

# DWA-Regelwerk

## **Merkblatt DWA-M 581**

**Wasserkraft – Maßnahmenwahl zur Reduktion der Auswirkungen von Schwall-Sunk**

Dezember 2023

### **Entwurf**

Frist zur Stellungnahme: 29. Februar 2024

#### **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

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 köthen GmbH & Co KG

**ISBN:**

978-3-96862-637-6 (Print)

978-3-96862-638-3 (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 Mit der energiewirtschaftlichen Nutzung der Fließgewässer, insbesondere dem Betrieb von Speicher-  
3 kraftwerken, verändern sich die hydrologischen und hydraulischen Bedingungen in den unterliegen-  
4 den Fließgewässern und damit verbunden auch der Lebensraum für viele Gewässerorganismen.

5 Schwall-Sunk, d. h. unnatürliche und oft mehrmals täglich auftretende hohe Abflussschwankungen,  
6 die durch den intermittierenden Betrieb von Speicherkraftwerken entstehen, ist eine von verschiede-  
7 nen Beeinträchtigungen im Gewässer unterhalb einer Kraftwerksstufe. Durch anthropogen verur-  
8 sachten Schwall-Sunk können Organismen direkt und indirekt geschädigt werden. Während des Ab-  
9 flussanstiegs können sie beispielsweise ausgewaschen und verdriftet werden. Bei höheren Abflüssen  
10 kann es zu Umlagerungen des Sediments kommen, wodurch unter anderem Laichgruben von Fischen  
11 und Substratbewohnern geschädigt werden. Geht der Abfluss wieder zurück, sind die Organismen  
12 durch Stranden auf Kiesinseln und -bänken sowie in der Uferzone gefährdet. In der Summe beein-  
13 trächtigen solche Prozesse die Biomasse und Artenvielfalt sowie die ökologische Funktionsfähigkeit  
14 der Gewässer.

15 Die Auswirkungen von Schwall-Sunk sind in der Europäischen Union (EU) gemäß der Wasserrahmen-  
16 richtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) wie auch in der Schweiz gemäß dem Gewässerschutzgesetz (GSchG)  
17 mit geeigneten, ökologisch wirkungsvollen Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen zu vermin-  
18 dern. Die Beeinträchtigungen der Gewässerlebensräume können dabei je nach lokalen Gegebenheiten  
19 sehr unterschiedlich sein. Entsprechend variieren auch die möglichen, respektive zielführenden Maß-  
20 nahmen oder Maßnahmenkombinationen in Abhängigkeit der ökologischen Beeinträchtigung, der  
21 Platzverhältnisse und allfälliger Zielkonflikte mit weiteren Nutzungen des Gewässers.

22 Aus energie- und klimapolitischer Sicht ist Strom aus Wasserkraft insbesondere aus Speicher- und  
23 Pumpspeicherkraftwerken besonders wertvoll zur Sicherstellung der Stromversorgung. Strom aus  
24 Wasserkraft ist erneuerbar, nahezu CO<sub>2</sub>-frei und kann im Vergleich zu anderen Energieträgern zwischengespeichert und bedarfsorientiert produziert werden. Vor der Energiewende war es erforderlich, die Stromproduktion im Wesentlichen an den stark schwankenden Bedarf anzupassen. Mit zunehmendem Ausbau der erneuerbaren Energieträger wie Wind und Fotovoltaik ist die stark volatile Stromproduktion hinzugekommen. Flexibel regelbare Wasserkraftwerke erlauben, diese massiven Schwankungen auszugleichen (sog. Residuallast), was bei der Wasserrückgabe häufig zu oben genannten Schwall-Sunk-Effekten führt.

