Zugverbindungen) und der Schraubenart (Vollgewindeschraube oder Teilgewindeschraube) besteht die Möglichkeit auf die Angabe einzelner Widerstandswerte zu verzichten.

Die Tabelle 3.4.4 gibt ein exemplarisches Beispiel für die Codierung von Schrauben abhängig von Belastung und Schraubenart:

**Tabelle 3.4.4 – Exemplarische Schraubencodierung**

	ohne Lastrichtung	Zug-Teilgewinde	Zug-Vollgewinde	Querkraft-Teilgewinde	Querkraft-Vollgewinde
Würth	d8-t20-y20-w11-h13	d8-t20-w11-h13	d8-t20-w11	d8-y20-w11-h13	d8-y20-w11
Spax	d8-t17-y20-w9,8-h12,3	d8-t17-w9,8-h12,3	d8-t17-w9,8	d8-y20-w9,8-h12,3	d8-y20-w9,8
Schmid	d8-t20-y13,4-w9,8-h9,8	d8-t20-w9,8-h9,8	d8-t20-w9,8	d8-y13,4-w9,8-h9,8	d8-y13,4-w9,8
Heco	d8-t20-y20-w11,8-h14	d8-t20-w11,8-h14	d8-t20-w11,8	d8-y20-w11,8-h14	d8-y20-w11,8
Dresselhaus	d8-t19-y20-w11-h9,4	d8-t19-w11-h9,4	8-t19-w11	d8-y20-w11-h9,4	d8-y20-w11

Zusätzlich sind die Rand- bzw. Achsabstände der Schrauben zu berücksichtigen. Dies könnte ebenfalls im Code über eine Ziffer berücksichtigt werden.

Spax-Schraube mit Abständen nach EC5:

**d8-t17-y20-w9,8-h12,3-1**

Spax-Schraube mit Abständen nach Zulassung:

**d8-t17-y20-w9,8-h12,3-2**

Bei den Werten handelt es sich um Mindestwerte, welche einzuhalten sind. In der Ausschreibung können die Werte über diese Ziffernfolge unabhängig vom Hersteller und somit produktneutral angegeben werden.

Im Eurocode wäre eine Angabe der Widerstandswerte in gestaffelter Form denkbar. Somit wäre eine produktneutrale Bemessung von Schraubenverbindungen wieder möglich.

Im nächsten Schritt sind die Vorschläge mit den Schraubenanbietern, den ausführenden Firmen und den Büros für Tragwerksplanung abzugleichen und gegebenenfalls anzupassen. Des Weiteren wird empfohlen, den Vorschlag mit den anderen Mitgliedsstaaten abzustimmen.

### 3.4.6 Vereinfachte Regeln für die Querdruckbemessung

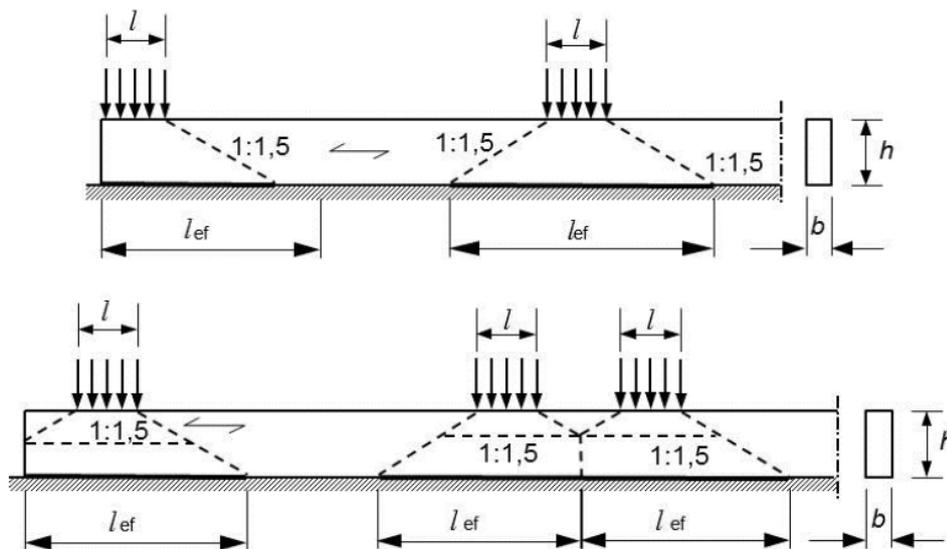
Im Rahmen der Teilprojekte PBR-4.3 (2017) und 4.4 (2017) wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Durchsicht und Überprüfung eines neuen Bemessungskonzeptes (Vorschlag der WG3 von CEN/TC250/SC5).
- Vergleichende Betrachtungen und Diskussion dieses Bemessungsvorschlages.
- Erarbeitung eines eigenen, abgewandelten Bemessungsvorschlages.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind nachfolgend kurz zusammengefasst.

Der in der WG3 diskutierte Bemessungsvorschlag wurde von A. Lejten (NL) erarbeitet. Er basiert auf theoretischen und experimentellen Arbeiten.

Bei diesem Berechnungsmodell wird die maximal auftretende Querdruckspannung mithilfe einer Spannungsausbreitung berechnet, die je nach Größe der Eindrückungen in einem Winkel von 1:1 bis 1:1,5 verläuft. Dies ist im Bild 3.4.1 für den Fall einer Spannungsausbreitung unter einem Winkel von 1:1,5 dargestellt.



**Bild 3.4.1 – Lastausbreitung**

Das Berechnungsmodell wurde anhand zahlreicher Versuche überprüft, wobei eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt werden konnte. Das vorgeschlagene Modell einer Lastausbreitung kann daher als mechanisch nachvollziehbar und damit auch als geeignet angesehen werden. Auch ist es mit diesem Modell möglich, bisher nicht nachvollziehbare sprunghafte Veränderungen des  $k_{c,90}$ -Werte plausibel zu „glätten“.

Vergleichsrechnungen mithilfe von typischen Anwendungsfällen ergaben, dass mit dem neuen Bemessungsvorschlag höhere rechnerische Tragfähigkeiten unter Querdruckbeanspruchung erreicht werden können, als nach derzeitiger Bemessungspraxis nach EC5. Als unbefriedigend ist allerdings zu bewerten, dass die dabei angenommenen Eindrückungen mit 10 % bzw. 20 % der Bauteilhöhe als deutlich zu hoch anzusehen sind.

Im Rahmen dieses PRB-Projektes wurde ein abgewandelter Bemessungsvorschlag ausgearbeitet, der folgende Bemessungssituationen berücksichtigt:

- Lokale Eindrückungen haben Auswirkungen auf die Tragfähigkeit/Stabilität einer Konstruktion. In diesem Fall ist ein Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu erbringen.
- Haben lokale Eindrückungen keine Auswirkungen auf die Tragfähigkeit/Stabilität einer Konstruktion, so wird ein sog. „Robustheitsnachweis“ auf charakteristischem Niveau (Einwirkungen und Tragfähigkeiten) für ausreichend angesehen. Dabei wird zwischen dem Auftreten von geringen Verformungen mit ca. 3 % und größeren Eindrückungen von ca. 10 % unterschieden.

Der im Rahmen dieses PRB-Projektes erarbeitete Bemessungsvorschlag wurde in die WG3 eingebracht und auf der letzten September-Sitzung in Paris andiskutiert. Der eingebrachte Bemessungsvorschlag wird anhand vorliegender Versuchsergebnisse überprüft und auf der nächsten WG3-Sitzung (Frühjahr 2018) weiter diskutiert.

### 3.5 Mauerwerksbau

#### 3.5.1 Allgemeines

In der 2. Phase bis Ende 2018 besteht die Aufgabe darin, die eingehenden europäischen Einsprüche und Neuvorschläge zu sichten und diese unter Berücksichtigung der PRB-Leitlinien zu bewerten. Die sich daraus entwickelnde Entwurfserarbeitung muss auch von der PRB-Projektgruppe 5 (PG5) bis zum Start des europäischen Einspruchsverfahrens (CEN-Enquiry) im Jahr 2018 intensiv begleitet werden.

#### 3.5.2 Vereinfachungsvorschlag für den Nachweis der Knicksicherheit

Wie bereits im Abschnitt 2.5.2 ausgeführt, wurde ein konkreter Vereinfachungsvorschlag für den Nachweis der Knicksicherheit von Mauerwerk unter Berücksichtigung verschiedener Verhältnisse von Elastizitätsmodul zu Mauerwerksdruckfestigkeit in den Überarbeitungsprozess der WG1 zu EN 1996-1-1 eingebracht. Eine vergleichende Darstellung der Ergebnisse des neuen Ansatzes mit den bisherigen Regelungen wurde in [21] veröffentlicht. Das Bild 3.5.1 (entspricht Bild 7 der Veröffentlichung) zeigt beispielhaft den Vergleich der sich nach dem Neuvorschlag ergebenden Tragfähigkeiten mit den bisherigen Regelungen nach EN 1996-1-1 sowie unter Berücksichtigung des deutschen nationalen Anhangs.

#### Vereinfachter Bemessungsvorschlag für den Traglastfaktor in Wandhöhenmitte:

Für  $K_E = E_0/f_k \geq 500$  gilt:

$$\Phi_m = 1,10 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \right) - 0,021 \cdot \frac{h_{ef}}{t} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \quad \text{Gl. 3.5-1}$$

Für  $250 \leq K_E = E_0/f_k < 500$  gilt:

$$\Phi_m = 1,10 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \right) - 0,030 \cdot \frac{h_{ef}}{t} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \quad \text{Gl. 3.5-2}$$

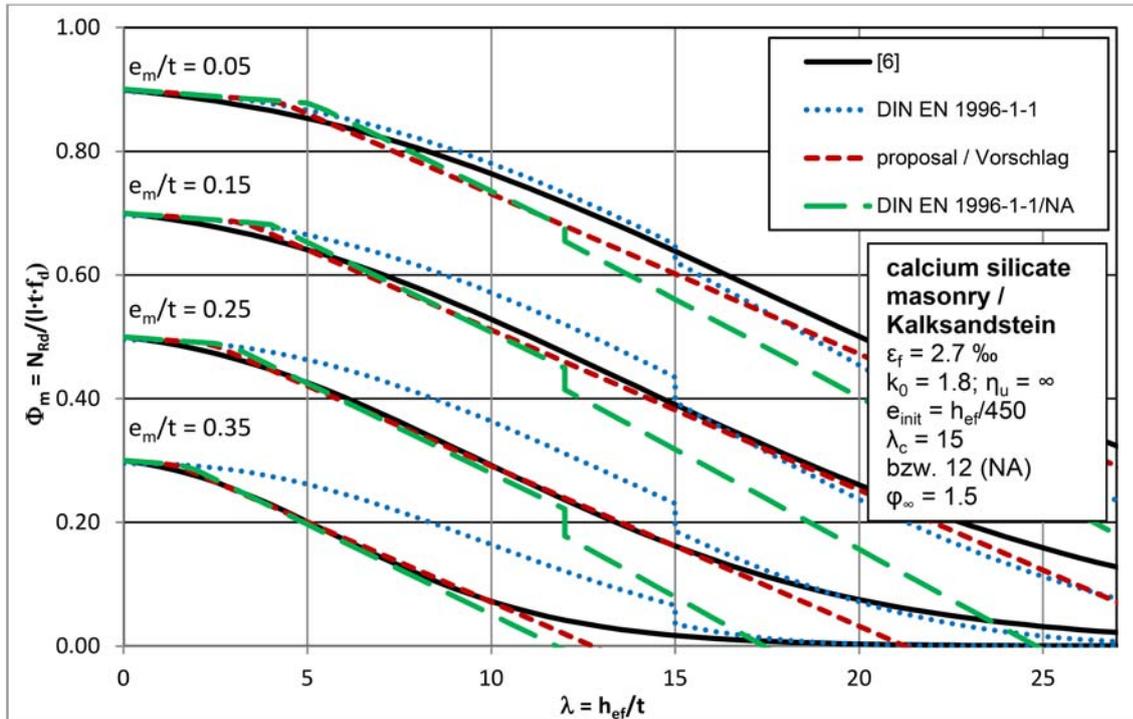
Für  $80 \leq K_E = E_0/f_k < 250$  gilt:

$$\Phi_m = 1,10 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \right) - 0,050 \cdot \frac{h_{ef}}{t} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_m}{t} \quad \text{Gl. 3.5-3}$$

Für alle in Deutschland normativ geregelten Stein-Mörtel-Kombinationen kann nach DIN EN 1996-1-1/NA, Abschnitt 3.7.2 (2) stets ein Verhältnis von  $K_E = E_0/f_k \geq 700$  für den Nachweis der vertikalen Belastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Knikksicherheitsnachweis) angesetzt werden. Darüber hinaus ist auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die Kennzahl  $K_E$  für alle Mauersteinarten immer größer als  $K_E \geq 550$ . Damit ist für Deutschland

ausschließlich Gl. 3.5-1 bemessungsrelevant, die gegenüber der bisher gültigen Regelung zu deutlichen Vereinfachungen bei der Bemessung führt, da der Einfluss des Kriechens vernachlässigt werden darf.

Um Verkomplizierungen des Nachweises aus europäischer Sicht für Kennzahlen  $K_E < 500$  (in Deutschland nicht verwendbar) zu vermeiden, wurden Gl. 3.5-2 und Gl. 3.5-3 vorgeschlagen.



**Bild 3.5.1 – Gegenüberstellung des neuen Bemessungsvorschlages für Mauerwerk aus Kalksandsteinen [21]**

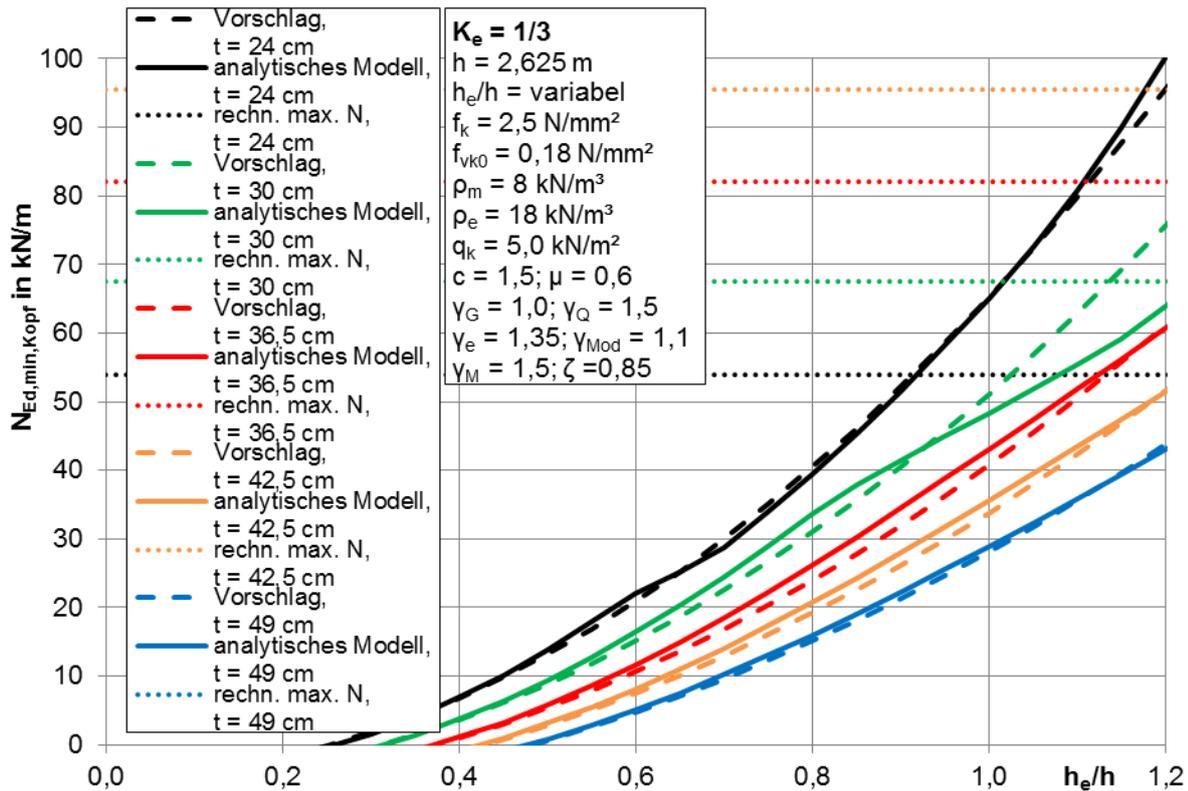
### 3.5.3 Neuvorschlag für den Nachweis von Kellerwänden

Im Projekt PRB-5.3 wurde ein Neuvorschlag für den Nachweis von Kellerwänden unter Berücksichtigung eines beliebigen Erddruckbeiwertes entwickelt, der in Ergänzung zu den bisherigen Regelungen nach EN 1996-1-1/NA den Nachweis hinreichender Biegetragfähigkeit mit dem Nachweis ausreichender Querkrafttragfähigkeit koppelt. Dadurch wird – neben der Erfassung des realen Erddruckbeiwertes – eine wesentliche Vereinfachung der Nachweismethodik erreicht. Anhand von umfangreichen Vergleichsrechnungen mit einem analytischen Modell, welches das Tragverhalten realitätsnah abbildet, konnte der in Gl. 3.5-4 angegebene Neuvorschlag verifiziert werden. Das Bild 3.5.2 zeigt beispielhaft die Ergebnisse des einfachen Neuvorschlags im Vergleich zu der bisherigen Regelung.

