



Technical Report - 2015 - 093

Technischer Bericht zu Grundwasser– verbundenen aquatischen Ökosystemen

übersetzte Fassung des Originaldokuments
Technical Report No. 9

Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

umweltbundesamt^U
PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

Umschlagphoto: Wolayersee/Karnische Alpen; © Rudolf Philippitsch (BMLFUW)

Technischer Bericht zu Grundwasser verbundenen aquatischen Ökosystemen

übersetzte Fassung des Originaldokuments

Technical Report No. 9

Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems

Projektleitung

Andreas Scheidleder

Übersetzung

Christina Preiner (im Auftrag des Umweltbundesamtes)

Lektorat & Layout

Andreas Scheidleder

Maria Deweis

Johannes Grath

Die Verantwortung für die deutsche Übersetzung liegt zur Gänze beim Umweltbundesamt.

Die Übersetzung wurde zu gleichen Teilen vom Umweltbundesamt und vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziert.

2. Abrufung von Teilleistungen Rahmenvertrag Wasserdaten 2015–2017

Geschäftszahl: BMLFUW-UW.3.1.4/0119-IV/3/2015

Interne Zahl des Auftragsvorhabens im Umweltbundesamt

AVH 10587

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

GEMEINSAME UMSETZUNGSSTRATEGIE ZUR WASSERRAHMENRICHTLINIE (2000/60/EG)

Technischer Bericht Nr. 9

TECHNISCHER BERICHT ZU GRUNDWASSER-VERBUNDENEN AQUATISCHEN ÖKOSYSTEMEN

Haftungsausschluss:

Dieser Technische Bericht wurde im Rahmen eines Kooperationsprogrammes entwickelt, in dem die Europäische Kommission, alle EU-Mitgliedstaaten, die Beitrittskandidaten, Norwegen sowie andere Interessensgruppen und Nichtregierungsorganisationen zusammengeschlossen sind. Dieses Dokument ist als eine mit allen Teilnehmern abgestimmte, informelle, einvernehmliche Position über eine bestmögliche Vorgangsweise zu sehen. Das Dokument vertritt jedoch nicht notwendigerweise die offizielle, formelle Position der Teilnehmer. Daher stellen die in diesem Dokument ausgedrückten Ansichten nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Kommission dar.

Englische Originalfassung:

Technical Report No. 9. Technical Report on Groundwater Associated Aquatic Ecosystems.

Technical Report – 2015 - 093

Copyright für die englische Originalfassung: Europäische Union, 2015

Deutsche Fassung:

Copyright für die deutsche Fassung: Umweltbundesamt und Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2016.

Die Verantwortung für die deutsche Übersetzung liegt zur Gänze beim Umweltbundesamt.

Die Übersetzung wurde zu gleichen Teilen vom Umweltbundesamt und vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziert.

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Zahlreiche weitere Informationen zur Europäischen Union sind verfügbar über Internet (<http://www.europa.eu>).

AUTORINNEN DES LEITFADENS

Klaus Hinsby	Water Resources Expert Group, EuroGeoSurveys (Geological Survey, Denmark and Greenland, GEUS) (Dänemark)
Johan Schutten	Unabhängiger Experte für Ökologie
Matt Craig	Irish Environment Protection Agency (Irland)
Marco Petitta	Sapienza University of Rome (Italien)
Hana Prchalova	Water Research Institute (Tschechische Republik)

LEITUNG

Johannes Grath	Umweltbundesamt (Österreich)
----------------	------------------------------

WEITERE MITGLIEDER

Balazs Horvath	Europäische Kommission, GD Umwelt
Elisa Vargas Amelin	Europäische Kommission, GD Umwelt
Ian Davey	Environment Agency (England, Vereinigtes Königreich)

LISTE DER ABKÜRZUNGEN

CIS	Common Implementation Strategy, Gemeinsame Umsetzungsstrategie zur WRRL
GD ENV	Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission
GVAÖ	Grundwasser-verbundenes aquatisches Ökosystem
GWATÖ	Grundwasserabhängiges terrestrisches Ökosystem
GWK	Grundwasserkörper
GWRL	Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG)
HW	Hintergrundwert
KW	Kriterienwert
OWK	Oberflächenwasserkörper
RBMP	River Basin Management Plan, Bewirtschaftungsplan für Flusseinzugsgebiete (RBMP1: erster Bewirtschaftungsplanungszyklus; RBMP2: zweiter Bewirtschaftungsplanungszyklus)
SCG	Strategische Koordinierungsgruppe
SW	Schwellenwert
TMDL	Gesamttagesfrachten (total maximum daily loads)
TWN	Trinkwassernorm
(U)QN	(Umwelt)Qualitätsnorm
WG GW	Arbeitsgruppe Grundwasser
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)

INHALT

KURZFASSUNG	8
1 EINLEITUNG.....	9
1.1 Wozu dient der technische Bericht über aquatische Ökosysteme, die mit dem Grundwasser verbunden sind (GVAÖ)?.....	9
1.2 Umfang dieses technischen Berichts	11
1.3 Grundwasser-verbundene aquatische Ökosysteme in der WRRL und GWRL ...	13
2 SCHLÜSSELKONZEPTE UND DEFINITIONEN.....	19
2.1 Was sind GVAÖ und verbundene Oberflächengewässer?.....	19
2.2 GVAÖ-Kategorien.....	21
2.3 Wie sich feststellen lässt, ob ein aquatisches Ökosystem von einem GWK abhängt.....	24
2.4 Schädigung des GVAÖ	24
2.5 Terminologie	25
3 ERMITTLUNG DER ANFORDERUNGEN EINES GVAÖ HINSICHTLICH QUALITÄT UND MENGE	27
4 BESCHREIBUNG UND RISIKOBEURTEILUNG	29
4.1 Schritt 1: Erstmalige Beschreibung	31
4.2 Schritt 2: Weitergehende Beschreibung.....	31
4.3 Schritt 3: Beurteilung des Risikos einer Schädigung des GVAÖ.....	33
5 ÜBERWACHUNG	35
5.1 Sammeln von Hintergrundinformationen.....	35
5.2 Überwachung in GWK und verbundenen OWK.....	36
5.3 Überwachung im GVAÖ	40
6 SCHWELLENWERTE UND KRITERIENWERTE	41
6.1 Definition von Schwellenwerten und Kriterienwerten.....	41
6.2 Anwendung von Schwellenwerten und Kriterienwerten beim GVAÖ	42
6.3 Beispiele für die Ableitung und Anwendung von Schwellenwerten zum Schutz von GVAÖ.....	45
7 ZUSTANDSBEURTEILUNG	46
7.1 Hintergrund	46
7.2 Mengenmäßiger Zustand	47
7.3 Chemischer Zustand.....	48
8 EMPFEHLUNGEN	50
9 LITERATUR	51
ANHANG 1: FALLSTUDIEN	54
Fallstudie 1: Poole Harbour, Dorset, Südengland	55
Fallstudie 2: Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser in Kalksteingebieten des GWK BE_Meuse_RWM021 (Belgien)	58