31 Das vorliegende Merkblatt dient als Hilfestellung bei der Wahl von geeigneten Maßnahmen zur  
32 Schwall-Sunk-Reduktion. Es zeigt auf, welche Aspekte bei der Beurteilung der gewässerökologischen  
33 Auswirkungen von Schwall-Sunk berücksichtigt werden sollten und welche Maßnahmentypen und  
34 Maßnahmenkombinationen im Prinzip möglich sind, um die ökologische Beeinträchtigung der Gewässer zu mindern und den angestrebten Zielzustand zu erreichen. Es wird auch dargelegt, dass im Zuge der Festlegung der geeigneten Maßnahmen/-kombinationen neben der ökologischen Wirksamkeit auch weitere Interessen und Rahmenbedingungen berücksichtigt werden müssen. Dabei sind andere wesentliche Nutzungsinteressen wie zum Beispiel energie- und klimapolitisch relevanter Betrieb von Speicherkraftwerken oder zusätzliche ökologische Aspekte wie Geschiebedurchgängigkeit, Flussrevitalisierung und Fischgängigkeit zu berücksichtigen.

41 Die Verfasserinnen und Verfasser bedanken sich bei den mitwirkenden Gästen für ihr Interesse, die anregenden Beiträge anlässlich der Arbeitssitzungen und die redaktionelle Unterstützung. Frau Mag. Gisela Ofenböck, Ministerialrätin des Österreichischen Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) sowie Frau Dr. Veronika Koller-Kreimel, ehem. Ministerialrätin des BMNT danken wir für ihre wertvollen Rückmeldungen bei der Abstimmung des vorliegenden Merkblatts auf die europäischen Richtlinien.

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

#### 6 **Frühere Ausgaben**

7 Kein Vorgängerdokument

#### 8 **DWA-Klimakennung**

9 Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung aus-  
10 gezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach  
11 erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Kli-  
12 maschutz auseinandersetzt. Das vorliegende Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

13 **KA1** = Das Merkblatt hat indirekten Bezug zur Klimaanpassung

14 **KS2** = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

15 Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimaken-  
16 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

**29. Februar 2024**

zur Diskussion gestellt. Für den Zeitraum des öffentlichen Beteiligungsverfahrens  
kann der Entwurf kostenfrei im DWA-Entwurfsportal (DWAdirekt):  
[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 Ein-  
sprüche zum Entwurf einer Regelwerkspublikation, Gelbdruck) können von der DWA urheber-  
rechtlich 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 – vorzugsweise per E-Mail – an:  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef  
[soelter@dwa.de](mailto:soelter@dwa.de)

## 1 Verfasserinnen und Verfasser

2 Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe WW-5.5 „Schwall-Sunk“ im Auftrag des DWA-  
3 Hauptausschusses „Wasserbau und Wasserkraft“ (HA WW) im DWA-Fachausschuss WW-5 „Wasser-  
4 kraft“ erarbeitet.

5 Der DWA-Arbeitsgruppe WW-5.5 „Schwall-Sunk“ gehören folgende Mitglieder an:

MÜLLER, Michael	Dr. sc. nat., M. Sc., IUB Engineering AG, Bern (Sprecher)
CADUFF, Ursin	M. Sc., Axpo Power AG, Baden
ERNST, Hans-Peter	Dipl.-Ing., Uniper Kraftwerke GmbH, Landshut
GÖKLER, Gottfried	Dipl.-Ing., Illwerke vkw AG, Vandans
HAUER, Christoph	PD Dr.-Ing., Universität für Bodenkultur, Wien
KOLLER-KREIMEL, Veronika	Ministerialrätin i. R., Dr. Wien
LUNDGAARD-HANSEN, Lucie	M. Sc., Bundesamt für Umwelt, Bern
MATT, Peter	Dipl.-Ing., Illwerke vkw AG, Vandans
PFLEGER, Markus	Dipl.-Ing., Verbund Hydro Power GmbH, Wien
SCHWEIZER, Steffen	Dr. sc., Dipl.-Geoökologe, KWO Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen
SEMADENI WICKI, Nadia	Dipl.-Ing., Axpo Power AG, Baden
THEOBALD, Stephan	Prof. Dr.-Ing., Universität Kassel, Kassel

