

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 641**

Methoden zur Charakterisierung von Grundwasser-See Interaktionen

Juli 2023

### **Entwurf**

Frist zur Stellungnahme: 30. September 2023

#### **Hinweis zur Abgabe von Stellungnahmen**

Stellungnahmen im Rahmen des Beteiligungsverfahrens (Ergänzungen, Änderungen oder Einsprüche zum Entwurf einer Regelwerkspublikation, Gelbdruck) können von der DWA urheberrechtlich verwertet werden.

Mit der Abgabe einer Stellungnahme räumt die stellungnehmende Person der DWA die Nutzungsrechte an etwaigen schutzfähigen Inhalten ihrer Stellungnahme unentgeltlich zeitlich, räumlich sowie inhaltlich unbeschränkt ein. Die stellungnehmende Person wird in der Publikation nicht namentlich genannt.

VORSCHAU

## Gemeinsames Merkblatt

der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e. V. (DGL),

der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

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](mailto:info@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2023

**Satz:**

Christiane Krieg, DWA

**Druck:**

druckhaus köthem GmbH & Co KG

**ISBN:**

978-3-96862-585-0 (Print)

978-3-96862-586-7 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

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

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

## 1 Vorwort

2 Das Merkblatt DWA-M 641 „Methoden zur Charakterisierung von Grundwasser-See Interaktionen“  
3 wurde entwickelt, um die Lücke zwischen der Seenkunde und der Hydrogeologie zu schließen, da die  
4 Interaktion zwischen Grundwasser und See eine wichtige Rolle für beide Wasserkörper spielt. Das  
5 Merkblatt soll den aktuellen Stand der Technik darstellen und damit die Basis für fachgerechte Un-  
6 tersuchungen sein und gegebenenfalls die Entwicklung von Maßnahmen unterstützen.

7 Da sowohl das Grundwasser als auch die Seen in Mitteleuropa den zunehmenden Folgen der Klima-  
8 krise ausgesetzt sind, ist die Kenntnis über die Austauschvorgänge zwischen Grundwasser und See  
9 sowohl hinsichtlich Menge als auch Wasserinhaltsstoffen von großer Bedeutung. In Zukunft ist mit  
10 weiter abnehmenden Neubildungsraten für das Grundwasser zu rechnen und damit auch mit vermin-  
11 derten Zustromraten aus dem Grundwasser in Seen. Bei gleichbleibenden Nährstofffrachten kann  
12 dies vor allem Auswirkungen auf die Wasserqualität und Eutrophierung von Seen haben. Aber auch  
13 der zunehmende Siedlungs- und Nutzungsdruck auf die Seen mit deren ober- und unterirdischen Ein-  
14 zugsgebieten stellt das wasserwirtschaftliche Management vor weitere Herausforderungen zusam-  
15 men mit dem Klimawandel.

16 Das Merkblatt befasst sich zunächst mit den Methoden, um die Wasserbilanz des Einzugsgebiets nach  
17 dem aktuellen Stand der Technik erfassen zu können und beschreibt kurz die wesentlichen Prozesse  
18 in Seen. Hier sei vor allem auf die weiterführende Fachliteratur und das Regelwerk der DWA verwie-  
19 sen, um die im Merkblatt enthaltenen Informationen zu ergänzen. Im Merkblatt wurde ein Schwer-  
20 punkt auf die messtechnische Erfassung der Wasseraustauschraten gelegt und es werden physikali-  
21 sche, chemische und biologische Methoden aufgezeigt.

22 Ein weiterer Schwerpunkt des Merkblatts liegt in der Anwendung von numerischen Modellen, um ei-  
23 nerseits quantitative Aussagen zu den Austauschraten zu erhalten und andererseits die gemessenen  
24 Informationen interpretieren zu können. Denn vor allem die unterschiedliche Dynamik in den Seen  
25 gegenüber dem Grundwasser macht den Einsatz von numerischen Werkzeugen zur Identifizierung der  
26 Austauschprozesse unabdingbar. Für das Grundwasser ist hier auf das Regelwerk des DVGW mit dem  
27 Arbeitsblatt W 107 und den Leitfäden der FH-DGG hinzuweisen. Die Anwendung von Seemodellen ist  
28 im Merkblatt entsprechend ausführlicher beschrieben. Zusätzlich gibt das Merkblatt auch Hinweise,  
29 mit welchen Aufwendungen bei der Anwendung zu rechnen ist.

