



Goris  
Voigt  
Bender

# Stahlbetonbau-Praxis

Tragwerksplanung im Bestand

## Band 3

Werterhaltung

Entwicklung der Baukonstruktionen und Regelwerke

Schutz und Instandsetzung

Verstärkungen und Ertüchtigungen

Befestigungstechnik

## 3. Auflage

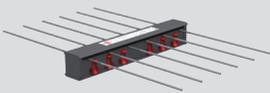
Bauwerk **BBB**  
Beuth

## Wir sind Leviat

Leviat, ein CRH-Unternehmen, ist Teil des weltweit führenden Baustoffunternehmens.



### UNSERE PRODUKTE FÜR DEN STAHLBETONBAU:



**HIT**  
Balkonanschlüsse



**HDB**  
Durchstanz- und  
Querkraftbewehrung



**HSC und HSC-B**  
Stahlbauanschlüsse



**MBT**  
Betonstahlkupplungen

The home of:

**Ancon**

  
**HALFEN**

 Follow us!



Leviat GmbH  
Liebigstraße 14 | 40764 Langenfeld

Verkaufsbüro Nürnberg  
Friggastraße 2 | 90461 Nürnberg

E. [info.de@leviat.com](mailto:info.de@leviat.com)  
[Leviat.com](http://Leviat.com)

**Imagine. Model. Make.**

**Stahlbetonbau-Praxis**  
**Tragwerksplanung im Bestand**

**Band 3**



**Prof. Dr.-Ing. Alfons Goris**  
**Dr.-Ing. Jana Voigt**  
**Prof. Dr.-Ing. Michél Bender**

# **Stahlbetonbau-Praxis**

## **Tragwerksplanung im Bestand**

### **Band 3**

**Werterhaltung**

**Entwicklung der Baukonstruktionen und Regelwerke**

**Schutz und Instandsetzung**

**Verstärkungen und Ertüchtigungen**

**Befestigungstechnik**

**3., überarbeitete und  
erweiterte Auflage**

**Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich**

## **Bauwerk**

© 2023 Beuth Verlag GmbH

**Berlin · Wien · Zürich**

Am DIN-Platz  
Burggrafenstraße 6  
10787 Berlin

Telefon: +49 30 588 857 00-00

Internet: [www.beuth.de](http://www.beuth.de)

E-Mail: [kundenservice@beuth.de](mailto:kundenservice@beuth.de)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Mit Ausnahme von Schäden, die aus Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit resultieren, haftet der Verlag nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Für Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit haftet der Verlag nach gesetzlichen Vorschriften. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Maßgebend für das Anwenden jeder in diesem Werk erläuterten oder zitierten Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum. Den aktuellen Stand zu jeder DIN-Norm können Sie im Webshop des Beuth Verlags unter [www.beuth.de](http://www.beuth.de) abfragen. Dort finden Sie insbesondere etwaige Berichtigungen und Warnvermerke, welche bei der Anwendung der jeweiligen Norm unbedingt zu beachten sind.

Druck und Bindung: Drukarnia Skleniarz, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706.

ISBN 978-3-410-31303-8

ISBN (E-Book) 978-3-410-31304-5

## Vorwort zur 3. Auflage

Die insgesamt dreibändige Ausgabe von Stahlbetonbau-Praxis befasst sich kompakt und übersichtlich mit der Bemessung und konstruktiven Durchbildung von Stahlbetontragwerken einschließlich der Tragwerksplanung im Bestand. Das bewährte Standardwerk wurde unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Technik umfassend überarbeitet und um praxisrelevante Themen erweitert.

Bei Neu- und Erweiterungsbauten sowie beim Bauen im Bestand kommen neben den Standardlösungen verstärkt neue Baustoffe und Bauweisen zur Anwendung. Insbesondere den Anforderungen beim Bauen im Bestand will der Band 3 von Stahlbetonbau-Praxis in der neuen Auflage im besonderen Maße gerecht werden.

Band 3 beinhaltet zunächst allgemein Themen der Werterhaltung, die durch Instandsetzungs- und ggf. durch Verbesserungsmaßnahmen bestimmt sein können. Wichtige Voraussetzung ist dabei, dass der entwerfende Ingenieur ausreichende Kenntnisse über historische Baukonstruktionen und ältere Regelwerke hat. Baumaßnahmen im Bestand sind verbunden mit Sanierungs-, Instandsetzungs-, Verstärkungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen. Seit 2021 ersetzt die TR „Instandhaltung“ weite Teile der DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“. Die konkrete Tragwerksplanung im Bestand beginnt mit der Zustandserfassung und der Nachrechnung der vorhandenen Konstruktionen, je nach Situation auch mit angepassten Sicherheitsbeiwerten. Auch experimentelle Verfahren, welche seit 2020 in einer Neufassung der Richtlinie „Belastungsversuche“ geregelt sind, werden in den letzten Jahrzehnten verstärkt eingesetzt.

Verstärkungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Das Verstärken mit Ortbetonergänzung oder mit Spritzbeton hat schon eine jahrzehntealte Tradition, entsprechende Regelwerke wurden fortlaufend angepasst. Zudem entwickelte sich das Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung immer mehr zur Regelbauweise. Wichtiges Hilfsmittel für die Tragwerksplanung ist dabei die im Jahre 2012 erschienene – und im Jahr 2020 berichtigte – DAfStb-Richtlinie „Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung“. Für das Verstärken mit Textilbeton (Carbonbeton) gibt es seit 2014 eine erste bauaufsichtliche Zulassung, welche im Jahr 2021 erneuert und erweitert wurde.

Abgerundet wird der Band 3 mit dem bereits in der 2. Auflage neu aufgenommenen Thema Befestigungstechnik, das insbesondere für Tragwerke im Bestand seine Bedeutung hat. Bedingt durch den 2019 erschienenen Teil 4 von DIN EN 1992-4 (Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton) wurde das Kapitel vollständig aktualisiert.

Um die Abstimmung zwischen Planung, Baustoffen und Bauausführung im Bauprozess zu optimieren und zu strukturieren, wurde aktuell ein neues Konzept der BetonBauQualitätsklassen (BBQ) erarbeitet. Das BBQ-Konzept sieht ein verbindliches Kommunikationsregime für komplexere Bauaufgaben vor. Im August 2023 sind DIN 1045-1000, DIN 1045-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3 und DIN 1045-4 sowie die Teile 40 und 41 unter dem allgemeinen Titel „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“ neu erschienen. Teil 1000 ist die neue Rahmennorm, die die BBQ-Zusammenhänge herstellt, Teil 1 enthält Festlegungen zu Planungsklassen, die Teile 2 und 3 beschreiben den Baustoff Beton und die Bauausführung und Teil 4 legt allgemeine Regelungen für Betonfertigteile fest. Im BBQ-Konzept werden in Ab-

hängigkeit von Planungsklassen (PK), Betonklassen (BK) und Ausführungsklassen (AK) *normale (N)*, *erhöhte (E)* und *speziell festzulegende (S)* Anforderungen an Kommunikation, Planung, Bauausführung und Baustoffe formuliert.

Für Tragwerke des ‚normalen‘ Hochbaus nach EC 2-1-1 gilt i. Allg. die Planungsklasse PK-N ohne besondere Anforderungen. Für Bauwerke/Bauteile, die empfindlich auf Abweichungen bestimmter Betoneigenschaften reagieren (z. B. Entwicklung der Zugfestigkeit) oder für besondere Bauteile (WU-Bauwerke, Bauteile aus Faser-/Carbonbeton) ist jedoch von Planungsklasse PK-E auszugehen (Fachgespräche im Zuge von Planung und Ausführung erforderlich).

Auf das BBQ-Konzept und die Anforderungen an die Koordination zwischen Planung und Bauausführung wird in diesem Buch nicht eingegangen, es wird auf die Normen verwiesen.

Den Lesern danken wir für die gute Annahme der 2. Auflage dieses Buches und für positive Anregungen zur Weiterentwicklung. Dem Beuth Verlag möchten wir für die stets gute und kooperative Zusammenarbeit danken.

Siegen, Halle (S.), Trier im August 2023

*Alfons Goris,  
Jana Voigt,  
Michél Bender*

## **Aus dem Vorwort zur 1. Auflage**

Die heutige Bauaufgabe verlagert sich zunehmend vom Neubau hin zum Bauen im Bestand. Die Erhaltung der vorhandenen Bausubstanz bzw. der Erhalt der Zuverlässigkeit setzt regelmäßige Kontrollen und Instandsetzungen voraus, da während der Nutzungsphase das ursprünglich vorhandene Zuverlässigkeitsniveau – bedingt z. B. durch Alterungsprozesse, veränderte Einwirkungen – sinkt. Während für Brücken schon lange Regelungen zur Bauwerksüberwachung existieren, sind erst in jüngster Zeit vergleichbare Vorgaben für den Hochbau veröffentlicht, die aus den Erfahrungen mit dem Brückenbau abgeleitet sind. Allerdings sind abweichende Anforderungen, vielfältigere Bauwerkstypen und Nutzerstrukturen sowie eine heterogene Eigentümerstruktur zu berücksichtigen. Ein wesentliches Instrument ist die Klassifizierung der Tragwerke in verschiedene Bauwerkstypen in Abhängigkeit von statisch-konstruktiven Gegebenheiten und möglichen Schadensfolgen. Die Prüfintensität wird dabei dem Gefährdungspotenzial angepasst.

Werterhaltung kann auch durch Instandsetzungs- und ggf. durch Verbesserungsmaßnahmen bestimmt sein. Der Umbau verlangt im Vergleich zum Neubau zusätzliche Überlegungen, wie z. B. die Bewertung des Tragverhaltens des bestehenden Bauwerks und die Wiederherstellung des Soll-Zustandes. Wichtige Voraussetzung ist dabei, dass der entwerfende Ingenieur ausreichende Kenntnis über historische Baukonstruktionen und ältere Regelwerke hat.

Mit diesen Themen ergeben sich für den praktisch tätigen Ingenieur neue Herausforderungen in der Bemessungs- und Konstruktionspraxis. An den Hochschulen müssen sich die Studierenden mit diesen Themen auseinandersetzen. Das vorliegende Buch soll hierzu eine Hilfe bieten.

