

---

# Konstruktiver Ingenieurbau und Hochbau

---

Konrad Zilch • Claus Jürgen Diederichs  
Rolf Katzenbach • Klaus J. Beckmann (Hrsg.)

# Konstruktiver Ingenieurbau und Hochbau

*Herausgeber*  
Konrad Zilch  
Lehrstuhl für Massivbau  
Technische Universität München  
München, Deutschland

Rolf Katzenbach  
Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik  
Technische Universität Darmstadt  
Darmstadt, Deutschland

Claus Jürgen Diederichs  
DSB + IG-Bau Gbr  
Eichenau, Deutschland

Klaus J. Beckmann  
Berlin, Deutschland

Der Inhalt der vorliegenden Ausgabe ist Teil des Werkes „Handbuch für Bauingenieure“, 2. Auflage

ISBN 978-3-642-41839-6  
DOI 10.1007/978-3-642-41840-2

ISBN 978-3-642-41840-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE.

Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

[www.springer-vieweg.de](http://www.springer-vieweg.de)

---

## Vorwort des Verlages

Teilausgaben großer Werke dienen der Lehre und Praxis. Studierende können für ihre Vertiefungsrichtung die richtige Selektion wählen und erhalten ebenso wie Praktiker die fachliche Bündelung der Themen, die in ihrer Fachrichtung relevant sind.

Die nun vorliegende Ausgabe des „Handbuchs für Bauingenieure“, 2. Auflage, erscheint in 6 Teilausgaben mit durchlaufenden Seitennummern. Das Sachverzeichnis verweist entsprechend dieser Logik auch auf Begriffe aus anderen Teilbänden. Damit wird der Zusammenhang des Werkes gewahrt.

Der Verlag bietet mit diesen Teilausgaben eine einzeln erhältliche Fassung aller Kapitel des Standardwerkes für Bauingenieure an.

Übersicht der Teilbände:

- 1) Grundlagen des Bauingenieurwesens (Seiten 1 – 378)
- 2) Bauwirtschaft und Baubetrieb (Seiten 379 – 965)
- 3) Konstruktiver Ingenieurbau und Hochbau (Seiten 966 – 1490)
- 4) Geotechnik (Seiten 1491 – 1738)
- 5) Wasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, Abfalltechnik (Seiten 1739 – 2030)
- 6) Raumordnung und Städtebau, Öffentliches Baurecht (Seiten 2031 – 2096) und Verkehrssysteme und Verkehrsanlagen (Seiten 2097 – 2303).

Berlin/Heidelberg, im November 2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>3</b>	<b>Konstruktiver Ingenieurbau und Hochbau</b>	966
3.1	Baustoffe	966
3.1.1	Holz und Holzwerkstoffe für tragende Bauteile	966
3.1.2	Bindemittel	980
3.1.3	Beton	988
3.1.4	Stahl	1016
3.1.5	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	1027
3.1.6	Bauglas	1029
3.1.7	Bitumen, Asphalt	1031
3.1.8	Kunststoffe	1032
3.2	Grundlagen für Nachhaltiges Bauen	1038
3.2.1	Instrumente und Bewertungssysteme in Deutschland	1038
3.2.2	Nachhaltiges Bauen mit Beton	1049
3.3	Massivbau	1066
3.3.1	Einführung	1066
3.3.2	Beton	1068
3.3.3	Betonstahl	1077
3.3.4	Spannstahl	1079
3.3.5	Verbundbaustoff Stahlbeton	1079
3.3.6	Statisch bestimmte Balken	1086
3.3.7	Statisch unbestimmte Balken	1114
3.3.8	Scheiben	1124
3.3.9	Platten	1128
3.3.10	Einfluss zeitabhängiger Verformungen	1135
3.3.11	Spannbeton	1138
3.3.12	Stabilität und Theorie II. Ordnung	1150
3.3.13	Brandschutz	1157
3.3.14	Ermüdung	1159
3.4	Stahlbau	1167
3.4.1	Allgemeines, Normen und Genehmigungsverfahren	1167
3.4.2	Werkstoffeigenschaften und Grenzzustände	1169
3.4.3	Grundlagen der Bemessungsregeln	1181
3.4.4	Tragfähigkeitsnachweise	1187
3.4.5	Ermüdungsnachweise	1216
3.4.6	Fertigung und Montage	1225
3.5	Verbundbau	1229
3.5.1	Einleitung, Regelwerke	1229
3.5.2	Grundlagen der Bemessung	1230
3.5.3	Verbundträger	1234
3.5.4	Verbunddecken	1274
3.5.5	Verbundstützen und Rahmentragwerke	1279
3.5.6	Brandschutztechnische Bemessung von Verbundbauteilen	1293
3.6	Mauerwerk	1301
3.6.1	Baustoffe	1301
3.6.2	Bemessung von Mauerwerk	1344
3.7	Holzbau	1372
3.7.1	Einleitung	1372
3.7.2	Bautechnische Eigenschaften	1373
3.7.3	Normen, Zulassungen und Vorschriften	1378