Als Gäste haben mitgewirkt:

GREIMEL, Franz	Dr. Dipl.-Ing., Wien
HIRSCHI, Joëlle	M. Sc., Zürich
HUBER, Jill	B. Sc., Zürich
LADINIG, Gernot <sup>(†)</sup>	Dipl.-Ing., Vandans
SCHNEIDER, Matthias	Dr.-Ing., Stuttgart

Dem DWA-Fachausschuss WW-5 „Wasserkraft“ gehören folgende Mitglieder an:

HAIMERL, Gerhard	Prof. Dr.-Ing., Hochschule Biberach (Obmann)
ERNST, Hans-Peter	Dipl.-Ing., Uniper Kraftwerke GmbH, Landshut (stellv. Obmann)
FLEISCHMANN, Ino	Dr., Bern
JENSEN, Jürgen	Univ. Prof. Dr.-Ing., Universität Siegen, Siegen
KEMNITZER, Andreas	Dr.-Ing., Uniper Kraftwerke GmbH, Landshut
METZGER, Jens	Dr.-Ing., Obernburg
MÜLLER, Gerald	Dr., Southampton (GB)
MÜLLER, Michael	Dr. sc. nat., M. Sc., IUB Engineering AG, Bern
SAENGER, Nicole	Prof. Dr.-Ing., Hochschule Darmstadt, Darmstadt
SCHMIDT, Andreas	Dipl.-Ing., Schluchseewerk AG, Laufenburg
SCHNEIDER, Claus Till	M. Sc., RWE Generation SE, Essen
SCHNEIDER, Klaus	Dr.-Ing., Wehr
SEIDEL, Christian	Dipl.-Ing., Technische Universität Braunschweig, Braunschweig
THEOBALD, Stephan	Prof. Dr.-Ing., Universität Kassel, Kassel
ZUCKET, Joachim	Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., RWE Generation SE, Essen

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BREUER, Lutz	M. Sc., 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>9</b>
5	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>10</b>
6	<b>Hinweis für die Benutzung</b> .....	<b>11</b>
7	<b>Einleitung</b> .....	<b>11</b>
8	<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>13</b>
9	<b>2 Begriffe</b> .....	<b>14</b>
10	2.1 Definitionen .....	14
11	2.2 Abkürzungen und Formelzeichen .....	19
12	<b>3 Zur Problematik von Schwall-Sunk</b> .....	<b>22</b>
13	<b>4 Rechtliche Rahmenbedingungen</b> .....	<b>23</b>
14	<b>5 Fachliche Grundlagen zu Schwall-Sunk und seinen ökologischen Auswirkungen</b> .....	<b>24</b>
15	5.1 Allgemeines .....	24
16	5.2 Hydrologie .....	24
17	5.2.1 Vorbemerkungen .....	24
18	5.2.2 Eigenschaften von kurzfristigen Abflussschwankungen .....	24
19	5.2.3 Schwallretention .....	27
20	5.3 Auswirkungen von Schwall-Sunk auf die Gewässerorganismen und Habitate .....	28
21	5.3.1 Vorbemerkungen .....	28
22	5.3.2 Sunkabfluss .....	29
23	5.3.3 Abflussanstieg .....	30
24	5.3.4 Schwallabfluss .....	30
25	5.3.5 Abflussrückgang .....	31
26	5.3.6 Frequenz und Intensität .....	33
27	5.3.7 Änderungen der Sohleneigenschaften (Kolmation, Abpflasterung) .....	34
28	5.3.8 Langfristige Wirkungen durch wiederholte Schwall-Sunk-Zyklen (inkl. Wassertemperatur) .....	35
29		
30	5.4 Wirkungsbeeinflussung durch zusätzliche Stressoren .....	35
31	5.4.1 Vorbemerkungen .....	35
32	5.4.2 Morphologie .....	36
33	5.4.3 Vernetzung .....	37
34	5.4.4 Geschiebehaushalt und Sedimente .....	37
35	5.4.5 Weitere Stressoren .....	38
36	5.5 Untersuchung der gewässerökologischen Auswirkungen .....	39
37	5.5.1 Relevante Organismengruppen .....	39
38	5.5.2 Untersuchungsstelle/Probenahmestelle .....	39
39	5.5.3 Untersuchungszeitpunkt .....	39