KURZFASSUNG

Damit Grundwasserkörper den guten Zustand erreichen, muss eine Reihe von Bedingungen erfüllt werden, die in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) festgelegt sind; die Voraussetzungen für den guten chemischen Zustand werden in der Grundwasserrichtlinie (GWRL) näher beschrieben. Unter anderem muss sichergestellt sein, dass Grundwassereinträge in verbundene Oberflächengewässer nicht zu einer Verfehlung der Umweltziele dieser Gewässer oder zu einer signifikanten Verschlechterung des Zustands bzw. der ökologischen oder chemischen Qualität dieser Gewässer führen.

GVAÖ (Grundwasser-verbundene aquatische Ökosysteme) sind Oberflächenwasserkörper (OWK) wie Flüsse, stehende Gewässer und Übergangsgewässer, deren Erreichung der WRRL-Umweltziele für Oberflächengewässerökologie und -hydrologie von den Grundwassereinträgen abhängt. Da diese Umweltziele variieren können, können sich auch die damit verbundenen Umweltqualitätsnormen (UQN) oder die Anforderungen der GVAÖ in Bezug auf Abfluss/Wasserspiegel zwischen Oberflächenwasserkörpern (OWK) in sehr gutem und solchen in gutem Zustand unterscheiden.

Wie im Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen festgestellt wurde, hat die Analyse der ersten Bewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete gezeigt, dass die Mitgliedstaaten Schwierigkeiten hatten, die Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser zu verstehen und die nötigen Zustandsbeurteilungen durchzuführen. Das geht aus einer Erhebung der CIS-Arbeitsgruppe Grundwasser (WG GW) aus dem Jahr 2014/15 hervor, wonach lediglich die Hälfte der Mitgliedstaaten mengenmäßige Wechselwirkungen erfasst hatte und sehr wenige Mitgliedstaaten chemische Belastungen berücksichtigt sowie Schwellenwerte gemäß den WRRL-Umweltzielen für GVAÖ abgeleitet hatten.

Ziel dieses Berichts ist es einerseits, zu einem besseren Verständnis beizutragen, was GVAÖ sind und wie sie in die Prozesse der WRRL eingebunden sind, und andererseits die Mitgliedstaaten dabei zu unterstützen, den Bedürfnissen dieser Ökosysteme in den Bewirtschaftungsplänen für Flusseinzugsgebiete Rechnung zu tragen.

Der Bericht beschreibt die Kategorien von GVAÖ und ihre jeweilige Abhängigkeit vom Grundwasser und gewährt mittels einer Reihe von Beispielen und Fallstudien eine Übersicht über den aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand. Terminologie sowie Verfahren zur Zustandsbeurteilung werden erläutert und pragmatische Ansätze vorgestellt, die von den einzelnen Mitgliedstaaten an deren spezifische Bedürfnisse flexibel angepasst werden können. Bei diesem technischen Bericht handelt es sich nicht um einen „Leitfaden“. Er stützt sich auf bestehende CIS-Veröffentlichungen und ergänzt diese, darunter die technischen Berichte zu grundwasserabhängigen Landökosystemen (GWATÖ) und den CIS-Leitfaden Nr. 18 (Leitfaden zur Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser).

In jedem Kapitel werden Empfehlungen für Fachleute optisch hervorgehoben. Die wiederkehrenden Themen aus diesen Empfehlungen werden in Kapitel 8 als Denkanstoß und generelle Fragestellungen an die WG GW und die Mitgliedstaaten zusammengefasst. Als Kernbotschaft hat sich herauskristallisiert, dass Bedarf an einer engeren Zusammenarbeit zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen, Personen aus der Praxis und den Arbeitsgruppen besteht, um die Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses für GVAÖ und die Umsetzung der WRRL-Anforderungen, wie beispielsweise die Ausweisung von GVAÖ, deren Beschreibung und Überwachung sowie die Anwendung geeigneter Zustandsbeurteilungsmethoden voranzutreiben.

1 EINLEITUNG

Der vorliegende technische Bericht wurde von der Arbeitsgruppe Grundwasser (WG GW) im Rahmen der gemeinsamen Umsetzungsstrategie (Common Implementation Strategy, CIS) erstellt.

1.1 Wozu dient der technische Bericht über aquatische Ökosysteme, die mit dem Grundwasser verbunden sind (GVAÖ)?

Die Analyse der ersten Bewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete, wie sie von WasserwirtschaftlerInnen in ganz Europa erstellt und umgesetzt werden (Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen¹), ergab, dass die EU-Mitgliedstaaten Schwierigkeiten beim Verständnis der Wechselwirkung zwischen Grund- und Oberflächenwasser hatten, sowohl in Hinblick auf Menge bzw. Volumen als auch hinsichtlich Qualität bzw. Chemie.

Diese Schwierigkeiten wurden auch bei einer im Winter 2014/2015 von der WG GW durchgeführten Umfrage unter für Grund- und Oberflächenwasser zuständigen Vertreterinnen und Vertretern der Mitgliedstaaten deutlich (Europäische Kommission, 2015b), die ergab, dass zwar die Hälfte der 21 teilnehmenden Mitgliedstaaten die Grundwassereinflüsse auf die Niederwasserführung von Flüssen bewertet hatten, allerdings nur wenige die Auswirkungen chemischer Belastungen des Grundwasser auf die Oberflächengewässer (zumeist Flüsse). Einige Mitgliedstaaten hatten begonnen, die Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete zu evaluieren, befanden sich dabei allerdings erst im Anfangsstadium. Andere beabsichtigen, die mit dem Grundwasser verbundenen aquatischen Ökosysteme (GVAÖ) in die Ausarbeitung der zweiten Bewirtschaftungspläne (RBMP2) aufzunehmen. Der vorliegende technische Bericht soll diesen Prozess unterstützen.

