

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 543-2

Geodaten in der Fließgewässermodellierung
Teil 2: Bedarfsgerechte Datenerfassung und -aufbereitung

Februar 2019



DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 543-2

Geodaten in der Fließgewässermodellierung –
Teil 2: Bedarfsgerechte Datenerfassung und -aufbereitung

Februar 2019



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2019

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-748-8 (Print)

978-3-88721-749-5 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Numerische Modelle zur Simulation von Strömungsvorgängen in Fließgewässern werden seit mehreren Jahrzehnten als Analyse- und Prognosewerkzeug in nahezu allen Bereichen des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft eingesetzt. Aufgrund begrenzter Rechnerleistungen war die computergestützte Abbildung hydraulischer Prozesse dabei zunächst nur näherungsweise mittels starker Vereinfachungen in den physikalischen Grundgleichungen möglich. Mittlerweile lassen sich jedoch auch aufwendige mehrdimensionale Modellsysteme mit hoher Auflösung und Genauigkeit auf handelsüblichen Computern effizient einsetzen.

Neben der fachlich fundierten Auswahl und Handhabung von Modellierungsmethodik und Simulationssoftware hängt die Qualität einer hydraulischen Untersuchung maßgeblich von der adäquaten Abbildung der topographischen bzw. geometrischen Randbedingungen der zu modellierenden Gewässerstrecke ab. Hier treffen nun zwei Fachdisziplinen aufeinander: auf der einen Seite der Geodät bzw. Geoinformatiker, der mit der Erfassung und Bereitstellung der geometrischen Eingangsgrößen beauftragt wurde – auf der anderen Seite der Hydrauliker, der die Daten zur Erstellung seiner Modellgeometrie nutzen möchte und letztendlich den Anforderungen des Auftragsgebers an die Genauigkeit der Modellierungsergebnisse gerecht werden muss.

Fast schon sprichwörtlich ist in Fachkreisen die Antwort des Hydraulikers auf die Frage des Geodäten nach der geforderten Genauigkeit der Vermessung *„Naja, so genau wie möglich eben!“*, welche wohl kaum zur Klärung der vermessungstechnischen Aufgabenstellung beitragen kann. Die Antwort auf diese durchaus berechtigte (und notwendige) Frage ist jedoch alles andere als trivial. So geht es bei der Bestimmung der für eine Modellierung benötigten Datenbasis nicht nur um die Festlegung der tolerierbaren Messunsicherheiten einzelner Vermessungspunkte sondern vor allem auch um die differenzierte Vorgabe, welche Oberflächenstrukturen aus hydraulischer Sicht überhaupt erfasst werden müssen und welche räumliche Auflösung zu wählen ist. Hierbei sind nicht zuletzt zeitliche und ökonomische Zwänge, aber auch Fragen der technischen Machbarkeit sowohl in Bezug auf die Datenerhebung als auch die hydraulische Modellierung zu berücksichtigen und fachgebietsübergreifend zielführende Lösungen zu finden.

Aufgrund der engen Verknüpfung sowie gegenseitiger Abhängigkeiten zwischen der Strömungsmodellierung und der ihr zugrunde liegenden Geodatenbasis ist ein Dialog bzw. Informations- und Wissensaustausch zwischen den beiden Fachdisziplinen Gewässerhydraulik und Vermessungstechnik für die Qualitätssicherung sowohl in Bezug auf die Geländemodellierung als auch die hydraulischen Berechnungsergebnisse von grundlegender Bedeutung.

Die Merkblattreihe DWA-M 543 richtet sich daher gleichermaßen an Geodäten bzw. Geoinformatiker sowie Hydrauliker, um beiden Seiten zu einem vertieften Einblick in die Anforderungen und Möglichkeiten der Fließgewässermodellierung sowie die dazu benötigte Datenbasis zu verhelfen. Darüber hinaus bietet die Schrift aber auch Hilfestellungen für Fachleute aus allen anderen Disziplinen, die fließgewässerbezogene Geodaten und/oder hydraulische Modellierungsergebnisse für ihre weiterführenden Expertisen bzw. Entscheidungsfindungen nutzen und mehr Sicherheit in der eigenen Bewertung der Genauigkeit und Aussagekraft topographischer Informationen und darauf aufbauender Strömungssimulationen gewinnen möchten. Nicht zuletzt ist die Auseinandersetzung mit den Methoden der Datenerfassung und Modellierungstechnik aber auch für die Verantwortlichen in Behörden und Unternehmen bedeutsam, um Auftragsvergaben fachlich und ökonomisch abzusichern und ein fundiertes Qualitätsmanagement gewährleisten zu können.