30 Das Merkblatt ist zunächst an Fachbehörden und Fachbüros adressiert. Es gibt aber auch Hinweise, um  
31 politische Entscheidungsprozesse im Management von Seen und deren Einzugsgebiet zu unterstützen.  
32 Hier soll vor allem der nicht zu unterschätzende Aufwand für eine fachgerechte Untersuchung und Pla-  
33 nung von Maßnahmen vermittelt werden. Mit der Einbindung von numerischen Methoden ermöglicht die  
34 im Merkblatt vorgeschlagene Vorgehensweise auch die Prognose bei veränderten Rahmenbedingungen,  
35 zum Beispiel bei sich weiterhin ändernden hydrologischen Verhältnissen auf Grund des Klimawandels.

36 Die in dem Merkblatt dokumentierten Methoden basieren auf Forschungsprojekten, die von der Deut-  
37 schen Forschungsgemeinschaft und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert  
38 wurden. Wichtige Bausteine der Veröffentlichung wurden im Rahmen des vom BMBF geförderten Ver-  
39 bundprojekts SEEZEICHEN des Förderschwerpunkts Nachhaltiges Wassermanagement bearbeitet.  
40 Für weitergehende detaillierte Informationen sei auf die Forschungsliteratur verweisen.

41 Leinfelden-Echterdingen, im Mai 2023

Ulrich Lang

42 In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personen-  
43 bezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die  
44 weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich,  
45 wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise  
46 auf alle Geschlechter.

- 1 **Frühere Ausgaben**
- 2 Kein Vorgängerdokument
- 3 **DWA-Klimakennung**
- 4 Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung aus-  
5 gezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach  
6 erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Kli-  
7 maschutz auseinandersetzt. Das vorliegende Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:
- 8 **KA2** = Das Merkblatt hat direkten Bezug zur Klimaanpassung
- 9 **KS2** = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern
- 10 Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimaken-  
11 nung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter [www.dwa.de/klimakennung](http://www.dwa.de/klimakennung) verfügbar ist.

### **Frist zur Stellungnahme**

Dieses Merkblatt wird bis zum

**30. September 2023**

zur Diskussion gestellt. Für den Zeitraum des öffentlichen Beteiligungsverfahrens kann der Entwurf kostenfrei im DWA-Entwurfsportal (DWA-direkt): [www.dwa.de/entwurfsportal](http://www.dwa.de/entwurfsportal) eingesehen werden.

Dort und unter [www.dwa.de/Stellungnahmen-Entwurf](http://www.dwa.de/Stellungnahmen-Entwurf) finden Sie eine digitale Vorlage für Ihre Stellungnahme.

### **Hinweis zur Abgabe von Stellungnahmen**

Stellungnahmen im Rahmen des Beteiligungsverfahrens (Ergänzungen, Änderungen oder Einsprüche zum Entwurf einer Regelwerkspublikation, Gelbdruck) können von der DWA urheberrechtlich verwertet werden. Mit der Abgabe einer Stellungnahme räumt die stellungnehmende Person der DWA die Nutzungsrechte an etwaigen schutzfähigen Inhalten ihrer Stellungnahme unentgeltlich zeitlich, räumlich sowie inhaltlich unbeschränkt ein. Die stellungnehmende Person wird in der Publikation nicht namentlich genannt.

Stellungnahmen sind zu richten – gerne auch per E-Mail – an:  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef  
**soelter@dwa.de**

## 1 Verfasserinnen und Verfasser

2 Dieses Merkblatt wurde von der DWA/DGL-Arbeitsgruppe GB-3.7 „Methoden zur Charakterisierung  
3 von Grundwasser-See-Systemen und deren Interaktion“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Ge-  
4 wässer und Boden“ (HA GB) im Fachausschuss GB-3 „Natürliche und künstliche Seen“ erarbeitet.