Siegen, Dessau, im März 2016

*Alfons Goris,  
Jana Voigt*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Formelzeichen, Einheiten .....	1
1.2 Begriffe und Definitionen .....	3
<b>2 Werterhaltung</b> .....	4
2.1 Sicherheit und Wert von baulichen Anlagen .....	4
2.1.1 Lebenszyklus .....	4
2.1.2 Zuverlässigkeit .....	6
2.1.3 Wartung und Inspektion .....	7
2.1.4 Instandsetzung und Ertüchtigung .....	10
2.2 Bauwerksüberwachung .....	12
2.2.1 Eigentümerpflichten .....	12
2.2.2 Regelwerke zur Prüfung von Bauwerken .....	13
2.2.2.1 DIN 1076 .....	13
2.2.2.2 Merkblätter des Deutschen Betonvereins .....	14
2.2.2.3 Hinweise der ARGEBAU .....	16
2.2.2.4 VDI-Richtlinie 6200 .....	19
2.2.2.5 Weitere Richtlinien und Empfehlungen .....	21
2.3 Bewertung, Instandsetzung, Ertüchtigung (Überblick) .....	22
2.3.1 Bewertung der Tragsicherheit .....	22
2.3.2 Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonkonstruktionen .....	25
2.3.3 Verstärkung und Ertüchtigungsmaßnahmen .....	26
2.3.4 Brandschutztechnische Bewertung .....	28
2.4 Konsequenzen für die Neubauplanung .....	28
<b>3 Entwicklung der technischen Regelwerke und Baukonstruktionen im Stahlbetonbau</b> .....	29
3.1 Technische Regelwerke .....	29
3.1.1 Regelwerke von 1904 bis 1972 .....	29
3.1.2 Regelwerke von 1972 bis 2001 .....	31
3.2 Historische Konstruktionen .....	32
3.2.1 Deckensysteme .....	32
3.2.1.1 Linien- und punktförmig gestützte Vollplatten .....	33
3.2.1.2 Stahlsteindecken .....	37
3.2.1.3 Rippendecken .....	39
3.2.1.4 Balkendecken .....	41
3.2.2 Stützen .....	42
3.2.3 Fundamente .....	46

<b>4</b>	<b>Baustoffe und ihre Eigenschaften</b>	47
4.1	Beton	47
4.1.1	Entwicklung	47
4.1.2	Zuordnung charakteristischer Festigkeiten	50
4.2	Betonstahl	53
4.2.1	Entwicklung	53
4.2.2	Zuordnung der charakteristischen Werte (Streckgrenze $f_{yk}$ )	54
4.3	Ermittlung der Materialeigenschaften aus einer Bauzustandsanalyse	56
4.3.1	Feststellung des Ist-Zustandes	56
4.3.2	Beton	57
4.3.3	Betonstahl	59
<b>5</b>	<b>Regelungen für den Stahlbetonbau (seit 1904)</b>	60
5.1	Grundlagen	60
5.2	Regelungen bis 1972	61
5.2.1	Konzept	61
5.2.2	Biegung und Längskraft	61
5.2.2.1	Bemessungsgrundlagen	61
5.2.2.2	Bemessungstafeln mit dimensionslosen Beiwerten (Pucher)	66
5.2.2.3	Besonderheiten bei Plattenbalken	70
5.2.3	Querkraft	72
5.2.3.1	Modell und zulässige Spannungen	72
5.2.3.2	Grundwerte und Grenzwerte der Schubspannung	73
5.2.3.3	Bemessung der Schubbewehrung	73
5.2.4	Druckglieder	77
5.2.5	Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit	80
5.2.5.1	Spannungs- und Rissbreitenbegrenzung	80
5.2.5.2	Durchbiegungsbegrenzung	80
5.2.5.3	Betondeckung der Bewehrung	81
5.3	Regelungen von 1972 bis 2001	82
5.3.1	Konzept	82
5.3.2	Biegung und Längskraft	82
5.3.3	Schubbemessung	83
5.3.4	Druckglieder	86
5.3.5	Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit	87
5.3.5.1	Spannungs- und Rissbreitenbegrenzung	87
5.3.5.2	Durchbiegungsbegrenzung	87
5.3.5.3	Betondeckung der Bewehrung	88
5.4	Regelungen ab 2001	89
5.5	Normenkonzepte im Vergleich	90
5.5.1	Sicherheiten bzw. Sicherheitsabstände	90

---

5.5.2	Zeitraum bis 1972	92
5.5.3	Zeitraum von 1972 bis 2001	96
5.5.3.1	Verfahren zur Schnittgrößenermittlung	96
5.5.3.2	Platten- und plattenartige Bauteile	97
5.5.3.3	Balkenartige Bauteile	104
5.5.3.4	Stützen und Wände	105
5.5.4	Schlussbetrachtung	106
<b>6</b>	<b>Schutz und Instandsetzung</b>	<b>107</b>
6.1	Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen	107
6.1.1	Bewehrungskorrosion	107
6.1.2	Betonangriff	108
6.1.3	Konsequenzen für die Tragwerksplanung	109
6.1.3.1	Expositionsclassen und Mindestbetonfestigkeiten	109
6.1.3.2	Mindestmaße $c_{\min}$ und Nennmaße $c_{\text{nom}}$ der Betondeckung	110
6.1.3.3	Expositionsclassen bei Bestandsbauwerken	110
6.2	Bauwerksdiagnose	112
6.3	Instandsetzungsplanung und -durchführung	115
6.3.1	Grundsätzliches	115
6.3.2	Instandsetzungsprinzipien	116
6.3.2.1	Instandsetzungsprinzipien nach TR IH	116
6.3.2.2	Instandsetzungsprinzipien bei Bewehrungskorrosion nach TR IH	117
6.3.3	Untergrundvorbehandlung	120
6.3.4	Füllen von Rissen und Hohlräumen	121
6.3.5	Instandsetzungsmörtel, Oberflächenschutzsysteme	122
6.4	Beispiel	122
<b>7</b>	<b>Tragwerksplanung im Bestand</b>	<b>124</b>
7.1	Zustandserfassung	124
7.1.1	Bestandsaufnahme	124
7.1.2	Kennwerte des Betons	125
7.1.3	Kennwerte des Betonstahls	129
7.2	Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit bei Bestandsbauwerken	130
7.2.1	Allgemeines	130
7.2.2	Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte	131
7.2.2.1	Grundsätzliches und allgemeine Voraussetzungen	131
7.2.2.2	Angepasste Teilsicherheitsbeiwerte nach [DBV – 2013]	131
7.2.3	Ausführliches Anwendungsbeispiel	134
7.2.4	Erweiterte Verfahren der Schnittgrößenermittlung	146
7.3	Experimentelle Methoden	147

<b>8</b>	<b>Verstärken von Stahlbetonkonstruktionen</b>	154
8.1	Grundsätzliches	154
8.2	Querschnittsergänzung mit Beton	155
8.2.1	Querschnittsergänzung mit Normalbeton	155
8.2.2	Querschnittsergänzung mit Spritzbeton und Bewehrung	159
8.3	Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung	167
8.3.1	Grundsätzliche Möglichkeiten und Ausführung	167
8.3.2	Regelungen für Klebeverstärkungen	168
8.3.3	Grundlagen der Bemessung nach [DAfStb-Ri – 2012]	169
8.3.3.1	Materialkennwerte	170
8.3.3.2	Schnittgrößenermittlung	170
8.3.3.3	Nachweis der Biegetragfähigkeit	170
8.3.3.4	Nachweis des Verbundes	172
8.3.3.5	Querkraftnachweis	173
8.3.3.6	Endverbügelung zur Verhinderung eines Versatzbruchs	174
8.3.3.7	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	175
8.3.3.8	Konstruktionsregeln	175
8.3.4	Besonderheiten bei eingeschlitzten CFK-Lamellen	175
8.3.5	Ermüdungsnachweise, Brandschutz	178
8.3.6	Beispiel 1: Verstärkung einer einfeldrigen Platte	179
8.3.6.1	Ausgangssituation	179
8.3.6.2	Nutzungsänderung und Ertüchtigung	181
8.3.6.3	Nachweis mit EDV-Programm	184
8.3.7	Beispiel 2: Verstärkung eines Plattenbalkens	186
8.4	Verstärken mit Textilbeton (Carbonbeton)	189
8.4.1	Grundsätzliches	189
8.4.2	Tragverhalten und Bemessung der Biegezugzone	192
8.4.2.1	Materialkennwerte	192
8.4.2.2	Bemessungsverfahren	194
8.4.3	Schubkraftübertragung in der Verbundfuge	198
8.4.4	Endverankerungsnachweise	198
8.4.4.1	Endverankerung der vorhandenen Betonstahlbewehrung	198
8.4.4.2	Verankerung der textilen Bewehrung	198
8.4.5	Beispiel: Verstärkung einer zweifeldrigen Platte	200
8.4.5.1	Lasten und Schnittgrößenermittlung	200
8.4.5.2	Biegebemessung für den Alt-Zustand	200
8.4.5.3	Biegebemessung im Feld für den verstärkten Zustand (nach Umnutzung)	201
8.4.5.4	Querkrafttragfähigkeit	203
8.4.5.5	Schubkraftübertragung in der Verbundfuge	203
8.4.5.6	Endverankerungsnachweise	203
8.4.5.7	Weitere Nachweise	204

---

<b>9</b>	<b>Nachträgliche Befestigung im Beton</b>	205
9.1	Allgemeines	205
9.2	Technisches Regelwerk	207
9.3	Arten von Befestigungsmitteln im konstruktiven Ingenieurbau	211
9.4	Bemessung von Befestigungsmitteln	214
9.4.1	Grundlagen der Bemessung	214
9.4.1.1	Allgemeines	214
9.4.1.2	Voraussetzungen	215
9.4.1.3	Erforderliche Nachweise und Teilsicherheitsbeiwerte	216
9.4.2	Versagen unter Zug- und Querbeanspruchung	219
9.4.3	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	221
9.4.3.1	Zuglast	222
9.4.3.2	Querlast	231
9.4.3.3	Interaktion von Zug- und Querlast	238
9.4.4	Erforderliche Angaben der Produktspezifikation (Auszug)	240
9.5	Beispiel	241
9.6	Nachweis der Betonbauteile mit Befestigungen	242
<b>10</b>	<b>Normen- und Literaturverzeichnis</b>	245
<b>11</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b>	257

## Anhänge

### Vorbemerkung

<b>Anhang A: Baustoffe nach DIN 1045 (07/88)</b> .....	A.1
<b>A.1 Betonausgangsstoffe</b> .....	A.1
A.1.1 Zement .....	A.1
A.1.2 Betonzuschlag .....	A.2
A.1.3 Zugabewasser .....	A.5
A.1.4 Betonzusatzmittel .....	A.5
A.1.5 Betonzusatzstoffe .....	A.5
<b>A.2 Beton nach DIN 1045 (07/88)</b> .....	A.6
A.2.1 Festigkeitsklassen .....	A.6
A.2.2 Konsistenz .....	A.6
A.2.3 Anforderungen an die Betonzusammensetzung .....	A.6
A.2.3.1 Zuschlaggemisch .....	A.7
A.2.3.2 Mehlkorn und Feinstsand .....	A.7
A.2.3.3 Beton B I ohne Eignungsprüfung .....	A.7
A.2.3.4 Beton B I mit Eignungsprüfung und Beton B II .....	A.8
A.2.3.5 Beton mit besonderen Eigenschaften .....	A.9
A.2.4 Bauausführung .....	A.10
A.2.4.1 Nachbehandlung und Schutz des Betons .....	A.10
A.2.4.2 Ausschulfristen .....	A.10
<b>A.3 Betonstahl</b> .....	A.11
<b>Anhang B: Bemessung und Konstruktion nach DIN 1045 (07/88)</b> .....	B.1
<b>B.1 Bemessungskonzept nach DIN 1045 (07/88)</b> .....	B.1
B.1.1 Grundlagen .....	B.1
B.1.2 Darstellung des Bemessungskonzepts an Beispielen .....	B.1
<b>B.2 Bemessungsgrundlagen</b> .....	B.4
B.2.1 Begriffe .....	B.4
B.2.2 Ausgangswerte für die Bemessung .....	B.4
B.2.2.1 Beton .....	B.4
B.2.2.2 Betonstahl .....	B.5
<b>B.3 Modellbildung und Schnittgrößenermittlung</b> .....	B.6
B.3.1 Modellbildung .....	B.6
B.3.1.1 Stützweiten und Auflagertiefen .....	B.6
B.3.1.2 Definition, Vereinfachungen .....	B.6
B.3.1.3 Mitwirkende Plattenbreite .....	B.6
B.3.2 Schnittgrößenermittlung .....	B.7
B.3.2.1 Voraussetzungen und Vereinfachungen .....	B.7
B.3.2.2 Biegemomente in durchlaufenden Platten und Balken .....	B.8