Das Merkblatt wird in folgenden drei Teilen veröffentlicht:

- Teil 1: Grundlagen und Verfahren (Merkblatt DWA-M 543-1)
- Teil 2: Bedarfsgerechte Datenerfassung und -aufbereitung (Merkblatt DWA-M 543-2)
- Teil 3: Aspekte der Strömungsmodellierung und Fallbeispiele (Merkblatt DWA-M 543-3)

Teil 1 erläutert die grundlegenden fachspezifischen Terminologien und gibt eine Übersicht in Bezug auf Verfahren der Strömungsmodellierung sowie Vermessungsmethoden zur Erhebung fließgewässerbezogener Geodaten. Der vorliegende zweite Teil der Merkblattreihe liefert konkrete Handlungsempfehlungen zur Erfassung und Aufbereitung der Geodatenbasis in Abhängigkeit der einer Modelluntersuchung zugrunde liegenden Anforderungen. Teil 3 behandelt fortführende Arbeitsschritte zur Erstellung und Gütesicherung des Strömungsmodells und illustriert den im Rahmen der Merkblattreihe behandelten Themenkomplex anhand ausgewählter Praxisbeispiele.

Angesichts aktueller Innovationen im Bereich der Fernerkundung sowie des kontinuierlichen Ausbaus moderner und standardisierter Geodienste sind in den kommenden Jahren weitere Fortschritte hinsichtlich der Verfügbarkeit regelmäßig aktualisierter und hochaufgelöster Fließgewässerdaten sowie deren Integration in Fließgewässermodelle zu erwarten. Dem fachlichen Austausch zwischen den involvierten Fachdisziplinen und der Weiterentwicklung effizienter Daten- bzw. Modellschnittstellen wird auch zukünftig eine wesentliche Aufgabe zukommen. Die Verfasser hoffen, mit dem vorliegenden Merkblatt hierzu einen Beitrag leisten zu können.

Karlsruhe, im Dezember 2018

Peter Oberle
(Sprecher der AG WW-3.2)

Ettlingen, im Dezember 2018

Andreas Dittrich
(Obmann des FA WW-3)

In diesem Arbeitsblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird im Hinblick auf einen gut verständlichen und lesefreundlichen Text verallgemeinernd die männliche Form verwendet. Alle Informationen beziehen sich in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

Verfasser

Das Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe WW-3.2 „Mehrdimensionale numerische Modelle“ im DWA-Fachausschuss WW-3 „Hydraulik“ des DWA-Hauptausschusses „Wasserbau und Wasserkraft“ (HA WW) erstellt. An der Erarbeitung dieses Merkblatts haben nachfolgende Personen mitgewirkt:

OBERLE, Peter	Dr.-Ing., Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe (Sprecher)
BERNREUTHER, Andreas	Dipl.-Ing., Wald+CORBE Consulting GmbH, Hügelsheim
HE, Yingping	Dr.-Ing., Rehm Software GmbH, Berg/Ravensburg
KOWALSKI, Reinhard	Dipl.-Ing., Ingenieurbüro valitec® simulations, Aachen
MANDLBURGER, Gottfried	Dipl.-Ing. Dr. techn., Department für Geodäsie und Geoinformation (E 120.7), Technische Universität Wien, Wien
MUSALL, Mark	Dr.-Ing., Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
SCHRÖDER, Paul Michael	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
VÖGTLE, Thomas	Dr.-Ing., Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
WEIDNER, Uwe	Dr.-Ing., Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

Als Gäste haben mitgewirkt:

BROCKMANN, Herbert	Dipl.-Ing., Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
BRUDY-ZIPPELIUS, Thomas	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
CZERNY, Rebekka	Dr.-Ing., Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
RIESTERER, Jochen	Dipl.-Ing., Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe
TRENKLE, Jürgen	Dipl.-Ing., Ingenieurteam Trenkle GmbH, Karlsruhe
VETSCH, David Florian	Dr. sc., Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
WENKA, Thomas	Dr.-Ing., Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

SCHRENK, Georg	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
----------------	--

Inhalt

Vorwort	.....	3
Verfasser	.....	5
Bilderverzeichnis	.....	7
Tabellenverzeichnis	.....	9
Hinweis für die Benutzung	.....	10
1 Anwendungsbereich	.....	10
2 Begriffe	.....	11
2.1	Definitionen.....	11
2.2	Abkürzungen.....	11
2.3	Symbole.....	13
3 Auswahl des Strömungsmodells und Datenanforderungen	.....	14
3.1	Voranalyse des Untersuchungsgebiets.....	14
3.2	Kriterien der Modellwahl.....	14
3.2.1	Strömungscharakteristik im Untersuchungsgebiet.....	14
3.2.2	Zielgrößen der Untersuchung.....	16
3.2.3	Integrale Betrachtung im Gesamtkontext.....	17
3.3	Festlegung der Modellgrenzen.....	17
3.4	Anforderungen an die Geodatengrundlage.....	18
3.4.1	Allgemeines.....	18
3.4.2	Kriterien zur Definition der geforderten Datenqualität.....	18
3.4.3	Strukturabhängige Gebietsaufteilung.....	19
3.4.4	Festlegung der erforderlichen Datengenauigkeit.....	22
3.4.5	Behandlung der Oberflächencharakteristik.....	25
4 Nutzung vorhandener Geodatenätze	.....	28
4.1	Allgemeines.....	28
4.2	Deutschland.....	29
4.2.1	Vorbemerkungen.....	29
4.2.2	Amtlich Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS).....	30
4.2.3	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS).....	31
4.2.4	Topographische Daten.....	31
4.2.5	Bildinformationen.....	36
4.2.6	Gewässerspezifische Informationen.....	36
4.2.7	Bauwerksspezifische Informationen.....	37
4.3	Österreich.....	38
4.4	Schweiz.....	39
4.5	Satellitenbasierte Geländemodelle.....	40
4.6	Sonstige Daten.....	41
5 Bedarfsgerechte Datenaufnahme	.....	42
5.1	Allgemeines.....	42

5.2	Geometrie der Flusssohle	43
5.3	Geometrie der Uferbereiche und Wasser-Land-Grenzlinie	52
5.4	Geometrie von Bauwerken im Abflussquerschnitt	54
5.5	Geometrie der Vorlandflächen	58
5.6	Geometrie von Vorlandbauwerken	62
5.7	Überflutungsgrenzen/Wasserstandsfixierung	65
5.8	Oberflächenbeschaffenheit/Vegetation	66
6	Datenprüfung und Qualitätsstandards	68
6.1	Allgemeines	68
6.2	Geländeaufnahme (Vorland)	68
6.2.1	Terrestrische Geländeaufnahme	68
6.2.2	Flugzeuggetragenes Laserscanning	69
6.2.3	Terrestrisches und mobiles Laserscanning	72
6.2.4	Photogrammetrie	73
6.3	Gewässervermessung	74
6.3.1	Terrestrisch	74
6.3.2	Echolot	77
6.3.3	Laser-Bathymetrie	81
7	DGM-W-Erstellung	82
7.1	Allgemeines	82
7.2	Wasseroberflächenmodell	82
7.3	Wasser-Land-Grenzlinie	83
7.4	Bathymetrie/Gewässerbett	86
7.5	Geländekanten	88
7.6	Gebäude	90
7.7	Zusammenführung der Datensätze zum DGM-W	91
7.8	Datenquellenkarten	93
7.9	DGM-W-Datenreduktion	94
	Quellen und Literaturhinweise	95