1	<b>6</b>	<b>Grundlagen Energiewirtschaft und Nutzung der Wasserkraft</b> .....	<b>40</b>
2	6.1	Grundlagen der Stromwirtschaft und aktuelle Daten zur Wasserkraft	
3		im Alpenraum .....	40
4	6.2	Strommarkt .....	42
5	6.3	Energiewirtschaftliche Bedeutung dynamischer Wasserkraft .....	45
6	6.4	Europäische Dimension von Speicherung und Flexibilität im Stromsystem .....	45
7	6.5	Auswirkungen der Kraftwerksbewirtschaftung auf die Wasserrückgabe .....	47
8	<b>7</b>	<b>Weitere Nutzungen und Interessen, die von Schwall-Sunk betroffen</b>	
9		<b>sein können</b> .....	<b>48</b>
10	7.1	Einleitende Bemerkungen .....	48
11	7.2	Hochwasser-Rückhaltepotenzial .....	48
12	7.3	Tourismus und Freizeitnutzung .....	49
13	7.4	Fischereiliche Nutzung .....	49
14	7.5	Landschaft- und Naturschutz .....	49
15	7.6	Klimaschutz .....	49
16	7.7	Flächennutzungen (Landwirtschaft, Forst, Siedlungen, Industrie etc.) .....	49
17	7.8	Schifffahrt .....	49
18	<b>8</b>	<b>Maßnahmen/-Kombinationen und ihre ökologische Wirkung</b> .....	<b>50</b>
19	8.1	Übersicht .....	50
20	8.2	Direkte Maßnahmen .....	51
21	8.2.1	Allgemeines .....	51
22	8.2.2	Bauliche Maßnahmen .....	51
23	8.2.2.1	Vorbemerkung .....	51
24	8.2.2.2	Bereitstellen von Retentionsvolumen .....	51
25	8.2.2.3	Schwallausleitung .....	53
26	8.2.3	Betriebliche Maßnahmen – Einschränkungen im Kraftwerkeinsatz .....	55
27	8.3	Indirekte Maßnahmen .....	55
28	8.3.1	Allgemeines .....	55
29	8.3.2	Morphologische Maßnahmen .....	55
30	8.3.2.1	Vorbemerkungen .....	55
31	8.3.2.2	Anbinden von Seitengewässern .....	56
32	8.3.2.3	Aufweitung des Gewässers .....	56
33	8.3.2.4	Aufwertung im Gewässer/„Instream“-Maßnahmen .....	57
34	8.3.2.5	Künstlicher Lebensraum – Ersatzgerinne mit möglichst natürlichem Abfluss .....	58
35	8.4	Maßnahmenkombinationen .....	58
36	8.5	Ökologische Auswirkungen der direkten und indirekten Maßnahmen .....	59
37	<b>9</b>	<b>Auswirkungen der Maßnahmen auf bestehende Nutzungen und Interessen</b> .....	<b>61</b>
38	9.1	Einleitende Bemerkungen .....	61
39	9.2	Nutzungsspezifische Kriterien zur Bewertung der Auswirkungen von	
40		Schwall-Sunk-Maßnahmen .....	63
41	9.2.1	Allgemeines .....	63
42	9.2.2	Energiewirtschaftliche Nutzung (siehe Tabelle 6) .....	63
43	9.2.3	Beispielhafte Studienergebnisse zu den Auswirkungen der Maßnahmen	
44		auf bestehende Nutzungen und Interessen .....	65
45	9.2.4	Andere Nutzungen .....	68