---

B.3.3	Maßabweichungen des Systems	B.9
B.3.4	Räumliche Steifigkeit und Stabilität	B.10
<b>B.4</b>	<b>Bemessung</b>	<b>B.11</b>
B.4.1	Bemessung für Biegung und Längskraft	B.11
B.4.1.1	Rechnerischer Bruchzustand	B.11
B.4.1.2	Gebrauchszustand	B.14
B.4.2	Bemessung für Querkraft	B.17
B.4.2.1	Nachweisform	B.17
B.4.2.2	Bauteile ohne Schubbewehrung	B.18
B.4.2.3	Bauteile mit Schubbewehrung	B.18
B.4.2.4	Auflagnahe Einzellasten	B.19
B.4.2.5	Anschluss von Druck- und Zuggurten	B.20
B.4.2.6	Schubfugen	B.21
B.4.3	Bemessung für Torsion	B.21
B.4.4	Durchstanzen	B.22
B.4.5	Nachweis der Knicksicherheit	B.24
B.4.5.1	Knicklänge	B.24
B.4.5.2	Kriterien für den Nachweis der Knicksicherheit nach DIN 1045	B.25
B.4.5.3	Weitere Regelungen, Sonderfragen	B.26
B.4.6	Unbewehrte Betondruckglieder	B.27
<b>B.5</b>	<b>Grundlagen der Bewehrungsführung</b>	<b>B.28</b>
B.5.1	Betondeckung $c$ und Stababstände	B.28
B.5.2	Betonstahl	B.29
B.5.2.1	Krümmungen	B.29
B.5.2.2	Verbundspannungen zur $\tau_1$ und Grundmaß der Verankerungslänge $l_0$	B.29
B.5.2.3	Verankerungen	B.30
B.5.2.4	Übergreifungsstöße von Bewehrungsstäben	B.31
B.5.2.5	Verankerungen von Bügeln und Schubbewehrung	B.33
B.5.2.6	Übergreifungsstöße von Betonstahlmatten aus Rippenstähle	B.33
<b>B.6</b>	<b>Konstruktive Durchbildung der Bauteile</b>	<b>B.35</b>
B.6.1	Mindestabmessungen	B.35
B.6.2	Bewehrung der Bauteile	B.36
B.6.2.1	Vollplatten	B.36
B.6.2.2	Balken, Plattenbalken	B.37
B.6.2.3	Stützen, Wände	B.39
B.6.2.4	Fundamente	B.40
B.6.2.5	Konsolen, wandartige Träger	B.42
B.6.2.6	Andere Bauteile und besondere Bestimmungen	B.42

<b>B.7 Bemessungs- und Konstruktionstabeln</b> .....	B.43
B.7.1 Bemessungstabeln .....	B.43
$k_h$ -Tabeln .....	B.43
Plattenbemessung .....	B.45
Mittige Längsdruckkraft .....	B.46
<i>n-m</i> -Diagramm .....	B.47
B.7.2 Konstruktionstabeln .....	B.48
B.7.2.1 Betonstabstahl .....	B.48
B.7.2.2 Betonstahlmatten BSt 500 M .....	B.51
<b>B.8 Literatur zu Anhang B</b> .....	B.53
<b>Anhang C: Angewandte Statistik</b> .....	C.1
<b>C.1 Prinzip der statistischen Auswertung</b> .....	C.1
<b>C.2 Streuung von Prüfergebnissen</b> .....	C.1
<b>C.3 Kenngrößen einer Stichprobe</b> .....	C.2
<b>C.4 Kennwerte für die Normalverteilung</b> .....	C.5
<b>C.5 Prüfplan, Operationscharakteristik, Konformität</b> .....	C.6

# 1 Einführung

## 1.1 Formelzeichen, Einheiten

Formelzeichen und Einheiten sind in den letzten Jahren internationalisiert worden. In neueren Normen (insbes. in den Eurocodes) finden sich daher überwiegend die Formelzeichen nach ISO 3898:2013. In älteren nationalen Normen dagegen nach DIN 1080:1976 (zwischenzeitlich zurückgezogen). Die nachfolgende Tafel gibt einen Überblick (weitere Formelzeichen werden in den einzelnen Kapiteln erläutert).

### Formelzeichen

Formelzeichen ISO 3898	Bedeutung		Formelzeichen DIN 1080
<b><i>Lateinische Großbuchstaben</i></b>			
<i>A</i>	Fläche	area	<i>A</i>
<i>E</i>	Elastizitätsmodul	modulus of elasticity	<i>E</i>
<i>F</i>	Kraft (Last, Schnittkraft)	action, force	<i>F</i>
<i>G</i>	Eigenlast	permanent action	<i>G</i>
<i>G</i>	Schubmodul	shear modulus	<i>G</i>
<i>I</i>	Flächenmoment 2. Grades	2. moment of a plane area	<i>I</i>
<i>L</i>	Stützweite	span	<i>L</i>
<i>M</i>	Biegemoment	bending moment	<i>M</i>
<i>N</i>	Längskraft	axial force	<i>N</i>
<b><i>P</i></b>	<b>Vorspannkraft</b>	<b>prestressing force</b>	<b><i>V</i></b>
<b><i>Q</i></b>	<b>Verkehrslast</b>	<b>variable action</b>	<b><i>P</i></b>
<i>R</i>	resultierende Kraft	resultant force	<i>R</i>
<i>S</i>	Flächenmoment 1. Grades	1. moment of a plane area	<i>S</i>
<b><i>T</i></b>	<b>Torsionsmoment</b>	<b>torsional moment</b>	<b><i>M<sub>T</sub></i></b>
<b><i>V</i></b>	<b>Querkraft</b>	<b>shear force</b>	<b><i>Q</i></b>
<i>V</i>	Volumen	volume	<i>V</i>
<b><i>Lateinische Kleinbuchstaben</i></b>			
<i>a</i>	Abstand	distance	<i>a</i>
<i>b</i>	Breite	width	<i>b</i>
<i>c</i>	Betondeckung	concrete cover	<i>ü</i>
<b><i>d</i></b>	<b>Nutzhöhe</b>	<b>effective depth</b>	<b><i>h</i></b>
<b><i>f</i></b>	<b>Festigkeit eines Materials</b>	<b>strength of a material</b>	<b><i>β</i></b>
<i>g</i>	Eigenlast je Länge oder Fläche	distributed permanent action	<i>g</i>
<b><i>h</i></b>	<b>Querschnittshöhe</b>	<b>overall depth</b>	<b><i>d</i></b>
<i>i</i>	Trägheitsradius	radius of gyration	<i>i</i>
<i>l</i>	Stützweite	span	<i>l</i>
<b><i>q</i></b>	<b>Verkehrslast je Einheit</b>	<b>distributed variable load</b>	<b><i>p</i></b>
<i>r</i>	Radius	radius	<i>r</i>
<i>t</i>	Dicke	thickness	<i>t</i>
<i>x</i>	Druckzonenhöhe	neutral axis depth	<i>x</i>
<i>z</i>	Hebelarm der inneren Kräfte	lever arm of internal force	<i>z</i>

**Formelzeichen (Fortsetzung)**

Formelzeichen ISO 3898	Bedeutung		Formelzeichen DIN 1080
<b>Griechische Buchstaben</b>			
$\gamma$	(Teil-)Sicherheitsbeiwert	partial safety factor	$\gamma$
$\varepsilon$	Dehnung	strain	$\varepsilon$
$\lambda$	Schlankheitsgrad	slenderness ratio	$\lambda$
$\mu$	bezogenes Biegemoment	reduced bending moment	$m$
$\nu$	bezogene Längskraft	reduced axial force	$n$
$\rho$	Dichte (Masse je Volumen)	density	$\rho$
$\rho$	geometr. Bewehrungsgrad	geom. reinforcement ratio	$\mu$
$\sigma$	Längsspannung	axial stress	
$\tau$	Schubspannung	shear stress	
$\omega$	mechan. Bewehrungsgrad	mech. reinforcement ratio	
<b>Fußzeiger</b>			
b	Verbund	bond	
c	Beton; Druck	concrete; compression	b, d
eff	effektiv, mittragend	effective	m
g, G	ständig	permanent	g, G
p, P	Vorspannung	prestressing force	v, V
q, Q	veränderliche Einwirkung	variable action	p, P
s	Betonstahl	reinforcing steel	s
t	Zug	tension	z
y	Fließ-, Streckgrenze	yield	s
<b>Zusammengesetzte Formelzeichen</b>			
$A_c$	Gesamtfläche des Betonquerschnitts		$A_b$
$d_s = \emptyset$	Stabdurchmesser der Bewehrung		$d_s$
$E_{cm}$	mittlerer Elastizitätsmodul für Normalbeton		$E_b$
$f_{ck}$	charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit		$\beta_R$
$f_{ct}$	Zugfestigkeit des Betons		
$f_{yk}$	charakteristischer Wert der Stahlstreckgrenze		$\beta_s$
$M_{Ed}$	Bemessungsmoment		$M$
$M_{Eds}$	auf die Zugbewehrung bezogenes Bemessungsmoment		$M_s$
$N_{Ed}$	einwirkende Bemessungslängskraft		$N$
$T_{Ed}$	einwirkendes, aufnehmbares Torsionsmoment		$M_T$
$V_{Ed}$	einwirkende, aufnehmbare Bemessungsquerkraft		$Q$
$\mu_{Ed}$	bezogenes Bemessungsmoment		$m$
$\mu_{Eds}$	wie vorher, auf die Zugbewehrung bezogen		$m_s$
$\nu_{Ed}$	bezogene Bemessungslängskraft		$n$
$\sigma_c$	Spannung im Beton		$\sigma_b$
$\sigma_s$	Spannung im Stahl		$\sigma_s$

## 1.2 Begriffe und Definitionen

Begriff	Beschreibung	Beispiele
<i>Instandhaltung</i>	Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der vollen Gebrauchstauglichkeit bzw. des ursprünglichen Zustandes. Dazu zählen: Wartung, Konservierung, Reinigung, Erneuerung von Verschleißteilen etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erneuerung von Korrosionsschutzanstrichen</li> <li>– Überprüfung und ggf. Reparatur von Abdichtungs- und Entwässerungsmaßnahmen</li> </ul>
<i>Instandsetzung und Reparatur</i>	Wiederherstellung der vollen Gebrauchstauglichkeit bzw. des ursprünglichen Zustandes entsprechend den ursprünglichen oder den aktuell anerkannten Regeln der Technik. Dazu zählen insbesondere der Austausch und die Reparatur schadhafter Bauteile.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erneuerung der schadhafte bzw. karbonisierten Betondeckung</li> <li>– Füllen von Rissen und Hohlräumen</li> </ul>
<i>Modernisierung</i>	Anpassung von Baukonstruktionen und technischen Einrichtungen an neue Nutzerstandards und/oder neue gesetzliche Anforderungen. Dazu zählen u. a. Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes und zur Verringerung des Energieverbrauches.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erneuerung einer Klima-/ Heizungsanlage</li> <li>– Anbringung von zusätzlichen verbesserten Wärmedämmsystemen</li> <li>– Erneuerung von Fenstern mit Schallschutzeigenschaften</li> </ul>
<i>Ertüchtigung</i>	Verbesserung der Eigenschaften von Bauteilen über den ursprünglichen Zustand hinaus. Dazu zählen die Erhöhung der Tragfähigkeit oder der Feuerwiderstandsdauer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung der Tragfähigkeit einer Stahlbetondecke mit aufgeklebten Kohlefaserlamellen</li> <li>– Bekleidung einer Rippendecke mit Brandschutzplatten</li> </ul>
<i>Bestandsschutz</i>	Ein Bauwerk, das bei Errichtung mit dem geltenden Recht in Einklang stand, darf in seiner Funktion erhalten und genutzt werden, auch wenn es ganz oder teilw. nicht dem aktuell geltenden Recht entspricht. Eine Instandsetzung abweichend von geltenden Baubestimmungen ist zulässig. Das Bauwerk muss zu jedem Zeitpunkt ausreichend standsicher sein. Der Bestandsschutz erlischt bei Nutzungsänderung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ein Gebäude wurde mit drei Vollgeschossen errichtet, bevor ein Bebauungsplan aufgestellt wurde, der nur zwei Vollgeschosse zulässt.</li> <li>– Eine Änderung einer Bemessungsnorm</li> </ul>
<i>Mischungsverbot</i>	Aktuell geltende Normen dürfen nicht mit früher geltenden Normen kombiniert werden. Ausnahmen sind möglich, wenn einzelne Bauteile innerhalb des Tragwerks Teiltragwerke bilden.	