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Exemplarische Darstellung abfluss- und nicht abflusswirksamer Bereiche bei der Vorlandüberströmung an einer Neckarkrümmung	15
Bild 2:	Schemaskizze zur Zonierung des Untersuchungsgebiets	22
Bild 3:	Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Genauigkeitsanforderungen im Untersuchungsgebiet	23
Bild 4:	Exemplarische Darstellung unterschiedlicher Vegetationsklassen im Untersuchungsgebiet	28
Bild 5:	Basis-DLM (links) und DLM50 (rechts)	31
Bild 6:	Definitionsskizze zur Repräsentationsgüte bzw. der Messunsicherheit von Einzelpunkten	43
Bild 7:	Lage von Querprofilen bei der Vermessung gekrümmter Gewässer	45

Bild 8:	Aufzunehmende Daten bei einer Brücke (links) und einem Rohrdurchlass (rechts).....	62
Bild 9:	Ableitung von Hochwasserständen aus Luftbildern (links) oder über Geschwemmsellinien (rechts).....	66
Bild 10:	links: Automatisierte Korngrößenerkennung bei einer Kieselsohle; rechts: Beispiel einer Sieblinie.....	67
Bild 11:	Stichprobenartige Vegetationserfassung vor Ort; links: Vegetationsdichte; rechts: Baumabstände und -durchmesser.....	67
Bild 12:	Punktdichtekarte, (a) Orthobild, (b) Streifenpunktdichte der letzten Echos (last pulse), (c) Punktdichte des Flugblocks, (d) Bodenpunktdichte.....	70
Bild 13:	Mosaik von vertikalen Streifendifferenzen eines Flugblocks.....	71
Bild 14:	Prinzipiskizze zur Positionierung der Messpunkte in einem Querprofil.....	76
Bild 15:	Systemkomponenten eines Fächerecholots.....	78
Bild 16:	Typische ALS-Punktdichtekarte bei Wasserflächen.....	83
Bild 17:	Digitalisieren der WLG auf Basis von (a) Orthobild, (b) DGM-Schummerung: Beleuchtungsrichtung aus Norden, (c) DGM-Schummerung: Beleuchtungsrichtung von Osten.....	84
Bild 18:	Prinzipiskizze zur zweistufigen Ableitung der WLG aus dem Verschnitt von DGM bzw. DGM-W und DWM.....	85
Bild 19:	Wasserflächendetektion nach HÖFLE et al. (2009), Inn bei Rossau/Innsbruck.....	85
Bild 20:	Segementierte ALS-Punktwolke als Basis für WLG-Bestimmung nach DÖRNINGER (2011).....	86
Bild 21:	Prinzipiskizze zur Interpolation von Querprofildaten.....	88
Bild 22:	Schematisches Beispiel zur Querprofilinterpolation mittels TIN und morphologischer Verdichtung; Höhenlinien und Perspektivansicht des Gewässerbetts.....	88
Bild 23:	Manuelle Erfassung von Geländekanten in einer GIS-Umgebung: a) Reliefschummerung des ALS-DGMs, Beleuchtungsrichtung: Nord-West, Uferböschung und Hafenanlage nicht erkennbar; b) Beleuchtung aus West, guter Kontrast bei Uferböschung aber schlechter Kontrast bei Straße; c) Beleuchtung aus Nord, sehr guter Kontrast bei Straße.....	89
Bild 24:	Automatisch detektierte Startsegmente: (a) und automatisch modellierte 3D-Geländekanten (b) jeweils blau, Rastergrafik: DGM-Schummerung überlagert mit Höhenkodierung.....	90
Bild 25:	Verschiedene Repräsentationsformen von Gebäuden im DGM-W: (a) 2D als Aussparungsflächen, (b) 3D als generalisierte Dachflächen.....	90
Bild 26:	Auffüllen von datenlosen Bereichen. Distanzkarte, die in jedem Pixel die Entfernung zum nächstliegenden Datenpunkt angibt; b) Detail: originale Laserpunkte (schwarz) und eingerechnete Zwischenpunkte (rot).....	92
Bild 27:	DGM-W in hybrider Datenstruktur (Gitter + Gelände- und Bauwerkskanten); links: Saar, Kraftwerk Schoden (Wiltinger Bogen); rechts: Main, Kraftwerk Wallstadt.....	93
Bild 28:	Datenquellenkarte, DGM-W Main (1km ² -Kachel).....	93
Bild 29:	Originale DGM-W in hybrider Datenstruktur, Gitterweite: 2 m (a) und generalisierte TINs, (b) hierarchische Unterteilung (quad-tree), $\Delta z_{\max} = 25$ cm, Reduktionsrate: 83 %, (c) unregelmäßige Unterteilung, $\Delta z_{\max} = 25$ cm, Reduktionsrate: 94 %.....	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Genauigkeitsanforderungen unterschiedlicher hydraulischer Aufgabenstellungen an die Geobasisdaten	24
Tabelle 2: Klassifizierung der Oberflächencharakteristik für HN-Modelle	26
Tabelle 3: Vermessungs- und Katasterverwaltungen der Bundesländer (Stand: November 2016)	29
Tabelle 4: Angebot der DGK5 (Stand: November 2016)	32
Tabelle 5: Angebot der Digitalen Geländemodelle (Stand: November 2016)	34