1	9.3	Direkte Maßnahmen .....	72
2	9.3.1	Bauliche Maßnahmen .....	72
3	9.3.1.1	Bereitstellen von Retentionsvolumen .....	72
4	9.3.1.2	Schwallausleitung .....	74
5	9.3.2	Betriebliche Maßnahmen .....	75
6	9.4	Indirekte Maßnahmen .....	76
7	9.4.1	Allgemeines .....	76
8	9.4.2	Morphologische Maßnahmen .....	76
9	9.4.2.1	Vorbemerkungen .....	76
10	9.4.2.2	Anbinden von Seitengewässern .....	76
11	9.4.2.3	Aufweitung des Gewässers .....	77
12	9.4.2.4	Aufwertung des Gewässers/„Instream“-Maßnahmen.....	77
13	9.4.3	Seitengerinne mit möglichst konstanterem Abfluss .....	78
14	9.5	Maßnahmenkombinationen.....	78
15	<b>10</b>	<b>Vorgehensweise zur Maßnahmenfestlegung für konkrete</b>	
16		<b>Schwall-Sunk-Strecken</b> .....	<b>79</b>
17	10.1	Grundsätzliches .....	79
18	10.2	Machbarkeitsstudie .....	80
19	10.3	Behördenentscheid – Abwägung und Verhältnismäßigkeitsprüfung.....	93
20	10.4	Aktualisierung der Festlegungen.....	94
21	<b>11</b>	<b>Maßnahmenevaluierung</b> .....	<b>95</b>
22	<b>12</b>	<b>Fallbeispiele</b> .....	<b>96</b>
23	12.1	Kraftwerke Linth-Limmern (Schweiz).....	96
24	12.2	Ausgleichs- und Regulierbecken Innertkirchen (Schweiz).....	98
25	12.3	Gemeinschaftskraftwerk Inn (Österreich).....	101
26	12.4	Schwallausgleichsbecken Sitz (Österreich) .....	103
27	12.5	Rhone (Schweiz).....	104
28	<b>Anhang A</b>	<b>Rechtliche Grundlagen in Bezug auf Schwall-Sunk</b> .....	<b>106</b>
29	A.1	Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) .....	106
30	A.2	Gesetzliche Grundlagen in Deutschland .....	107
31	A.3	Gesetzliche Grundlagen in Österreich .....	108
32	A.4	Gesetzliche Grundlagen in der Schweiz .....	111
33	A.5	Weitere Rechtsgrundsätze, welche bei der Beurteilung von	
34		Schwall-Sunk-Maßnahmen relevant sein können.....	113
35	A.5.1	Energiegesetzgebungen .....	113
36	A.5.1.1	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EE-RL, 2009/28/EG) .....	113
37	A.5.1.2	Energieeffizienz-Richtlinie (EED, 2012/27/EU) .....	113
38	A.5.2	Hochwasserschutz.....	114
39	A.5.2.1	Hochwasser-Risikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL, 2007/60/EG) .....	114
40	A.5.2.2	Wasserbaugesetz Schweiz (WBG) .....	114
41	<b>Anhang B</b>	<b>Beispiel Österreich</b> .....	<b>115</b>
42		<b>Quellen und Literaturhinweise</b> .....	<b>121</b>