Auch der zuletzt veröffentlichte technische Bericht (2015-086) zu "Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive" (Europäische Kommission, 2015a) unterstrich die Notwendigkeit, Grundwasser Aspekte zu berücksichtigen, insbesondere dort, wo ökologische Mindestabflüsse nicht gewährleistet sind. Besonderes Augenmerk wurde darin auf die oftmals entscheidende Bedeutung von Grundwasserzuflüssen bei Niederwasserführung von Flüssen gelegt sowie auf die Erhaltung von Flussökosystemen, die unmittelbar vom Grundwasser abhängen.

Dieser Bericht soll zu einem besseren Verständnis beitragen, was GVAÖ sind und wie sie in die Prozesse der WRRL eingebunden sind, damit die Mitgliedstaaten die Bedürfnisse dieser Ökosysteme in den Bewirtschaftungsplänen ordnungsgemäß berücksichtigen.

Wie aus der WG GW-Befragung aus dem Jahr 2015 hervorgeht, leiten die meisten Mitgliedstaaten keine Schwellenwerte (SW) für Grundwasserkörper (GWK) auf Grundlage der WRRL-Ziele für GVAÖ ab, sondern verwenden einfach die Trinkwassernormen als SW, möglicherweise aufgrund fehlender Daten. Dieser Bericht soll daher eine Hilfestellung bei der Ableitung von Grundwasserschwellenwerten, basierend auf den WRRL-Zielen für GVAÖ, bieten. Das wäre ein wichtiger Schritt zum Schutz des ökologischen Zustands von Europas Oberflächenwasserkörpern (OWK).

Die Abbildungen 1.1 und 1.2 zeigen das Ausmaß der durch Nährstoffeinträge belasteten europäischen Oberflächengewässer. Der Transportpfad von der Verunreinigungsquelle zum OWK kann auch über das Grundwasser verlaufen (eines der Themen dieses Berichts).

¹ http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm

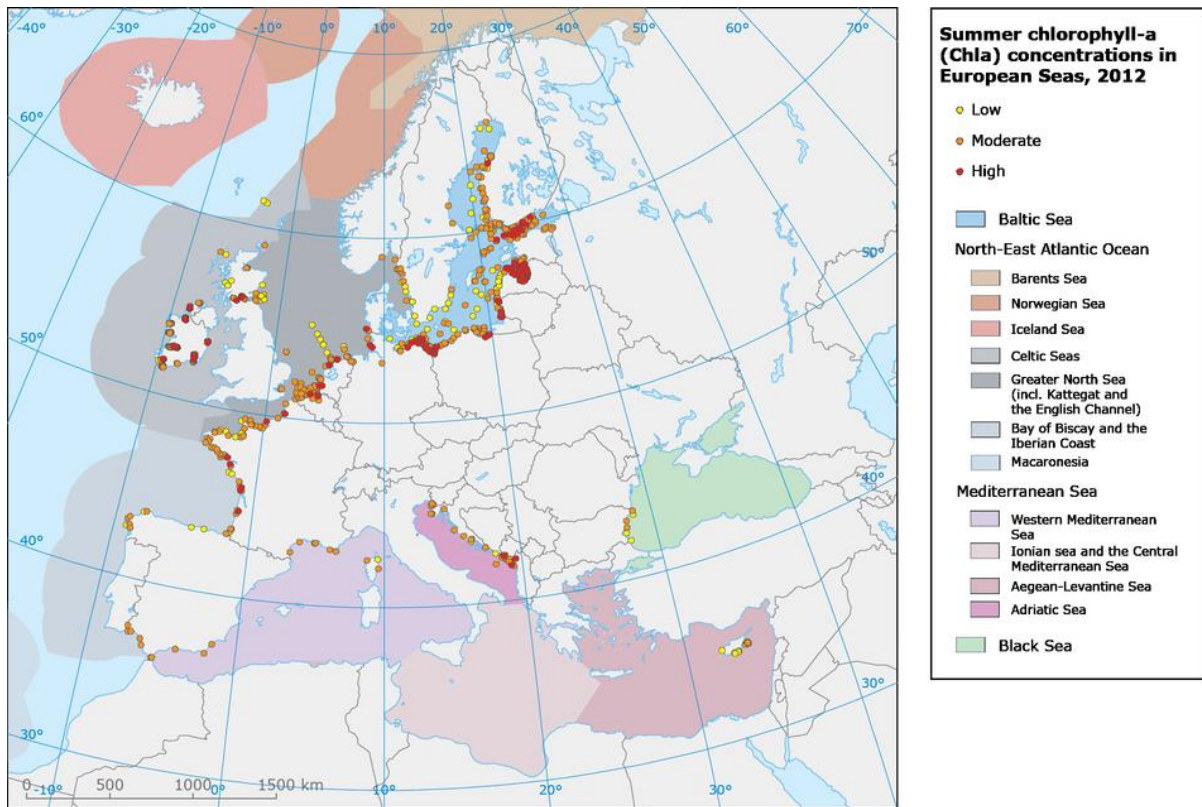


Abbildung 1.1: Übersicht über den Eutrophierungszustand der Übergangs- und Küstengewässer in der EU. Quelle: Europäische Umweltagentur (2015).

Anmerkung: Dieser Bericht enthält keine Daten aus Dänemark. Im Sommer kommt es in dänischen Küstengewässern häufig zu hohen Chlorophyll-a-Konzentrationen und Hypoxie.