#### Vereinfachter Bemessungsvorschlag für erddruckbeanspruchte Kellerwände:

$$N_{Ed, \min} \geq 0,26 \cdot \frac{k_e^{1,5} \cdot \rho_e \cdot b \cdot h \cdot h_e^2}{\alpha \cdot t} \quad \text{Gl. 3.5-4}$$

$$N_{Ed, \max} \leq \frac{t \cdot b \cdot f_d}{3} \quad \text{Gl. 3.5-5}$$



**Bild 3.5.2 – Vergleich der minimal erforderlichen Auflast für erddruckbeanspruchte Wände**

Darüber hinaus wurden auf Basis dieser Ergebnisse einfach handhabbare Bemessungstabellen entwickelt, die eine effiziente Bemessung erddruckbeanspruchter Kellerwände ermöglichen. Beispielhaft ist eine dieser Tabellen nachfolgend dargestellt.

**Tabelle 3.5.1 – Zulässiges Verhältnis von Anschütthöhe zur lichten Wandhöhe  $h_e/h$  für eine charakteristische Druckfestigkeit  $f_k = 1,5 \text{ N/mm}^2$**

$f_k = 1,5 \text{ N/m}^2$		$h_e/h$					
$k_e$	t [cm]	$\rho_e = 16 \text{ kN/m}^2$			$\rho_e = 18 \text{ kN/m}^2$		
		h [m]					
		2,625	2,75	3,00	2,625	2,75	3,00
1/3	24	0,70 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,55 <sup>1)</sup>
	30	0,95 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>1)</sup>
	36,5	≤ 1,15	1,05 <sup>1)</sup>	0,90 <sup>1)</sup>	1,05 <sup>1)</sup>	0,95 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>
	42,5		≤ 1,15	1,05 <sup>1)</sup>	≤ 1,15	≤ 1,15	1,00 <sup>1)</sup>
	49		≤ 1,15	≤ 1,15	≤ 1,15	≤ 1,15	≤ 1,15
0,4	24	0,65 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,55 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>
	30	0,80 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>
	36,5	1,00 <sup>1)</sup>	0,90 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,90 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>
	42,5	≤ 1,15	1,10 <sup>1)</sup>	0,95 <sup>1)</sup>	1,10 <sup>1)</sup>	1,00 <sup>1)</sup>	0,90 <sup>1)</sup>
	49		≤ 1,15	≤ 1,15	≤ 1,15	≤ 1,15	1,00 <sup>1)</sup>

$f_k = 1,5 \text{ N/mm}^2$		$h_e/h$					
$k_e$	$t$ [cm]	$\rho_e = 16 \text{ kN/m}^2$			$\rho_e = 18 \text{ kN/m}^2$		
		$h$ [m]			$h$ [m]		
		2,625	2,75	3,00	2,625	2,75	3,00
0,5	24	0,55 <sup>1)</sup>	0,55 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>	0,55 <sup>1)</sup>	0,50 <sup>1)</sup>	0,45 <sup>1)</sup>
	30	0,70 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>	0,60 <sup>1)</sup>	0,55 <sup>1)</sup>
	36,5	0,85 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>	0,65 <sup>1)</sup>
	42,5	1,00 <sup>1)</sup>	0,95 <sup>1)</sup>	0,80 <sup>1)</sup>	0,90 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>	0,75 <sup>1)</sup>
	49	$\leq 1,15$	1,10 <sup>1)</sup>	0,95 <sup>1)</sup>	1,05 <sup>1)</sup>	1,00 <sup>1)</sup>	0,85 <sup>1)</sup>

**Fußnoten:**

1) Begrenzung des Verhältnisses von Anschütthöhe zur lichten Wandhöhe ( $h_e/h$ ) wegen des Nachweises mit maximaler Normalkrafteinwirkung

**Randbedingungen:**

- Wichte Mauerwerk  $\rho_{MW} = 8 \text{ kN/m}^3$
- Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit  $f_k = 1,5 \text{ N/mm}^2$
- Charakteristische Haftscherfestigkeit  $f_{vk0} = 0,18 \text{ N/mm}^2$
- Reibungsbeiwert des Mauerwerks  $\mu = 0,6$
- Schubspannungsverteilungsfaktor  $c = 1,5$
- Charakteristische Verkehrslast auf Geländeoberfläche  $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
- Verhältnis der Verkehrslast zu Eigenlast  $N_{Q,k}/N_{G,k} = 0,5$
- Teilsicherheitswerte auf der Materialseite  $\gamma_M = 1,5$
- Dauerstandfaktor für Langzeiteinwirkungen des Mauerwerks  $\zeta = 0,85$
- Teilsicherheitsbeiwert für das Modell für den Nachweis der Biegetragfähigkeit  $\gamma_{Mod} = 1,1$
- Teilsicherheitsbeiwert für die günstige Wirkung des Eigengewichts des Mauerwerks  $\gamma_g = 1,0$
- Teilsicherheitsbeiwert für den Erddruck  $\gamma_e = 1,35$
- Teilsicherheitsbeiwert für die Verkehrslasteinwirkung auf der Geländeoberfläche  $\gamma_q = 1,5$
- Teilsicherheitsbeiwert zur Bestimmung der maximal einwirkenden Normalkraft  $\gamma_{g+q} = 1,4$

### 3.5.4 Erweiterung der zulässigen Deckenspannweiten und Wandhöhen

Das Ziel bestand darin, die Anwendungsgrenzen der vereinfachten Berechnungsmethoden bezüglich zulässiger Wandhöhe und Deckenstützweite zu erweitern. Zur Überprüfung, ob und unter welchen Randbedingungen eine Vergrößerung der nach EN 1996-3 zulässigen Deckenstützweiten und Wandhöhen möglich ist, wurden umfangreiche Vergleichsrechnungen zwischen den vereinfachten Berechnungsmethoden und den allgemeinen Regeln zur Bemessung bezüglich der maximalen Tragfähigkeiten durchgeführt.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass unter bestimmten Randbedingungen eine Erweiterung der zulässigen Deckenstützweiten auf bis zu  $l_f = 7,5 \text{ m}$  und der zulässigen Wandhöhen auf  $h = 6,0 \text{ m}$  möglich ist. Hierzu müssen jedoch im Gegenzug einige andere Randbedingungen eingeschränkt werden, wie beispielsweise eine Begrenzung der zulässigen Verkehrslast auf  $q_k \leq 3,0 \text{ kN/m}^2$  und der einwirkenden Windlast auf  $w_{Ed} \leq 1,3 \text{ kN/m}^2$ .

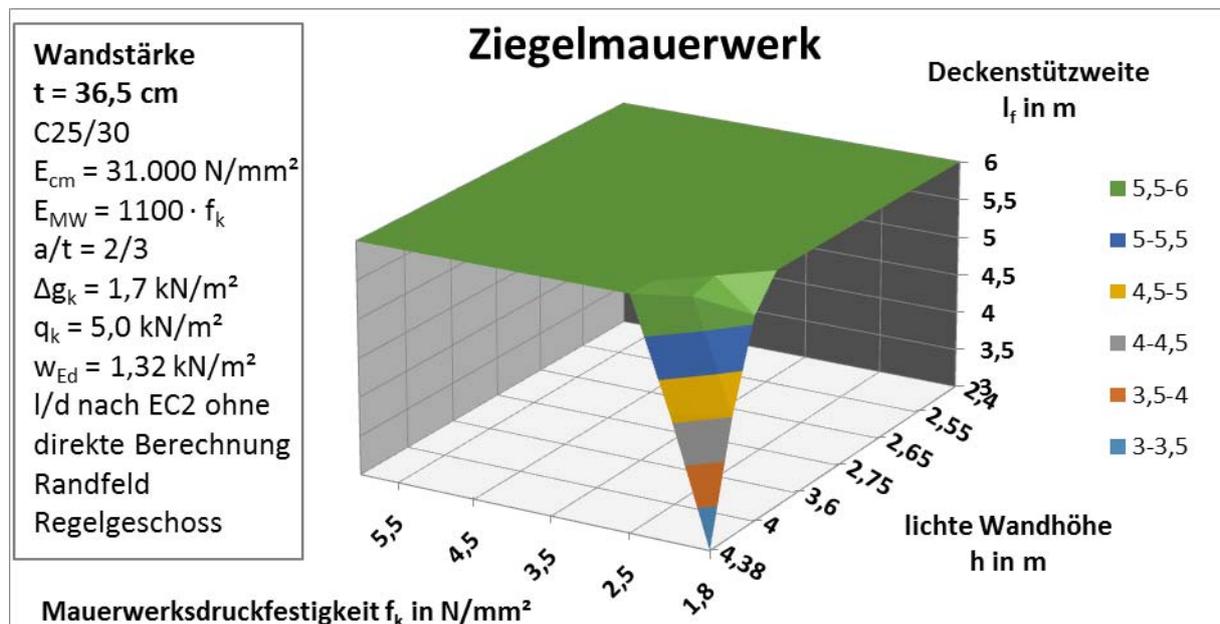
Im Rahmen der Berechnungen wurden sowohl Außen-, als auch Innenwände untersucht und die unterschiedlichen Mauersteinarten differenziert betrachtet. Als Ergebnis wurden Normungsvorschläge erarbeitet, die in Bild 3.5.3 (Außenwände) und in Bild 3.5.4 (Innenwände) zu sehen sind.



hang im Hinblick auf die Berechnung der maximalen Tragfähigkeit unter Biege- und Normalkraftbeanspruchung. Dabei konnten deutliche Unterschiede bei Berücksichtigung einer teilaufliegenden Decke – insbesondere bei der Ermittlung der Knotenmomente nach dem Verfahren in EN 1996-1-1, Anhang C – festgestellt werden. Beispielsweise war zu beobachten, dass bei teilaufgelegener Decke und Berechnung nach EN 1996-1-1 ohne nationalen Anhang größere Traglasten möglich sind als mechanisch überhaupt aufnehmbar.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse erfolgte anschließend eine rechnerische Gegenüberstellung der Tragfähigkeiten nach EN 1996 Teil 1-1/NA und Teil 3/NA, um fundiert und nachvollziehbar darstellen zu können, dass die in Deutschland gültigen Regelungen bei Außenwänden mit teilaufgelegener Decke ohne Sicherheitsbedenken anwendbar sind. Hierzu wurden zunächst die zugrunde gelegten Randbedingungen definiert. Anschließend erfolgte der Vergleich getrennt nach Einfelddecken und Randfeldern von Durchlaufdecken, wobei jeweils zwischen einem Regelgeschoss und dem oberen Geschoss unterschieden wurde. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass für den weitaus größten Bereich des Anwendungsgebiets die vereinfachten Berechnungsmethoden gegenüber den allgemeinen Regeln zur Bemessung auf der sicheren Seite liegen. Lediglich bei geringen Mauerwerksdruckfestigkeiten in Verbindung mit sehr niedrigen oder sehr hohen Wandhöhen sind die Tragfähigkeiten nach Teil 3 teilweise geringfügig größer als nach Teil 1-1.

Die Ergebnisse wurden sowohl in Diagrammen – wie in Bild 3.5.5 beispielhaft dargestellt – als auch in Tabellen zur Verfügung gestellt. Wie zu erkennen ist, kann hier lediglich bei sehr großen lichten Wandhöhen  $h \geq 11 \cdot t$  in Verbindung mit sehr niedrigen Druckfestigkeiten  $f_k < 2,5 \text{ N/mm}^2$  nicht die volle Deckenstützweite  $l_f = 6,0 \text{ m}$  ausgenutzt werden.



**Bild 3.5.5 – Zulässige Stützweite von Randfeldern im Regelgeschoss bei Ziegelmauerwerk mit  $a/t = 2/3$  in Abhängigkeit der Druckfestigkeit und der lichten Wandhöhe für eine Wandstärke  $t = 36,5 \text{ cm}$**

Mithilfe der erarbeiteten Grundlagen sollen im Zuge der anstehenden Überarbeitung von EN 1996-3 angepasste Regeln für die Bemessung bei teilaufgelegener Decke integriert werden.

### 3.5.6 Regeln zum Entfall des Aussteifungsnachweises

Im letzten Arbeitspaket des Projekts PRB 5.3 (2015) wurden einfache Regeln erarbeitet, anhand derer die Aussteifung eines Gebäudes sehr einfach überprüft werden kann und damit keine umfangreiche Aussteifungsberechnung notwendig wird. Als Grundlage diente hierbei der bestehende, in Deutschland jedoch nicht gültige Anhang A.3 von EN 1996-3. Dieser wurde zu-

nächst fundiert analysiert und mittels Vergleichsrechnungen bewertet. Dabei konnten einige Defizite herausgearbeitet werden:

- Die Nachweisgleichung stellt sich erst nach Umformung als ein typischer Nachweis der Form  $E \leq R$  heraus.
- Die zur Berechnung der bezogenen Auflast benötigte Einwirkungskombination wird nicht klar definiert.
- Durch die lineare Annäherung der Tragfähigkeit „kürzt“ sich die Mauerwerksdruckfestigkeit „heraus“ und geht nicht in den Nachweis ein.
- Das Fehlen eines Teilsicherheitsbeiwertes in der Nachweisgleichung führt zu dem Widerspruch, dass ein höherer Teilsicherheitsbeiwert in einer größeren Tragfähigkeit resultiert, da diese eine Funktion der auf den Bemessungswert der Mauerwerksdruckfestigkeit bezogenen Auflast ist.
- Die Nachweisgleichung liegt auch für typische Gebäude nicht immer auf der sicheren Seite.
- Die zur Anordnung der aussteifenden Wandscheiben gegebenen Regeln sind nicht streng genug, um damit eine sinnvolle Platzierung der Aussteifungsscheiben sicherzustellen, welche eine Voraussetzung für die Anwendung des untersuchten Verfahrens ist.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde das Nachweisformat derart adjustiert, dass eine einfach anwendbare, plausible und auf der sicheren Seite liegende Nachweismethode vorliegt, mit der begründet entschieden werden kann, ob eine ausführliche Aussteifungsberechnung erforderlich wird oder nicht. Gemäß dieser Methode sind lediglich die in Gl. 3.5-6 und Gl. 3.5-7 angegebenen Formeln anzuwenden, um die Tragfähigkeit eines Gebäudes zu überprüfen. Außerdem müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die charakteristische Windlast darf nicht größer ist als  $1,3 \text{ kN/m}^2$ .
- In beiden senkrecht zueinanderstehenden Richtungen müssen zwei oder mehr Wände vorhanden sein.
- Die Wandscheiben müssen vertikal Lasten abtragen und die vertikale Tragfähigkeit ist ohne Ansatz der Windbelastung mit einer abgeminderten charakteristischen Druckfestigkeit des Mauerwerks von  $0,8 f_k$  nachzuweisen;
- Die aussteifenden Wände müssen im Grundriss in beide Richtungen etwa symmetrisch und vorwiegend an den Kanten angeordnet sein (siehe Bild A.2) sowie ohne größere Schwächungen und ohne Versprünge bis auf die Fundamente geführt werden.
- Die Systemlinien der Wandscheiben dürfen sich im Grundriss nicht in einem Punkt treffen.

$$\frac{1}{\gamma_M} \cdot \sum (c_t \cdot f_k \cdot t \cdot l_{sx}^2) \geq w_{Ed} \cdot l_{by} \cdot h_{tot}^2 \quad \text{Gl. 3.5-6}$$

$$\frac{1}{\gamma_M} \cdot \sum (c_t \cdot f_k \cdot t \cdot l_{sy}^2) \geq w_{Ed} \cdot l_{bx} \cdot h_{tot}^2 \quad \text{Gl. 3.5-7}$$

Dabei gilt

- $c_t$  ein dimensionsloser Beiwert in Abhängigkeit von  $\alpha$
- $f_k$  der charakteristische Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks;
- $\gamma_M$  der Teilsicherheitsbeiwert für die Tragfähigkeit von Mauerwerk;
- $t$  die Dicken der Wandscheiben;
- $l_{sx} / l_{sy}$  die Längen der Wandscheiben in x und y Richtung;

$w_{Ed}$  der Bemessungswert der Windlast (*Summe aus Winddruck und –sog*), in  $\text{kN/m}^2$ ;

$l_{bx} / l_{by}$  die Gebäudeabmessungen im Grundriss mit  $l_{bx} \geq l_{by}$ ;

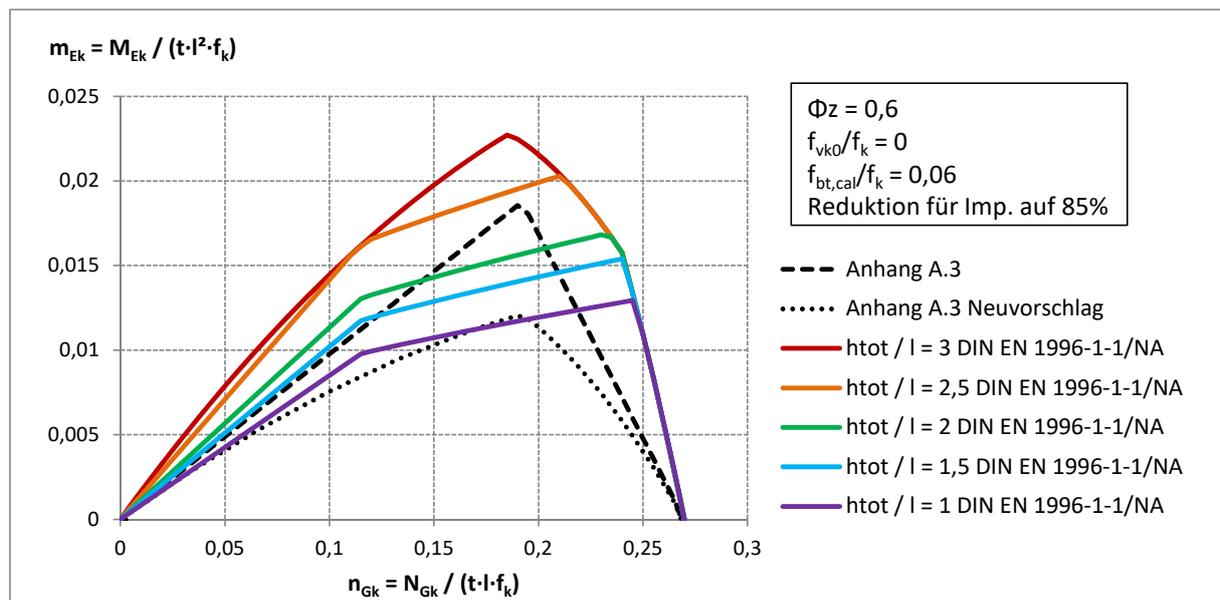
$h_{tot}$  die Gebäudehöhe;

$\alpha$  das Verhältnis  $\frac{N_{Gk}}{A \cdot f_k / \gamma_M}$  der betrachteten Wandscheibe;

$N_{Gk}$  die ständige, vertikale Belastung der betrachteten Wandscheibe;

$A$  die Querschnittsfläche der betrachteten Wandscheibe.