1	<b>Bilderverzeichnis</b>	
2	Bild 1: Übersicht des Strukturaufbaus des Merkblatts.....	12
3	Bild 2: Die schwallbeeinflusste Strecke am Vorderrhein bei Castrisch (Schweiz)	
4	zeigt deutliche Abflussschwankungen, wenn man den Sunkabfluss mit dem	
5	Schwallabfluss vergleicht.....	24
6	Bild 3: Unterschiedliche Typen von kurzfristigen Abflussschwankungen .....	25
7	Bild 4: Beispiel eines empirischen Retentionsmodells ( $dQ/dt$ ) – Retention der	
8	maximalen Sunkrate unterschiedlicher Szenarien (B-F) im Längsverlauf	
9	eines (fiktiven) Gewässers .....	28
10	Bild 5: Beispiel eines hydrodynamischen Retentionsmodells ( $dW/dt$ ) – Retention der	
11	vertikalen Pegelrückgangsrates unterschiedlicher Szenarien im Längsverlauf	
12	der Drau für eine winterliche Basiswasserführung.....	28
13	Bild 6: Sensitivitätsanalyse für die Änderung der benetzten Breite in Abhängigkeit des	
14	Durchflusses für unterschiedliche, repräsentativer Querprofile ausgewählter	
15	Schwallstrecken in Österreich .....	36
16	Bild 7: Lebenszyklus-THG (Treibhausgas-)Emissionen („Global Warming Potential 100“)	
17	der Stromerzeugung auf Basis unterschiedlicher Energieträger/Technologien.....	40
18	Bild 8: Erntefaktor EROI verschiedener Stromerzeugungsarten.....	41
19	Bild 9: Last und die Erzeugung der nicht steuerbaren Erneuerbaren, die sich	
20	ergebende Residuallast für eine Woche im Dezember 2018.....	43
21	Bild 10: Einsatz des österreichischen Kraftwerksparks für eine Woche im	
22	Dezember 2018 .....	43
23	Bild 11: Prognose und tatsächliche Erzeugung von Wind und PV, Prognosefehler .....	44
24	Bild 12: Für Österreich notwendiger Abruf von Regelleistung, Zeitraum 17. – 24.12.2018 ...	44
25	Bild 13: Durchfluss $Q$ eines Speicherkraftwerks über zwei Tage hinweg; die Werte	
26	sind dargestellt als Prozentsatz des Ausbaudurchflusses $Q_A$ des	
27	Speicherkraftwerks .....	47
28	Bild 14: Potenzielle Maßnahmen zur Reduktion der negativen Auswirkungen	
29	von Schwall-Sunk .....	50
30	Bild 15: Typische hydromorphologische Veränderungen, die einen ökologischen	
31	Impakt auf Wasserspeicher haben.....	52
32	Bild 16: Mögliche Veränderung der Abgabe in den Vorfluter durch ein Becken.	
33	Der Durchfluss ( $Q$ ) ist dargestellt in Prozent des Maximaldurchflusses ( $Q_A$ )	
34	des Speicherkraftwerks.....	52
35	Bild 17: Drei verschiedenen Typen von Ausleitungskraftwerken .....	54
36	Bild 18: Veranschaulichung des Effekts einer Ausleitung. Der Durchfluss ( $Q$ ) ist dargestellt	
37	in Prozent des Maximaldurchflusses ( $Q_A$ ) des Speicherkraftwerks .....	54
38	Bild 19: Zusammenhang der verbesserten Gewässererstrecke (in %) und der	
39	Schwallausleitung (Ergebniss aus der Gesamtheit der im Projekt untersuchten	
40	Strecken – ca. 50 % der österreichischen schwallbeeinflussten Gewässer	
41	bzw. 50 % der österreichischen Speicherkraftwerksleistung) .....	60
42	Bild 20: Ergebnisse der SuREmMa-Studie – Einfluss unterschiedlicher Maßnahmen auf	
43	die Leistung von Kraftwerken sowie auf die verhinderte Substitution von $CO_2$ .....	67
44	Bild 21: Schema zur Auswahl der geeigneten und umzusetzenden Maßnahmen zur	
45	Reduktion der negativen ökologischen Auswirkungen durch Schwall/Sunk .....	80
46	Bild 22: Schema des GKI.....	102
47	Bild 23: Schwallausgleichsbecken Silz.....	103
48	Bild 24: Projektperimeter der Schwall-Sunk-Sanierung an der Rhone mit	
49	eingezeichneten Untersuchungsabschnitten und Kraftwerken .....	104