## 2 Werterhaltung

(vgl. [Goris/Voigt – 2009])

Die Erhaltung der vorhandenen Bausubstanz setzt regelmäßige Kontrollen und Instandsetzungen voraus. Während der Nutzungsphase sinkt das ursprünglich vorhandene Zuverlässigkeitsniveau infolge von Einwirkungen und Alterungsprozessen. Mängel müssen frühzeitig erkannt werden, eine regelmäßige Bauwerksüberwachung ist daher besonders bedeutsam. Ein wesentliches Instrument ist die Klassifizierung der Tragwerke in verschiedene Bauwerkstypen in Abhängigkeit von statisch-konstruktiven Gegebenheiten und möglichen Schadensfolgen. Die Prüfintensität wird dabei dem Gefährdungspotenzial angepasst.

Die notwendigen werterhaltenden Maßnahmen während der Nutzung sollten bereits bei der Planung neuer Bauwerke berücksichtigt werden. Die Bauwerkserhaltung wird zudem durch Instandsetzungs- und ggf. durch Verbesserungs- bzw. Ertüchtigungsmaßnahmen bestimmt. Der Umbau verlangt im Vergleich zum Neubau zusätzliche Überlegungen, die Bewertung des Tragverhaltens des bestehenden Bauwerks und die Wiederherstellung des Soll-Zustandes.

Nachfolgend werden zunächst wesentliche Aspekte der Werterhaltung zusammengestellt. Detaillierte Erläuterungen folgen in den weiteren Kapiteln.

### 2.1 Sicherheit und Wert baulicher Anlagen

#### 2.1.1 Lebenszyklus

Der Wert einer baulichen Anlage ist über den gesamten Lebenszyklus zu definieren. Dieser umfasst Planung, Bau, Nutzung, Umbau, geänderte Nutzung, Außerbetriebnahme und Rückbau. Mit dem Ziel, die Substanz während der gesamten geplanten Nutzungsdauer in einem optimalen Zustand zu erhalten, wird gleichzeitig die Minimierung der zugehörigen Kosten verfolgt (Lebenszyklusmanagement). Kosten-Nutzen-Analysen über alle Lebenszyklusphasen befassen sich daher mit der Erfassung aller für die Herstellung, Nutzung und ggf. den Um- bzw. Rückbau anfallenden Aufwendungen [Müller/Vogel – 2008].

Im Sinne dieses Optimierungszieles kann auch die Erhaltung des Wertes den einzelnen Phasen zugeordnet werden, in denen jeweils unterschiedliche Erhaltungsmaßnahmen zu verfolgen sind. Die Erhaltungsaufgabe ist hierbei nicht im Sinne des immobilienwirtschaftlichen Wertverständnisses zu sehen, sondern als Zuverlässigkeit der Konstruktion im Hinblick auf Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit. Definiert man *Walterhaltung* als Instandhaltung im Sinne von DIN 31051:2019, so sind damit alle über den Lebenszyklus eines Bauwerks bzw. -teils erforderlichen Maßnahmen zum Erhalt eines funktionsfähigen Zustandes bzw. die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit gemeint.

Die Gesamtaufgabe lässt sich in folgende Teilbereiche gliedern:

- Wartung und Inspektion,
- Instandsetzung und Verbesserung.

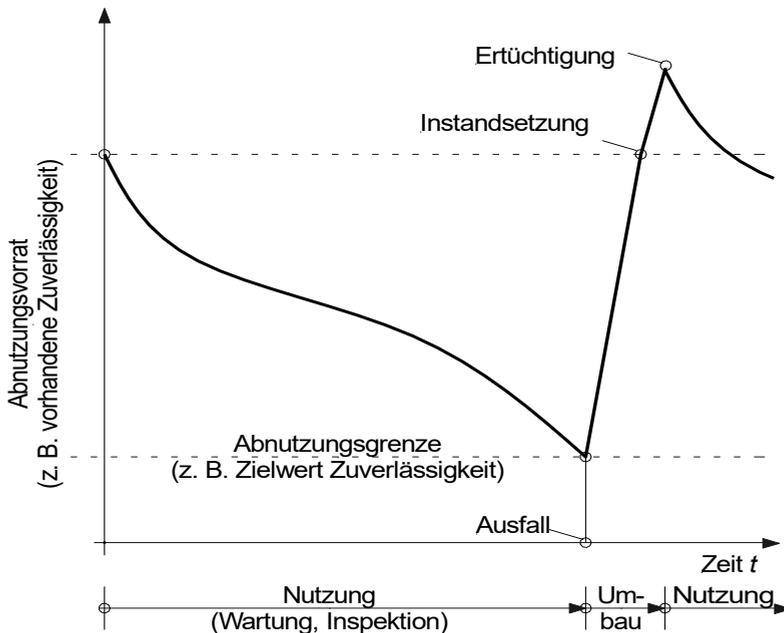
Eine Zuordnung dieser Teilaufgaben zu den Lebenszyklusphasen Nutzung und Umbau ist in Tafel 2.1 wiedergegeben.

**Tafel 2.1 Instandhaltung im Lebenszyklus eines Bauwerks**

nach DIN 31051:2019, s. a. [DBV – 2007]

Phase	Instandhaltungsaspekt	
Nutzung	Wartung	Präventive Maßnahmen, welche die Verringerung von Nutzungssicherheit und Gebrauchstauglichkeit verzögern
	Inspektion	Maßnahmen zur <ul style="list-style-type: none"> <li>– Feststellung und Bewertung des aktuellen Bauwerkszustandes</li> <li>– Bestimmung von Ursachen für Mängel und Schäden</li> <li>– Ableitung notwendiger Maßnahmen für die künftige Nutzung</li> </ul>
Umbau	Instandsetzung	Maßnahmen zum Wiederherstellen der Funktionsfähigkeit (ausgenommen Verbesserungen)
	Verbesserung ( <i>Ertüchtigung</i> )*	Maßnahmen zum Erhöhen der Funktionsfähigkeit (ohne Änderung der Funktion)

\*<sup>o</sup>) Im Bauwesen üblicher Begriff; unter „Ertüchtigung“ versteht man Maßnahmen am Bauwerk oder an Bauteilen mit Verbesserung der Eigenschaften über den Ursprungszustand hinaus. Hierzu gehören z. B. Vergrößerungen der Tragfähigkeit, der Feuerwiderstandsdauer, der Dauerhaftigkeit oder die Verbesserung von Gebrauchseigenschaften usw.

**Abb. 2.1** Abbau und Wiederherstellung bzw. Verbesserung des Ausgangszustandes (Abbaukurve nach DIN 31051:2019)

### 2.1.2 Zuverlässigkeit

Gemäß DIN EN 1990:2021 wird mit Zuverlässigkeit die Fähigkeit eines Tragwerks oder Bauteils bezeichnet, festgelegte Anforderungen über eine geplante Nutzungszeit zu erfüllen. Die Anforderungen werden mit Grenzzuständen beschrieben, deren Überschreiten das Versagen der Konstruktion kennzeichnet. DIN EN 1990:2021 definiert Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, die während der geplanten Lebensdauer nicht überschritten werden dürfen.

Es existiert eine messbare Größe, mit der der Zustand eines Systems unter Definition konkreter Randbedingungen für eine bestimmte Zeitspanne negativ vom Gefahrenbereich abgegrenzt wird. Die Zuverlässigkeit einer Konstruktion wird mit Wahrscheinlichkeitsgrößen ausgedrückt, denen stets ein Bezugszeitraum zugrunde liegt. Hierüber wird ein nicht messbarer, subjektiver Sicherheitsbegriff objektiviert. In Bezug auf Bauwerke umschreibt der Begriff Sicherheit qualitativ einen Zustand, bei dem eine möglichst geringe Gefahr für Mensch und Güter besteht.

Als Risiko wird der Erwartungswert möglicher Schadensfolgen bezeichnet. Ein konkretes Maß für die Gefährdung ergibt sich aus dem Produkt der Versagenswahrscheinlichkeit mit dem Schadensausmaß [Klingmüller/Bourgund – 1992]. Bewertungen des Risikos und möglicher Schadensfolgen sind Bestandteil einer zweckmäßigen Erhaltungsplanung. Derartige Bewertungen liegen qualitativ den Empfehlungen und Richtlinien für eine kontinuierliche Überprüfung bestehender Gebäude zugrunde (Abstimmung der Prüffintensität auf mögliche Schadensfolgen).

Die Zuverlässigkeit eines Tragwerks lässt sich nach DIN EN 1990:2021 quantitativ über den Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  ausdrücken. Der Zuverlässigkeitsindex ist ein äquivalenter Ausdruck für eine bestimmte Versagenswahrscheinlichkeit. Der Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  und Versagenswahrscheinlichkeit  $p_f$  ergibt sich auf Basis der Standardnormalverteilung

$$p_f = \Phi(-\beta) \quad (2.1)$$

Ein konkretes Zuverlässigkeitsniveau drückt also eine bestimmte (akzeptierte) Versagenswahrscheinlichkeit bezogen auf einen definierten Zeitraum aus. Der Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeit und Versagenswahrscheinlichkeit ist in Tafel 2.2 für verschiedene Bezugszeiträume dargestellt.

**Tafel 2.2 Zuverlässigkeitsindex und Versagenswahrscheinlichkeit**

$p_{f,1\text{Jahr}}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$
$\beta_{1\text{Jahr}}$	2,326	3,090	3,719	4,265	4,753	5,199	5,612	5,998	6,361
$\beta_{50\text{Jahre}}$	0,000	1,645	2,576	3,291	3,891	4,417	4,892	5,327	5,731

Die Bemessung zielt auf die Einstellung eines bestimmten Zuverlässigkeitsniveaus. Beim semiprobabilistischen Sicherheitskonzept erfolgt die Differenzierung über die Teilsicherheitsbeiwerte. Für die Bewertung bestehender Gebäude kann eine weitergehende Differenzierung sinnvoll sein. Hierzu geben zunächst die vom Eurocode definierten Schadensfolge- und Zuverlässigkeitsklassen Hinweise. Die Klassifizierung nach möglichen Schadensfolgen dient der Bewertung der Auswirkungen eines Tragwerksversagens. Gekoppelt mit den Zuverlässigkeitsklassen, in denen indirekt die Ausfallwahrscheinlichkeit der Konstruktion ausgedrückt wird, lassen sich Aussagen über ein mögliches Risiko treffen; s. Tafeln 2.3 und 2.4.