Das Ergebnis der Vergleichsrechnungen ist in Bild 3.5.6 nochmals veranschaulicht. Wie zu erkennen ist, kann mit der neu entwickelten Nachweismethodik stets eine zuverlässige Aussage über die Qualität der Aussteifung eines Gebäudes getroffen werden.



**Bild 3.5.6 – Vergleich des zulässigen Momentes nach Anhang A.3 (aktuell und Neuvorschlag) mit der Tragfähigkeit nach DIN EN 1996-1-1/NA bei ungünstiger Annahme der Eingangsgrößen**

Mithilfe der dargestellten Untersuchungen ist es Ziel, die in Deutschland üblichen Vereinfachungen zum Aussteifungsnachweis auf europäischer Ebene zu integrieren.

## 3.6 Geotechnik

### 3.6.1 Auswertemethoden geotechnischer Versuche

Mit dem Projekt PRB-6.1 (2017) wird die Grundlage zur Aktualisierung der bestehenden informativen Anhänge zu Feld- und Laborversuchen des EC7-2 gelegt. Im Detail wird durch das Ergebnis der durchgeführten Analyse zuerst ein Hinweis auf erforderliche Anpassungen bzw. Ergänzungen des betreffenden Inhaltes des EC7-2 gegeben. Weiterhin werden sowohl die Themen als auch die Detailinformationen zu dessen Anpassung geliefert. Durch den Rahmen der durchgeführten Untersuchung (Recherche in internationaler Fachliteratur) wird sichergestellt, dass für den Betrachtungszeitraum alle relevanten Themen eruiert wurden.

Als übergreifendes Ergebnis der Literaturrecherche kann festgestellt werden, dass Themen für die ein wesentlicher Wissenszuwachs veröffentlicht wurde, sowohl für die Feld- als auch die Laborversuche sowie für Versuche an Boden oder Fels bezüglich ihrer Informationstiefe unterschiedlich zu bewerten sind. Obwohl zu den meisten Versuchsmethoden und Themen tatsächlich relevante Veröffentlichungen ermittelt werden konnten, ist für diese die Anzahl der Beiträge mit tatsächlich neuen Erkenntnissen zu Versuchsaufbau, -durchführung oder -auswertung sowie zu Korrelationen zwischen den versuchsspezifisch ermittelten Parametern und den Bau-

grundkenngrößen vergleichsweise gering. Die Mehrzahl der Beiträge behandelt die Dokumentation von Ergebnissen aus exemplarischen Versuchen an einem bestimmten Material. Im vorliegenden Projekt wurde hierzu versucht, sich allein auf die tatsächlichen Neuerungen zu beschränken, um themen- und methodenspezifisch relevante Schwerpunkte herauszuarbeiten.

Für die Feldversuche können die folgenden Methoden als für eine Aktualisierung im EC7-2 relevant angesehen werden:

- Drucksondierungen (Abschnitt 4.3 und Anhang D),
- Pressiometerversuche (Abschnitt 4.4 und Anhang E),
- Standard Penetration Test (Abschnitt 4.6 und Anhang F),
- Flügelscherversuch (Abschnitt 4.9 und Anhang I),
- Flachdilatometerversuch (Abschnitt 4.10 und Anhang J),
- Belastungsversuch für Flachgründungen (Abschnitt 4.11 und Anhang K).

Für die Laborversuche an Boden können die folgenden Themen und Methoden als für eine Aktualisierung im EC7-2 relevant angesehen werden:

- Indexversuche zur Bestimmung zur Festigkeit von Böden (Abschnitt 5.7, Anhang O),
- Versuche zur Bestimmung der Festigkeit von Böden (Abschnitt 5.8, Anhang P); hier insbesondere die direkten Scherversuche,

Für die Laborversuche an Festgestein können die folgenden Themen und Methoden als für eine Aktualisierung im EC7-2 relevant angesehen werden:

- Versuche zur Klassifikation von Fels (Abschnitt 5.12, Anhang U); hier insbesondere Versuche zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Fels,
- Bestimmung der Festigkeit von Gestein (Abschnitt 5.14, Anhang W)

Aufbauend auf den vorliegenden Erkenntnissen folgt in einem zweiten Schritt die Anpassung der bisherigen informativen Anhänge mit dem Ziel, die aktuelle Überarbeitung des EC7-2 durch geeignete Vorschläge zu den informativen Anhängen zu unterstützen und zu begleiten.

### 3.6.2 Informative Anhänge zu EN 1997-2

Auf der Grundlage der Erkenntnisse der Literaturrecherche im Projekt PRB-6.1 (2017), siehe Abschnitt 3.6.1, werden im Forschungsprojekt PRB-6.2 (2017) informative Anhänge für die Versuchsmethoden und Themen mit im Vergleich zur aktuellen Version derselben Anhänge im EC7-2 signifikanten Änderungen erstellt. Dies gilt sowohl für die Feld- als auch die Laborversuche sowie für Versuche an Boden oder Fels. Die Anzahl an Beiträgen mit neuen Erkenntnissen zu Versuchsaufbau, -durchführung und -auswertung sowie zu Korrelationen zwischen versuchsspezifisch ermittelten Parametern und den für Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsberechnungen abgeleiteten Baugrundkenngrößen ist vergleichsweise gering.

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus PRB-6.1 (2017) werden für die folgenden informativen Anhänge unterschiedliche Aktualisierungen erforderlich:

Anhang D – Drucksondierungen („Cone Penetration Test“) ohne (CPT) und mit Porenwasserdruckmessungen (CPTU):

- Verwendung von CPTU-Versuchen bei teilgesättigten Verhältnissen, Bewertung von Messfehlern
- CPT-Versuche zur Klassifizierung bindiger Böden, Zuverlässigkeitsanalyse hinsichtlich der undrained Scherfestigkeit
- CPT-Versuche zur Ermittlung der Widerstandsparameter für axial belastete Pfähle

## Anhang E – Pressiometerversuche (PMT):

- Einsatz von Pressiometerversuchen für Untersuchungen an Festgestein
- empirischer Zusammenhang zwischen Elastizitätsmodul und MÉNARD-Modul EM für nicht-bindige Böden
- Pressiometerversuche zur Ermittlung der Widerstandsparameter für lateral belastete Pfähle

## Anhang F – Standard Penetration Test (SPT):

- Aktualisierung zum Zusammenhang zwischen der Schlagzahl N des SPT, dem Pressiometermodul EM und dem Grenzdruck pLM
- technische Methoden und Sätze zur Erhöhung der Genauigkeit der Versuchsergebnisse beim SPT-Versuch

## Anhang I – Flügelscherversuch (FVT):

- Berücksichtigung der Gestängereibung bei der Parameterermittlung
- Ermittlung der undränierten Scherfestigkeit von bindigen Böden unter Berücksichtigung der des Wassergehaltes der Plastizitätszahl und des Über-konsolidierungsgrad des Bodens.

## Anhang J – Versuch mit dem flachen Dilatometer (DMT):

- Einsatz zur Beurteilung der Gefahr von Bodenverflüssigung bei Sanden

## Anhang K – Belastungsversuch für Flachgründungen (PLT):

- Einfluss teilgesättigter Verhältnisse auf die Versuchsergebnisse

## Anhang O – Detaillierte Informationen zu Indexversuchen zur Bestimmung der Festigkeit von Böden

## Anhang P – Detaillierte Informationen zur Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden:

- Aktualisierung der Verfahren zu direkten Scherversuchen

## Anhang U – Klassifikationsversuche an Gestein:

- Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Fels

## Anhang W – Versuche zur Bestimmung der Festigkeit von Gestein

Für die genannten informativen Anhänge werden Aktualisierungen erstellt, welche die jeweils relevanten neuen Informationen zu den Versuchsmethoden und Verfahren berücksichtigen. Die Entwürfe werden national in den jeweils zuständigen Spiegelausschüssen vorgestellt und mit dem Ziel einer Handreichung als Arbeitsgrundlage für das Projektteam PT3 diskutiert.

### 3.7 Bauproduktenverordnung

Die Eurocodes wurden im Geltungszeitraum der Bauproduktenrichtlinie (BPR) erarbeitet. Zu diesem Zeitpunkt war es aus technischer Sicht ausreichend, bei der Spezifikation von Bauprodukten auf die Konformität mit einer harmonisierten europäischen Produktnorm hinzuweisen. Mit Einführung der Bauproduktenverordnung (BauPVO) im Jahr 2013 ist dieser Verweis technisch nicht mehr zutreffend.

Durch den Systemwechsel von der Bauproduktenrichtlinie (Brauchbarkeitsvermutung für die Produkte („*Products are fit for their intended use*“)) zur Bauproduktenverordnung (Vermutung der Genauigkeit und Beständigkeit der Leistungserklärung („*Declaration of performance to be accurate and reliable*“)) ist bedingt, dass die (harmonisierten) Produktnormen keine Anforderungen mehr an Produkte formulieren (dürfen), sondern lediglich Anforderungen beinhalten, mit welchen Verfahren bzw. europäisch genormten Prüfmethode die „Wesentlichen Merkmale“ bestimmt und deklariert werden können. Die aktuellen Eurocodes stammen aus der Zeit der Bauproduktenrichtlinie und gingen insofern bisher – berechtigterweise – davon aus, dass Pro-

dukte mit einer Norm vollständig übereinstimmen und dass alle darin enthaltenen Anforderungen erfüllt werden. Dies hat zu Formulierungen geführt wie beispielsweise: „*Product YYY shall be in accordance with EN XXX*“. Diese und ähnliche Formulierungen gilt es zu ersetzen durch Regelungen, die mit dem aktuellen Rechtsrahmen der Bauproduktenverordnung kompatibel sind. Beispielsweise ist durch entsprechende Hinweise sicherzustellen, welche Leistungen bzw. Merkmale Produkte aufweisen müssen, damit die Bemessungsregeln des jeweiligen Eurocodes erfüllt sind, weil bestimmte Berechnungsformeln anhand von Versuchen abgeleitet wurden, bei denen Produkte bestimmte Bandbreiten von Eigenschaften oder bestimmte Randparameter aufgewiesen haben.

### Example a):

Relevant if design approach is valid and reliable independent from respective value which is declared and used for design.

a) Product yyyy shall be produced in accordance with EN XXXX. The declaration of performance shall give all values according to Table M.1.

Table M.1: Properties to be declared for the product yyyy

Property to be declared	Symbol
Tensile Strength	$f_{t,0,gt}$
Density	$\rho_M$
...	...

### Example b):

Properties to be declared and respective boundary conditions to be fulfilled for the respective property.

b) For product yyyy the properties as in Table M.1 shall be declared in accordance with the respective standard and shall comply to the appropriate requirement.

Table M.1: Properties and requirements for the product yyyy

Property to be declared	Symbol	Requirement
Tensile Strength	$f_{t,0,gt}$	$x < f_{t,0,gt} < y$ [MPa]
Density	$\rho_M$	$3 > \rho_M > 1,5$ [kg/m <sup>3</sup> ]
...	...	...

**Bild 3.7.1 – Zwei Beispiele für die Referenzierung der zu deklarierenden Produkteigenschaften, die für die Bemessung nach Eurocode benötigt werden**

In Bild 3.7.1 werden zwei Beispiele genannt, wie dies gelingen kann: In einigen Fällen („Example a“) kann es hinreichend sein, dass die Eigenschaften, die für die Bemessung relevant sind, lediglich bekannt – also als Leistung erklärt – sein müssen. In anderen Fällen („Example b“) ist es notwendig, dass die erklärte Leistungsfähigkeit auch bestimmte Bandbreiten einhält oder dass Mindest- oder Maximalwerte eingehalten werden.

Dabei ist wichtig festzustellen, dass die Eurocodes nicht zu ersatzweisen Produktnormen werden sollen, sondern dass in den Eurocodes die Eigenschaften (und deren Wertebereich) von Produkten aufgeführt werden müssen, die zur Erfüllung der Annahmen (siehe Kapitel „Assumptions“ in allen Eurocodes) notwendig sind. Dies ist unbedingt als eine Folge des aktuellen

Rechtsrahmens zu verstehen und eben nicht als ein Anliegen, das aus Gründen der Verbesserung der Normenverständlichkeit ableitbar wäre.

Als Beispiel für den derzeit aktiv von PRB begleitenden Abstimmungsprozess zwischen TC250/SC2 (Bemessung EC2) mit ECISS/TC104 (Bauprodukt EN 10080) sind in Tabelle 3.7.1 die derzeit vorgesehenen 14 Leistungsmerkmale im Entwurf prEN 10080 der zukünftigen Betonstahlnorm gelistet.

**Tabelle 3.7.1 – Auszug aus: „Performance characteristics according to mandate M/115 rev.1 for reinforcing steel as covered under the scope of the standard prEN 10080”**

Nr.	Essential Characteristics	Notes / Proposal ECISS/TC104 (status 2017-06)	Request CEN/TC250/SC2 (basis EN 1992-1-1: 2004 + draft 2017-04)	Comments by CEN/TC250/SC2
1	<b>Elongation at maximum load</b>	Declared value: 10 % fractile value at a 90 % probability for long term quality level of production (plus characteristic value for each lot with acceptance probability of 80 %)	<b>Declared value <math>\epsilon_{uk}</math></b> <b>10 % quantile<sup>b</sup> value</b> <b>for production lot<sup>c</sup></b>	EC2-1-1 will specify ductility classes A, B, C with elongation at maximum load as a parameter
2	<b>Weldability</b>	Declared value: Chemical composition (at least specified max. values)	<b>Pass/Fail</b> <b>for production lot<sup>c</sup></b>	
3	<b>Sections and tolerances on sizes</b>	Declared value: Deviations for mass per meter and dimensions Threshold values: Mass/m $\leq \pm 4,5\%$ $\varnothing > 8$ mm Mass/m $\leq \pm 6,0\%$ $\varnothing \leq 8$ mm	<b>Pass/Fail</b> <b>5% quantile<sup>b</sup> value</b> <b>for max. deviation</b> <b>from nominal mass</b> <b>of bar or wire</b> <b>for production lot<sup>c</sup></b>	EN 1992-1-1:2004, Annex C: Mass/m $\leq \pm 4,5\%$ $\varnothing > 8$ mm Mass/m $\leq \pm 6,0\%$ $\varnothing \leq 8$ mm
5	<b>Bonding strength</b>	Declared values: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>f_R</math> as 5 % fractile value at a 90 % probability for the long term level of production</li> <li>• <math>f_P</math> as 5 % fractile value at a 90 % probability for the long term level of production</li> <li>• <math>f_{R-eq}</math> as 5 % fractile value at a 90 % probability for the long term level of production</li> <li>• <math>\tau_{bm}</math> and <math>\tau_{bu}</math> as mean values</li> </ul>	<b>Threshold value</b> <b>5% quantile<sup>b</sup> value</b> <b>for minimum relative rib area <math>f_{R,min}</math></b> <b>for production lot<sup>c</sup></b>	Minimum value of relative rib area $f_{R,min}$ for ribbed bars in acc. with EC2-1-1: $\varnothing 5$ to 6 mm: $\geq 0,035$ $\varnothing 6,5$ to 12 mm: $\geq 0,040$ $\varnothing > 12$ mm: $\geq 0,056$ N.B.: Values may be relaxed if it can be shown that sufficient bond strength is achievable with lower $f_R$ values by CEB/RILEM beam test (Expressions (C.1N) and (C.2N))  <i>Are the <math>\tau_{bm}</math> and <math>\tau_{bu}</math> values to be declared only additionally or also solely? This would be a mean value only (50 % quantile). What is the test conditions for the estimation of <math>\tau_{bm}</math> and <math>\tau_{bu}</math> to relate to <math>f_R</math> as it cannot be used directly in EC2-1-1?</i>
6	<b>Shear force</b> (for lattice girders and welded fabrics)	Declared value: Shear force min. value specified $F_s \geq 0,25 R_{e,nom} A_n$	<b>Pass/Fail</b> <b>Minimum strength</b> <b>0,25 A <math>f_{yk}</math></b> <b>for production lot<sup>c</sup></b>	

Nr.	Essential Characteristics	Notes / Proposal ECISS/ TC104 (status 2017-06)	Request CEN/TC250/SC2 (basis EN 1992-1-1: 2004 + draft 2017-04)	Comments by CEN/TC250/SC2
7	<b>Stress ratio</b> (ult. tensile strength / tensile yield strength)	Declared value: 10 % fractile value at a 90 % probability for long term quality level of production (plus characteristic value for each lot with acceptance probability of 80 %)	<b>Declared value 10 % quantile<sup>b</sup> value for production lot<sup>c</sup></b>	EC2-1-1 will specify ductility classes A, B, C with requirements on the stress ratio as a parameter  <i>Is the characteristic value for each lot to be declared always additionally?</i>
<sup>b</sup> Characteristic value for which the maximum % of test results falling below the characteristic value is given (min/max values for individual test results) <sup>c</sup> EN 1992-1-1:2004 has a Note in 3.2.1 (4) which refers to difference between definitions in EN 10080 and EN 1992-1-1 and considers methods in EN 10080 a sufficient check for obtaining $f_{yk}$				