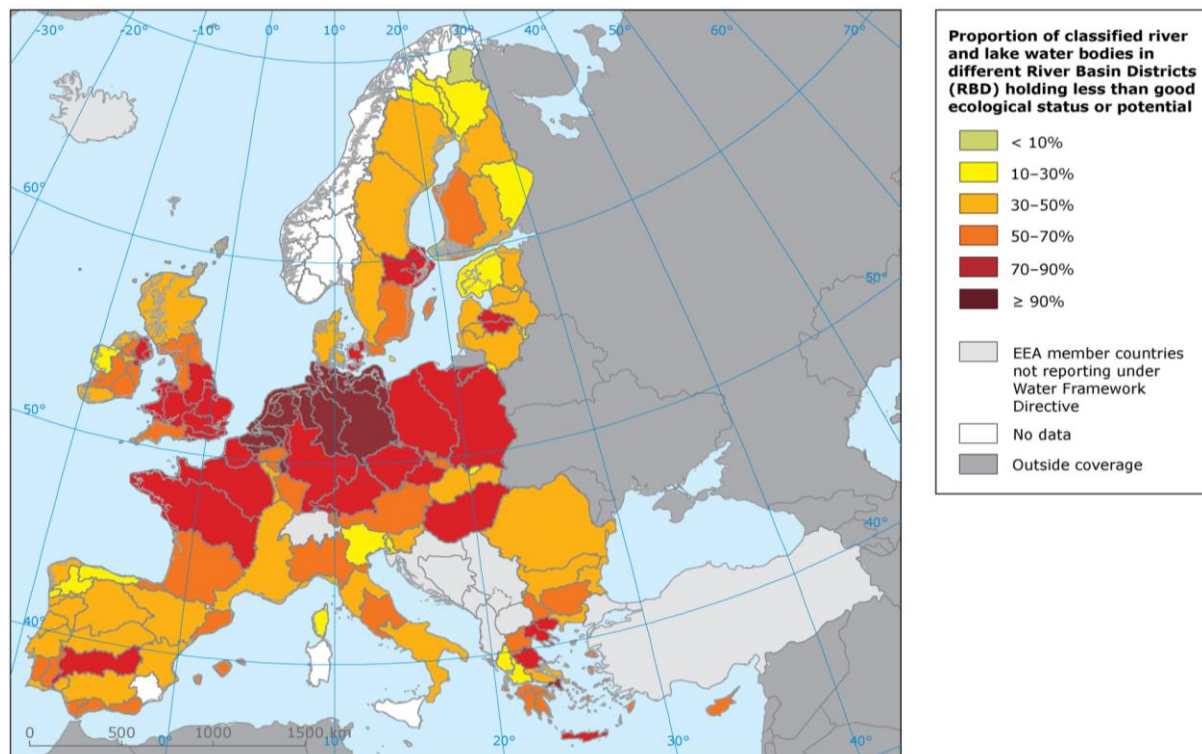


Abbildung 1.2: Übersicht über den Anteil an Fluss- und Seewasserkörpern in einem weniger als guten ökologischen Zustand oder mit weniger als gutem ökologischem Potenzial. Quelle: Europäische Umweltagentur (2016)

1.2 Umfang dieses technischen Berichts

Anthropogene Veränderungen des Grundwasserspiegels oder Schadstoffkonzentrationen in GWK können aquatische Ökosysteme in Oberflächengewässern, die unmittelbar von diesem Grundwasser abhängen (GVAÖ), in einem Maße beeinträchtigen, dass der GWK den guten Zustand verfehlt. Ziele dieses Berichts sind:

- Klarheit über die verschiedenen Kategorien von GVAÖ und deren relative Abhängigkeit vom Grundwasser zu schaffen;
- den derzeitigen Wissens- und Erfahrungsstand zusammenzufassen;
- zur Klärung der Begriffe mit Hilfe bestehender CIS-Unterlagen beizutragen;
- pragmatische Lösungen zur Umsetzung der Bestimmungen bezüglich der Wechselwirkung von GWK mit verbundenen aquatischen Ökosystemen vorzuschlagen und dabei den Mitgliedstaaten Flexibilität hinsichtlich ihrer jeweiligen spezifischen Bedürfnisse einzuräumen.

Dieser technische Bericht, bei dem es sich nicht um einen „Leitfaden“ handelt, ergänzt die beiden bestehenden technischen Berichte zu grundwasserabhängigen Landökosystemen (GWATÖ) (Europäische Kommission, 2012 und 2014). Daher sind GWATÖ, wie etwa Feuchtgebiete, nicht Gegenstand dieses Berichts. Insbesondere bietet der Bericht ergänzende technische Informationen zum CIS-Leitfaden Nr. 18 „Leitfaden zur Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser“ (Europäische Kommission, 2009). Die allgemeinen Verfahren, die im CIS-Leitfaden Nr. 18 in den Kapiteln 4.4.4 „Test: Signifikante Verschlechterung der verbundenen Oberflächengewässerchemie und -ökologie aufgrund von Schadstoffeintrag aus dem Grundwasserkörper“ und 5.3.2 „Test: Oberflächenwasserabfluss“ beschrieben sind, haben nach wie vor Gültigkeit.

Ebenso gibt es deutliche Überschneidungen zwischen dem Inhalt dieses Berichts und Arbeiten anderer WRRL-CIS-Arbeitsgruppen, insbesondere der Arbeitsgruppe, die den Leitfaden über ökologische Mindestabflüsse ausgearbeitet hat (Technischer Bericht 2015-086).

Schließlich wird festgestellt, dass Ökosysteme, die sich im Grundwasser selbst befinden (Grundwasserökosysteme), per se wichtig sein können. Dennoch wird in diesem Bericht nicht auf diese eingegangen, da sie nicht Teil der WRRL-Ziele und Konformitätsregelungen sind.