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

1 Anwendungsbereich

In Zusammenhang mit den vielfältigen gewässerhydraulischen Fragestellungen im Bereich von Hochwasserschutz, Gewässerökologie, Wasserkraft und Verkehrswasserbau gehört der Einsatz ein- und mehrdimensionaler numerischer Modelle zur Strömungssimulation mittlerweile zum *State-of-the-Art* der Ingenieurspraxis. Die Qualität eines Strömungsmodells hängt hierbei wesentlich von der zugrunde liegenden Datenbasis zur geometrischen Beschreibung des Gewässerverlaufs bzw. der Fluss-/Vorlandtopographie ab. In aller Regel erfolgt die originäre Datenerhebung dabei nicht durch den Hydrauliker selbst, sondern durch spezialisierte Fachleute aus den Bereichen Geodäsie und Fernerkundung. Beiderseitig existieren oftmals Wissensdefizite in Bezug auf den jeweils anderen Fachbereich, welche zu Missverständnissen führen können. Dies gilt einerseits hinsichtlich Datenbedarf und Güteanforderungen aber andererseits auch für die Möglichkeiten der entsprechenden Datenerfassung und -weiterverarbeitung.

Die konkrete Spezifizierung der Anforderungen an die Geodatengrundlage der Fließgewässermodellierung hängt in direkter Weise vom Genauigkeitsanspruch und der Methodik der hydraulischen Modellierung ab. Zudem sind die individuellen morphologischen Eigenschaften und Vegetationszustände des Gewässers und der angrenzenden Vorlandflächen für die Festlegung der notwendigen Daten und die Auswahl bedarfsgerechter Aufnahmeverfahren ausschlaggebend.

Insbesondere bei unregelmäßigen Gewässerverläufen und bei gesamtheitlicher Erfassung von Fluss-/Vorlandgebieten zur Hochwassersimulation werden sich die Anforderungen an die geometrische Datenerfassung nicht zwangsläufig gleichmäßig über das gesamte Untersuchungsgebiet erstrecken. So stellt bei komplexen topographischen Gegebenheiten und hoher struktureller Vielfalt bereits die Festlegung der hydraulisch relevanten Geometrien seitens des Hydraulikers eine Herausforderung dar. Zur anschließenden Datenerhebung sind i.d.R. unterschiedliche Aufnahmemethoden einzusetzen, deren Ergebnisse zunächst umfassend aufbereitet und schließlich zu einem flächendeckenden Digitalen Geländemodell inkl. des Wasserlaufs (DGM-W) zusammengeführt werden. Dieses dient im Weiteren als Grundlage für die Erstellung der Modellgeometrie einer hydraulischen Simulation.

Im vorliegenden Teil 2 des Merkblatts DWA-M 543 werden in Abschnitt 3 „Auswahl des Strömungsmodells und Datenanforderungen“ zunächst Vorschläge für eine räumliche Untergliederung (Zonierung) des Untersuchungsgebiets in Bezug auf hydraulisch relevante Struktureigenschaften und die