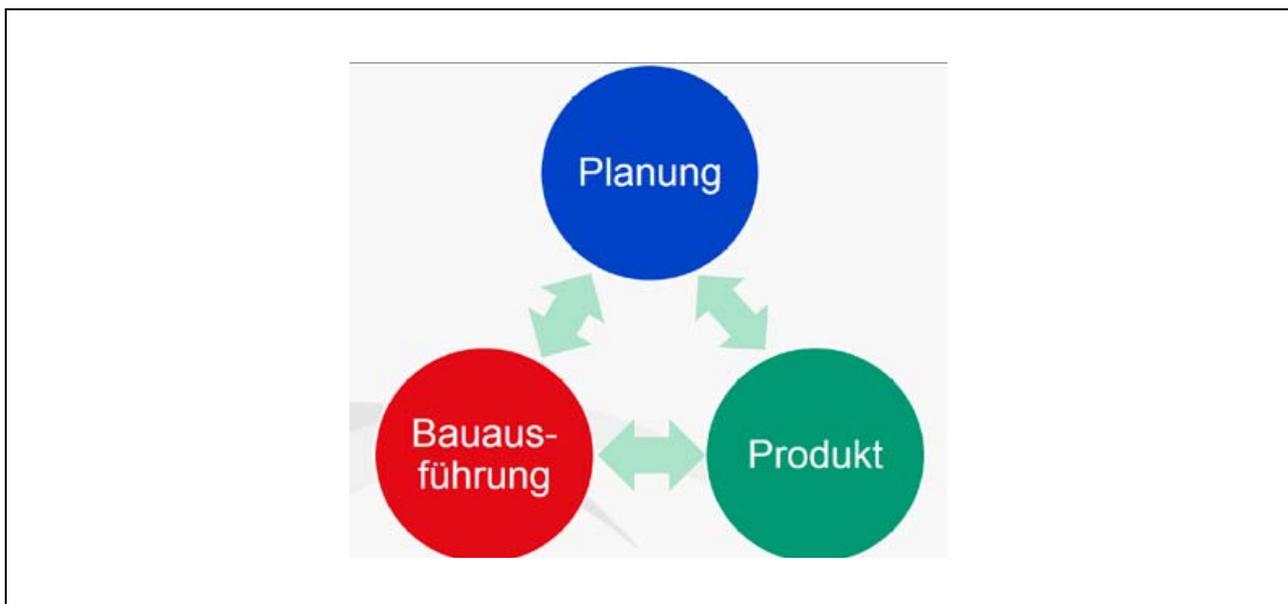
Die vorgenannten Erkenntnisse sind in weiteren Arbeiten eingeflossen. Dabei wurden insbesondere folgende grundlegende Dokumente beraten:

- Entwurf einer Strategie für den NABau des DIN,
- Entwurf einer Roadmap für die Normung im Bereich Bauen und Gebäude,
- Diskussionspapier für CEN/TC250 (08.11.2016) "Implementation of the Construction Products Regulation in the Eurocodes Consequences and Effects on the Work of CEN/TC250",
- Diskussionspapier für die Koordinationsgruppe im CEN/TC250 (09./10.03.2017) "Interface Eurocode – product standards" (Schnittstelle Eurocode – Produktnormen),

Zu diesen Diskussionsschwerpunkten werden nachstehend der aktuelle Stand bzw. die abschließenden Ergebnisse wiedergegeben.

### Entwurf einer Strategie für den NABau des DIN

Im NABau-Beirat wurde 2016 die Notwendigkeit der konzertierten Vorgehensweise beraten, um Konvergenz zwischen den Bemessungsnormen (Eurocodes), den Bauproduktnormen (hENs) und den Ausführungsnormen zu erzielen (siehe Bild 3.7.2).



**Bild 3.7.2 – Konvergenz an der Schnittstelle zwischen den Bemessungsnormen (Eurocodes), den Bauproduktnormen (hENs) und den Ausführungsnormen**

So heißt es in einem im NABau-Beirat beratenen Dokument zur Strategie (Autoren: Meyer, Wiens et al.):

*„Strategisches Ziel muss also sein, in Europa konvergente Normen für Bemessung, Ausführung und Bauprodukte zu erstellen, die so aufeinander abgestimmt sind, dass sie ohne weitere Regelungen zueinander passen. Dies erfordert beispielsweise im Bereich der über Eurocodes geregelten Bauarten (Betonbau, Stahlbau, Verbundbau, Holzbau, Mauerwerksbau, Geotechnik, Aluminiumbau) das Erstellen von Ausführungsnormen, in denen das Zusammenfügen der (bereits in hENs geregelten) Bauprodukte zu der (bereits hinsichtlich Bemessung geregelten) Konstruktion geregelt wird.“*

*Es wird vorgeschlagen, dass der NABau-Beirat bei seiner anstehenden Sitzung am 26. Februar 2016 über die Erstellung einer Leitlinie zur Umsetzung dieser Strategie beschließt, deren Umsetzung konsequent durch den Beirat und die Geschäftsstelle verfolgt werden muss. Hierfür sind folgende Beschlussvorlagen vorgesehen.“*

### **Entwurf einer Roadmap für die Normung im Bereich Bauen und Gebäude,**

Die Gedanken zur Normenkonvergenz an der Schnittstelle zwischen den Bemessungsnormen (Eurocodes), den Bauproduktnormen (hENs) und den Ausführungsnormen wurden auch in die Normungsroadmap „Bauen und Bauwerke“ eingebracht, die das DIN-Präsidium in einem Sonderausschuss erarbeitet und beschlossen hat.

Dort heißt es im Abschnitt 4.5.2 „Besondere Hinweise zum Umgang mit nicht harmonisierten Normen“:

*„Nicht harmonisierte Normen sind Normen, die nicht auf Basis eines Normungsauftrags der Europäischen Kommission erarbeitet wurden. Sie füllen nicht die grundlegenden Anforderungen Europäischer Richtlinien oder Verordnungen aus. Nicht harmonisierte Normen können jedoch von harmonisierten Normen in Bezug genommen werden (z. B. Prüfnormen) und sind in diesen Fällen auf die speziellen Anforderungen abzustimmen. Das Zusammenspiel von harmonisierten und nicht harmonisierten Normen erfordert eine enge Überwachung der jeweiligen Schnittstellen. Vor diesem Hintergrund ist besonders auf die Kompatibilität zwischen Bemessungs-, Prüf-, Anwendungs- und Produktnormen zu achten.“*

Weiter heißt es im Abschnitt 5.1 „Standicherheit (Eurocodes)“ der Roadmap:

*„Besonders im Bereich der Eurocodes ist eine Abstimmung der Normen auf europäischer Ebene von großer Bedeutung, da diese nicht nur die Frage der Bemessung und Konstruktion von Bauwerken unter Anwendung verschiedener Bauarten betrifft, sondern eben auch auf den Bereich der Bauproduktnormung ausstrahlt und dabei mit der EU-BauPVO im Zusammenhang steht.“*

### **“Implementation of the Construction Products Regulation in the Eurocodes Consequences and Effects on the Work of CEN/TC250”**

Um die Beratungen zur Schnittstelle zwischen Eurocodes und den harmonisierten bauproduktnormen (hENs) auf Grundlage der EU-BauPVO vorzubereiten, wurde einem Diskussionspapier für die Plenarsitzung von CEN/TC250 am 08.11.2016 von den Autoren Dr. Meyer, Dr. Siebert und Dr. Schwabach für den DBV der folgende Vorschlag eingebracht:

**Way forward**

TC250 should set up an ad-hoc-group "Implementation of CPR in the Eurocodes" to draft a guidance paper for the work in TC250's SCs and WGs.

First step (necessary by TC250):

A In Eurocodes:

A1 Develop/complete lists of all essential characteristics for each type of construction product relevant for design,

A2 Define Product Specifications, e. g. levels or classes, for each essential characteristic according to design requirements/assumptions.

→ see examples in Annex A under "Eurocode"

Further steps:

B In Execution standards: analogue to A for essential characteristics relevant for execution works.

C In all hENs addressed by Eurocodes and corresponding execution standards: Develop/complete Product Specifications in coherence with design and execution requirements for the product performance, see examples in Annex A under "hEN"; in other words, the kind of performance specification in the hEN, e. g. number and type of level and classes, must conform to the Product Specification in the Eurocode and not vice versa.

Note: For this adjustment the validity (reliability) of the declaration of the performance in hEN (expressed by quantile values) must be in coherence with the assumptions in the Eurocodes. Finally, the proof of conformity in hEN is based on a different statistical population than the design assumptions in the Eurocodes which is conveyed by different designations for the same essential characteristic, e. g. yield strength  $R_e$  in EN 10080 versus  $f_{yk}$  in EC2.

Avoid all misleading statements in Eurocodes concerning product standards, e. g. "reinforcement steel in accordance with EN 10080", and replace by proper reference of the Product Specification in coherence with the respective hEN.

**"Interface Eurocode – product standards"**

Die vorangegangene Diskussion im CEN/TC250 aufgreifend, wurde von Prof. Winter für das Unterkomitee (SC5) „Holzbau“ ein Diskussionspapier in die Beratungen der Koordinationsgruppe im CEN/TC250 eingebracht. Der von ihm dort vorgebrachte Vorschlag ist im Bild 3.7.3 wiedergegeben.

Die Beratungen zur Schnittstelle zwischen den Eurocodes und den Bauproduktenormen nach der Bauproduktenverordnung sind sehr vielschichtig und werden auch über den Abschluss dieses Forschungsvorhabens fortgesetzt.

Es ist wichtig, diese Arbeiten weiter aktiv zu begleiten, also eigene Vorschläge zur Lösung einzubringen. Dabei ist von besonderer Bedeutung, die aktuellen Entwicklungen zur Novellierung des Bauordnungsrechts, die Beratungen zur Revision der Bauproduktenverordnung, die Arbeiten an den Produktnormen selber, zu deren Mandaten sowie die zugehörige nationale Spiegelung dieser Aktivitäten zu begleiten und mitzugestalten. Um dies leisten zu können sind weitere Forschungsarbeiten unumgänglich

## Interface Eurocode – product standards

### Example - Glulam

EN 14080:2013

#### Timber structures – Glued laminated timber and glued solid timber

Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen

Structures en bois — Bois lamellé collé et bois massif reconstitué — Exigences

 Table 10 — Characteristic strength and stiffness properties an N/mm<sup>2</sup> and densities in kg/m<sup>3</sup> for homogeneous glulam

Property	Symbol	Glulam strength class						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Bending strength	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Tensile strength	$f_{t0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t90,g,k}$	0,5						
Compression strength	$f_{c0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c90,g,k}$	2,5						
Shear strength (shear and torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rolling shear strength	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulus of elasticity	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Shear modulus	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rolling shear modulus	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Density	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	450	460	480	500

If a producer declares nowadays e.g. 'CE - GL24h – EN 14080' designer and customers know, that all relevant properties are guaranteed, when using this product!

The 'timber sector' wants to keep this system also under CPR !

CEN/TC 250/SC5 - 10th March 2017

Bild 3.7.3 – Vorschlag von Prof. Winter zur Schnittstelle zwischen EN 1995 und EN 14080

## 4 Ergebnisphase

### 4.0 Sicherheitskonzept und Grundlagen der Tragwerksplanung

#### 4.0.1 Beurteilung des Anhangs A3 der EN 1990

Generell wird die Erstellung eines eigenen Anhangs für turmartige Bauwerke ausdrücklich begrüßt. Dieses ist zum einen in der Präsenz der verschiedenen Bauwerkstypen (Funkmaste, Strommaste, Windenergieanlagen, Schornsteine etc.) national und international begründet, zum anderen aber auch in dem eigenen Tragverhalten dieser auskragenden Strukturen. Wind als vorherrschende Einwirkung und die daraus folgenden vielfältigen Beanspruchungen und Bauwerksreaktionen führen zu sehr speziellen Tragverhalten, die spezielle Vorgaben und Nachweisverfahren erfordern.

Der Umfang des Anhangs A3 und der schematische Aufbau werden generell als angemessen angesehen. Definitiv fehlt jedoch zu Beginn eine Aufstellung der unterschiedlichen Tragstrukturen und Verwendungszwecke. Hier wäre es zum einen sehr wünschenswert, endlich Klarheit hinsichtlich der verschiedenen Begriffe „Türme“, „Maste“ und „Industrieschornsteine“ zu schaffen. „Turm“ bzw. „Mast“ ist eher eine Bauart (wobei die Unterscheidung im Unklaren bleibt), „Industrieschornstein“ jedoch eine Nutzungsart.

Zwingend erforderlich ist daher auch der Kompatibilität mit den einzelnen Normen, die derzeit für den Entwurf, die Bemessung und den Betrieb von turmartigen Bauwerken zur Verfügung stehen, insbesondere:

- EN 1993-3-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 3.1 Maste und Türme
- EN 1993-3-2 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 3.2 Schornsteine
- EN 13084 Freistehende Schornsteine, Teil 1-8

Es soll hier daher nicht unerwähnt bleiben, dass sich teilweise sehr unterschiedliche Ansätze in den beiden Normenreihen entwickelt haben, die zu vereinbaren sind. Positiv anzumerken ist jedoch, dass in beiden Normenreihen derzeit Umstrukturierungen erörtert werden, die mit dem neuen Anhang A3 der EN 1990 abgestimmt werden könnten. So wird in den deutschen Ausschüssen überlegt, die zwei Teile der EN 1993-3 zusammenzufassen und den schornsteinspezifischen Teil der EN 1993-3-2 (betrifft im Allgemeinen das Stahlinnenrohr) als noch vakanten Teil 3 in die EN 13084 zu integrieren.

Grundsätzlich wird die Einführung der „Consequence Classes“ CC1-CC3 und der damit einhergehenden Abstufung der Teilsicherheitsbeiwerte sehr befürwortet. Diese Variation spiegelt die sehr unterschiedliche Verwendung von turmartigen Bauwerken wider, wie z. B. dem 200 m hohen Industrieschornstein in einem Kraftwerk und dem 30 m hohen Mobilfunkmast in einem Waldgebiet. Die Sinnfälligkeit einer solchen Abstufung wird immer wieder diskutiert und grundsätzlich herrscht hier Zustimmung in den Fachkreisen (z. B. FMB – Fachverband Mobilfunk Bautechnik, Fachtagungen / FOSTA Symposium Maste und Türme aus Stahl, Düsseldorf 2016).

Es ist festzuhalten, dass in dem Entwurf viele Teile noch nicht oder nur teilweise behandelt wurden (z. B. Einleitung, A3.2 „Terms and definitions specifically for Annex A3“, A3.5 „Actions“, A3.9 „Fatigue“), sodass hier umfangreiche inhaltliche Stellungnahmen noch verfrüht wären.

#### 4.0.2 Beurteilung des Anhangs A4 der EN 1990

Ziel ist es, den Entwurf zum neuen Anhang A4 der EN 1990 unter den Gesichtspunkten des „Ease of Use“ zu bewerten.

Mit Dokument [32] wurde eine deutsche Stellungnahme zu einem frühen Entwurf des Anhangs A4 aus [9] über den nationalen Spiegelausschuss zur EN 1990 (NABau 005-51-01 AA) in das CEN/TC250/SC10 eingereicht. Kernaussage des Dokumentes ist dabei, dass nur unter

Einbindung der relevanten Arbeitsgruppe im CEN/TC250/SC1/WG5 eine sinnvolle Ausarbeitung für den Anhang A4 erbracht werden kann. Da diese mit ihrer Arbeit erst begonnen hat, ist eine Abstimmung für den Schlusssentwurf bereits aus zeitlichen Gründen kaum möglich.

Auch die Arbeitsgruppe im CEN/TC250/SC1/WG5 hat in ihrem M/515 Mandat die Aufgabe, die Anhänge A und B zu überarbeiten. Erste Diskussionen über die zukünftige grundsätzliche Konzeption gehen in die Richtung, dass es (wie auch in anderen Bauwerken, wie Tankbauten oder Schornsteinbauten) bereits durch eine Modifikation der Teilsicherheitsbeiwerte – aber auch je nach Bemessungssituation durch Ansatz unterschiedlicher Kombinationsbeiwerte – möglich sein sollte, die möglichen Schadensfolgen, unterschiedlichen Gebäudestrukturen oder Betriebsbedingungen unter dem Aspekt der zutrefflichen Voraussagbarkeit von Einwirkungsgrößen verschiedener Bemessungssituationen in eine „gerechtere“ Bemessung umsetzen zu helfen. Dies sind Überlegungen, die bei Flüssigkeitsbehältern bereits weit fortgeschritten sind, bei Silobauwerken aufgrund der großen Variabilität im Hinblick der Bauwerktypen, Konstruktionsformen, Betriebsbedingungen und unterschiedlichen Schüttgütern aber noch einiges an Diskussionen und grundsätzlichen Überlegungen erfordern. Damit scheinen die Interessen des „Ease of Use“ und des Bestrebens, über die Einführung des Teilsicherheitskonzeptes möglichst gleiche und der Aufgabe angemessene Sicherheitsniveaus herzustellen, nur schwer vereinbar.

Aufgrund der bisher starren Regelung eines einheitlichen Teilsicherheitsbeiwertes für die Schüttguteinwirkungen von  $\gamma_f = 1,5$  und im Hinblick auf die doch unterschiedlichen Schüttguteinwirkungen und Betriebsbedingungen wenig variablen und differenzierten Kombinationsbeiwerte, wurde bei den Silos in der Vergangenheit versucht, bereits über die Vorgabe der anzusetzenden Einwirkungsgrößen für die unterschiedlichen Bemessungssituationen die unterschiedlichen sicheren Vorhersagbarkeiten zu berücksichtigen. Bei der Umsetzung des o. a. Gedankens sind deshalb dann auch grundsätzliche Überlegungen über die bisherigen Einwirkungsgrößen erforderlich.