3.7.4	Holzschutz, Dauerhaftigkeit . . . . .	1381
3.7.5	Systeme aus Holz- bzw. Holzwerkstoffen . . . . .	1382
3.7.6	Nachweise für Holz- und Holzwerkstoffbauteile . . . . .	1384
3.7.7	Verbindungen . . . . .	1394
3.7.8	Träger aus nachgiebig miteinander verbundenen Teilen . . . . .	1399
3.7.9	Beanspruchung rechtwinklig zur Faser . . . . .	1407
3.7.10	Platten aus Schichten . . . . .	1410
3.8	Glasbau . . . . .	1414
3.8.1	Allgemeine Werkstoffeigenschaften . . . . .	1414
3.8.2	Gläser im Bauwesen . . . . .	1415
3.8.3	Bemessungskonzepte für Glas . . . . .	1421
3.8.4	Besonderheiten der Bemessung . . . . .	1425
3.8.5	Verbindungen . . . . .	1429
3.8.6	Konstruktive Durchbildung von Glasbauteilen . . . . .	1433
3.8.7	Prüfung/Überwachung . . . . .	1436
3.9	Befestigungstechnik . . . . .	1440
3.9.1	Einleitung . . . . .	1440
3.9.2	Befestigungssysteme – konstruktive Ausbildung, Wirkungsprinzipien und Montage . . . . .	1440
3.9.3	Tragverhalten . . . . .	1450
3.9.4	Definition von Anwendungen in statisch bestimmten und statisch unbestimmten Systemen . . . . .	1457
3.9.5	Definition von gerissenem und ungerissenem Beton . . . . .	1458
3.9.6	Langzeitverhalten . . . . .	1458
3.9.7	Dauerhaftigkeit . . . . .	1459
3.9.8	Baurechtliche Vorschriften und Anwendungsbedingungen . . . . .	1460
3.9.9	Planung, Bemessung und Montage . . . . .	1467
3.9.10	Zusammenfassung . . . . .	1470
3.10	Baugrund-Tragwerk-Interaktion . . . . .	1471
3.10.1	Einführung . . . . .	1471
3.10.2	Grundlagen zum Materialverhalten . . . . .	1472
3.10.3	Gründungen und Stützbauwerke . . . . .	1475
3.10.4	Modellierung der Baugrund-Tragwerk-Interaktion . . . . .	1481
3.10.5	Beispiele . . . . .	1488
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>2305</b>

---

## Autorenverzeichnis

**Arslan**, Ulvi, Prof. Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen, *Abschn. 4.1*, arslan@iwmb.tu-darmstadt.de

**Bandmann**, Manfred, Prof. Dipl.-Ing., Gröbenzell, *Abschn. 2.5.4*, manfred.bandmann@online.de

**Bauer**, Konrad, Abteilungspräsident a.D., Bundesanstalt für Straßenwesen/Zentralabteilung, Bergisch Gladbach, *Abschn. 6.5*, kkubauer@t-online.de

**Beckedahl**, Hartmut Johannes, Prof. Dr.-Ing., Bergische Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Straßenentwurf und Straßenbau, *Abschn. 7.3.2*, beckedahl@uni-wuppertal.de

**Beckmann**, Klaus J., Univ.-Prof. Dr.-Ing., Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Berlin, *Abschn. 7.1 und 7.3.1*, kj.beckmann@difu.de

**Bockreis**, Anke, Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Abfalltechnik, *Abschn. 5.6*, a.bockreis@iwar.tu-darmstadt.de

**Böttcher**, Peter, Prof. Dr.-Ing., HTW des Saarlandes, Baubetrieb und Baumanagement Saarbrücken, *Abschn. 2.5.3*, boettcher@htw-saarland.de