**Tafel 2.3 Schadensfolgeklassen** (aus DIN EN 1990:2021)

Schadensfolgekategorie	Merkmale	Beispiele im Hochbau oder bei sonstigen Ingenieurbauwerken
CC 3	<b>Hohe Folgen</b> für Menschenleben oder sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Tribünen, öffentliche Gebäude mit hohen Versagensfolgen (z. B. eine Konzerthalle)
CC 2	<b>Mittlere Folgen</b> für Menschenleben, beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen
CC 1	<b>Niedrige Folgen</b> für Menschenleben und kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen	Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser)

**Tafel 2.4 Zuverlässigkeitsklassen und Zuverlässigkeitsniveau** (aus DIN EN 1990:2021)

Zuverlässigkeitsklasse	Mindestwert für $\beta$	
	Bezugszeitraum 1 Jahr	Bezugszeitraum 50 Jahre
RC 3	5,2	4,3
RC 2	4,7	3,8
RC 1	4,2	3,3

Aus der Berücksichtigung möglicher Schadensfolgen lässt sich ein optimales, für die konkrete Situation akzeptiertes Sicherheitsniveau ableiten. Im Sinne der Werterhaltung bestehender Bauwerke lassen sich diese Zusammenhänge zur Aufstellung geeigneter Instandhaltungsstrategien verwenden. Insbesondere bei der Festlegung angemessener Inspektionsintervalle und -intensitäten ist dieses Werkzeug hilfreich.

### 2.1.3 Wartung und Inspektion

Eine Konstruktion gilt so lange als funktionstüchtig, wie sie die Kriterien Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit dauerhaft erfüllt. Da Widerstände und Einwirkungen zeitabhängige Größen sind, wird eine Lebensdauer definiert. Das mit der Planung angestrebte Zuverlässigkeitsniveau bezieht sich auf eine bestimmte Zeitspanne. Gemäß Eurocode liegen den Planungen die in Tafel 2.5 dargestellten Nutzungsdauern zugrunde. Als Nutzungsdauer gilt der Planungszeitraum, in dem Bauwerke bei laufender Instandhaltung ohne wesentliche Instandsetzung bestimmungsgemäß nutzbar sind.

Zunächst ist davon auszugehen, dass bei korrekter Planung, Bemessung und Bauausführung sowie bestimmungsgemäßem Gebrauch ein Bauwerk alle Zuverlässigkeitsanforderungen über die geplante Nutzungsdauer erfüllt (laufende Unterhaltungsmaßnahmen vorausgesetzt). Während der Planung und Herstellung existieren mehrere Überwachungselemente zur Sicherstellung der Fehlerfreiheit (Prüfstatik, behördliche Bauaufsicht u. a.). Über die Nutzungszeit entsteht jedoch

ein Risiko, da Einwirkungen und Widerstände zeitabhängige Größen sind. Materialalterung, Einflüsse aus Umweltbedingungen sowie Nutzungsänderungen können die Zuverlässigkeit über die Zeit beeinträchtigen. Tafel 2.6 zeigt beispielhaft mögliche Veränderungen der Eigenschaften verschiedener Baustoffe infolge Umwelteinwirkungen.

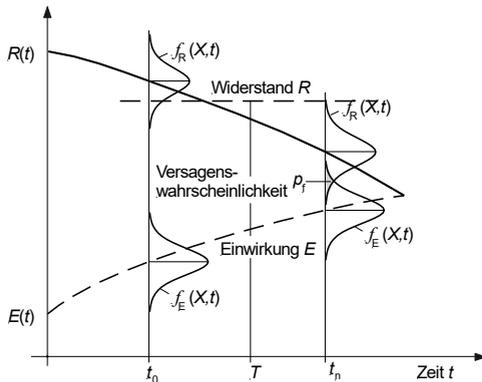
**Tafel 2.5 Klassifizierung der Nutzungsdauer** (aus DIN EN 1990:2021)

Klasse der Nutzungsdauer	Planungsgröße der Nutzungsdauer (in Jahren)	Beispiele
1	10	Tragwerke mit befristeter Standzeit
2	10– 25	Austauschbare Tragwerksteile, z. B. Kranbahnträger, Lager
3	15– 30	Landwirtschaftlich genutzte und ähnliche Tragwerke
4	<b>50</b>	<b>Gebäude und andere gewöhnliche Tragwerke</b>
5	100	Monumentale Gebäude, Brücken u. a. m.

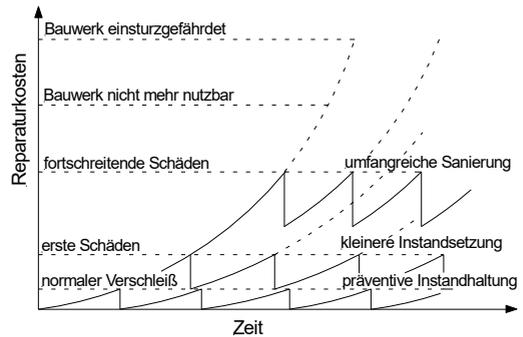
**Tafel 2.6 Veränderungen von Baustoffeigenschaften durch Umwelteinwirkungen**  
(aus [VDI-Ri. 6200 – 2010])

Werkstoff	Beispiel	Relevante Einwirkung	Folgen der Einwirkung	
			primär	sekundär
Metallisch	Stahl	Feuchtigkeit	Korrosion	Querschnittsverlust
		Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor	Versprödung	Abnahme der Zähigkeit
		Wärme	Aufhärtung, Entfestigung	Risse
	Aluminium	Alkalien (Mörtel, Baukalk)	Korrosion	Querschnittsverlust
Mineralisch	Beton, Mauerwerk	Feuchtigkeit, Frost, chem. Einwirkung	Gefügebrauflockerung, Risse	Festigkeits-/ Steifigkeitsverlust
			Abwitterung	Querschnittsverlust
Organisch	Holz	Feuchtigkeit, Pilzbefall	Fäulnis	Festigkeits-/ Steifigkeitsverlust
	Kunststoffe	UV-Einstrahlung	Versprödung	Abnahme der Bruchdehnung
	Klebstoff	Feuchtigkeit, Temperatur	Versprödung, Entfestigung	Festigkeitsverlust
Verbund	Stahlbeton, Spannbeton	Karbonatisierung, Chloride	Bewehrungskorrosion	Querschnittsverlust
			Risse	Festigkeits-/ Steifigkeitsverlust

Der zeitlich veränderliche Zustand eines Bauteils lässt sich – bezogen auf einen bestimmten Schädigungsprozess – durch den Verlauf der Einwirkungs- und Widerstandsfunktion beschreiben. Über die Zeit verringert sich der Abstand zum definierten Grenzzustand  $E \leq R$ . In Abb. 2.2 ist der Verlauf von Einwirkungen und Widerständen unter Berücksichtigung der Streuung dargestellt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  sind noch keine Schäden aufgetreten. Mit der Veränderung von  $R$  und  $E$  stellt sich mit der Zeit ein Überschneidungsbereich der Häufigkeitsverteilungen ein. Das Maß der Überschneidung zu einem Zeitpunkt  $t_n$  kennzeichnet das Ausmaß möglicher Schäden. Für die Nutzungsdauer  $T$  ist ein tolerierbares Schadensausmaß definierbar.



**Abb. 2.2** Zeitabhängige Veränderungen von Einwirkungen  $E$  und Widerständen  $R$  (nach [Vogel et al. – 2006])



**Abb. 2.3** Reparaturkosten und Instandhaltungsintervalle (nach [Seim – 2007])

Dem Risiko aus zeitlichen Veränderungen kann durch eine regelmäßige Überprüfung bestehender Bauwerke begegnet werden. Für Brücken und andere Ingenieurbauwerke gibt es mit DIN 1076:1999 schon lange entsprechende Überwachungsvorgaben, während für den Hochbau erst in den letzten Jahren vergleichbare Regelwerke erarbeitet wurden (Beispiel [VDI-Ri. 6200 – 2010], s. Abschnitt 2.2).

Sinnvoll im Hinblick auf Werterhaltung ist ein möglichst frühes Eingreifen, bevor deutliche Schäden entstehen. Im Rahmen einer präventiven Instandhaltungsstrategie lassen sich frühzeitig Schäden und Veränderungsprozesse identifizieren. Prüfintervalle und die Durchführung sich daraus ergebender Instandhaltungsarbeiten gewährleisten den Erhalt der Funktionsfähigkeit eines Bauwerks innerhalb der Nutzungsdauer und bedingen damit eine Werterhaltung (s. [DBV – 2007]).

Die tatsächliche Nutzungsdauer hängt wesentlich von Überwachung und Unterhaltung ab. Kurzfristige Einsparungen können hier auf lange Sicht teure Folgen haben. Den Zusammenhang zwischen Überwachungsmaßnahmen und Kosten verdeutlicht Abb. 2.3.

## 2.1.4 Instandsetzung und Ertüchtigung

### Bauen im Bestand

Im Vergleich zum Neubau sind bei Baumaßnahmen im Bestand einige Besonderheiten zu berücksichtigen. Ein Überblick findet sich im DBV-Merkblatt „Leitfaden“ [DBV – 2008/1], in dem wesentliche Aspekte benannt werden. Ausführliche Erläuterungen zu den einzelnen Themen werden in den DBV-Merkblättern „Brandschutz im Bestand“ [DBV – 2008/3] und „Umgang mit historischen Baumaterialien“ [DBV – 2008/2] behandelt. Darüber hinaus enthält [DBV – 2013] Hinweise zur Nachrechnung mit modifizierten Teilsicherheitsbeiwerten.

Ein wesentlicher Unterschied zu Neubauten ist in der Formulierung der Bauaufgabe zu sehen. Zunächst ist eine Entscheidung zu treffen, ob der Wert eines Gebäudes überhaupt durch Umbauinvestitionen erhalten werden kann oder ob in Abhängigkeit der Zielvorstellung des Bauherrn eher Abriss und Neubau angezeigt sind. Das beinhaltet z. B. Fragen zu Nutzungskonzepten, Barrierefreiheit, Energieeffizienz, Komfort und Zeitgeschmack, technische Ausrüstung, behördliche Vorgaben usw.

Ein besonderes Problem ist oft die grundlegende Änderung Technischer Baubestimmungen. Bestehende Konstruktionen entsprechen häufig nicht den aktuellen Standards. Hier greift ggf. der Bestandsschutz. Er besagt, dass eine Anlage, die in der Vergangenheit geltendem Recht entsprochen hat, auch dann in ihrer aktuellen Form weiter bestehen kann, wenn sich die Rechtslage inzwischen geändert hat. Voraussetzung für den Bestandsschutz ist jedoch, dass keine wesentlichen Änderungen stattgefunden haben und keine Gefahren vom Gebäude ausgehen. Die Situation ist vom überwachenden Ingenieur zu bewerten [DBV – 2008/1].