Eine bereits im Oktober 2017 für die nächsten Jahre entschiedene, starre Regelung im Anhang A4 von EN 1990 würde eine Weiterentwicklung des Regelwerkes in EN 1991-4 im Wege stehen. Deshalb wird als mögliche Übergangslösung folgender Gedanke zur Diskussion gestellt:

- Zum derzeitigen Zeitpunkt könnte man die bisherigen, wenig differenzierten Regeln für die Teilsicherheitsbeiwerte und anzusetzenden Kombinationsbeiwerte beibehalten. Dann bestünde noch die Aufgabe, den Anhang A4 besser zu strukturieren. Insbesondere wäre es sehr praktikabel und sinnvoll, für Silos und Flüssigkeitsbehälter vollständig getrennte Teile zu schaffen. Für den Tragwerksplaner, der nur gelegentlich ein Silo berechnet, sollte darüber hinaus weiterhin mit den jetzigen Regeln eine sichere Silokonstruktion berechenbar sein. Da häufig die Regeln von EN 1991-4 ohne weitere Überlegungen auf nicht freifließende Schüttgüter angewendet werden, erscheint es hier sinnvoll, den Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen grundsätzlich zu erhöhen (Vorschlag: 1,7). Nur beim Nachweis der Eigenschaft eines freifließenden Schüttgutes, sollte dieser auf 1,5 reduziert werden dürfen.
- Im Anhang A4 sollte eine Regelung getroffen werden, die eine Öffnung bzw. Verknüpfung zu EN 1991-4 (oder alternativ auch zu den Konstruktionsnormen EN 1992-3 und EN 1993-4-1, in denen spezifische Regeln unter o. g. Aspekten möglich sein sollten) herstellt, sodass eine wirtschaftlichere und auf die spezifischen Anforderungen angemessenere Bemessung für die auf dem Gebiet des Silobaus erfahrenen Tragwerksplaner und deren Kunden möglich ist.

#### 4.0.3 Beurteilung des Anhangs A5 der EN 1990

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der neue Anhang A5 in EN 1990 deutlich umfangreicher und aufgeblähter als die bisherigen Regelungen im Anhang A zu EN 1991-3 ist. Es werden hierbei sowohl im Anhang A5, aber auch im Allgemeinteil, Begrifflichkeiten von EN 1991-3 und EN 1993-6 eingeführt, sowie bisherige Inhalte aus EN 1991-3 und EN 1993-6 geregelt, die nicht nur als Grundlagen der Tragwerksplanung, wie dem Sicherheitskonzept, anzusehen sind. Die aufgenommenen Regelungen und Begrifflichkeiten sind dabei auch teilweise nicht hinrei-

chend bzw. verwirrend, da diese nicht den Regelungen aus EN 1991-3 und EN 1993-6 entsprechen.

Auch ist der Anhang A5 sehr unübersichtlich, da alle Regelungen aus dem Grundteil von EN 1990 hier erneut aufgeführt werden und nicht nur auf die Regelungen im Grundteil verwiesen wird.

Es stellt sich grundsätzlich die Frage, ob im Sinne einer einfachen Anwendung („Ease of Use“), die Regelungen zum Sicherheitskonzept von Kranbahnen nicht in EN 1991-3 belassen werden könnten, da andernfalls der Anwender für die Bemessung von Kranbahnen drei verschiedene Normen mit Sonderregelungen zu Kranbahnen benötigt, nämlich Anhang A5 von EN 1990, EN 1991-3 und EN 1993-6.

Um dem Leitgedanken einer einfachen Anwendbarkeit der Eurocodenormen zu erreichen, ist eine Vereinfachung, Kürzung und Anpassung des Anhangs A5 daher dringend empfehlenswert.

#### 4.0.4 Beurteilung des „Ease of Use“ der EN 1990

Im Rahmen der Stellungnahme wurden Beispiele aus den Tragwerksplanungen von „Werner Sobek Frankfurt“ bezüglich der Anwendbarkeit („Ease of Use“) von EC0 herangezogen. Dabei handelt es sich vorwiegend um Hochhaustragwerke mit einer Höhe von 140 m bis 230 m, die derzeit in Frankfurt gebaut werden. Besonders zu beachten sind die Gründungskörper mit bis zu fünf Untergeschossen. Der Baugrund setzt sich aus verformungssensiblen Frankfurter Ton und einem relativ hohen Grundwasserstand (Auftrieb) zusammen.

Die tiefen Baugruben der Hochhäuser werden mit überschnittenen Bohrpfahlwänden oder Schlitzwänden mit mehrfacher Rückverankerung oder mit der Deckenbauweise ausgeführt, wenn Rückverankerungen wegen in unmittelbarer Nachbarschaft liegender U-Bahn-Trassen ausscheiden. Es handelt sich bei den Hochhäusern um Gebäude der Design Working Life Category 4 mit Lebensdauer 4 und Consequence Class CC1: Large Buildings.

Es zeigt sich bei den Praxisbeispielen, dass bei den Gründungsplanungen kleine Differenzen großer Einwirkungen auftreten: Vertikallast  $G + Q$  vs. Auftrieb oder Erddrücke vs. Rückverankerungskräften oder Scheibendruckspannungen in den Decken der Deckenbauweise. Wie bekannt, hat schon eine geringe Variation der Teilsicherheitsbeiwerte in solchen Anwendungsfällen eine erhebliche Auswirkung auf die erforderlichen Baustoffmengen.

Eine Berücksichtigung von  $k_F = 1,1$  für CC3 gemäß Table A 1.8 hätte für die Wirtschaftlichkeit der Hochhaustragwerke sehr negative Auswirkungen zu Folge. Da  $k_F$  auch für die Eigenlast angesetzt werden soll, würde sich die Einwirkung aus den ständigen Lasten im Bemessungszustand von  $1,35 \times G$  auf  $1,485 \times G$  erhöhen. Dies würde für alle Decken und Stützen und besonders auch die Gründung eines Hochhauses anzusetzen sein. Im nationalen Anwendungsdokument sollte  $k_F = 1,0$  zulässig sein, da die Berechnungssorgfalt, Genauigkeit der Eingabeparameter und nicht zuletzt die Prüfung der Statik und die Überwachung der Bauausführung bei CC3-Gebäuden in Deutschland nicht zu Sicherheitsdefiziten führen.

Die mehrgeschossigen Gründungskörper der Hochhäuser stehen bis zu 12 m im Grundwasser, wenn der Bemessungswasserstand auftritt. Deswegen sind die anzusetzenden Teilsicherheitsfaktoren für den Wasserstand  $1,2 \times k_F$  bzw. 1,0 relevant. Die Unterscheidung von permanenten und variablen Einwirkungen des Wasserdruckes ist in der Planungspraxis oft nicht eindeutig möglich, weil in den entsprechenden geotechnischen Gutachten keine zur Beurteilung ausreichende Datenbasis zur Verfügung steht. In vielen Baugrundgutachten finden sich auch Festlegungen des Bemessungswasserstandes mit Vorhaltemassen für zukünftige Veränderungen der Grundwasserverhältnisse, die eventuell auftreten können. Es werden demnach hier Sicherheitskonzepte verschiedener Art – praktisch zwar möglich, aber ggf. sicherheitstheoretisch unzulässig – miteinander gemischt.

Die Gründung der neuen Hochhäuser in Frankfurt erfolgt wegen des verformungssensiblen und inhomogenen Frankfurter Tons in der Regel mit einer kombinierten Pfahl-Plattengründung (KPP). Bei der KPP wird die Lastverteilung zwischen den Pfählen und der Bodenplatte über ein

geeignetes Baugrundmodell so festgelegt, dass die Bodenplatte bei einer definierten Setzung einen bestimmten Lastanteil über Bodenpressungen übernimmt und die Pfähle gemäß der Pfahlsetzungslinie ihren Lastanteil übertragen. Insgesamt wird die Einwirkung aus dem Gebäude hinreichend verträglich bei Einhaltung eines Setzungskriteriums abgetragen. Dabei wird in der Regel die Einwirkungskombination  $1,0 \times G + 0,3 \times Q$  angesetzt. Der Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in der Regel nicht maßgebend, wenn  $k_F = 1,0$  angesetzt wird.

Die Deckentragwerke sind in der Regel bis zu 10 m und mehr weit gespannt. Sie werden zur Gewichtsminimierung vorgespannt und/oder mit Cobiax ausgeführt. Unterzüge sind wegen der Installierungen meist nicht möglich. Maßgebend für die Dimensionierung der Flachdecken sind der Durchstanznachweis und der Nachweis der Durchbiegungen im Gebrauchszustand. Dieser Nachweis wird mit nichtlinearen Berechnungen des Stahl-/Spannbetons geführt, vgl. A 1.8.1. und Table A 1.9.

Die vorliegende Arbeit zur Neufassung von EC0 stellt eine aktuelle Normbasis für die Bauaufgaben unserer Zeit dar. Die Aufteilung nach Anwendungskategorien „Gebäude“, „Brücke“, „Türme“, „Krane“ usw. wird begrüßt, da jedes Anwendungsgebiet seine Spezifika erfordert. Die Interaktion der Gebäude mit den Gründungen wird im Anhang A1 berücksichtigt, weil dies sehr praxisrelevant ist und auch in der Vergangenheit immer wieder zu Diskussionen an den Schnittstellen zwischen Baugrund und Bauwerk führte. Vergleichsberechnungen zeigen, dass es grundsätzlich funktioniert.

Anhang C1 (informativ) und Anhang C2 (informativ) beschreiben die wissenschaftlichen Grundlagen für die statistische Sicherheitstheorie. Für die Planungspraxis ist dies nicht direkt von Bedeutung, da die Planungen nach den Teilsicherheitskonzepten erfolgen.

#### 4.0.5 Vereinfachte Lastfallkombinationen

Das Grundkonzept für die Vereinfachung von Lastkombinationen wird auf die Begleiteinwirkungen angewendet. Basierend auf der aktuellen Version von EN 1990 wird die Multiplikation des Teilsicherheitsbeiwerts für veränderliche Einwirkungen  $\gamma_Q = 1,5$  mit den Kombinationsfaktoren  $\psi_0$  in fast allen Fällen ein Wert sein, der ungefähr gleich 1,0 ist. Deshalb wird in der Grundkombination von EN 1990 der Wert  $\gamma_Q \cdot \psi_0$  durch den Faktor 1,0 ersetzt.

$$\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k = 1,0 \cdot Q_k$$

Dies bedeutet, dass in solchen Fällen der charakteristische Wert der Begleiteinwirkung als ihr Bemessungswert angesehen wird. Dies kann auf alle grundlegenden Kombinationen von ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen in EN 1990 angewendet werden.

In erster Lesung wurde vorgeschlagen, die Begleiteinwirkung mit dem charakteristischen Wert einzuführen.

Wie erläutert, wurde dieses Vorgehen von einigen Ländern wie Dänemark und den Niederlanden kritisiert, welche einen kleineren Wert für den Kombinationsbeiwert national anwenden. Zum Beispiel beträgt im dänischen nationalen Anhang von EN 1990 der Kombinationsfaktor für Schnee- und Windlast  $\psi_0 = 0,3$ . Deshalb wird das Ergebnis von  $\gamma_Q \cdot \psi_0 = 0,45$  nicht nahe 1,0 liegen. Falls diese Länder also die vereinfachte Methode bei der Bemessung anwenden wollen, würde dies zu einem unwirtschaftlichen Ergebnis führen.

Gemäß dem letzten Entwurf der neuen Generation von EN 1990 wird die vereinfachte Lastkombination in Anmerkung 4 für Tabelle A1.3 wie folgt empfohlen:

"Für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen, wenn  $\gamma_Q \cdot \psi_0 \approx 1$ , kann der Bemessungswert der Begleiteinwirkung durch den charakteristischen Wert approximiert werden."

Diese Methode wird unter der Bedingung empfohlen, dass  $\gamma_Q \cdot \psi_0 \approx 1,0$  gilt. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, kann sie nicht angewendet werden. Dies bedeutet, dass sie für die genannten Länder somit nicht gilt und es folglich zu keinem Konflikt mit der Bemessung in diesen Ländern kommt.

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurden auch noch einmal die Grundlagen für die Lastkombinationen und die Kombinationsfaktoren analysiert und die Datenlage zu Schnee und Wind in Dänemark und den Niederlanden betrachtet.

Obwohl deutlich wird, dass durch die derzeitige Anwendung einer vereinfachten Lastkombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit kein Konflikt mit den nationalen Anhängen besteht, kann eine weitere Alternative vorgeschlagen werden, um die Anwendung von vereinfachten Lastkombinationen in solchen Ländern zu ermöglichen und sie zur Zustimmung zu bewegen. Entsprechend den derzeit auf europäischer Ebene angewendeten Werten des Kombinationsfaktors kann die Anmerkung im Rahmen des Codes wie folgt geändert werden:

"Für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen, kann der Bemessungswert der Begleiteinwirkung jeweils durch den charakteristischen Wert ersetzt werden, wenn  $\gamma_Q \cdot \psi_0 \approx 1$  bzw. durch 50 % des charakteristischen Wertes, wenn  $\gamma_Q \cdot \psi_0 \approx 0,5$  ist."

Um die Auswirkungen einer solchen vereinfachten Lastkombinationsregel mit neuer Empfehlung zu analysieren, wird die Zuverlässigkeitsanalyse für den Fall einer Kombination von Auflast als Leiteinwirkung mit Wind als Begleiteinwirkung durchgeführt. Bezüglich der Kombination nach Gleichung 6.10 der EN 1990 wird für die beiden o. a. Fälle der Haupttext inkl. Anmerkung mit dem nationalen Anhang Dänemarks verglichen (Bild 4.0.1).

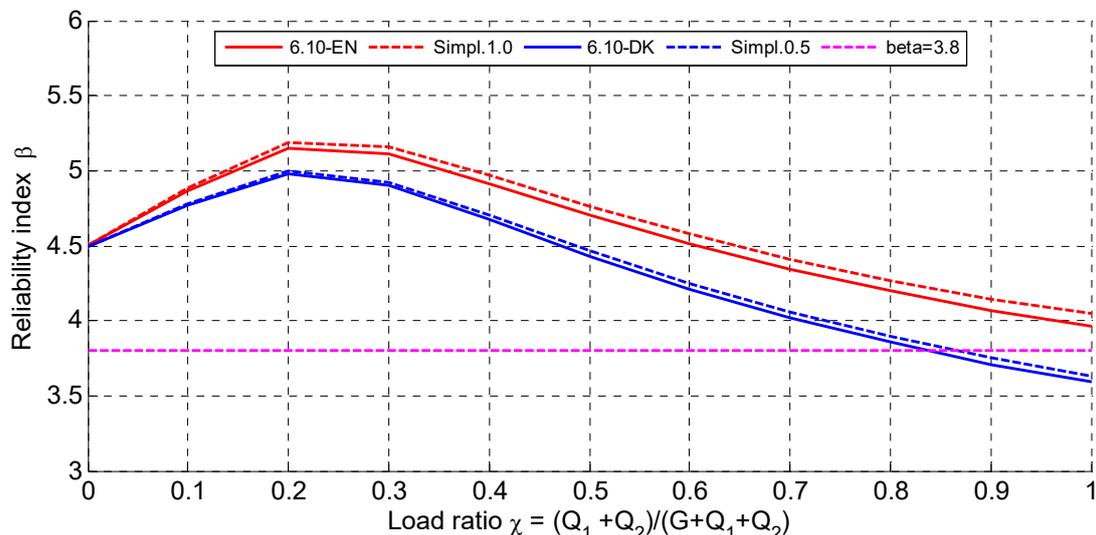


Bild 4.0.1 – Vergleich der vereinfachten Lastkombination für den Fall  $Q_2/Q_1 = 0,5$

#### 4.0.6 Vereinfachte Grenzzustandsdefinitionen

Der zweite Entwurf des überarbeiteten EC0 lag Ende Oktober 2017 vor. Im zweiten Entwurf wurde versucht, alle verschiedenen Fälle von Grenzzustandsfunktionen für Hochbauten in einer Tabelle zusammenzufassen (Tabelle A1.7). Dafür wurden vier verschiedene Bemessungsfälle (Design Cases – DC) vorgeschlagen:

- DC1 deckt sowohl den Festigkeitsnachweis STR als auch den geotechnischen Nachweis GEO ab.
- DC2 wird für die kombinierten Nachweise der Festigkeit und des statischen Gleichgewichts verwendet, wenn die Struktur empfindlich auf Schwankungen der ständigen Einwirkungen reagiert, die von einer einzigen Quelle („single source“) herrühren. Werte von  $\gamma_F$  werden aus den Spalten (a) oder (b) entnommen, je nachdem, welches das ungünstigere Ergebnis ergibt.
- DC3 wird in der Regel für den Nachweis von Dämmen und Böschungen, Plattengründungen und Schwerkraftstützkonstruktionen eingesetzt. Siehe EN 1997 für Details.

- DC4 wird für die Konstruktion von querbelasteten Pfählen und eingebetteten Stützwänden und (in einigen Ländern) für Schwerkraftstützkonstruktionen angewendet.

Der neue Entwurf von EN 1990 hat die Probleme der alten Version nicht gelöst. Der Vorschlag, alle Fälle von Grenzzustandsfunktionen EQU, STR, GEO in einer Tabelle zu platzieren, ist im Sinne von „Ease of Use“ in Ordnung, aber die Anwendung der neuen Tabelle bleibt noch unklar. Es gibt keine eindeutige Definition für die ehemals klassifizierten Grenzzustandsfunktionen EQU, STR, GEO – insbesondere zwischen EQU und STR.

Bei der Bearbeitung des Themas musste festgestellt werden, dass es keine wissenschaftliche Basis für die Klassifizierung sowie zur Neuordnung der Lastkombinationen zu den Grenzzustandsarten gibt und dass diese infrage zu stellen sind. Sie wurden anhand der Bemessungs- und Nachweispraxis der Vergangenheit empirisch abgeleitet und sind nicht durch Zuverlässigkeitsanalysen belegt.