5 An der Erarbeitung des Merkblatts haben folgende Personen mitgewirkt:

LANG, Ulrich	Dr.-Ing., Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Leinfeld-Echterdingen (Sprecher)
LEWANDOWSKI, Jörg	PD Dr. rer. nat., Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Abteilung Ökohydrologie und Biogeochemie, Berlin und Humboldt Universität Berlin, Geographisches Institut, Berlin (stellv. Sprecher)
FAIBT, Michael	Dipl.-Ing. (FH), BWV-Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung, Bereich Qualitätssicherung u. Forschungslabor, Sipplingen-Süßenmühle
GILFEDDER, Benjamin Silas	Dr. rer. nat., Universität Bayreuth, Limnologische Forschungsstation, Bayreuth
HANNAPPEL, Stephan	Dr., HYDOR Consult GmbH, Berlin
KRAHN, Kim Jasmin	Dr., TU Braunschweig, Institut für Geosysteme und Bioindikation, Braunschweig
SCHWALB, Antje	Prof. Dr., TU Braunschweig, Institut für Geosysteme und Bioindikation, Braunschweig
WOLF, Thomas	Dr., LUBW, Institut für Seenforschung, Langenargen

6 Die Arbeitsgruppe GB-3.7 „Methoden zur Charakterisierung von Grundwasser-See-Systemen und de-  
7 ren Interaktion“ ist dem DWA/DGL-Fachausschuss GB-3 „Natürliche und künstliche Seen“ zugeord-  
8 net, dem folgende Mitglieder angehören:

SOMMERHÄUSER, Mario	Dr. rer. nat., Abteilungsleiter Fluss und Landschaft, Emschergenossenschaft und Lippeverband, Essen (Obmann)
ROSE, Udo	Dipl.-Biol., Dr. rer. nat., Erftverband, Bergheim (stellv. Obmann)
GRÜNEBERG, Björn	Dr. rer. nat., Prüfleiter FB IV-2, Landeslabor Berlin-Brandenburg, Berlin
KRAUSE, Dieter	Dr., Aurach
LANG, Ulrich	Dr.-Ing., Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Leinfeld-Echterdingen
SPIEKER, Jürgen	Dr., KLS Gewässerschutz GmbH, Hamburg

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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

1	<b>Inhalt</b>	
2	<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
3	<b>Verfasserinnen und Verfasser</b> .....	<b>5</b>
4	<b>Bilderverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
5	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
6	<b>Hinweis für die Benutzung</b> .....	<b>10</b>
7	<b>Einleitung</b> .....	<b>10</b>
8	<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>12</b>
9	<b>2 Verweisungen</b> .....	<b>13</b>
10	<b>3 Begriffe</b> .....	<b>13</b>
11	3.1 Definitionen .....	13
12	3.2 Abkürzungen .....	15
13	3.3 Formelzeichen .....	17
14	<b>4 Einzugsgebiet</b> .....	<b>19</b>
15	4.1 Vorbemerkung .....	19
16	4.2 Oberirdisches Einzugsgebiet .....	19
17	4.2.1 Datenbasis .....	19
18	4.2.2 Hydrologisches Modell .....	19
19	4.3 Unterirdisches Einzugsgebiet .....	20
20	4.3.1 Datenbasis .....	20
21	4.3.2 Hydrogeologisches Modell .....	21
22	<b>5 Seen</b> .....	<b>21</b>
23	5.1 Seetypen .....	21
24	5.2 Physikalische Prozesse .....	22
25	5.3 Chemische Prozesse .....	23
26	5.4 Biologie .....	26
27	5.5 Langzeitmonitoring mit Sedimentkernen .....	27
28	<b>6 Grenzzone Grundwasser – See</b> .....	<b>29</b>
29	<b>7 Messmethoden und Werkzeuge zur Identifizierung und</b>	
30	<b>Quantifizierung von Grundwasserzustrom</b> .....	<b>31</b>
31	7.1 Physikalische Methoden/Werkzeuge .....	31
32	7.1.1 Seepagemeter .....	31
33	7.1.2 Hydraulische Gradienten .....	33
34	7.1.3 Temperatur als Tracer .....	35
35	7.1.4 Wasserbilanz .....	37
36	7.1.5 Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet .....	38
37	7.2 Chemische und isotopische Methoden .....	39
38	7.2.1 Allgemeines .....	39
39	7.2.2 Chlorid .....	40