**Bramshuber**, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing., RWTH Aachen, Institut für Bauforschung, *Abschn. 3.6.1*, bramshuber@ibac.rwth-aachen.de

**Büsing**, Michael, Dipl.-Ing., Flughafen Hannover-Langenhagen GmbH, *Abschn. 7.5*, m.buesing@hannover-airport.de

**Cangahuala Janampa**, Ana, Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet, Wasserversorgung und Grundwasserschutz, *Abschn. 5.4*, a.cangahuala@iwar.tu-darmstadt.de

**Corsten**, Bernhard, Dipl.-Ing., Fachhochschule Koblenz/FB Bauingenieurwesen, *Abschn. 2.6.4*, b.corsten@web.de

**Dichtl**, Norbert, Prof. Dr.-Ing., TU Braunschweig, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, *Abschn. 5.5*, n.dichtl@tu-braunschweig.de

**Diederichs**, Claus Jürgen, Prof. Dr.-Ing., FRICS, DSB + IQ-Bau, Sachverständige Bau + Institut für Baumanagement, Eichenau b. München, *Abschn. 2.1 bis 2.4*, cjd@dsb-diederichs.de

**Dreßen**, Tobias, Dipl.-Ing., RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, *Abschn. 3.2.2*, tdressen@imb.rwth-aachen.de

**Eligehausen**, Rolf, Prof. Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, *Abschn. 3.9*, eligehausen@iwb.uni-stuttgart.de

**Franke**, Horst, Prof., HFK Rechtsanwälte LLP, Frankfurt am Main, *Abschn. 2.4*,  
franke@hfk.de

**Freitag**, Claudia, Dipl.-Ing., TU Darmstadt, Institut für Werkstoffe und Mechanik  
im Bauwesen, *Abschn. 3.8*, freitag@iwmb.tu-darmstadt.de

**Fuchs**, Werner, Dr.-Ing., Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen,  
*Abschn. 3.9*, fuchs@iwb.uni-stuttgart.de

**Giere**, Johannes, Dr.-Ing., Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner Baugrundinstitut GmbH,  
Leinfelden-Echterdingen, *Abschn. 4.4*

**Grebe**, Wilhelm, Prof. Dr.-Ing., Flughafendirektor i.R., Isernhagen, *Abschn. 7.5*,  
dr.grebe@arcor.de

**Gutwald**, Jörg, Dipl.-Ing., TU Darmstadt, Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik,  
*Abschn. 4.4*, gutwald@geotechnik.tu-darmstadt.de

**Hager**, Martin, Prof. Dr.-Ing. †, Bonn, *Abschn. 7.4*

**Hanswille**, Gerhard, Prof. Dr.-Ing., Bergische Universität Wuppertal, Fachgebiet  
Stahlbau und Verbundkonstruktionen, *Abschn. 3.5*, hanswill@uni-wuppertal.de

**Hauer**, Bruno, Dr. rer. nat., Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf,  
*Abschn. 3.2.2*

**Hegger**, Josef, Univ.-Prof. Dr.-Ing., RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Massivbau,  
*Abschn. 3.2.2*, hegg@imb.rwth-aachen.de

**Hegner**, Hans-Dieter, Ministerialrat, Dipl.-Ing., Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung, Berlin, *Abschn. 3.2.1*, hans.hegner@bmvbs.bund.de

**Helmus**, Manfred, Univ.-Prof. Dr.-Ing., Bergische Universität Wuppertal,  
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft, *Abschn. 2.5.1 und 2.5.2*,  
helmus@uni-wuppertal.de

**Hohnecker**, Eberhard, Prof. Dr.-Ing., KIT Karlsruhe, Lehrstuhl Eisenbahnwesen Karlsruhe,  
*Abschn. 7.2*, eisenbahn@ise.kit.edu

**Jäger**, Johannes, Prof. Dr., TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet Wasserversorgung  
und Grundwasserschutz, *Abschn. 5.6*, j.jaeger@iwar.tu-darmstadt.de

**Kahmen**, Heribert, Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing., TU Wien, Institut für Geodäsie und  
Geophysik, *Abschn. 1.2*, heribert.kahmen@tuwien-ac.at

**Katzenbach**, Rolf, Prof. Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut und Versuchsanstalt für  
Geotechnik, *Abschn. 3.10, 4.4 und 4.5*, katzenbach@geotechnik.tu-darmstadt.de