Die Chance zu einer Vereinheitlichung im Sinne von „Ease of Use“ wurde nicht genutzt oder konnte aus Kapazitätsgründen nicht genutzt werden.

Die Teilsicherheitsfaktoren adressieren die Unsicherheit in der Last selbst sowie im Tragwerk und sollten unabhängig von der Art der Grenzzustandsfunktion und ihrer Klassifizierung sein.

Ein diesbezügliches Folgeprojekt, das sich dieser Kernerkenntnis widmet, wäre in voller Übereinstimmung mit „Ease of Use“ und würde große Unsicherheiten in der Anwendung der verschiedenen Grenzzustandsarten beseitigen können. Dazu ist jedoch ein Rückgriff auf die Zuverlässigkeitstheorie und die Modellierung von Unschärfen notwendig.

## **4.1 Einwirkungen auf Bauwerke**

### **4.1.1 Schneelasten (EN 1991-1-3)**

Im Zuge der Erarbeitung der Vereinfachungsvorschläge für das PRB-Forschungsvorhaben in der Phase 1 durch Mitarbeiter der PRB-Projektgruppe 1 (PG1) erfolgte projektbegleitend auch die Diskussion der Vorschläge zur EN 1991-1-3 im zugehörigen nationalen Expertenkreis. Dieser Expertenkreis fungiert als Beratergremium und Unterausschuss zum nationalen, übergeordneten DIN-Normenausschuss zum EC1(NA 005-51-02 AA bzw. Spiegelausschuss zum CEN/TC250/SC1).

Mit Beendigung des PRB-Forschungsvorhabens zu Phase 1 im Dezember 2015 lagen die Ergebnisse der Diskussionen dem Spiegelausschuss zum EC1 (NA 005-51-02 AA bzw. SpA zu CEN/TC250/SC1) in Form eines Entwurfs zum „Systematic Review“ zur EN 1991-1-3 vor. Mit Akzeptanz durch diesen Normenausschuss konnten die Ausarbeitungen der PG1 als abgestimmte, nationale deutsche Meinung dem zugehörigen europäischen Normengremium, dem CEN/TC250/SC1, übergeben werden.

Als weiterführende Strategie zur Umsetzung der Ergebnisse wurden Teile der PG1-Ausarbeitungen in dem seit Juli 2017 vorliegenden überarbeiteten Entwurf zum nationalen Anhang zur EN 1991-1-3 eingearbeitet. Dabei wurden z. B. die Vorschläge zum Umgang mit großen Dächern, Tonnendächern und aneinander gereihten Dächern in den nationalen Anhang übernommen.

Da bei der Überarbeitung der Eurocodes auf europäischer Ebene die nationalen Anhänge konsultiert werden, ist dies ein wichtiger Schritt zur Umsetzung der Ergebnisse und es kann dadurch mit einer breiteren Akzeptanz durch die Normungsexperten gerechnet werden.

Die Überarbeitung der EN 1991-1-3 obliegt der Arbeitsgruppe WG1 „Climatic actions“ (Klimatisch bedingte Einwirkungen) des CEN/TC250/SC1, das den Entwurf, der durch ein sechsköpfiges Expertenteam (Projektteam SC1.T2) erarbeitet wird, bewertet.

Als Grundlage zur Überarbeitung der EN 1991-1-3 auf europäischer Ebene dienen dem Projektteam dabei die europäischen Kommentare zum „Systematic Review“. Wie der Auswertung der Kommentare unter 2.1 zu entnehmen ist, sind dabei ca. 50 % der gesamten Kommentare auf

Vereinfachungsvorschläge der PG1 zurückzuführen. Die deutschen „Systematic Review“-Kommentare wurden zur CEN/TC250/SC1-Sitzung am 12./13.01.2017 in Athen überarbeitet und wurden vom SC1 als deutsche Kommentare zur EN 1991-1-3 akzeptiert.

Es wurde kein deutscher Experte in das Projektteam zur EN 1991-1-3 (SC1.T2) aufgenommen. Damit obliegt das Weiterverfolgen der Vereinfachungsvorschläge hauptsächlich den deutschen Mitarbeitern in der WG1 des CEN/TC250/SC1.

Die Überarbeitung der Eurocodeteile, welche in der Phase 2 des CEN/TC250 überarbeitet werden sollen, hat auf europäischer Ebene gerade erst begonnen. Nach langer Verzögerung wurde mit der personellen Besetzung des EC1-1-3 zugehörigen Projektteams (SC1.T2) im Juni 2017 offiziell mit der Arbeit begonnen. Im April 2018 ist mit dem ersten Entwurf zur EN 1991-1-3 zu rechnen. Die daran anschließende Kommentierung des Entwurfs durch die Mitarbeiter der WG1 ist mit einer Bearbeitungszeit von zwei Monaten (Mai bis Juni 2018) relativ kurz angesetzt. Dies verlangt höchste Aufmerksamkeit und die Erarbeitung von fundierten Stellungnahmen in einem kurzen Zeitraum. Diese Stellungnahmen sollten Schwerpunktthema der zukünftigen PG1-Arbeit für 2018 sein. Der zweite Entwurf wird im April 2019 und der Schlusssentwurf im Oktober 2019 zur Bewertung durch die WG1 vorliegen.

#### 4.1.2 Windlasten (EN 1991-1-4)

Am Rande der SC1-Sitzung am 22./23.06.2017 in Brüssel fand ein erster Austausch zwischen den anwesenden Projektteam-Mitarbeitern statt. Das erste Arbeitstreffen folgte am 31.08.2017 in Brüssel. Die komplette PG1-Ausarbeitung zum EC1-1-4 wurde in ihrer synoptischen Form als Arbeitspapier an die Mitarbeiter des Projektteams übergeben und dient als Vorlage für die Ausarbeitungen im Projektteam. Das zweite Arbeitstreffen fand am 03.11.2017 in Berlin statt.

#### 4.1.3 Temperatureinwirkungen (EN 1991-1-5)

Durch das CEN bzw. Mandat M/515 wurden mehrere Aufgabenstellungen direkt an das Projektteam SC1.T4 gerichtet. Neben den generellen Aufgaben „Reduzierung der NDPs“, „Verbesserung der Anwenderfreundlichkeit“ und „redaktionellen Änderungen“ sind folgende Punkte zu bearbeiten:

- Zusammenstellung der in Europa anzusetzenden Temperaturen

Durch die Erstellung einer Temperaturkarte mit den in Europa verwendeten Werten der Außenlufttemperatur sollen Unterschiede an den Landesgrenzen identifiziert werden. Aufbauend darauf soll in Zusammenarbeit mit den nationalen Gremien die Grundlage für eine harmonisierte Temperaturkarte geschaffen werden.

- Lager

Die zu berücksichtigenden Temperaturspannen sollen präzisiert werden.

- Konstanter und veränderlicher Temperaturanteil

Die Abhängigkeit von konstantem und veränderlichem Temperaturanteil soll überprüft werden, um Rückschlüsse für eine möglicherweise erforderliche Anpassung der Kombination der beiden Temperaturanteile ziehen zu können.

- Thermische Reaktion unterschiedlicher Überbautypen

Der Sachverhalt soll überprüft werden.

Zwei Arbeitsgruppen haben bereits in der ersten Phase von Mandat M/515 Abschlussberichte verfasst, die für die EN 1991-1-5 relevant sind. Das Projektteam SC1.T5 hat Informationen und Empfehlungen zum Thema Klimawandel und dessen Auswirkungen in Bezug auf Bauwerke zusammengetragen. Ein weitere Arbeitsgruppe, HG-B.T1 (Horizontal Group „Bridges“), hat normenübergreifend Handlungsempfehlungen zum Thema Brücken verfasst. Beide Abschlussberichte sollen als Grundlagen für die Ausarbeitung der normenspezifischen Arbeitsgruppen im

Rahmen der Weiterentwicklung der Eurocodes dienen. Die zu Verfügung stehenden Informationen werden bei der Bearbeitung der oben beschriebenen Aufgaben berücksichtigt.

Gemäß dem Projektteam SC1.T5 und dem entsprechenden Bericht zum Thema Klimawandel sollen die in EN 1991-1-5 empfohlenen charakteristischen Werte des konstanten und veränderlichen Temperaturanteils auf aktuellen Isothermen-Karten basieren, die regelmäßigen Überprüfungen unterzogen werden müssen. Diese Karten sollten europaweit durch harmonisierte präzise Methoden aktualisiert werden, die momentan allerdings nur bedingt zu Verfügung stehen. Hierzu wird die Initiierung eines Forschungsprojekts nahegelegt. Außerdem wird empfohlen, den Zusammenhang von Außenlufttemperatur und konstantem Temperaturanteil gemäß EN 1991-1-5 zu überprüfen. Weiter sollten die Unsicherheiten des Klimawandels und die voraussichtliche Entwicklung zeitabhängiger Parameter berücksichtigt werden. Die erwartete Erhöhung der Außenlufttemperatur wird zu einer Erhöhung des konstanten Temperaturanteils in Bauwerken führen. Dies hat beispielsweise Auswirkungen auf die Ausdehnung von Brückenbauwerken und damit auf die Lagerwege und Dehnfugen. Je nach Lagerbedingung werden zusätzliche Spannungen hervorgerufen und nichtlineare Effekte verstärkt. Dies ist auch bei der Interaktion von Schienen und Brückenbauwerken zu berücksichtigen. Zudem wird sich durch die Intensivierung der Sonneneinstrahlung auch der veränderliche Temperaturanteil erhöhen. Davon werden z. B. Bauarbeiten sowie Konstruktionen bzw. Verbindungen aus unterschiedlichen Materialien beeinflusst.

Die Arbeitsgruppe HG-B.T1 hat in ihrem Abschlussbericht direkte Vorschläge zur Weiterentwicklung von EN 1991-1-5 verfasst, die allesamt dem Themenkomplex der Lagerwege und Dehnfugen von Brücken zuzuordnen sind. Die Berechnung der charakteristischen Werte des konstanten Temperaturanteils soll in EN 1991-1-5 verbleiben. Die Berechnung des charakteristischen Wertes und des Bemessungswertes der Temperatur zur Ermittlung der Dehnwege (maximal positive und negative Änderung des konstanten Temperaturanteils) soll hingegen in den Anhang A2 der EN 1990 verschoben werden, um ein harmonisiertes Vorgehen festzulegen. Es soll außerdem überprüft werden, ob die Definition der Überlagerung von konstantem und veränderlichem Temperaturanteil in die EN 1990 verschoben werden soll und ob hier die vorhandene Definition aus der EN 1991-1-5 verwendet werden kann. Die Tabelle mit den Temperaturkoeffizienten in Anhang C soll gestrichen werden. Die Werte müssen in den entsprechenden Eurocodeteilen mit den Materialeigenschaften angegeben werden.

#### 4.1.4 Verkehrslasten auf Brücken (EN 1991-2)

Der „Systematic Review“ zu EN 1991-2 wurde im Ausschuss NA 005-57-03 AA „Lastannahmen für Brücken“ auf den Sitzungen am 29.07.2015 in Fulda und am 28./29.10.2015 in Karlsruhe diskutiert. Dabei wurde eine Position gegenüber den europaweit gesammelten Vorschlägen festgelegt. Diese Position wurde bei den Ausarbeitungen vom Projektteam SC1.T9 berücksichtigt.

Im Rahmen der Arbeiten des Projektteams SC1.T9 wurden die Anpralllasten durch Fahrzeuge unter den Brückenbauwerken aus den Abschnitten 4.7.2 und 5.6.2 der EN 1991-2 durch Verweise auf die EN 1991-1-7 ersetzt. In der pränormativen ersten Phase wurde dieses Vorgehen empfohlen und auch als Kommentar zum „Systematic Review“ eingereicht. Dieses Vorgehen wurde durch die britischen Kommentare bestätigt.

Die in Abschnitt 3.1.4 beschriebene Überarbeitung des Lastmodells für Hinterfüllungen und Widerlager wurde in den Schlusssentwurf zur Weiterentwicklung von EN 1991-2 eingearbeitet und fand bereits Anklang innerhalb von CEN/TC250/SC1/WG3 „Traffic loads on bridges“ (Verkehrslasten auf Brücken).

Bereits die Ausschreibung der Aufgabengebiete von Projektteam SC1.T9 beinhaltete den Auftrag zur Überarbeitung bzw. Ausarbeitung von dynamischen Lastmodellen für Fußgängerbrücken. Durch diese Modelle sollen einheitliche Regelungen zur Berücksichtigung von fußgängerinduzierten Schwingungen für Fußwegbrücken vorgegeben werden. Die Ausarbeitung der Lastmodelle durch das Projektteam SC1.T9 basiert hauptsächlich auf dem Bericht [22] vom Joint Research Centre der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2009 sowie den Empfeh-

lungen der Arbeitsgruppe HG-B.T1 (Horizontal Group „Bridges“). Ein erster Vorschlag war bereits im zweiten Entwurf von EN 1991-2 enthalten und wurde durch viele Spiegelausschüsse kommentiert. Auch im deutschen Spiegelausschuss NA 005-57-03 AA wurden die Lastmodelle diskutiert und es wurden Anmerkungen dazu verfasst. Auf dieser Grundlage wird ein Großteil der Inhalte in einem informativen Anhang zur Verfügung gestellt und nur einige wichtige Grundlagen im Basisdokument bzw. in der überarbeiteten EN 1990 verankert. Somit kann national individuell auf die entsprechenden Anforderungen reagiert werden. Problematisch bei der Ausarbeitung ist die Tatsache, dass eine mögliche simultane Bearbeitung und somit Abstimmung von EN 1990 und EN 1991-2 zeitlich recht begrenzt ist. Grund dafür sind die unterschiedlichen Bearbeitungsphasen von EN 1990, Anhang 2 und EN 1991-2. Aus diesem Grund sind kurzfristige Änderungen bis zur endgültigen Verabschiedung des Schlussentwurfs von EN 1991-2 wahrscheinlich.

Die aktuellste Ausarbeitung der Lastmodelle besteht aus insgesamt vier unterschiedlichen Modellen, die im Folgenden kurz erläutert sind:

– Fußgängerstrom

Dieses Lastmodell berücksichtigt die Erregung der Brücke durch eine harmonische Flächenlast, die in Abhängigkeit der ersten oder zweiten Eigenform aufgebracht wird.

– Einzelne Fußgänger und Fußgängergruppen

Dieses Modell besteht aus einer Einzellast, die sich mit einer festen Geschwindigkeit in Brückenlängsrichtung bewegt. Vereinfacht kann die Einzellast an der Stelle der maximalen Verschiebung der Eigenformen angesetzt werden.

– Einzelne Jogger und Gruppen von Joggern

Hier wird dasselbe Vorgehen wie bei den einzelnen Fußgängern und Fußgängergruppen angewandt. Lediglich die Geschwindigkeit und Lasten unterscheiden sich.

– Beabsichtigte Anregung

Es wird davon ausgegangen, dass maximal fünf Personen mit einer definierten Last und einem Frequenzbereich von 1,7 bis 3,0 Hz versuchen, die Brücke durch koordiniertes Springen anzuregen. Abweichend von den oben beschriebenen Lastmodellen soll dieses Modell auch für Nachweise im Grundzustand der Tragfähigkeit verwendet werden.

Über die Definition einer Verkehrsklasse, die Personendichte auf der Brücke oder die Gruppengröße angibt, wird die Intensität der jeweiligen Lastmodelle festgelegt. Mit Ausnahme des Lastmodells für die beabsichtigte Anregung sind alle Lastmodelle ausschließlich für den Nachweis der Schwingungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit angedacht.

Weitere Themen die vom Projektteam SC1.T9 und auch von CEN/TC250/SC1/WG3 intensiv diskutiert wurden, für die jedoch zum aktuellen Zeitpunkt trotz umfangreicher Recherche keine ausreichende Grundlage für eine Überarbeitung gegeben war, sind im Folgenden dargestellt:

– Weiterentwicklung der Ermüdungslastmodelle für Straßen- und Schienenverkehr

Durch die BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen) wurde ein Forschungsprojekt zur ausführlichen Untersuchung der Thematik initiiert. Erste Ergebnisse werden nicht vor Ende 2017 zur Verfügung stehen.

– Ausarbeitung von Lastmodellen für Straßenbahnen und andere Kleinbahnen

Es wurde eine europaweite Umfrage zur Verfügbarkeit bzw. Verwendung von entsprechenden Lastmodellen durchgeführt. Diese Umfrage hat gezeigt, dass weitere Forschungsaktivität erforderlich ist, um die Grundlage für ein vielseitig einsetzbares Lastmodell zu schaffen, das allen Ansprüchen gerecht wird.

– Ausarbeitung von Lastmodellen für eine kombinierte Beanspruchung durch Straßen- und Schienenverkehr

Auch für die Bearbeitung dieser Thematik ist eine intensive Forschungstätigkeit erforderlich, da sich durch die Kombination vielseitige Problemstellungen ergeben, die nur schwer durch Modelle umfassend beschrieben werden können.

#### 4.1.5 Krane und Maschinen (EN 1991-3)

Die Ergebnisphase hat bei dem Eurocodeteil EN 1991-3 „Einwirkungen infolge Kane und Maschinen“ noch nicht begonnen. Mit der Besetzung der Projektteams wird nicht vor 2019 gerechnet.