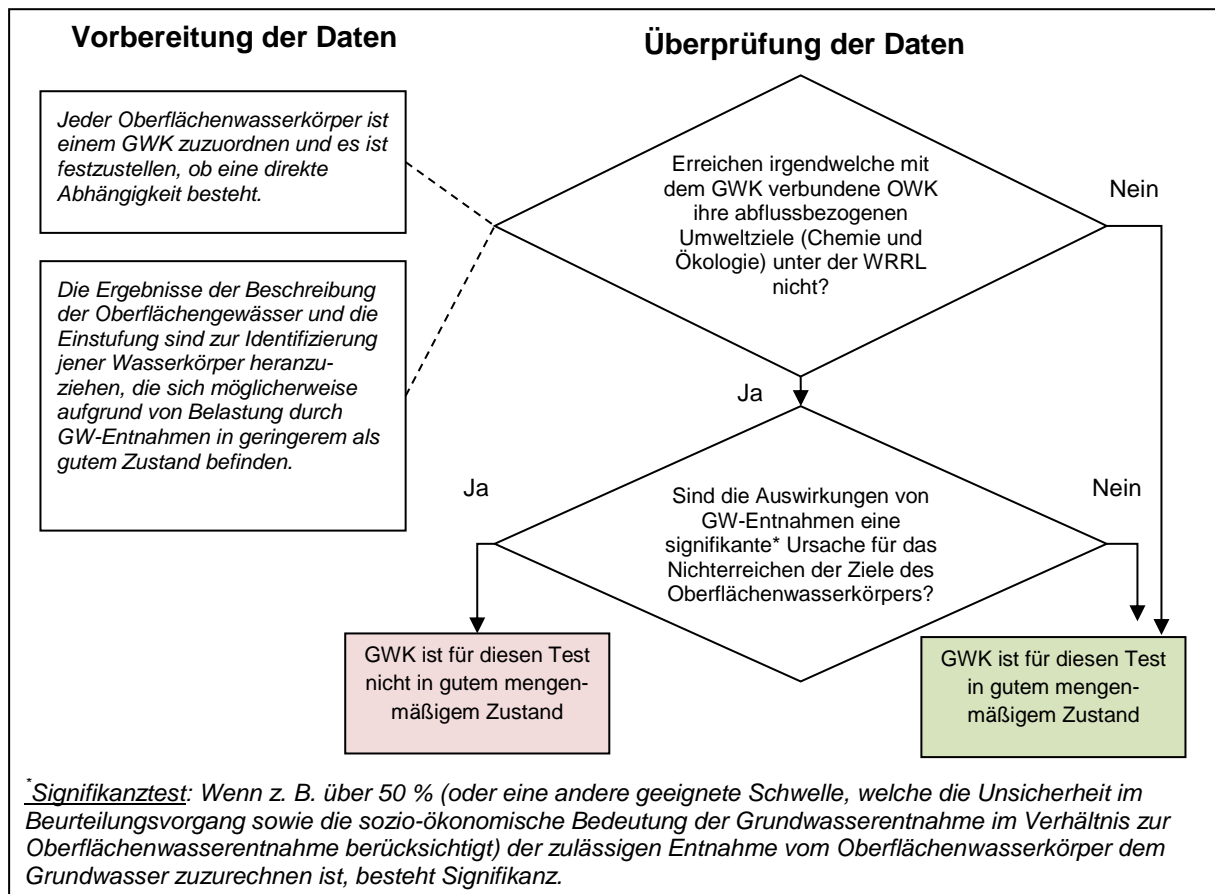


Abbildung 1.3: Darstellung des Verfahrens für das Oberflächenwasserelement der mengenmäßigen GWK-Zustandsbeurteilung. Quelle: CIS-Leitfaden Nr. 18, Abbildung 12