**Köhl**, Werner W., Prof. Dr.-Ing., ehem. Leiter des Instituts f. Städtebau und Landesplanung  
der Universität Karlsruhe (TH), Freier Stadtplaner ARL, FGSV, RSAI/GfR, SRL,  
Reutlingen, *Abschn. 6.1 und 6.2*, werner-koehl@t-online.de

**Könke**, Carsten, Prof. Dr.-Ing., Bauhaus-Universität Weimar,  
Institut für Strukturmechanik, *Abschn. 1.5*, carsten.koenke@uni-weimar.de



**Krätzig**, Wilfried B., Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h., Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Statik und Dynamik, *Abschn. 1.5*, wilfried.kraetzig@rub.de

**Krautzberger**, Michael, Prof. Dr., Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung, Präsident, Bonn/Berlin, *Abschn. 6.3*, michael.krautzberger@gmx.de

**Kreuzinger**, Heinrich, Univ.-Prof. i.R., Dr.-Ing., TU München, *Abschn. 3.7*, rh.kreuzinger@t-online.de

**Maidl**, Bernhard, Prof. Dr.-Ing., Maidl Tunnelconsultants GmbH & Co. KG, Duisburg, *Abschn. 4.6*, office@maidl-tc.de

**Maidl**, Ulrich, Dr.-Ing., Maidl Tunnelconsultants GmbH & Co. KG, Duisburg, *Abschn. 4.6*, u.maidl@maidl-tc.de

**Meißner**, Udo F., Prof. Dr.-Ing., habil., TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, *Abschn. 1.1*, sekretariat@iib.tu-darmstadt.de

**Meng**, Birgit, Prof. Dr. rer. nat., Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, *Abschn. 3.1*, birgit.meng@bam.de

**Meskouris**, Konstantin, Prof. Dr.-Ing. habil., RWTH Aachen, Lehrstuhl für Baustatik und Baudynamik, *Abschn. 1.5*, meskouris@lbb.rwth-aachen.de

**Moormann**, Christian, Prof. Dr.-Ing. habil., Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, *Abschn. 3.10*, info@igs.uni-stuttgart.de

**Petryna**, Yuri, S., Prof. Dr.-Ing. habil., TU Berlin, Lehrstuhl für Statik und Dynamik, *Abschn. 1.5*, yuriy.petryna@tu-berlin.de

**Petzschmann**, Eberhard, Prof. Dr.-Ing., BTU Cottbus, Lehrstuhl für Baubetrieb und Bauwirtschaft, *Abschn. 2.6.1–2.6.3, 2.6.5, 2.6.6*, petzschmann@yahoo.de

**Plank**, Johann, Prof. Dr. rer. nat., TU München, Lehrstuhl für Bauchemie, Garching, *Abschn. 1.4*, johann.plank@bauchemie.ch.tum.de

**Pulsfort**, Matthias, Prof. Dr.-Ing., Bergische Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Geotechnik, *Abschn. 4.3*, pulsfort@uni-wuppertal.de

**Rackwitz**, Rüdiger, Prof. Dr.-Ing. habil., TU München, Lehrstuhl für Massivbau, *Abschn. 1.6*, rackwitz@mb.bv.tum.de

**Rank**, Ernst, Prof. Dr. rer. nat., TU München, Lehrstuhl für Computation in Engineering, *Abschn. 1.1*, rank@bv.tum.de

**Rößler**, Günther, Dipl.-Ing., RWTH Aachen, Institut für Bauforschung, *Abschn. 3.1*, roessler@ibac.rwth-aachen.de

**Rüppel**, Uwe, Prof. Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen, *Abschn. 1.1*, rueppel@iib.tu-darmstadt.de

**Savidis**, Stavros, Univ.-Prof. Dr.-Ing., TU Berlin, FG Grundbau und Bodenmechanik – DEGEBO, *Abschn. 4.2*, savidis@tu-berlin.de

**Schermer**, Detleff, Dr.-Ing., TU München, Lehrstuhl für Massivbau, *Abschn. 3.6.2*,  
schermer@mytum.de

**Schiebl**, Peter, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., Ingenieurbüro Schiebl Gehlen Sodeikat GmbH  
München, *Abschn. 3.1*, schiessl@ib-schiessl.de