1	7.2.3	Stabile Wasser-Isotope .....	42
2	7.2.4	Radon-222.....	44
3	7.2.5	Organische Spurenstoffe.....	46
4	7.3	Biologische Methoden/Werkzeuge.....	46
5	7.3.1	Allgemeines .....	46
6	7.3.2	Artenspektren von Bioindikatoren .....	46
7	7.3.3	Indikator-Arten .....	47
8	7.3.4	Stabile Isotopenanalysen an kalkschaligen Organismen .....	49
9	7.4	Statistische Auswertungsmethoden .....	49
10	<b>8</b>	<b>Messmethoden und Werkzeuge zur Quantifizierung von</b>	
11		<b>grundwasserbürtigen Stoffflüssen .....</b>	<b>53</b>
12	8.1	Allgemeines .....	53
13	8.2	Grundwassermessstellen.....	53
14	8.3	Piezometer und Mini-Piezometer .....	54
15	8.4	Mini-Point Sampler.....	55
16	8.5	Multilevel-Piezometer .....	56
17	8.6	Seepage-Meter .....	57
18	<b>9</b>	<b>Modellwerkzeuge.....</b>	<b>58</b>
19	9.1	Grundwassermodell .....	58
20	9.2	Mischungsrechnung .....	59
21	9.3	Chemische Modellierung.....	60
22	9.4	Seenmodellierung .....	61
23	9.4.1	Allgemeines .....	61
24	9.4.2	Hydrodynamische Modellierung von Seewasserkörpern .....	62
25	9.4.3	Tracer-Transportmodelle.....	63
26	9.4.4	Inverse Ermittlung von Grundwasserzutritten.....	64
27	9.5	Gekoppelte Grundwasser-See-Modellierung .....	65
28	9.6	Modelle und Realität.....	67
29	9.7	Modellüberprüfung.....	67
30	9.8	Fazit.....	68
31	<b>10</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>69</b>
32	<b>11</b>	<b>Kosten- und Umweltauswirkungen .....</b>	<b>70</b>
33		<b>Quellen und Literaturhinweise .....</b>	<b>71</b>

1	<b>Bilderverzeichnis</b>	
2	Bild 1: Laterale Abweichung des ober- vom unterirdischen Einzugsgebiet von etwa	
3	zwei Kilometer anhand eines Beispiels am Arendsee in Sachsen-Anhalt .....	20
4	Bild 2: Labile Schichtung des Sees im Frühjahr (a), thermische Schichtung im Sommer	
5	bis Herbst (b), labile Schichtung des Bodensees im Spätherbst bis Winter (c)	
6	und Vollzirkulation im Februar bis März (d) .....	23
7	Bild 3: Tiefenprofil-Werte von Calcium über einen Jahresverlauf von vier	
8	Quartalen der Freiwassermessstellen .....	24
9	Bild 4: Langfristige Entwicklung der Gesamtphosphorkonzentrationen	
10	veröffentlicht von IGKB .....	25
11	Bild 5: Grundwasserzustrom zu einem See bei homogenem Aquifer.	
12	a) Aufsicht: Fließpfade senkrecht zur Uferlinie fokussieren sich auf Buchten.	
13	b) Schnitt: Fließpfade senkrecht zum Seeboden fokussieren sich auf den	
14	Uferbereich .....	29
15	Bild 6: Grundwasserzustrom zu einem See bei heterogenem Grundwasserleiter.	
16	a) Schnitt: erhöhter Grundwasserzustrom in einem Horizont mit erhöhter	
17	hydraulischer Durchlässigkeit. b) Schnitt durch Grundwassersystem mit zwei	
18	Grundwasserleitern, die durch einen Geringleiter ( <i>Aquitard</i> ) getrennt werden:	
19	erhöhter Grundwasserzustrom in Ufernähe und direkt unter dem	
20	Grundwassergeringleiter .....	30
21	Bild 7: Seepagemeter zur Quantifizierung des lakustrinen Grundwasserzustroms .....	32
22	Bild 8: Grundwassermessstellen zur Quantifizierung des lakustrinen Grundwasser-	
23	zustroms basierend auf dem Darcy-Gesetz. a) Messung der Wasserstands-	
24	gradienten zwischen zwei Grundwassermessstellen. b) Messung des	
25	Grundwasserzustroms zwischen einer landseitigen Messstelle und dem See.	
26	c) Messung des vertikalen Grundwasserzustroms in einer seeseitigen	
27	Messstelle .....	34
28	Bild 9: Verwendung von Temperaturlanzen zur Quantifizierung des lakustrinen	
29	Grundwasserzustroms. a) Temperaturlanze zur Messung der Temperaturen	
30	in verschiedenen Sedimenttiefen. b) Auswertung anhand der Krümmung	
31	des Temperaturtiefenprofils. c) Auswertung anhand der Phasenverschiebung	
32	und/oder Dämpfung der Amplitude von zwei Temperaturzeitreihen in	
33	verschiedenen Sedimenttiefen. Die Positionen der Temperatursensoren	
34	der violetten und grünen Zeitreihe sind in a) dargestellt .....	35
35	Bild 10: Die räumlich-verteilte Temperaturmessung mit einem Glasfaserkabel	
36	( <i>fibre-optic distributed temperature sensing</i> – fo-DTS) dient zur Mustererkennung ..	36
37	Bild 11: Wasserspiegel-Fluktuations Methode .....	38
38	Bild 12: Allgemeines konzeptionelles Modell der Verwendung von Tracern zur	
39	Identifizierung und Quantifizierung von Grundwasserzu- und -abstrom von Seen ..	40
40	Bild 13: Übersicht über Fraktionierungsprozesse, die die Isotopensignatur	
41	von Wasser bestimmen .....	42
42	Bild 14: Landseitige Sauerstoff-Isotopensignaturen des Grundwassers im	
43	Uferbereich des Arendsees .....	43
44	Bild 15: Rn-222-Konzentrationen über dem Seeboden im Steißlinger See,	
45	Baden-Württemberg 2017 .....	45
46	Bild 16: Potenzielle Bioindikatoren für die Identifizierung von Grundwasserzutritten	
47	in Seen. A: <i>Pseudocandona marchica</i> (Ostrakode), B: <i>Darwinula stevensoni</i> (Ostrakode),	
48	C: <i>Prionocypris zenkeri</i> (Ostrakode), D: <i>Microtendipes pedellus</i> -type (Chironomide),	
49	F: Makrophytenbesatz in einem Quellaufstiegsgebiet .....	48