#### 4.1.6 Silos und Flüssigkeitsbehälter (EN 1991-4)

Da das Projektteam SC1.T10 erst seit Sommer dieses Jahres konstituiert wurde, befindet sich die Ergebnisphase für EN 1991-4 gerade in den Anfängen. In der Arbeitsgruppensitzung der CEN/TC250/SC1/WG5 am 16./17.09.2017 in Kopenhagen wurden die auf eine bessere Anwenderfreundlichkeit abgezielten Umstrukturierungen der für die Lastermittlung wesentlichen Kapitel 5 und 6 von EN 1991-4 besprochen und z. T. sehr kontrovers diskutiert. Als Resultat der Umstrukturierung sind die maßgeblichen Gleichungen für die Einwirkungen auf Silozellen so zusammengefasst, dass alle die Einwirkungsgrößen beeinflussenden Faktoren in den in der Anzahl deutlich reduzierten Gleichungen berücksichtigt sind. Alle etwaigen die Einwirkungen reduzierenden Randbedingungen können durch reduzierte Lasterhöhungsfaktoren berücksichtigt werden, falls solche Fälle vorliegen.

Somit muss sich der Anwender nicht durch die vielen Unterfälle durcharbeiten, um sich seine letztlich maßgeblichen Lastsituationen „zusammenzubauen“, sondern liegt zunächst einmal bei der Anwendung der Regeln auf der sicheren Seite. Insbesondere der Convenor Prof. Rotter wollte dem Argument der Vereinfachung bei der Anwendung und dem Aspekt der sichereren Anwendung der umstrukturierten Textpassagen nicht folgen. Angesichts der durch das Mandat vorgegebenen Aufgaben, die zu neuen aufzunehmenden zusätzlichen Regeln führen werden, möchte er den für ihn logischen und didaktisch gewählten modularen Aufbau der unter den verschiedenen möglichen Randbedingungen unterschiedlichen zu berücksichtigenden Regeln nicht verlassen.

Als weitere Argumente wurde der sehr straffe Zeitplan angeführt, der für solche „zusätzlichen“ größeren Umstrukturierungsaufgaben angesichts der vielen zu bearbeitenden Punkte des Mandates kein Zeitfenster bietet. Zudem wird argumentiert, dass der „Systematic Review“ zeige, dass lediglich Deutschland mit der Gliederung des Regelwerkes Probleme habe. Alle anderen Länder seien wohl zufrieden, sonst hätten sie ja auch Anmerkungen in diese Richtung gemacht.

Dass die Schwierigkeiten mit dem Umgang des Regelwerkes durchaus auch gesehen werden, lässt sich daraus entnehmen, dass man überlegt, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelten Flussdiagramme als Hilfsmittel in das Regelwerk zu integrieren.

Folgende wesentliche Änderungsvorschläge des „Systematic Reviews“ wurden angenommen bzw. sollen im Zuge der Bearbeitung der Aufgabenstellungen des Mandates M/515 zumindest in modifizierter Art berücksichtigt werden:

- Spezielle Regeln für die Anforderungsklasse AAC1 sollen aus dem Haupttext des Regelwerkes gestrichen und in einem eigenen Anhang zusammengefasst werden.
- Klarere Strukturierung der Fülllasten, damit diese über die vielen Sonderregelungen hinsichtlich der Teilflächenlasten die Übersichtlichkeit des Regelwerkes nicht weiterhin so stark behindern, dass es zu Fehlinterpretationen bei der Anwendung kommt (eventuell Streichung der Teilflächenlasten für die Bemessungssituation „Füllen“ im Haupttext des Regelwerkes).
- Modifikation der Regeln für den Fall der großen Entleerungsexzentrizitäten
- Streichung von Anhang G
- Anhang F soll in den Hauptteil des Regelwerkes übernommen werden und soll für die Unterscheidung der Bemessungssituationen im Hinblick auf die Fließprofile dienen.

Die vorgeschlagenen Umstrukturierungen des Kapitels 6 zu den Boden- und Trichterlasten sollen ebenfalls nur teilweise umgesetzt werden.

#### **4.1.7 Außergewöhnliche Einwirkungen (EN 1991-1-7)**

Wegen des erst voraussichtlich 2019 erfolgenden Starts der Überarbeitung von EN 1991-1-7 können derzeit noch keine Kompromissvorschläge oder notwendige Ergänzungen auf Grundlage der Analysen des „Systematic Reviews“ erarbeitet werden.

### **4.2 Betonbau**

Die Ergebnisphase hat im Bereich Betonbau noch nicht begonnen. Die für alle PRB-Projektgruppen geltende Beschreibung der Vorgehensweise in der Ergebnisphase ist im Abschnitt 1.1 im Absatz „Ergebnisphase“ dargestellt.

### **4.3 Stahlbau**

#### **4.3.1 Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln (EN 1993-1-1)**

Aktuell ist die Überprüfung der bislang eingeflossenen Änderungen in den Teil 1-1 durch die PRB-Projektgruppe 3 (PG3) bis auf den Punkt „allgemeiner Stabilitätsnachweis“ und die aktuell neu diskutierten Punkte abgeschlossen. Der weitere Zeitplan der CEN/TC250/SC3/WG1 sieht vor, dass der endgültige Entwurf der EN 1993 Teil 1-1 bis Dezember 2017 durch das Projektteam erarbeitet und dann im Januar 2018 verteilt wird. Die nationalen Normungsgremien haben danach bis März 2018 die Möglichkeit, diesen Entwurf zu kommentieren. Aufgabe der PG3 wird daher sein, im Januar 2018 den Schlusssentwurf erneut kritisch durchzusehen und zu kontrollieren, ob alle bislang fehlenden Änderungen eingeflossen sind. Insofern werden sich die Arbeiten zur Umsetzung über den ursprünglich geplanten Zeitraum bis mindestens Mitte 2018 verlängern.

Es bestehen Zweifel, ob in der kurzen verbleibenden Zeit alle offenen Punkte aus dem „Systematic Review“ gelöst und im Schlusssentwurf angemessen umgesetzt werden können.

Hinderlich in diesem Zusammenhang ist zudem, dass das CEN beschlossen hat, die generelle Kapitelstruktur für alle Eurocodes einheitlich zu ändern. Abschließend wird sehr viel Zeit für die Überarbeitung von Verweisen, Nummerierungen usw. investiert werden müssen, ohne dass sich inhaltlich eine deutliche Verbesserung ergibt.

#### **4.3.2 Stahlbauten: Plattenförmige Bauteile (EN 1993-1-5)**

Das Projektteam für den EC3-1-5 hat erst im Herbst 2017 die Arbeiten aufgenommen und daher noch keine Entwürfe vorgelegt. Derzeit sind alle Vorschläge der PG3 noch zur weiteren Bearbeitung im Projektteam. Erforderliche Rücksprachen werden in der CEN/TC250/SC3/WG5 erfolgen, woran die PG3 durch die Mitarbeit von Dr. Naumes in der WG5 direkt angeschlossen ist.

Zu unterstreichen ist, dass die pränormative Forschung und die Aktivitäten der PG3 der entscheidende Anstoß und die Voraussetzung für die Überarbeitung von Kapitel 10 des EC3-1-5 in der WG5 und dem zugehörigen Projektteam waren. Eine wesentliche Verbesserung der Anwenderfreundlichkeit des EC3-1-5 wird dadurch möglich. Um diesen Prozess in der Ergebnisphase weiterhin positiv zu beeinflussen und die Umsetzung zu prüfen, ist eine Fortsetzung der PG3-Arbeiten notwendig.

#### **4.3.3 Stahlbauten: Bemessung von Anschlüssen (EN 1993-1-8)**

Das mit der Umsetzung der im kommentierten Review [29] akzeptierten Änderungsvorschläge beauftragte Projektteam PT2 legte am 05.05.2017 einen zweiten Entwurf zu EC3-1-8 [R41] vor. Dieser wurde von der PG3 und insbesondere der forschenden Stelle gesichtet und hinsichtlich der Erfüllung der akzeptierten Änderungsvorschläge geprüft. Das Ergebnis kann in groben Zügen wie folgt zusammengefasst werden:

- Komponentenmethode (Reduzierung und z. T. Auslagerung des Kapitels 6 in einen Anhang):  
Entgegen der abschlägigen Bewertung in [29] wurde der von der PG3 eingebrachte Vorschlag umgesetzt! Die aus dem Kapitel 6 ausgelagerten Teile sind in die neuen Anhänge A bis D eingeflossen. Die neuen Anhänge A bis D mit den ausgelagerten Teilen der Komponentenmethode sind normativ und wurden z. T. noch erweitert. Das insgesamt positive Ergebnis konnte nur im Zusammenhang mit der Diskussion zum Punkt „Hohlprofilanschlüsse“ erreicht werden.
- Hohlprofilanschlüsse (Auslagerung des Kapitels 7 in einen Anhang):  
Die Diskussion in Zusammenhang mit dem Punkt „Komponentenmethode“ ergab, dass der PG3-Vorschlag nicht umgesetzt werden sollte. Das Kapitel 7 verbleibt in der Norm und wurde leider noch erweitert. Die Komponentenmethode für Hohlprofile wurde dagegen nicht in EC3-1-8 aufgenommen.
- Vorschläge zu Detailverbesserungen:  
Die in [29] positiv bewerteten Vorschläge für detaillierte Verbesserungen bzw. Änderungen wurden bislang nur teilweise in den zweiten Entwurf aufgenommen, zu großen Teilen jedoch noch nicht.
- Umfang des Dokuments [R34] im Vergleich zur aktuellen Version von EC3-1-8 [R25]:  
Der Gesamtumfang des neuen Dokuments hat sich von ehemals 146 Seiten auf 167 Seiten vergrößert. Dies ist zum größten Teil auf die Erweiterung des Kapitels 7 (Hohlprofilanschlüsse) um 50 Seiten zurückzuführen, das in [R41] nun einen Umfang von 82 Seiten hat. Diese aus Sicht von PG3 negative Entwicklung wird jedoch durch die Auslagerung von Teilen der Komponentenmethode in die oben genannten Anhänge kompensiert, so dass sich der reine Textteil der Norm von 146 Seiten auf 133 Seiten reduziert, ohne das Kapitel 7 sogar auf 82 Seiten.

In der Stellungnahme der PG3 zum zweiten Entwurf des Projektteams für den EC3-1-8 [R34] wurde die WG8 des CEN/TC250/SC3 aufgefordert, die in [29] akzeptierten, in [R34] aber nicht umgesetzten Änderungsvorschläge in den Schlusssentwurf einzuarbeiten. Zudem gibt es im zweiten Entwurf zahlreiche und umfangreiche Änderungen, die im „Systematic Review“ nicht angefragt worden waren. Im EC3-1-8 wurden stellenweise Änderungen eingeführt, aber nicht konsequent im ganzen Dokument umgesetzt. Weiterer Knackpunkt ist eine offensichtlich beabsichtigte Erweiterung der Nachweise auf den Erdbebenfall. Diese darf nicht zu einer Verkomplizierung der Regelfälle führen. Der EC3-1-8 sollte vielmehr auch zukünftig auf die Auslegung von Anschlüssen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung fokussiert sein, wie es im Anwendungsbereich der Norm angegeben ist.

Der Schlusssentwurf für den EC3-1-8 soll Anfang 2018 vorgelegt werden. Die Ergebnisphase ist also noch nicht abgeschlossen. Eine Weiterführung der Arbeiten der PG3 ist dringend geboten.

#### 4.3.4 Stahlbauten: Ermüdung (EN 1993-1-9)

Da es noch kein Projektteam für den EC3-1-9 gibt, wurde mit der konkreten Überführung der eingereichten Normenvorschläge in neue Normentwürfe noch nicht begonnen. Frühestens im Herbst 2018 werden erste Normentwürfe vorliegen und erst dann ist eine Beurteilung möglich, welche der PRB-Vorschläge tatsächlich Einzug in die Normung gefunden haben werden. Bis dahin ist ein kontinuierliches Engagement von Prof. Kühn in der WG9 des CEN/TC250/SC3 erforderlich, um die Kommentare durch weiteren Input zu verfeinern und umzusetzen, sowie neue Vorschläge aus anderen Ländern fortlaufend zu prüfen und zu bewerten.

#### 4.3.5 Stahlbauten: Kranbahnen (EN 1993-6)

Der EC3-6 für Kranbahnen gehört zu den Teilen des Eurocode 3, die gemäß Beschluss im SC3 in der letzten Phase der Eurocode-Novellierung bearbeitet werden. Der zugehörige „Systematic Review“ wurde erst im Sommer 2017 beendet. Normentwürfe zum EC3-6 werden frühestens

2019 erwartet. Daher hat die Ergebnisphase für den Bereich Kranbahnen noch nicht begonnen. Für die Fortsetzung des Engagements der PG3 für die Verbesserung der Praxistauglichkeit des EC3-6 Kranbahnen ist ein weiteres Forschungsvorhaben wünschenswert.

#### **4.3.6 Stahlbauten: Heißbemessung (EN 1993-1-2)**

Das Projektteam für den EC3-1-2 hat die Arbeiten im Herbst 2017 aufgenommen. Daher liegt noch kein Textentwurf von EC3-1-2 vor. Die Ergebnisphase hat für das Teilprojekt noch nicht begonnen. Es ist unumgänglich, die bisherigen Arbeiten der PG3 im Rahmen eines Folgeprojekts fortzuführen, um die Ergebnisse der ersten PRB-Phase in die europäischen Gremien weiterhin einzubringen.

#### **4.3.7 Verbundbau (EN 1994-1-1)**

Aufgrund der im CEN/TC250/SC4 bestehenden Terminabläufe konnte die Ergebnisphase noch nicht abgeschlossen werden. Die endgültigen Entwürfe zu EC4 sollen Anfang 2018 vorgelegt werden. Dann steht eine erneute Sichtung, Bewertung und Kommentierung dieser Entwürfe an. Diese Aufgabe muss im Kontext der deutschen Fachwelt im Verbundbau (Spiegelausschuss Verbundbau, Arbeitsausschuss Verbundbau von bauforumstahl und PG3) erfolgen. Eine Fortsetzung der Arbeiten der PG3 im Rahmen eines Folgevorhabens ist absolut wünschenswert.

#### **4.3.8 EN 1090-2**

Die EN 1090-2 wurde in der neuen Fassung wesentlich überarbeitet. Einige Abschnitte, wie die technischen Anforderungen an kaltgeformte, tragende Bauelemente und dünnwandige Profilbleche aus Stahl sowie kaltgeformte, tragende Bauteile aus Stahl für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen wurden aus dem Teil 2 der Normenreihe EN 1090 ausgegliedert. Der informative Anhang B, der Hilfestellung für die Bestimmung der Ausführungsklasse gab, wurde entfernt, da die normativen Anforderungen an die Auswahl der Ausführungsklasse in die EN 1993-1-1, Anhang C integriert wurden. Ebenso wurde der normative Anhang J „Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern“ entfernt. Diese Maßnahmen sind im Sinne einer schlanken Norm zu begrüßen.

Andererseits wurden zwei informative Anhänge neu in die EN 1090-2 aufgenommen – Anhang D (informativ) und Anhang I. Des Weiteren wurde mit Anhang L ein neuer informativer Anhang aufgenommen, der Hilfestellung bei der Auswahl der Schweißnahtklassen gibt. Dieser Teil ist explizit an die Anwender des EC3 gerichtet.

### **4.4 Holzbau**

Die PRB-Projektgruppe 4 (PG4) arbeitete aufgrund des späten Beginns mit den Forschungsarbeiten der Phase 1 in der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e.V. in zwei Phasen parallel (Phase 1: März 2015 – min. Dezember 2016, Phase 2: Juli 2016 – min. Dezember 2017). D. h. konkret, dass die Arbeiten zu Therapieansätzen der Phase 1 durch Diskussionen in den Arbeitsgruppen des TC250/SC5 und begleitende Vergleichsrechnungen der Phase 2 noch abgestimmt werden müssen.

### **4.5 Mauerwerksbau**

Für den Nachweis der Knicksicherheit unbewehrter Mauerwerkswände in EN 1996-1-1 wurde ein vereinfachter Bemessungsvorschlag vorgeschlagen, der sich nach derzeitigem Stand der Ergebnisse des Projektteams auf europäischer Ebene jedoch nicht durchsetzen ließ. Europäisch wird in den Normungsgremien eine Bemessungsgleichung bevorzugt, welche die Tragfähigkeit möglichst realistisch abschätzt, auch wenn in diesem Fall eine ungleich kompliziertere und für einfache Handrechnungen weniger gut geeignete Formel notwendig ist.

Bezüglich der erarbeiteten Inhalte zu EN 1996-3 ist zu konstatieren, dass die europäischen Normungsgremien aufgrund der Verzögerungen ihre Arbeit erst nach Beendigung der hier beschriebenen Forschungsvorhaben aufgenommen haben. Lediglich hinsichtlich des Nachweises

von Kellerwänden kann als Ergebnis des Review-Prozesses von EN 1996-1-1 bereits festgehalten werden, dass die von deutscher Seite vorgeschlagene Änderung von EN 1996-3 auf europäischer Ebene auf Zustimmung gestoßen ist.

Für die übrigen im Abschnitt 3.5 dargestellten Sachverhalte konnte auf der ersten Sitzung der WG2 von CEN/TC250/SC5 bereits die Zusage der Überarbeitung der relevanten Normenabschnitte erreicht werden. Es wird erwartet, dass sich die Forschungsergebnisse zu einem großen Teil in die europäische Normungsrevision integrieren lassen.

#### **4.6 Geotechnik**

Die Ergebnisphase hat im Bereich Geotechnik noch nicht begonnen. Die für alle PRB-Projektgruppen geltende Beschreibung der Vorgehensweise in der Ergebnisphase ist im Abschnitt 1.1 im Absatz „Ergebnisphase“ dargestellt.

Ziel ist es, Vorschläge für informative Anhänge des EC7 zu formulieren, wie die Versuchsergebnisse zur Festlegung von geotechnischen Parametern für Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auszuwerten sind. Wichtig dabei auch ist eine klare Darstellung der Anwendungsgrenzen.