### Bauzustandsanalyse

Ein reibungsloser Bauablauf hängt wesentlich von den Informationen über den Bauwerkszustand ab. Der Bauzustandsanalyse sowie den vorhandenen Dokumenten (z. B. Bauwerksbücher) kommt also eine besondere Bedeutung zu. Erfolgen schon während der Nutzungsphase des Bauwerks kontinuierliche Prüfung und Überwachung, so liegen bereits umfangreiche Kenntnisse über die Substanz vor [VDI-Ri. 6200 – 2010]. Bei den derzeit anstehenden Umbaumaßnahmen im Hochbau ist dies jedoch häufig nicht der Fall. Unabhängig hiervon sind für die Planung von Umbaumaßnahmen gesonderte Untersuchungen erforderlich.

Wesentliche Hinweise für einen zweckmäßigen Ablauf sowie die Inhalte einer auf Betonbauwerke bezogenen Bauzustandsanalyse bietet das WTA-Merkblatt „Schutz und Instandsetzung von Beton: Bauwerksdiagnose“ [WTA 5-6-99/D]. Weiterhin enthält das DBV-Merkblatt „Leitfaden“ [DBV – 2008/1] Erläuterungen zur umbaubezogenen Erkundung. Die Bauzustandsanalyse kann kein vollständiges Bild über den aktuellen Bauzustand liefern, wie es für einen störungsfreien Umbau erforderlich wäre. Die Erkundungsmöglichkeiten sind trotz der Entwicklungen auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfmethode beschränkt. Zerstörungsfreie Verfahren sind oft nur begrenzt anwendbar, aufwendig und schwer interpretierbar. Zerstörende Untersuchungen mit in der Regel höherer Aussagekraft können nur auf wenige Stichproben an relevanten Stellen beschränkt werden. In der Regel verbleiben Informationsdefizite, da nicht alle sicherheitsrelevanten Bereiche mit vertretbarem Aufwand überprüfbar sind.

An zerstörungsfreien Prüfverfahren ist in den letzten Jahren intensiv geforscht worden. Grundlegende Informationen über gebräuchliche Verfahren und Geräte sowie relevante Literatur bietet ein Kompendium der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) [ZfPBau – 2007]. Weitere ausführliche Informationen enthalten z. B. Beton- und Stahlbetonbau Spezial [Taffe/Wiggenhauser – 2005] sowie Merkblätter der DGZfP (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung, Berlin). Weitere umfangreiche Informationen zu Verfahren der Bauzustandsanalyse enthalten u. a. [Kastner – 2004], [Reul – 2007], [Bartz – 2006].

### **Bewertung des Bestandes**

Im Hinblick auf den geplanten zukünftigen Bauwerkszustand ist das Ergebnis der Bauzustandsanalyse zu bewerten als Grundlage für die weitere Planung und Berechnung. Die Bewertung soll gemäß DBV-Merkblatt „Leitfaden“ [DBV – 2008/1] folgende Aspekte umfassen:

- Tragfähigkeit
- Gebrauchstauglichkeit
- Dauerhaftigkeit
- Brandschutz
- Ausbau, Fassaden, Technische Gebäudeausrüstung
- Wechselwirkung mit der Nachbarbebauung
- Lebensdauerprognosen

Hiervon sollen nur einige Fragen zur Bewertung des Tragverhaltens behandelt werden.

Zunächst ist auf Grundlage der Analysedaten eine rechnerische Ermittlung der aktuellen Tragfähigkeit erforderlich. Dies muss grundsätzlich nach dem aktuellen Regelwerk erfolgen. Nachweisführung nach alten Regeln ist nur in Ausnahmefällen gestattet, z.B. wenn ältere Materialien nach neuen Normen nicht bewertbar sind. Hierzu ist eine enge Abstimmung des Planers mit Behörde, Prüfenieur und dem Bauherrn erforderlich. Zu beachten ist bei der Bewertung der Tragfähigkeit auch die Schnittgrößenumlagerung infolge umbaubedingter Systemänderungen [DBV – 2008/1]. Ergeben sich aus dem Umbau bzw. geänderten Anforderungen höhere Einwirkungen, so kann zunächst rechnerisch untersucht werden, ob Tragreserven im System ausnutzbar sind. Aus den ursprünglich linearen Bemessungsverfahren sind unter Nachrechnung mit nichtlinearen Methoden Reserven aktivierbar.

In Kenntnis der tatsächlich im Bestandsbauwerk vorhandenen Parameter lassen sich bei der Nachrechnung Teilsicherheitsbeiwerte modifizieren. Dies ist jedoch nur möglich, wenn durch umfassende Erkundung verlässliche Aussagen über vorhandene Materialqualitäten und Einwirkungen vorliegen, das Berechnungsmodell gesichert und das Bauwerk im Wesentlichen mängelfrei ist. Erste Ansätze hierfür enthalten bereits [DAfStb-H467 – 1996] und die DAfStb-Richtlinie zu Belastungsversuchen an Betonbauwerken [DAfStb-Ri. – 2020].

Darauf aufbauend schlagen [Schnell et al. – 2008] und [Fischer – 2011] weiter differenzierte Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis bestehender Bauelemente vor. Einen erweiterten Ansatz auf Grundlage des Systemverhaltens enthält [Voigt – 2014]. Für die praktische Anwendung bietet das DBV-Merkblatt „Modifizierte Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlbetonbauteile“ [DBV – 2013] einen vereinfachten Vorschlag.

Belastungsversuche können ein Mittel zur Bewertung der vorhandenen Tragfähigkeit sein, wenn nicht alle bemessungsrelevanten Parameter mit der erforderlichen Genauigkeit bekannt sind. Unklarheiten können zum Beispiel hinsichtlich des Lastabtrages, der Einspann- und Durchlaufwirkungen oder der Auswirkungen von Vorschädigungen auf das Systemverhalten bestehen. Versuche an Massivbauwerken sind gemäß o. g. Richtlinie durchzuführen. Die Richtlinie ist nicht bauaufsichtlich eingeführt, daher ist enge Abstimmung zwischen Planer, Prüflingenieur und Behörde erforderlich. Belastungsversuche sind nur als Ergänzung zu rechnerischen Nachweisen anzuwenden [DBV – 2008/1].

### **Maßnahmen zur Herstellung des Soll-Zustandes und zur Ertüchtigung**

Eine wichtige Aufgabe ist zunächst die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit (Instandsetzung). Über die Instandsetzung hinaus besteht die Möglichkeit, durch Umbaumaßnahmen (Ertüchtigung) die Funktionsfähigkeit zu erhöhen. Hierauf wird in den Abschnitten 2.3.3 und 2.3.4 sowie ausführlicher in den Kapiteln 6 und 8 eingegangen.

## **2.2 Bauwerksüberwachung**

### **2.2.1 Eigentümerpflichten; Überblick über die Regelwerke**

Laufende Überwachungsmaßnahmen sind prinzipiell gesetzlich verpflichtend. So gilt nach Musterbauordnung [MBO – 2002]:

*„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“ (MBO § 3-1)*

Das Bürgerliche Gesetzbuch schreibt für jeden Eigentümer bzw. Verfügungsberechtigten baulicher Anlagen eine Verkehrssicherungspflicht vor mit dem Ziel einer Gefahrenabwehr für Dritte. Im Falle eines Schadens gilt eine Verschuldensvermutung gegenüber dem Eigentümer; im Falle von Körperverletzungen oder Todesfolgen ergeben sich strafrechtliche Konsequenzen. Der Eigentümer kann seine Sicherungspflicht auf Dritte übertragen, behält hierbei jedoch weiterhin die Verantwortung für Auswahl und Kontrolle der Beauftragten [DBV – 2007].

Durchführungsbestimmungen (normative Vorgaben) existierten mit DIN 1076:1999 bislang nur für Ingenieurbauwerke wie Brücken und Tunnel. Für den Hochbau gibt es in Deutschland keine vergleichbare Norm. In letzter Zeit wurden mehrere Vorschläge zur kontinuierlichen Überwachung von Bauwerken außerhalb des Regelungsumfanges von DIN 1076:1999 veröffentlicht mit dem Ziel der Erhaltung der Bauwerkssicherheit und der Formulierung praktischer Vorgehensweisen für den Verantwortlichen. Ausgangspunkt für diese Vorschläge ist zu meist das bewährte Prüfsystem nach DIN 1076:1999. Diese Regelungen lassen sich allerdings nur bedingt auf Bauwerke des üblichen Hochbaus übertragen, da sich Gefahrenpotenzial, Bauweisen, Variantenvielfalt, Eigentümerstruktur usw. von denen des Brückenbaus unterscheiden.

Nachfolgend werden die vorhandenen Regelwerke und Empfehlungen kurz vorgestellt:

- DIN 1076:1999 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen: Überwachung und Prüfung“ sowie die zugehörige Richtlinie des Bundesbauministeriums RI-EWB-PRÜF „Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076“ [RI-EBW-PRÜF – 2013]

- Merkblätter des Deutschen Betonvereins: „Bauwerksbuch“ (2007) und „Leitfaden“ (2008) [DBV – 2007], [DBV – 2008/1]  
Hinweise der Bauministerkonferenz der Länder (ARGEBAU): „Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten“ (2006) [ARGEBAU – 2006]
- VDI-Richtlinie 6200: „Standsicherheit von Bauwerken: Regelmäßige Überprüfung“ (2010) [VDI-Ri. 6200 – 2010]
- Merkblätter der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA) [WTA 5-6-99/D], [WTA 5-7-99/D]
- RÜV „Richtlinie für die Überwachung der Verkehrssicherheit von baulichen Anlagen des Bundes“ (2006, Novellierung 2008) [RÜV – 2008]

Für den allgemeinen Hochbau beschreiben derzeit insbesondere die Hinweise der ARGEBAU sowie die VDI-Richtlinie 6200 den Stand der Technik und sind somit auch Grundlage für eventuelle gerichtliche Entscheidungen. [ARGEBAU – 2006] ist als Anhang zur Musterbauordnung [MBO – 2002] den anerkannten Regeln der Technik zuzuordnen.

## 2.2.2 Regelwerke zur Prüfung von Bauwerken

### 2.2.2.1 DIN 1076

DIN 1076:1999 regelt die kontinuierliche Überwachung sowie periodische Überprüfung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Straßen und Wegen. Untersucht wird die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit der Bauwerke während der gesamten Nutzungsdauer. Ziel der Regelung ist es, Mängel und Schäden frühzeitig zu erkennen und zu bewerten. Die Beseitigung eventueller Schäden ist nicht Bestandteil dieser Norm. Zuständig für das Erfüllen der Vorgaben ist prinzipiell der Eigentümer bzw. Baulastträger (z. B. die zuständige Straßenbaubehörde bei öffentlichen Straßen).

DIN 1076:1999 unterscheidet in laufende Überwachung und periodische Prüfungen. Die laufenden Maßnahmen werden weiter in Besichtigung und laufende Beobachtung geteilt, während die Prüfungen in Hauptprüfung, Einfache Prüfung, Prüfung aus besonderem Anlass und Prüfung nach besonderen Vorschriften differenziert werden. Je nach Maßnahme greifen unterschiedliche Prüfintervalle und -intensitäten.