1	Bild 17:	Multiparametrische statistische Darstellungsformen zur Klassifizierung	
2		unterschiedlicher Wasserproben aus dem Bereich Mehrerau. Von links nach	
3		rechts – Dendrogramm-Plot, Matrixscatterplot Probencluster-Boxplot .....	50
4	Bild 18:	NMDS-Analyse von Merkmalsvektoren der Wasserproben aus dem Bereich	
5		Mehrerau .....	51
6	Bild 19:	Bohrung einer Grundwassermessstelle .....	54
7	Bild 20:	Errichtung eines Piezometers mit 2 Zoll Durchmesser mit Handbohrer .....	55
8	Bild 21:	Mini-Point Sampler in einem Bachbett .....	56
9	Bild 22:	Multilevel-Piezometer mit Probenahme am linken Piezometer .....	56
10	Bild 23:	Zum Einbau hergerichteter Seepage-Meter mit Beschwerung und	
11		Sammelbeutel im grauen Kasten.....	57
12	Bild 24:	Mit PHREEQC in einer inversen Modellierung errechnete Grundwasseranteile	
13		in Seebodennähe im Steisslinger See – von links nach rechts – im März 2017,	
14		Juli 2017 und November 2017 .....	60
15	Bild 25:	Beispiel für die Simulation der Ausbreitung von Radon-haltigem Grundwasser	
16		im Bodensee .....	64
17	Bild 26:	Modellierte Radonkonzentrationen für verschiedene Zustromraten und	
18		Messwerte im Februar 2017 mit Darstellung der Messpositionen in der	
19		Bregenzer Bucht .....	65
20	Bild 27:	Zeitskalen der Prozesse im See und im Grundwasser .....	66
21	Bild 28:	Kopplungskonzept bei der Modellierung des Austauschs von Masse und Energie	
22		zwischen See und Grundwasserleiter, vom Grundwassermodell werden die	
23		Austauschraten $Q(x,t)$ , die Massenflüsse $(x,t)$ und gegebenenfalls	
24		Wassertemperaturen $T(x,t)$ an das Seemodell übergeben, vom Seemodell	
25		werden die Seewasserstände $h(x,t)$ , die Stoffkonzentrationen $c(x,t)$ und	
26		gegebenenfalls die Wassertemperaturen $T(x,t)$ an das Grundwassermodell	
27		übergeben.....	66
28	<b>Tabellenverzeichnis</b>		
29	Tabelle 1:	Größenordnungen der hydraulischen Leitfähigkeiten $k_f$ der einzelnen	
30		Korngrößen nach DIN 18130-1 .....	34
31			

1

## 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.

## 2 Einleitung

3 Seen sind ein wesentlicher Bestandteil der mitteleuropäischen Landschaft und häufig einem hohen  
4 Nutzungs- und Siedlungsdruck ausgesetzt. Seen stehen oftmals in Verbindung zu anderen oberirdi-  
5 schen Gewässern oder werden von diesen gespeist. Bei Quellseen beginnen die Fließgewässer am  
6 Ausfluss des Sees. Mit dem Untergrund besteht – je nach Ausprägung und Durchlässigkeit der Sedi-  
7 mente am Seeboden – eine hydraulische Verbindung zum Grundwasser durch Kopplung der Seen mit  
8 dem Grundwasserleiter. Damit ergibt sich eine Vielzahl von Eintragungsmöglichkeiten in Seen, die sowohl  
9 den Wasserhaushalt als auch den Stoffhaushalt der Seen bestimmen.