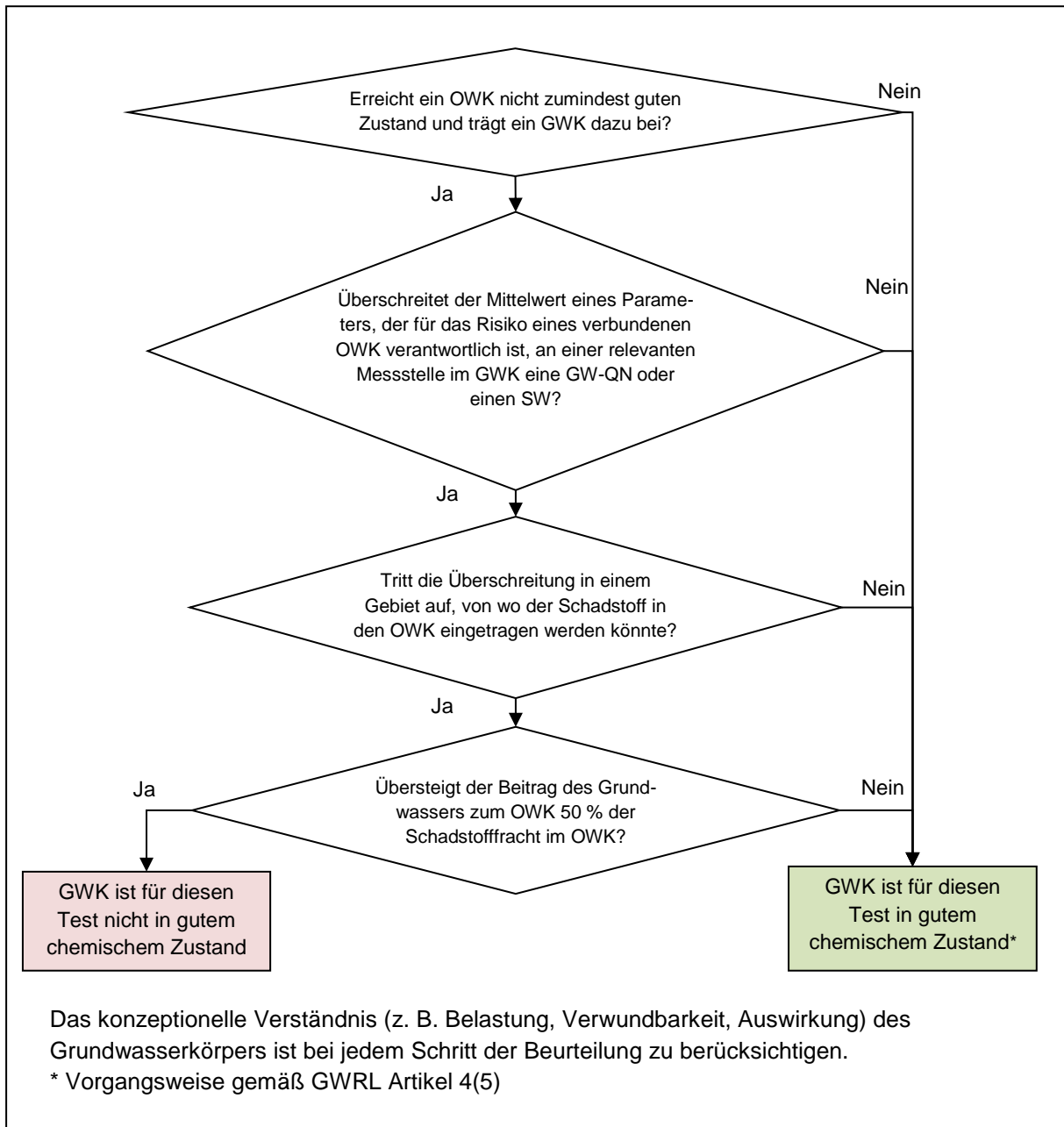


Abbildung 1.4: Vorgeschlagene Vorgangsweise für die Überprüfung einer signifikanten Schädigung der ökologischen oder chemischen Qualität eines mit dem Grundwasserkörper verbundenen Oberflächenwasserkörpers. Quelle: CIS-Leitfaden Nr. 18, Abbildung 8

1.3 Grundwasser-verbundene aquatische Ökosysteme in der WRRL und GWRL

Die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und die Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG) bilden das Rahmenwerk zum Schutz von Europas Wasserkörpern und zur Erreichung eines guten mengenmäßigen, chemischen und ökologischen Zustands bis zum Jahr 2027. Damit wird sichergestellt, dass ausreichend Wasser von guter Qualität für die Bedürfnisse der Menschen, der Wirtschaft und der Umwelt in der EU zur Verfügung steht.²

² http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm

1.3.1 Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)

Ziel der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens zum Schutz der Binnenoberflächengewässer, Übergangsgewässer, Küstengewässer und des Grundwassers. In Artikel 4 werden fünf Umweltziele für Grundwasser genannt. Dazu gehört die Erreichung eines guten Grundwasserzustands, also eines guten mengenmäßigen sowie eines guten chemischen Zustands des Grundwassers. Definitionen dieser beiden Begriffe finden sich in der WRRL (Anhang V).

In Bezug auf **GVAÖ**

- steht in Artikel 1: „Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zwecks a) Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie **Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme** und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt, [...] womit beigetragen werden soll [...] zum Schutz der Hoheitsgewässer und der Meeresgewässer [...]“
- wird im Aufzählungspunkt 34 angeführt: „Zum Zwecke des Umweltschutzes **müssen die qualitativen und quantitativen Aspekte sowohl bei Oberflächengewässern als auch bei Grundwässern stärker integriert werden, wobei die natürlichen Fließbedingungen von Wasser innerhalb des hydrologischen Kreislaufs zu berücksichtigen sind**“ (EG 2000).
- werden in Anhang V die Kriterien zur Bewertung des mengenmäßigen und chemischen Grundwasserzustands z. B. auf Grundlage der **Ziele für einen guten Zustand für verbundene Oberflächengewässer** und unmittelbar abhängende Landökosysteme festgelegt.

Tabelle 1.3.1: Bestimmung des guten mengenmäßigen Zustands für Grundwasserkörper (aus WRRL Annex V, 2.1.2).

Komponenten	Guter Zustand
Grundwasser- spiegel	<p>Der Grundwasserspiegel im Grundwasserkörper ist so beschaffen, dass die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird.</p> <p>Dementsprechend unterliegt der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen, die</p> <ul style="list-style-type: none"> • zu einem Verfehlen der ökologischen Qualitätsziele gemäß Artikel 4 für in Verbindung stehende Oberflächengewässer, • zu einer signifikanten Verringerung der Qualität dieser Gewässer, • zu einer signifikanten Schädigung von Landökosystemen führen würden, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, <p>und Änderungen der Strömungsrichtung, die sich aus Änderungen des Grundwasserspiegels ergeben, können zeitweise oder kontinuierlich in einem räumlich begrenzten Gebiet auftreten; solche Richtungsänderungen verursachen jedoch keinen Zustrom von Salzwasser oder sonstige Zuströme und lassen keine nachhaltige, eindeutig feststellbare anthropogene Tendenz zu einer Strömungsrichtung erkennen, die zu</p>

	einem solchen Zustrom führen könnte.
--	--------------------------------------

Tabelle 1.3.2: Bestimmung des guten chemischen Zustands für Grundwasserkörper (aus WRRL Annex V, 2.3.2).

Komponenten	Guter Zustand
Allgemein	<p>Die chemische Zusammensetzung des Grundwasserkörpers ist so beschaffen, dass die Schadstoffkonzentrationen</p> <ul style="list-style-type: none"> • wie unten angegeben keine Anzeichen für Salz- oder andere Intrusionen erkennen lassen; • die nach anderen einschlägigen Rechtsvorschriften der Gemeinschaft gemäß Artikel 17 geltenden Qualitätsnormen nicht überschreiten; • nicht derart hoch sind, dass die in Artikel 4 spezifizierten Umweltziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer nicht erreicht, die ökologische oder chemische Qualität derartiger Gewässer signifikant verringert oder die Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden.

Anmerkung: Ein schlechter chemischer Zustand spiegelt nicht die Auswirkungen natürlich vorkommender Stoffe, sondern **ausschließlich die Auswirkungen menschlicher Einflüsse** wider.

1.3.2 Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG)

Ziel der Grundwasserrichtlinie (GWRL) ist es, Grundwasser vor Verschmutzung und Verschlechterung zu schützen.