Überwachung und Prüfung verfolgen insgesamt ein schrittweise vertiefendes Vorgehen, das mit optischer Bewertung des äußeren Erscheinungsbildes ohne größere Hilfsmittel beginnt und über diverse zerstörungsfreie Prüfmethode bis hin zu Probeentnahmen und Belastungsversuchen reichen kann. Brückenprüfungen setzen sich aus verschiedenen Einzelprüfungen zusammen, für die in der Norm nur richtungsweisende Vorgaben gemacht werden. Für den Brückenprüfer besteht also Ermessensspielraum, demzufolge sind auch Anforderungen an dessen Sachkunde gestellt.

Während mit laufender Überwachung vor allem die Verkehrssicherheit sicherzustellen ist, dienen die Prüfungen der Feststellung der planmäßigen Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit. Die Prüfkonzepte sollten durch entsprechende Ablaufplanung auf die vorhandenen Hilfseinrichtungen abgestimmt werden.

**Tafel 2.7 Prüfintervalle nach DIN 1076**

<b>Überwachung</b>	
laufende Beobachtung	kontinuierlich bei der Streckenkontrolle
Besichtigung	1 x jährlich
<b>Prüfungen</b>	
Hauptprüfung	erste: vor Abnahme zweite: vor Ablauf der Gewährleistung folgend: alle 6 Jahre
Einfache Prüfung	3 Jahre nach jeder Hauptprüfung
Prüfung aus besonderem Anlass	Einzelfallabhängig (kein Ersatz der Hauptprüfung!): – nach zustandsbeeinflussenden Ereignissen (Unfälle, Brände u.Ä.) – wenn bei Überwachung Prüfbedarf festgestellt wird
Prüfung nach besonderen Vorschriften	von anderen Vorschriften abhängig (z.B. für Maschinen/Elektrik): – nach Vorgaben der jeweiligen Vorschrift

Während DIN 1076:1999 die Pflicht zur regelmäßigen Prüfung und Überwachung vorgibt, werden die praktische Durchführung dieser Maßnahmen sowie die Bewertung der Prüfergebnisse in der „Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076“ [RI-EBW-PRÜF – 2013] geregelt. Sie enthält Durchführungsbestimmungen und Hilfen für die Schadensbewertung.

Zweck der Vorgaben ist ein einheitliches Vorgehen bei der Prüfung, vor allem aber die einheitliche Bewertung der vorgefundenen Fakten. Jeder Mangel oder Schaden ist nach den Kriterien Standsicherheit (S), Verkehrssicherheit (V) und Dauerhaftigkeit (D) mit Einzelnoten S / V / D zu bewerten. Eine Sammlung von Beispielschäden, die kontinuierlich erweitert wird, soll den Prüfer bei der Schadensbewertung unterstützen.

Aus den Einzelbewertungen wird schließlich eine Zustandsnote für das Gesamtbauwerk ermittelt. Die Zustandsnote entscheidet über sofort oder später zu ergreifende Maßnahmen. Das vereinheitlichte Vorgehen bewirkt eine Objektivierung der Daten und Fakten, was eine Verarbeitung in automatisierten Bauwerks-Management-Systemen ermöglicht [Krieger et al. – 2000].

### 2.2.2.2 Merkblätter des Deutschen Betonvereins

Das **DBV-Merkblatt Leitfaden** [DBV – 2008/1] befasst sich in einer kompakten Darstellung mit Aspekten des Bauens im Bestand. Die Aufgabe „Bauen im Bestand“ wird ganzheitlich betrachtet, hieraus lassen sich auch Anhaltspunkte für den sachgemäßen Umgang während der Nutzung ableiten. Das Merkblatt hilft vor allem, grundlegende Unterschiede zur Neubauplanung zu verstehen, und macht bestandspezifische Anforderungen deutlich.

**Tafel 2.8 Zustandsnoten und Maßnahmen** (nach [RI-EBW-PRÜF – 2013]; vereinfacht)

Note	Beschreibung
1,0 ... 1,4	sehr guter Zustand
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
1,5 ... 1,9	guter Zustand
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
2,0 ... 2,4	befriedigender Zustand
	S/V gegeben, S/V mind. eines Bauteil beeinträchtigt, D beeinträchtigt
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
	→ mittelfristige Instandsetzung erforderlich
2,5 ... 2,9	ausreichender Zustand
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
	→ kurzfristige Instandsetzung erforderlich
	→ kurzfristige Schadensbeseitigung, Warnhinweise
3,0 ... 3,4	nicht ausreichender Zustand
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
	→ umgehende Instandsetzung erforderlich
	→ umgehende Schadensbeseitigung, Warnhinweise, Nutzungseinschränkungen
3,5 ... 4,0	ungenügender Zustand
	→ laufende Unterhaltung erforderlich
	→ umgehende Instandsetzung bzw. Erneuerung erforderlich
	→ sofort Schadensbeseitigung, Warnhinweise, Nutzungseinschränkungen

Das **DBV-Merkblatt Bauwerksbuch** [DBV – 2007] enthält Vorschläge zur Bestandsdokumentation und Empfehlungen für kontinuierliche Bauwerksüberprüfungen. Das Merkblatt behandelt vorrangig die zweckmäßige Dokumentation der wichtigsten Bestandsdaten. Darüber hinaus werden in knapper Form auch „Prüfungen im Rahmen von Wartung und Inspektion“ behandelt.

Orientiert an Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie bietet ein Anhang des Merkblattes tabellarisch geordnet Empfehlungen für wesentliche notwendige Prüfvorgänge sowie -intervalle. Diese ausschließlich bauteilbezogene Zusammenstellung versteht sich als Hilfsmittel für die Erstellung von Prüf- und Wartungsplänen. Das Gesamtsystem eines Bauwerks und mögliche Schadensfolgen bleiben unberücksichtigt. Auf die Abhängigkeit der Prüfindensität von Bauteilexposition und -geometrie wird ausdrücklich verwiesen.

Eine projektbezogene Anpassung der Empfehlungen durch den Planer ist erforderlich. Als längstes Überwachungsintervall wird ein Zeitraum von 5 Jahren angesetzt – bezogen auf „konventionell“ beanspruchte Bauteile. Beispielhaft ist hier ein Auszug der unter der Rubrik „Tragkonstruktion“ geführten Darstellung für Stahlbetonbauteile wiedergegeben.

Darüber hinaus sieht das Merkblatt Prüfungen aus besonderem Anlass vor, welche die regelmäßigen Prüfungen gemäß Checkliste (Tafel 2.9) nicht ersetzen. Als besondere Anlässe gelten zustandsbeeinflussende Ereignisse wie Havarieschäden aus Wind, Schnee, Brand u. a. oder auch besondere Anforderungen des Eigentümers (z. B. Nutzungsänderungen).

Besonderheit des Merkblatts ist der Hinweis auf eine zusätzliche Prüfpflicht im Fall von Schäden an bauartähnlichen Konstruktionen. Der Umfang der Prüfung richtet sich nach dem jeweiligen Anlass. Das konkrete Vorgehen ist mit Fachleuten abzustimmen.

**Tafel 2.9 Überwachungsmaßnahmen und -intervalle für Stahlbetonbauteile** (gemäß [DBV – 2007]; Auszug)

Bauteil	Maßnahme	Wartungsgrundlage und Prüfindtervalle				
		Wartungsvertrag	6 Monate	jährlich	3 Jahre	5 Jahre
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- augenscheinliche Begutachtung, mechanische, physikalische und chemische Einwirkungen</li> <li>- Fehlstellen wie Risse, Abplatzungen, Hohlstellen</li> <li>- Korrosion der Bewehrung</li> </ul>					
Bodenplatte, befahrbare Decken inkl. Fugen und Übergangskonstruktionen	Nutzung als Tiefgarage mit Chlorideinwirkung aus Taumitteln/Meerwasser	x	x			
	konventionelle Nutzung ohne Chlorideinw.					x
	bei chemischem oder sonstigem Angriff				x	
erdberührte Außenwände und Stützen (Innenseite)	Frost-Taumittel-Beanspruchung/Meerwasser	x		x		
	konventionelle Nutzung ohne Chlorid-/Frosteinwirkung					x
	bei chemischem oder sonstigem Angriff				x	
„weiße Wanne“	zusätzlich: augenscheinliche Prüfung der Wasserundurchlässigkeit	x	x			
Außenbauteile Hochbau (allg., nicht erdberührt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- augenscheinliche Begutachtung, mechanische, physikalische und chemische Einwirkungen</li> <li>- Fehlstellen wie Risse, Abplatzungen, Hohlstellen</li> </ul>					x
Innenbauteile Hochbau (Decken, Stützen usw.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Korrosion der Bewehrung</li> </ul>					(x)

### 2.2.2.3 Hinweise der ARGEBAU

Auf Grundlage der Erfahrungen in der Überwachung von Brückenbauwerken wurde von der Bauministerkonferenz der Länder (ARGEBAU) ein Grundlagenpapier für die regelmäßige Überprüfung üblicher Hochbauwerke erarbeitet. Es ist als Anhang zur Musterbauordnung [MBO – 2002] den anerkannten Regeln der Technik zuzurechnen. [ARGEBAU – 2006] weist auf die Eigentümerversantwortung für ordnungsgemäße Instandhaltung hin. Das Dokument empfiehlt regelmäßige Standsicherheitsprüfungen in Abhängigkeit vom Bauwerkstyp als sinnvolles Mittel.

Es werden zwei Bauwerkskategorien unterschieden (Kategorie 1 und 2), wobei „einfachere“ Gebäude wie z. B. Ein- und Mehrfamilienhäuser nicht berücksichtigt werden. Ordnungskriterien sind dabei Gefährdungspotenzial und mögliche Schadensfolgen. Die Bauwerkskategorien bestimmen die Prüflintensität und -häufigkeit.

**Tafel 2.10 Bauwerkskategorien** (nach [ARGEBAU – 2006])

Gefährdungspotenzial/ Schadensfolgen	Gebäudetypen und exponierte Bauteile	Beispielhafte, nicht abschließende Aufzählung
Kategorie 1	Versammlungsstätten mit mehr als 5000 Personen	Stadien
Kategorie 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bauliche Anlagen mit &gt; 60 m Höhe</li> <li>– Gebäude und Gebäudeteile mit Stützweiten &gt; 12 m und/oder Auskragungen &gt; 6 m sowie großflächige Überdachungen</li> <li>– Exponierte Bauteile von Gebäuden, soweit sie ein besonderes Gefährdungspotenzial beinhalten</li> </ul>	Fernsehtürme, Hochhäuser  Hallenbäder, Einkaufsmärkte, Mehrzweck-, Sport-, Eislauf-, Reit-, Tennis-, Pausen-, Passagierabfertigungs-, Produktionshallen, Kinos, Theater, Schulen  große Vordächer, angehängte Balkone, vorgehängte Fassaden, Kuppeln

Die Bauwerksüberprüfung ist dreistufig vorgesehen

- die Begehung durch den Eigentümer bzw. Verfügungsberechtigten,
- die Sichtkontrolle durch eine fachkundige Person,
- die eingehende Überprüfung durch eine besonders fachkundige Person.