**Schlotterbeck**, Karlheinz, Prof., Vorsitzender Richter a. D., *Abschn. 6.4*,  
karlheinz.schlotterbeck0220@orange.fr

**Schmidt**, Peter, Prof. Dr.-Ing., Universität Siegen, Arbeitsgruppe Baukonstruktion,  
Ingenieurholzbau und Bauphysik, *Abschn. 1.3*, schmidt@bauwesen.uni-siegen.de

**Schneider**, Ralf, Dr.-Ing., Prof. Feix Ingenieure GmbH, München, *Abschn. 3.3*,  
ralf.schneider@feix-ing.de

**Scholbeck**, Rudolf, Prof. Dipl.-Ing., Unterhaching, *Abschn. 2.5.4*, scholbeck@aol.com

**Schröder**, Petra, Dipl.-Ing., Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, *Abschn. 3.1*,  
psh@dibt.de

**Schultz**, Gert A., Prof. (em.) Dr.-Ing., Ruhr-Universität Bochum,  
Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, *Abschn. 5.2*,  
gert\_schultz@yahoo.de

**Schumann**, Andreas, Prof. Dr. rer. nat., Ruhr-Universität Bochum,  
Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik, *Abschn. 5.2*,  
andreas.schumann@rub.de

**Schwamborn**, Bernd, Dr.-Ing., Aachen, *Abschn. 3.1*, b.schwamborn@t-online.de

**Sedlacek**, Gerhard, Prof. Dr.-Ing., RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahlbau und  
Leichtmetallbau, *Abschn. 3.4*, sed@stb.rwth-aachen.de

**Spengler**, Annette, Dr.-Ing., TU München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung,  
*Abschn. 3.1*, spengler@cbm.bv.tum.de

**Stein**, Dietrich, Prof. Dr.-Ing., Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum,  
*Abschn. 2.6.7 und 7.6*, dietrich.stein@stein.de

**Straube**, Edeltraud, Univ.-Prof. Dr.-Ing., Universität Duisburg-Essen, Institut für  
Straßenbau und Verkehrswesen, *Abschn. 7.3.2*, edeltraud-straube@uni-due.de

**Strobl**, Theodor, Prof. (em.) Dr.-Ing., TU München, Lehrstuhl für Wasserbau und  
Wasserwirtschaft, *Abschn. 5.3*, t.strobl@bv.tum.de

**Urban**, Wilhelm, Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn., TU Darmstadt, Institut WAR, Fachgebiet  
Wasserversorgung und Grundwasserschutz, *Abschn. 5.4*, w.urban@iwar.tu-darmstadt.de

**Valentin**, Franz, Univ.-Prof. Dr.-Ing., TU München, Lehrstuhl für Hydraulik und  
Gewässerkunde, *Abschn. 5.1*, valentin@bv.tum.de

**Vrettos, Christos**, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil., TU Kaiserslautern,  
Fachgebiet Bodenmechanik und Grundbau, *Abschn. 4.2*, vrettos@rhrk.uni-kl.de

**Wagner**, Isabel M., Dipl.-Ing., TU Darmstadt, Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik, *Abschn. 4.5*, [wagner@geotechnik.tu-darmstadt.de](mailto:wagner@geotechnik.tu-darmstadt.de)

**Wallner**, Bernd, Dr.-Ing., TU München, Centrum Baustoffe und Materialprüfung, *Abschn. 3.1*, [wallner@cmb.bv.tum.de](mailto:wallner@cmb.bv.tum.de)

**Weigel**, Michael, Dipl.-Ing., KIT Karlsruhe, Lehrstuhl Eisenbahnwesen Karlsruhe, *Abschn. 7.2*, [michael-weigel@kit.edu](mailto:michael-weigel@kit.edu)

**Wiens**, Udo, Dr.-Ing., Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Berlin, *Abschn. 3.2.2*, [udo.wiens@dafstb.de](mailto:udo.wiens@dafstb.de)

**Wörner**, Johann-Dietrich, Prof. Dr.-Ing., TU Darmstadt, Institut für Werkstoffe und Mechanik im Bauwesen, *Abschn. 3.8*, [jan.woerner@dlr.de](mailto:jan.woerner@dlr.de)

**Zilch**, Konrad, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., TU München, em. Ordinarius für Massivbau, *Abschn. 1.6, 3.3 und 3.10*, [konrad.zilch@tum.de](mailto:konrad.zilch@tum.de)

**Zunic**, Franz, Dr.-Ing., TU München, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, *Abschn. 5.3*, [f.zunic@bv.tum.de](mailto:f.zunic@bv.tum.de)