1	Bild A.1: Kernschritte des Referenzansatzes und des Minderungsmaßnahmenansatzes	
2	zur Definition des guten ökologischen Potenzials .....	111

### 3 Tabellenverzeichnis

4	Tabelle 1: Im Merkblatt verwendete Kurzzeichen.....	19
5	Tabelle 2: Definitionen und Einheiten der hydrologischen Kenngrößen zur Quantifizierung	
6	von Schwall- und Sunk-Ereignissen basierend auf Abflussganglinien .....	26
7	Tabelle 3: Relevante Faktoren für das Strandrungsrisiko von Fischen .....	32
8	Tabelle 4: Wasserkraftwerke (ab 5 MW) im Alpenraum.....	41
9	Tabelle 5: Allgemeiner Überblick über mögliche Auswirkungen von Sanierungs-	
10	maßnahmen auf die wichtigsten Nutzungen sowie allfällige Kriterien	
11	zur Beurteilung des Ausmaßes der Auswirkung (offene Liste) .....	62
12	Tabelle 6: Übersicht über die energiewirtschaftliche Nutzung .....	66
13	Tabelle 7: Übersicht anderer Nutzungen .....	69
14	<b>Tabellen aus dem „Leitfaden zur Ableitung und Bewertung des ökologischen Potentials</b>	
15	<b>bei erheblich veränderten Wasserkörpern – Abschnitt 5: Bewertung und Auswahl der</b>	
16	<b>ökologisch wirksamsten Maßnahmen für die Fischfauna“ (BMLRT 2020)</b>	
17	Tabelle 7: Biologische Wirkung der Maßnahmen.....	116
18	Tabelle 8: Bewertungsmodus für die Wirkung von Maßnahmenkombinationen.....	116
19	Tabelle 16: Erreichbare Verbesserungen bei Schwall .....	118
20	Tabelle 17: Erreichbare Verbesserungen bei Schwall bei hohem Handlungsspielraum	
21	(Schwallydämpfungsbecken und Gestaltungsmaßnahmen).....	119
22	Tabelle 18: Erreichbare Verbesserungen bei Schwall bei geringem Handlungsspielraum,	
23	aber Vernetzung mit mittelgroßen intakten Zuflüssen .....	120

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 Gewässer stellen eine Vielzahl von Funktionen zur Verfügung. Sie sind Lebensraum für etliche Tier-  
4 und Pflanzenarten, dienen dem Menschen zur Naherholung, werden auch zur Stromproduktion ge-  
5 nutzt und vieles mehr. Mit der Nutzung der Wasserkraft kann erneuerbare und klimafreundliche Ener-  
6 gie hergestellt werden. Gleichzeitig werden die Gewässer durch die Nutzung jedoch stark ver-ändert.  
7 Dadurch werden die ökologischen Funktionen der Gewässer eingeschränkt, wodurch auch die Arten-  
8 vielfalt in und an den betroffenen Gewässern gefährdet wird.

9 Im Rahmen der Energiewende sollten die nicht erneuerbaren Energieträger wie Kohle und Atom mit  
10 erneuerbaren und klimafreundlichen Energieträgern (Sonne, Wind, Wasser, etc.) ersetzt werden. Dies  
11 führt dazu, dass der Druck auf die Gewässer durch die noch intensivere Nutzung der Ressource Was-  
12 ser weiter zunehmen wird.

13 Der große Vorteil der Ressource Wasser gegenüber Wind und Sonne ist, dass Wasser in Seen ge-  
14 speichert werden kann. Somit ist es möglich unter Ausnutzung der Fallhöhen Strom je nach Bedarf  
15 flexibel zu produzieren. Hingegen kann aus Wind und Sonne nur dann Strom produziert werden, wenn  
16 diese auch zur Verfügung stehen. Der flexible Einsatz von Speicher- oder Pumpspeicherkraft-werken  
17 zur Produktion von Strom aus Wasser führt in den Fließgewässern nach der Wasserrückgabe zu mehr  
18 oder weniger regelmäßigen, meist stündlichen bis täglichen Abflussschwankungen. Sie beeinträchti-  
19 gen die Gewässerorganismen, die Biodiversität sowie die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewäs-  
20 ser und werden im vorliegenden Merkblatt „Schwall-Sunk“ genannt.