Diese Arbeiten sind in enger Rückkopplung mit den deutschen Gremien (PG6 der PRB und den Spiegelausschüssen des NABau) und den Arbeiten des Projektteams PT3 „Ground investigation“ (Baugrunderkundung) und PT6 „Rock mechanics and dynamic design“ (Felsmechanik und dynamische Bemessung) des CEN/TC250/SC7 durchzuführen.

## 5 Weiterer Forschungsbedarf

Es ist jedoch bereits jetzt absehbar, dass die erwähnte Verzögerung auf der europäischen Ebene zu weiteren umfangreichen Fragestellungen führen wird, die mit der gleichen Umsicht, Sorgfalt und Konsequenz begleitet werden müssen.

### Gründe für die Verzögerung auf der europäischen Ebene sind insbesondere

1. die unerwartet langwierigen Verhandlungen zwischen der EU-Kommission sowie CEN und NEN bei der Frage, wie die mit dem Mandat M/515 zusammenhängenden EU-Mittel, die für die Arbeiten der Projektteams für die Fortschreibung der Eurocodes auf europäischer Ebene zur Verfügung gestellt werden, im Detail verwendet werden sollen und wie dies administrativ und vertraglich auszugestalten ist,
2. eine sich daraus ergebende aufwändigere Ausschreibungs- und Zuschlagsprozedur für die Bewerbung, Auswahl und vertragliche Bindung der Projektteam-Mitglieder auf der europäischen Ebene – mit entsprechend verzögertem Arbeitsbeginn,
3. der sich verändernde Rechtsrahmen, in dem das Zusammenspiel der Eurocodes mit (harmonisierten) Bauproduktenormen zu formulieren ist. Stichworte sind hier: EU-Bauproduktenverordnung, EuGH-Urteil in der Rs. C-100/13 und die ARGEBAU-Prioritätenliste zu defizitären harmonisierten Bauproduktenormen,
4. die teilweise unerwartet umfangreichen Rückläufe aus den verschiedenen CEN-Mitgliedsstaaten zu den 58 Eurocodeteilen im Rahmen der regelmäßigen systematischen Überprüfung („Systematic Review“), die bisher noch längst nicht vollständig abgearbeitet werden konnten.

**Auswirkung dieser Verzögerung** ist auch, dass zu den erwähnten und im Vergleich zur früheren Erwartung ohnehin schon umfangreicheren Rückläufen aus dem „Systematic Review“ weitere teilweise sehr grundlegende und umfangreiche inhaltliche Vorschläge in die laufenden Arbeiten auf der europäischen Ebene eingebracht werden, mit denen sich die PRB qualifiziert und konsequent auseinandersetzen muss.

Es ist also unbedingt nötig, jetzt die Arbeiten weiter fortzusetzen und den notwendigen Aufwand zu betreiben. Konkret bedeutet dies, dass ein Fortsetzungsantrag gestellt werden wird.

## Literatur

### Normen und Regelwerke

- [R1] Anejo Nacional AN/UNE-EN 1992-2 (February 2013) (National Annex Spain (ES))
- [R2] BDS EN 1992-2:2006/NA:2012 (National Annex Bulgaria (BG))
- [R3] BS 6399-3:1988: Loading for buildings – Part 3: Code of practice for imposed roof loads
- [R4] BS EN 1992-2:2005/NA:2007 (National Annex United Kingdom (UK))
- [R5] CSN EN 1992-2 NA ed. A: 2014 (National Annex Czech Republic (CZ))
- [R6] CYS National Annex to CYS EN 1992-2:2005 (11/06/2010) (National Annex Cyprus (CY))
- [R7] DIN 1045-1:2008-08: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion
- [R8] DIN 4102-4:2016:05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe
- [R9] DIN EN 1990: Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung En 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- [R10] DIN EN 1991-1-3: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009
- [R11] DIN EN 1991-1-7/NA Nationaler Anhang – National festgelegter Parameter Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen
- [R12] DIN EN 1991-1-7:2006 + AC:2010 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen – Außergewöhnliche Einwirkungen
- [R13] DIN EN 1991-4/NA: Nationaler Anhang – National festgelegter Parameter Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- [R14] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R15] DIN EN 1992-1-1:2011-01: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [R16] DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall.
- [R17] DIN EN 1992-1-2:2010-12: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [R18] DIN EN 1992-2/NA:2013-04: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 2: Betonbrücken – Bemessungs- und Konstruktionsregeln
- [R19] DIN EN 1992-2:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 2: Betonbrücken – Bemessungs- und Konstruktionsregeln.
- [R20] DIN EN 1992-3/NA:2011-01: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton

- [R21] DIN EN 1992-3:2011-01: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton
- [R22] DIN EN 1993-1-2: 2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [R23] DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 – Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
- [R24] DIN EN 1993-1-5:2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile
- [R25] DIN EN 1993-1-8:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - und Spannbetontragwerken – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [R26] DIN EN 1995-1-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter
- [R27] DIN EN 1995-1-2:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [R28] DIN EN 1999-1-1/NA:2010-05: Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln
- [R29] DIN-Fachbericht 102:2009-03: Betonbrücken. Berlin, Beuth-Verlag.
- [R30] DS/EN 1991-1-3 DK NA:2015 2nd edition National Annex to Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads
- [R31] DS/EN 1992-2 DK NA:2015 (National Annex Denmark (DK))
- [R32] ELOT EN 1992-2:2006/NA (2010-11-15) (National Annex Greece (GR))
- [R33] EN 1992-2:2005/AN-LU:2011 (National Annex Luxembourg (LU))
- [R34] EN 1993-1-8 v.2.1 draft (2017-05-05), Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints
- [R35] EVS-EN 1992-2/NA:2008 (National Annex Estonia (EE))
- [R36] Finnish National Annex to the Standard SFS-EN 1992-2 (FI)
- [R37] HRN EN 1992-2:2013/NA:2013 (National Annex Croatia (HR))
- [R38] Irish National Annex NA to I.S. EN 1992-2:2005 (01/2010) (IE)
- [R39] ISO/DIS 4355: Bases for design of structures – determination of snow loads on roofs; Draft 2013
- [R40] IST EN 1992-2:2005/NA:2011 (National Annex Iceland (IS))
- [R41] LST EN 1992-2/NA (09/2011) (National Annex Lithuania (LT))
- [R42] National provisions of Hungary (JRC-Database (2016-03) (HU)
- [R43] National provisions of Poland (JRC-Database 2016-03) (PL)
- [R44] National provisions of Portugal (JRC-Database 2016-03) (PT)
- [R45] NBN EN 1992-2-ANB:2014 (National Annex Belgium (BE))
- [R46] NEN-EN 1992-2 + C2:2011/NB:2011 (National Annex Netherland (NL))
- [R47] NF EN 1992-2/NA Avril 2007 (National Annex France (FR))
- [R48] NS-EN 1992-2:2005/NA:2010 (National Annex Norway (NO))
- [R49] ÖNORM B 1992-2 2014-09-01 (National Annex Austria (AT))
- [R50] ÖNORM B 1995-1-2:2011-09: Nationale Festlegungen zu EN 1995-1-2, ON, Wien

- [R51] SIST EN 1992-2:2005/A101 (April 2011) (SI)
- [R52] SN EN 1992-2/NA:2014 (National Annex Switzerland (CH))
- [R53] SR EN 1992-2/NA (10/2009) (National Annex Romania (RO))
- [R54] STN EN 1992-2/NA (2006) (National Annex Slovakia (SK))
- [R55] Swedish National Board of Housing, Building and Planning ([www.boverket.se](http://www.boverket.se)): BFS 2011:10 EKS 8 Section D Chapter 2.2 (National Application rules in Sweden (SE))
- [R56] Swedish Transport Administration ([www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)): TRVFS 2011:12, kap. 22 (National Application rules in Sweden (SE))
- [R57] UIC 777-2R: UIC-Kodex „Überbauung von Bahnanlagen – Bautechnische Maßnahmen im Gleisbereich“. Internationaler Eisenbahnverband, 2. Ausgabe, 2002.
- [R58] UNI-EN 1992-2 Appendice Nazionale (24/09/2010) (National Annex Italy (IT))
- [R59] Uniform Building Code Volume 2 (1997); Appendix Chapter 16 Structural Forces; Division I Snow Load Design

### Weitere Literatur

- [1] Baravalle, M.; Mikoschek, M.; Colling, F.; Köhler, J.: Calibration of simplified safety formats for structural timber design. In: *Construction and Building Materials* 152 (2017), S. 1051-1058
- [2] Breinlinger, F.; Jäger, W.: Verbesserung der Praxistauglichkeit der Baunormen durch pränormative Arbeit – Teilantrag 1: Sicherheitskonzept und Einwirkungen. Forschungsbericht F 2957, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015, ISBN 978-3-8167-9542-1
- [3] CEB/FIP-Model Code 1990. Comité Euro-International du Béton, Bulletin d'Information Nr. 213/214, 1993
- [4] CEN/TC104/SC1 Discussion Paper: European experience with Performance Testing for Durability and the Specification of Durability by Performance and options for the next phase of development. 2017-04-20
- [5] Denton, St.; Angelino, M.: New formulation of STR-EQU-GEO Limit states verification, Draft 30-10-2014
- [6] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: „Jahresbericht 2016“, Berlin, 2017
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Gesamtheitliche Regelungen für die Bemessung und Konstruktion, Beton und Ausführung“ (Arbeitstitel), unveröffentlichter Entwurf
- [8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Mitteilung des DAfStb zur E DIN 1045-2:2014-08 vom 17. Dezember 2014. – In: [http://www.dafstb.de/akt\\_E\\_DIN\\_1045-2\\_2014-08.html](http://www.dafstb.de/akt_E_DIN_1045-2_2014-08.html). – Letzter Zugriff: 25. September 2017
- [9] Document Revision of EN 1990 Eurocode: Basis of Structural Design Second edition Preliminary Version of final draft after St Guilhem and London meetings
- [10] Eurocode 2 – Commentary. Ed.: The European Concrete Platform ASBL. June 2008. [www.ermco.eu](http://www.ermco.eu)
- [11] fib-Model Code 2010
- [12] Fingerloos, F. (Hrsg.): Überprüfung und Überarbeitung des Nationalen Anhangs (DE) für DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2) – Abschlussbericht des DIBt-Forschungsvorhabens ZP 52-5- 7.278.2-1317/09. Forschungsbericht T 3240/1, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2010, ISBN: 978-3-8167-8359-6

- [13] Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe, Technical Research Institute of Sweden, 2010
- [14] Flaig, M.; Blaß, H. J.: Commentary Design rules for LVL to Eurocode 5, Karlsruher Institut für Technologie in Zusammenarbeit mit Blaß & Eberhart GmbH, Karlsruhe, 2017 (unveröffentlicht)
- [15] Formichi, P.; Croce, P.: EQU and STR/GEO formulations, according to tables A1.2 (A) and A1.2 (B) of EN 1990. Powerpoint-Präsentation, University of Pisa.
- [16] Geißler, K. et al.: Verbesserung der Praxistauglichkeit der Baunormen durch pränormative Arbeit – Teilantrag 3: Stahlbau. Forschungsbericht F 2964, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015, ISBN 978-3-8167-9539-1
- [17] Geißler, K.; Bartzsch, M.: Forschungsbericht 2.2 – Vereinfachungsvorschläge zum EC3-1-5 – Vergleichsrechnungen. Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen PRB-Projektgruppe 3, Bericht PRB-PG3\_0152\_EC3-1-5\_2.2, Januar 2015
- [18] German experience with durability-related performance test methods and the specification of durability by performance. Answer of CEN-Member DIN (Germany), 07.09.2016
- [19] Graubner, C.-A. et. al.: Verbesserung der Eurocodes durch pränormative Forschung – Phase 2: Entwurfsphase zur Qualitätssicherung und -kontrolle der Eurocode-Entwürfe – Teilantrag Vorhaben B: Erweiterung des Anwendungsgebiets der vereinfachten Berechnungsmethoden nach EN 1996-3/NA. PG5 Mauerwerksbau, interner Forschungsbericht, Berlin 2017 (unveröffentlicht)
- [20] Graubner, C.-A.: Verbesserung der Praxistauglichkeit der Baunormen durch pränormative Arbeit – Teilantrag 5: Mauerwerksbau. Forschungsbericht F 2959, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2015, ISBN 978-3-8167-9581-0
- [21] Graubner, C.-A.; Förster, V.: Simplified design concept for slender masonry walls - Vereinfachter Stabilitätsnachweis knickgefährdeter Mauerwerkswände. In: Mauerwerk 19 (2015), Heft 6, S. 417-426
- [22] Heinemeyer, C. et al.: Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations. JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23984 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2009, ISBN 978-92-79-13387-9
- [23] Ignatiadis, A.; Fingerloos, F.; Hegger, J.; Teworte, F.: Auswertung der Europäischen Nationalen Anhänge zum Eurocode 2. In: Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014), Heft 12, S. 860-873
- [24] Ignatiadis, A.; Fingerloos, F.; Hegger, J.; Teworte, F.: Eurocode 2 – analysis of National Annexes. In: Structural Concrete 16 (2015), Heft 1, S. 3-16
- [25] Jäger, W. et. al.: Verbesserung der Eurocodes durch pränormative Forschung – Phase 2: Entwurfsphase zur Qualitätssicherung und -kontrolle der Eurocode-Entwürfe – Teilantrag Vorhaben C: Mindestauflast überwiegend biegebeanspruchter Wände. PG5 Mauerwerksbau, interner Forschungsbericht, Berlin 2017 (unveröffentlicht)
- [26] Meyer, M.; Fingerloos, F.; Schwabach, E.; Wiens, U.; Sievering, C.: Zuverlässigkeitsmanagement im Betonbau. – In: Forschungsbericht zum PRB-Forschungsvorhaben PRB-2.6 (2016)
- [27] Meyer, M.; Schwabach, E.; Sievering, C.: Ausführungsnormen für die Eurocode-Bauweisen – Schwerpunkt Betonbau. – In: Forschungsbericht zum PRB-Forschungsvorhaben PRB-2.3 (2016)
- [28] NA 005-08-16 AA N 1839: Classification of Review comments to EN 1993-1-1. (enthält 7 Unterdokumente), DIN-Normenausschuss, 14.07.2015 (unveröffentlicht)
- [29] NA 005-08-16 AA N 1889: Systematic Review with collated comments for EN 1993-1-8. CEN/TC250/SC3/WG8 N 39, DIN-Normenausschuss, 24.08.2015 (unveröffentlicht)

- [30] NA 005-08-16 AA N 1895: Annex to German Systematic Review, "Proposal for the general improvement of section 10 in EN 1993-1-5". DIN-Normenausschuss, 07.12.2015 (unveröffentlicht)
- [31] NA 005-08-16 AA N 1897: Systematic Review zu EN 1993-1-5, deutscher Beitrag, CEN/TC250/SC3 Dokument N 1315, DIN-Normenausschuss, 02.12.2015 (unveröffentlicht)
- [32] NA 005-51-01 AA N 0660: Deutsche Kommentare zum Entwurf der EN 1990 (Revision of EN 1990 – Preliminary version of second draft). DIN-Normenausschuss (unveröffentlicht)
- [33] NA 005-51-02 AA N 0895: Amendement A1 zur EN 1991-1-3. DIN-Normenausschuss (unveröffentlicht)
- [34] NA 005-51-02 AA N 0976: Basis for the 2012 Revision of Danish National Annexes to Eurocodes Regarding Snow Loads. DIN-Normenausschuss (unveröffentlicht)
- [35] Naumes, J.: Forschungsbericht 2.1 – Vereinfachungsvorschläge zum EC3-1-5 – Sensitivitätsanalysen. Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen PRB-Projektgruppe 3, Bericht PRB-PG3\_0151\_EC3-1-5\_2.1, Januar 2015
- [36] Naumes, J.: Forschungsbericht 2.3 – Vereinfachungsvorschläge zum EC3-1-5 – Erweiterte Sensitivitätsanalysen. Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen PRB-Projektgruppe 3, Bericht PRB-PG3\_0151\_EC3-1-5\_2.3, Februar 2015
- [37] Naumes, J.; Geißler, K.: Vereinfachtes Verfahren für den Beulnachweis plattenförmiger Bauteile. Darmstädter Massivbauseminar zum Thema „Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen“, Tagungsband, S. 29-44, 10.11.2016.
- [38] Österreichische Bautechnik Vereinigung (Hrsg.): Richtlinie „Qualitätssicherung für Beton von Ingenieurbauwerken“, Ausgabe November 2016
- [39] PG1 Forschungsbericht: Überprüfung der von PG1 erarbeiteten Vorschläge zu DIN EN 1991-1-3 Schneelasten. Dok.-Nr.: PRB-PG1\_0202, unveröffentlichter Forschungsbericht; V. Cornelius, Januar 2015
- [40] PG2\_0240 Collection\_of\_EN\_1992-2\_NDPs (2016-03).
- [41] PG2\_0241\_(WG1\_N0371) Analysis\_of\_NDPs\_in\_EN\_1992-2\_Bridges
- [42] PG2\_0312: Vergleich und Bewertung neuer europäischer Bemessungsmodelle für Durchstanzen im Betonbau. SUESS STALLER SCHMITT Ingenieure GmbH, Gräfelfing. 05.09.2017
- [43] PRB-prEN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau: 2015-10
- [44] PT1prEN 1992-1-1: Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules, rules for buildings, bridges and civil engineering structures: 2017-04
- [45] Schleifer, V.: Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall. Dissertation, ETH Zürich, 2009
- [46] SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH: Background information EN 1991-4:2006. German comments of systematic review. Report 11.07.2017 (unveröffentlicht)
- [47] Wichura, B.; Hoffmann, K.: Flächenhafte Analyse von Schneelastmesswerten in fünf Landkreisen und ihr Vergleich mit den Schneelastzonendaten der DIN 1055-5:2005 als Pilotuntersuchung für die Überarbeitung der Schneelastzonenkarte. Forschungsbericht T 3348, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2017, ISBN 978-3-7388-0062-3