In Bezug auf GVAÖ konzentriert sich die GWRL auf die Beurteilung des chemischen Grundwasserzustands zum Schutz grundwasserabhängiger Landökosysteme und mit dem Grundwasser **verbundener aquatischer Ökosysteme:**

- In Artikel 3 werden die Kriterien zur Beurteilung des chemischen Zustands des Grundwassers erläutert, wozu die in Anhang I definierten generellen Qualitätsnormen für Nitrate und Pestizide sowie die in Anhang II aufgelisteten Schadstoffe gehören. All das ist bei der Ableitung von Schwellenwerten zum Schutz verbundener aquatischer und abhängiger terrestrischer Ökosysteme zu berücksichtigen: *„Die Schwellenwerte für den guten chemischen Zustand orientieren sich an dem Schutz des Grundwasserkörpers gemäß Anhang II Teil A Nummern 1, 2 und 3 unter besonderer Berücksichtigung seiner Auswirkungen auf verbundene Oberflächengewässer und davon unmittelbar abhängende terrestrische Ökosysteme und Feuchtgebiete sowie deren Wechselwirkungen, und berücksichtigen unter anderem humantoxikologische und ökotoxikologische Erkenntnisse.“*
- In Anhang I sind die allgemeinen Qualitätsnormen für Nitrate und Pestizide angeführt: *“Ist bei einem Grundwasserkörper davon auszugehen, dass die Grundwasserqualitätsnormen zur Folge haben könnten, dass die Umweltziele des Artikels 4 der Richtlinie 2000/60/EG für verbundene Oberflächengewässer nicht erreicht werden können oder eine signifikante Verschlechterung der ökologischen oder chemischen Qualität dieser Wasserkörper oder*

signifikante Schädigungen terrestrischer Ökosysteme, die direkt vom betreffenden Grundwasserkörper abhängen, eintreten könnten, so sind gemäß Artikel 3 und Anhang II der vorliegenden Richtlinie strengere Schwellenwerte festzulegen. Die im Zusammenhang mit solchen strengeren Schwellenwerten erforderlichen Programme und Maßnahmen gelten auch für die in den Geltungsbereich der Richtlinie 91/676/EWG fallenden Tätigkeiten.“

Folglich ist die ökologische oder chemische Qualität von OWK, die mit dem Grundwasser verbunden sind, oder eine künftige Verschlechterung ihres ökologischen oder chemischen Zustands ausschlaggebend für die Zustandsbeurteilung von GWK.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Art, in der verbundene aquatische Ökosysteme vom Grundwasser abhängen: Ist die Grundwasserabhängigkeit z. B. nur zu bestimmten Zeiten des Jahres kritisch? Steht die Abhängigkeit mit der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers in Zusammenhang (z. B. wenn eine bestimmte, im Oberflächengewässer lebende aquatische Spezies von Grundwasser abhängt, oder wenn relativ unverschmutztes Grundwasser zur Erhaltung der Ökologie eines verschmutzten OWK nötig ist)?

Bevor eine detaillierte Zustandsbeurteilung im Sinne der WRRL durchgeführt wird, ist es sinnvoll, genaue Kenntnis sowohl der mengenmäßigen als auch der chemischen Abhängigkeiten eines GVAÖ zu erlangen, denn davon hängt ab, welche Maßnahmen zu treffen sind.

Auch das Heranziehen eines Modellansatzes kann zum besseren Verständnis der Wechselwirkungen zwischen GWK und GVAÖ beitragen. Das kann ein einfaches konzeptionelles Modell sein, wie in Kapitel 2 dargestellt (Abbildung 2.1), oder ein detaillierteres konzeptionelles oder ein numerisches Modell. Welches Modell gewählt und wie weit ins Detail gegangen werden muss, hängt vom Ausmaß des Risikos (oder Schadens) für das GVAÖ sowie von den Informationen ab, die dem Mitgliedstaat bereits zur Verfügung stehen. Der CIS-Leitfaden Nr. 26: Risikobeurteilung und konzeptionelle Modelle (Kapitel 3.3; Europäische Kommission, 2010) bietet eine Orientierungshilfe für Modelle, und das in Kapitel 2 beschriebene GENESIS-Projekt (Output 5; GENESIS, 2015) liefert einige Beispiele und mögliche Ansätze.

Empfehlung

1.1 Bevor detaillierte WRRL-Zustandsbeurteilungen durchgeführt werden, sollten sowohl die mengenmäßigen als auch die chemischen Wechselwirkungen zwischen GVAÖ und GWK hinlänglich bekannt sein, denn davon hängt ab, welche Maßnahmen erforderlich sind. Unterstützt kann dieser Prozess durch konzeptionelle und nötigenfalls numerische Modelle werden, wobei der Detaillierungsgrad vom Ausmaß des Risikos (oder Schadens) für das GVAÖ und von den verfügbaren Daten abhängt.

Beispiel 1.1 – Chemischer Zustand des Grundwassers, ausgehend vom Schutzziel eines guten Zustands für eine Meeresbucht (GVAÖ)

Der gute ökologische Zustand von GVAÖ wie beispielsweise des dänischen Horsens Fjords (Hinsby et al., 2012) kann aufgrund von Eutrophierung infolge exzessiver Nährstoffanreicherung in Flussgebietseinheiten gefährdet sein, wo intensive Landwirtschaft betrieben wird. Zum Schutz des GVAÖ und zur Erhaltung des guten ökologischen Zustands ermitteln Süßwasser- und MeeresökologInnen gemeinsam die jährlich oder saisonal akzeptablen Maximalfrachten an Nährstoffen (üblicherweise N und/oder P) zum Ökosystem.

Zur Abschätzung der tatsächlichen über das Wasser eingetragenen Nährstofffrachten und jenes Anteils der aus dem Grundwasser stammt – wozu auch oberflächennahes Dränagewasser zählt – werden Überwachungsdaten des Grundwassers (in oxischen sowie anoxischen Teilen der GWK) und der Bäche (gesamter Wasserabfluss und Nährstoffkonzentrationen) herangezogen.

Von diesen Daten wird, zusammen mit der geschätzten zulässigen Maximalfracht, eine Gesamt-N-Konzentration für das Grundwasser abgeleitet, die als Schwellenwert für den gesamten Stickstoff („Nitrat“) für die GWK im Einzugsgebiet des Horsens Fjord gelten könnte, um den guten ökologischen Zustand dieses GVAÖ zu gewährleisten bzw. wiederherzustellen. Weitere Informationen zu dieser Studie finden sich in Kapitel 5 (Beispiel 5.2) und in Kapitel 6.2 dieses Berichts sowie bei Hinsby et al. (2012)

Beispiel 1.2 – Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers, ausgehend vom Schutzziel eines guten Zustands für GVAÖ (ein Beispiel aus der Schweiz)

Der mengenmäßige Grundwasserzustand und der ökologische GVAÖ-Zustand sind lokal und regional in vielen Teilen Europas aufgrund von Grundwasserentnahmen zur Wasserversorgung, Bewässerung usw. sowie aufgrund des Klimawandels gefährdet. Klimaveränderungen können sich auf die Grundwasserneubildung auswirken, sowohl direkt durch das Einsickern von Regen- bzw. Schmelzwasser als auch indirekt über Einträge aus Oberflächenwasserkörpern.