10 Der Eintragungspfad über das Grundwasser ist für viele Seen quantitativ sehr bedeutsam und kann lang-  
11 fristige Auswirkungen auf Seen haben. Oft wird dieser Pfad als die vergessene oder verborgene Kom-  
12 ponente der Wasserbilanz bezeichnet, da diese nicht sichtbar und schwer messbar ist sowie von der  
13 Heterogenität des Aquifers und Sediments abhängt. Daraus ergibt sich das Ziel, diese bisher häufig  
14 „unbekannte Komponente“ des Wasserhaushalts in Seen besser zu erfassen, um den damit verbun-  
15 denen Stoffeintrag und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Gewässerqualität zu quanti-  
16 fizieren und zu bewerten.

17 Bei den großen voralpinen Seen ist die Hauptbilanzkomponente der Zufluss über die oberirdischen  
18 Gewässer. Der Grundwasserzustrom ist dagegen in der Regel ein vergleichsweise kleines Bilanzglied.  
19 Bei Seen im norddeutschen Tiefland ist es aufgrund der zumeist gegebenen hydraulischen Verbindungen  
20 zwischen Grundwasser und See oft umgekehrt, der Grundwasserzustrom überwiegt deutlich denjeni-  
21 gen der oberirdischen Fließgewässer. Die Interaktion zwischen See und Grundwasser findet über die  
22 Grenzfläche Seeboden statt. Der Zu- bzw. Abfluss wird gesteuert vom Druckunterschied zwischen  
23 dem Seewasser und dem Grundwasser. Im Grundwasserleiter wird das Fließen über den hydraulischen  
24 Gradienten und die hydraulische Durchlässigkeit bestimmt. Der horizontale Seespiegel ist da-  
25 bei eine wesentliche Randbedingung für den Grundwasserleiter.

26 Es findet nicht nur ein Wasserfluss, sondern auch ein Stofffluss über die Grenzfläche Grundwasser-  
27 See statt, der sowohl im See als auch im Grundwasser die hydrochemischen, physikalischen und bio-  
28 logischen Verhältnisse beeinflussen kann. Grundwassereinträge mit Nährstoffen wie Phosphor kön-  
29 nen einen wesentlichen Einfluss auf die Eutrophierung von Seen haben. Auf der anderen Seite können

VORSCHAU

Der vorliegende Entwurf zum DWA-Merkblatt „Methoden zur Charakterisierung von Grundwasser-See Interaktionen“ zeigt Möglichkeiten zur Bestimmung und Analyse von Grundwasser-See-Systemen in der Praxis auf. Es werden unterschiedliche Mess- und Auswertungsmethoden vorgestellt, mit denen lokal oder seewert der Austausch zwischen Grundwasser und See ermittelt werden kann. Es sind sowohl Methoden, die auf Wasserflüsse, als auch Methoden, die auf die Stoffflüsse abzielen und damit eine breite Anwendung in der Praxis ermöglichen.

In Ergänzung zu den Messmethoden wird vorgestellt, wie numerische Modelle eine Quantifizierung der Prozesse ermöglichen bzw. ergänzen können. Es werden Modellanwendungen für Seen und Grundwasser sowie in der kombinierten Betrachtung vorgestellt. Es sei aber auch darauf hingewiesen, dass es für die Modellierung von Prozessen im Grundwasser und Seen eigenständige Regelwerkspublikationen gibt, die regelmäßig fortgeschrieben und erweitert werden. Das hier vorliegende Merkblatt ergänzt diese Regelwerkspublikationen. Es gilt nur bedingt für Talsperren, Tagebaurestseen und Flachseen.

Das Merkblatt richtet sich an fachlich Interessierte und Entscheidungsträger aus Genehmigungsbehörden, Planungsbüros, Trinkwasserversorgern und weitere Interessenträger, wie zum Beispiel aus Naturschutzverbänden.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-585-0 (Print)  
978-3-96862-586-7 (E-Book)

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)**

Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef  
Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100  
info@dwa.de · www.dwa.de