21 Der umfassende Schutz der Gewässer und ihrer vielfältigen Funktionen sowie die nachhaltige Nut-  
22 zung der Gewässer sind sowohl in der Wasserrahmenrichtlinie der EU als auch im Gewässerschutz-  
23 gesetz der Schweiz gesetzlich festgehalten. Sie beinhalten auch die Verpflichtung geeignete Maß-  
24 nahmen zur Minderung der gewässerökologischen Auswirkungen von Schwall-Sunk zu setzen.

25 Schwall-Sunk stellt ein außerordentlich komplexes Themengebiet dar. Um geeignete Maßnahmen zur  
26 Reduktion der Auswirkungen auf die Gewässerökologie zu finden, sind zahlreiche Fachgebiete vor al-  
27 lem Ökologie, Hydrologie, Morphologie, Feststoffhaushalt, Hydraulik einzubinden und unter-schiedli-  
28 che Nutzungsinteressen wie Energiewirtschaft, Hochwasserschutz, Siedlungs- und Infra-struktur,  
29 Tourismus, Fischerei und Wassersport zu berücksichtigen. Bei der Sanierung der Auswirkungen von

VORSCHAU

Das vorliegende Merkblatt dient als Hilfestellung bei der Wahl von geeigneten Maßnahmen zur Schwall-Sunk-Reduktion bei Wasserkraftwerken. Es zeigt auf, welche Aspekte bei der Beurteilung der gewässerökologischen Auswirkungen von Schwall-Sunk berücksichtigt werden sollten und welche Maßnahmentypen und Maßnahmenkombinationen möglich sind, um die ökologische Beeinträchtigung der Gewässer bei Nutzung von Wasserkraft zu mindern und den angestrebten Zielzustand gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland und Österreich bzw. dem Gewässerschutzgesetz in der Schweiz zu erreichen.

„Schwall-Sunk“ tritt auf, wenn Wasserkraftwerke zum Beispiel auf Lastschwankungen im Stromnetz reagieren und dabei den Turbinendurchfluss rasch ändern. Die Durchflussveränderungen verursachen bei einer direkten Abgabe eine schnelle Abflussänderung im Vorfluter, die in einer freien Fließstrecke zu einer Wasserstandsänderung und in den meisten Fällen zu einer raschen Änderung der benetzten Breite führt.

Das Ausmaß der durch Schwall-Sunk bedingten Effekte ist nicht vom Ausbaudurchfluss bzw. der Leistung des schwallverursachenden Kraftwerks abhängig, sondern wird bedingt von der Größenordnung der in den Vorfluter eingeleiteten künstlichen Abflussschwankungen im Verhältnis zur Flussbreite, den jeweiligen Abflussverhältnissen im Gewässer, der Entfernung zur Einleitungsstelle sowie den morphologischen/hydraulischen Gegebenheiten.

Dieses Merkblatt richtet sich an alle für die Planung zuständigen Fachleute, Kraftwerksbetreiber, die aufgrund gesetzlicher Vorgaben mit der Problematik Schwall-Sunk konfrontiert sind, und zuständige Behörden, die eine Entscheidung zur Festlegung des Umweltziels und der für die Sanierung tatsächlich umzusetzenden Maßnahmen zu treffen haben.

VORSCHAU

ISBN: 978-3-96862-637-6 (Print)  
978-3-96862-638-3 (E-Book)

**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)**  
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef  
Telefon: +49 2242 872-333 · [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de) · [www.dwa.de](http://www.dwa.de)