Für die einzelnen Prüfungen werden auf die Bauwerkstypen abgestimmte Prüfintervalle in Form von Zeitspannen vorgegeben (Tafel 2.11), wobei die Abhängigkeit der Prüfabstände von den tatsächlichen Gegebenheiten (Art, Robustheit, Alter, Erhaltungszustand, Nutzung, Umweltbedingungen usw.) betont wird. Umbau, Umnutzung oder außergewöhnliche Ereignisse bedingen zusätzliche Kontrollen. Für besondere Konstruktionen, Bauprodukte oder Herstellungsverfahren, deren Beherrschung Spezialwissen verlangt, sind die Intervalle nicht anzuwenden; hier erfolgt eine einzelfallbezogene Festlegung des Prüfumfanges.

Bei der Begehung durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten ist das Bauwerk auf offenkundige Schäden wie Verformungen, Risse, Durchfeuchtungen, Ausblühungen etc. hin zu beobachten. Bei Feststellung offenkundiger Schäden ist eine fachkundige Person hinzuzuziehen. Die Sichtkontrolle durch fachkundige Personen ist im Wesentlichen ohne größere Hilfsmittel als „intensive erweiterte Begehung“ vorzunehmen. Bei Schäden und in Zweifelsfällen ist eine besonders fachkundige Person zu konsultieren.

Bei der eingehenden Überprüfung durch eine besonders fachkundige Person werden alle maßgeblichen Bauteile einer handnahen Prüfung auf Schädigungen unterzogen, schwer zugängliche Bereiche sind zu berücksichtigen. In Stichproben sind auch Materialproben vorgesehen.

**Tafel 2.11 Prüfintervalle und -arten nach Bauwerkskategorie [ARGEBAU – 2006]**

Kategorie	Gebäudetypen und exponierte Bauteile	Prüfart und -intervall (in Jahren)		
		Begehung	Sichtkontrolle	Eingehende Überprüfung
1	– Versammlungsstätten mit > 5000 Personen	1 – 2	2 – 3	6 – 9
2	– Bauliche Anlagen mit > 60 m Höhe – Gebäude und Gebäudeteile mit Stützweiten > 12 m und/oder Auskragungen > 6 m sowie großfläch. Überdachungen – Exponierte Bauteile von Gebäuden, soweit sie ein besonderes Gefährdungspotential beinhalten	2 – 3	4 – 5	12 – 15

**Tafel 2.12 Notwendige Qualifikation des Prüfpersonals [ARGEBAU – 2006]**

<b>fachkundige Person</b> (Bauing., Architekt)	<b>bes. fachkundige Person</b> (Bauingenieur)
– mindestens 5 Jahre Tätigkeit: □ Standsicherheitsnachweise □ technische Bauleitung □ Vergleichbares (davon mind. 3 Jahre Erfahrung mit Standsicherheitsnachweisen)	– mindestens 10 Jahre Tätigkeit: □ Standsicherheitsnachweise □ technische Bauleitung □ Vergleichbares (davon mind. 5 Jahre Erfahrung mit Standsicherheitsnachw. und mind. 1 Jahr technische Bauleitung)
– Erfahrung mit vergleichbaren Konstruktionen	– Erfahrung mit vergl. Konstruktionen – Erfahrung gilt fachrichtungsbezogen (Massivbau / Holzbau / Metallbau)
– „Fachkunde“ wird auch durch Nachweis von mindestens 3 Jahren Erfahrung mit Überprüfung vergleichbarer Konstruktionen dokumentiert	– „Besondere Fachkunde“ erwiesen für: □ Bauingenieure mit o. g. Kenntnissen □ Prüffingenieure/Sachverständige für Standsicherheit (fachrichtungsbezogen) □ Prüffämtern mit bauaufsichtlichen Prüfaufgaben hinsichtlich Standsicherheit

Im Prüfbericht soll die Standsicherheit der gesamten Konstruktion bewertet werden. Sofern der verantwortliche Prüfer die Konstruktion gut kennt, darf er diese Einschätzung auf eine stichprobenartige Überprüfung stützen. Die Hinweise verlangen eine auf die Prüfstufe abgestimmte Qualifikation des Prüfpersonals. Auf die Bedeutung der Fachkenntnisse zum Erkennen und Bewerten von Schäden wird explizit hingewiesen.

Wesentliches Prüf- und Dokumentationsinstrument ist das Bauwerksbuch. Es enthält die wichtigsten Bauwerksdaten, Konstruktionszeichnungen und Einträge über alle tragwerksrelevanten Änderungen, Instandsetzungen und Überprüfungen. Vorgeschlagen wird die Aufnahme von Bestandszeichnungen mit allen statischen Positionen, Tragwerksabmessungen, Bewehrungsquerschnitten, Materialgütern, Feuerwiderständen und Lastannahmen (insbes. Schnee).

Konstruktive Besonderheiten, Bauwerkskategorie und die der Bemessung zugrunde liegenden Normen, Zulassungen etc. sind zu benennen. Zudem wird ein Archivierungsverweis empfohlen, dem der Verbleib von Überwachungsprotokollen, geprüften Konstruktionsplänen, Statik und Firmenübersichten zu entnehmen ist. Es wird empfohlen, direkt bei der Neubauplanung ein solches Objektbuch vom Tragwerksplaner oder Prüfeningenieur anlegen zu lassen. Bei bestehenden Objekten erfolgt dies bei der Erstkontrolle durch eine fachkundige bzw. besonders fachkundige Person.

#### **2.2.2.4 VDI-Richtlinie 6200**

Der Verein Deutscher Ingenieure ergänzt durch die VDI-Richtlinie 6200 „Standsicherheit von Bauwerken: Regelmäßige Überprüfung“ die Hinweise der ARGEBAU. Zweck der Richtlinie [VDI-Ri. 6200 – 2010] ist die Aufstellung von Kriterien zur Durchführung und Bewertung regelmäßiger Standsicherheitsprüfungen und die Darstellung von Handlungsempfehlungen für die Instandhaltung von Bauwerken. Sie stützt sich ausdrücklich auf die Hinweise der ARGEBAU, gibt jedoch vertiefende und ergänzende Hinweise. Das Befolgen der Richtlinie soll ein strukturiertes Vorgehen ermöglichen; Arbeitsunterlagen, Checklisten und Entscheidungskriterien werden als Hilfestellung angeboten. VDI 6200 verfolgt ein systematisches Risikomanagement, dessen Ausgangspunkt regelmäßige Überwachungen zur Feststellung möglicher Sicherheitsdefizite und vorhandener Restsicherheiten bilden. Das Konzept schließt Überlegungen zu erforderlichen Sanierungsmaßnahmen und zu einem weiterführenden Sicherheitsmanagement ein. Damit geht die Richtlinie deutlich weiter als andere Empfehlungen (z. B. ARGEBAU).

Grundlage für die regelmäßige Überprüfung bildet die Kategorisierung von Bauwerkstypen nach Schadensfolge- und Robustheitsklassen gemäß statisch-konstruktiven Aspekten. Diese Einteilung ist für Bestands- und Neubauten anwendbar; sie ist von Prüfeningenieuren oder durch eine besonders fachkundige Person vorzunehmen. Randbedingungen für die Bauwerksprüfung und Konsequenzen werden anhand dieser Kategorisierung formuliert. Die Bauwerke werden in Anlehnung an die Kategorien der ARGEBAU und den Schadensfolgeklassen des Eurocodes (DIN EN 1990:2021) in drei Gruppen eingeteilt (Schadensfolgeklassen CC, Tafel 2.13). Wichtigstes Beurteilungskriterium ist hierbei die Gefahr für Schäden an Leben und Gesundheit.

Zusätzlich ist die statisch-konstruktive Durchbildung zu bewerten. Der Überwachungsaufwand ist wesentlich auf Duktilität und Robustheit der Konstruktion abzustimmen. Statisch-konstruktive Gegebenheiten, Detailausbildungen und Werkstoffverhalten werden durch die Bildung von Robustheitsklassen RC berücksichtigt (Tafel 2.14). Mit neuen Materialien oder neuen Verfahren erstellte Bauwerke oder vom üblichen Sicherheitsniveau abweichende Einwirkungen bzw. Umwelteinflüsse sind der Klasse RC 1 zuzuordnen.

Die Richtlinie sieht mehrere Überprüfungsstufen vor, die Bestandteil eines umfassenden Werterhaltungskonzeptes darstellen. Im Einzelnen sind dies:

- Begehung durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten,
- Inspektion durch eine fachkundige Person,
- Eingehende Überprüfung durch eine besonders fachkundige Person.

**Tafel 2.13 Schadensfolgeklassen für Bauwerke** (aus [VDI-Ri. 6200 – 2010])

Schadensfolgekkl.	Merkmale	Gebäudetypen und exponierte Bauteile	Beispielhafte Bauwerke
CC 3	hohe Folgen (Schäden an Leben u. Gesundheit für sehr viele Menschen, gr. Umweltschäden)	insbesondere: Versammlungsstätten für mehr als 5000 Personen	Stadien, Kongresshallen, Mehrzweckhallen
CC 2	mittlere Folgen (Schäden an Leben und Gesundheit für viele Menschen, spürbare Umweltschäden)	bauliche Anlagen mit > 60 m Höhe Gebäude und Gebäudeteile mit Stützweiten > 6 m sowie großflächige Überdachungen  exponierte Bauteile von Gebäuden, soweit bes. Gefährdungspotenzial	Hochhäuser, Fernsehtürme  Bürogebäude, Industrie- u. Gewerbebauten, Kraftwerke, Bahnhofs- und Flughafen- gebäude, Produktionsstätten, Hallenbäder, Museen, Einkaufsmärkte, Kinos, Krankenhäuser, Theater, Schulen, Diskotheken, Sporthallen große Vordächer, angehängte Balkone, vorgehängte Fassaden, Kuppeln
CC 1	geringe Folgen (Sach- u. Vermögensschäden, geringe Umweltschäden, geringe Risiken für einzelne Menschen)	robuste, erfahrungsgemäß unkritische Bauwerke mit Stützweiten < 6 m Gebäude mit nur vorübergehendem Aufenthalt einzelner Menschen	Ein- und Mehrfamilienhäuser  landwirtschaftlich genutzte Gebäude

**Tafel 2.14 Robustheitsklassen für Bauwerke** (aus [VDI-Ri. 6200 – 2010])

Robustheitskl.	Bauwerk/Nutzung	Beispielhafte Tragwerke
RC 1	statisch bestimmte Tragwerke ohne Systemreserven, Fertigteilkonstruktionen ohne nachträgliche redundante Verbindungen, imperfektionsempfindliche Systeme, Tragwerke mit spröde-elastischem und sprödem Verformungsverhalten	Einfeldträger, stützenstabilisierte Hallentragwerke ohne Kopplungen, schlanke Schalentragwerke, Tragwerke aus Glas, Tragwerke mit Gussbauteilen
RC 2	statisch unbestimmte Konstruktionen mit Systemreserven, elastisch-plastisches Tragverhalten	Durchlaufträger, eingeschossige Rahmenkonstruktionen, Stahlkonstruktionen
RC 3	Konstruktionen mit großer Systemredundanz, Tragwerksverhalten und/oder Konstruktionen mit großen plastischen Systemreserven, fehlerunempfindliche Systeme	mehrgeschossige Rahmenkonstruktionen, vielfach statisch unbestimmte Systeme, seilverspannte Konstruktionen, überschüttete Bogentragwerke
RC 4	Tragwerke, bei denen alternativ berücksichtigte Gefährdungsszenarien und Versagensanalysen ausreichende Robustheit zeigen	Bemessung für Stützenausfall, Bemessung für Lastfall Flugzeugabsturz