Ein Beispiel für die Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser (GVAÖ), im Zusammenhang mit der Nutzung durch den Menschen, mit Klimawandel und Ökosystemen, ist das Obere Emmental in der Schweiz (Hunkeler et al., 2015). Der an den Fluss angrenzende Grundwasserleiter stellt bis zu 40 % des Trinkwassers der Stadt Bern. Aufgrund des kombinierten Effekts der Grundwasserentnahme für die Wasserversorgung und des Klimawandels, der beispielsweise für Dürren im Sommer sorgt, ist der ökologische Zustand der Emme gefährdet. Durch zeitigere Schneeschmelzen und das Schwinden der Gletscher geht der Abfluss im Sommer zurück. So mussten beispielsweise 2003 die Entnahmen aus Trinkwasserbrunnen gedrosselt werden, um den ökologischen Mindestabfluss (Europäische Kommission, 2015a) und den guten ökologischen Zustand des Flusses zu erhalten. Solche Einschränkungen bei der Entnahme werden in Zukunft aufgrund längerer und trockenerer Sommer, mit denen laut aktuellen Klimamodellen übereinstimmend zu rechnen ist, häufiger vorkommen.

Die Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasserkörpern/Ökosystemen wurden in dem Schweizer Forschungsprojekt GW-TREND: Grundwasserknappheit durch Klimawandel? (Hunkeler et al., 2015) behandelt und sind Gegenstand eines laufenden

Dissertationsprojekts an der Universität Neuenburg. Zur Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Emme im Oberen Emmental arbeitet die Projektgruppe mit räumlich differenzierten, vollständig gekoppelten Grundwasser-Oberflächenwasser-Modellen. Ein eigens entwickeltes Modellierungstool wurde eingesetzt, um festzustellen, wie sich saisonale Trends von Grundwasserspiegeln und Quellschüttungen aufgrund des Klimawandels verändern. Die Auswirkungen von Grundwasserentnahmen unter veränderten klimatischen Bedingungen können ebenfalls evaluiert werden. In diesem Zusammenhang kann die größtmögliche Entnahmemenge berechnet werden, bei der die Mindestrestwassermengen in den Bächen gewährleistet bleiben (gesetzlich festgelegter ökologischer Mindestabfluss). Im Zuge des laufenden Dissertationsprojekts wird ein Steuerungssystem entwickelt, das sowohl die Einleitung in den Fluss als auch die hydraulischen Bedingungen im Aquifer in Echtzeit berücksichtigt und somit eine Optimierung des Pumpbetriebs ermöglicht.

Die aus diesen Projekten gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine quantitative Gewichtung verschiedener Faktoren in Zusammenhang mit den Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Neubildung bzw. die Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Grundwasser sowie anthropogene Einwirkungen. Auf Grundlage der Ergebnisse können jene Aquifere und GVAÖ identifiziert werden, die besonders empfindlich gegenüber Klimaveränderungen reagieren, und rechtzeitig geeignete Maßnahmen getroffen und gezielte Überwachungsprogramme implementiert werden.

2 SCHLÜSSELKONZEPTE UND DEFINITIONEN

2.1 Was sind GVAÖ und verbundene Oberflächengewässer?

Unter Berücksichtigung der im obigen Kapitel 1.3 angeführten Erfordernisse der WRRL (Anhang 5) und der GWRL (Artikel 3) wird hier die folgende Definition vorgeschlagen:

Definition eines GVAÖ:

Ein Ökosystem, das sich innerhalb eines oder mehrerer Oberflächenwasserkörper (Flüsse, Seen, Übergangs- oder Küstengewässer) befindet und dessen Zustand (ökologisch oder chemisch) oder Umweltziele durch Veränderungen des Grundwasserspiegels oder durch das Grundwasser übertragene Schadstoffkonzentrationen beeinflusst werden können (siehe Abbildungen 2.1 und 2.2).

Geschädigte GVAÖ, die den Zustand des OWK beeinträchtigen, könnten auch eine Zustandsverfehlung jenes GWK verursachen, der das entscheidende Wasser liefert. Der Grad der Grundwasserabhängigkeit des GVAÖ kann von Jahr zu Jahr bzw. saisonal variieren; die kritische Abhängigkeit vom Grundwasser ist jedenfalls ausschlaggebend dafür, dass ein Ökosystem als GVAÖ gilt und das es zu schützen ist.

Bei den meisten OWK steuert Grundwasser zum Oberflächenwasserabfluss bei. Der jeweilige Grundwasserbeitrag hängt von der Hydrogeologie sowie den physikalischen Gegebenheiten ab und kann im Jahresverlauf sehr schwanken. Auch die Bedeutung des Grundwassereintrags für den ökologischen oder chemischen Zustand des OWK variiert deutlich, im Allgemeinen steigt sie mit größer werdendem Anteil an der gesamten Dotierung des OWK. In manchen Fällen, wenn die Beurteilung auf saisonaler und nicht jährlicher Basis erfolgt, können bereits relativ kleine Grundwasserspenden von ökologischer Bedeutung sein. Daraus ergibt sich, dass auch in weniger produktiven Aquiferen der Grundwasserbeitrag am OWK – beispielsweise zu Zeiten niedriger Wasserführung – bedeutend sein kann. Darüber hinaus gibt es OWK, wie beispielsweise grundwasserabhängige Seen (ohne Zuflüsse) oder bestimmte Flussabschnitte, die nahezu vollständig vom Grundwasser abhängen.

Das Forschungsprojekt GENESIS (GENESIS, 2015) lieferte interessante Erkenntnisse zur Beschreibung von Fließwegen und zur Entwicklung konzeptioneller Modelle. Diese Informationen fließen in den vorliegenden Bericht ein. Nähere Informationen, insbesondere über den konzeptionellen Rahmen hinsichtlich GVAÖ und – wichtiger noch – wie im Fall von geschädigten GVAÖ vorzugehen ist, sind der GENESIS-Website zu entnehmen.³

³http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=16858&p_menu_id=16904&p_sub_id=16859&p_dim2=16860

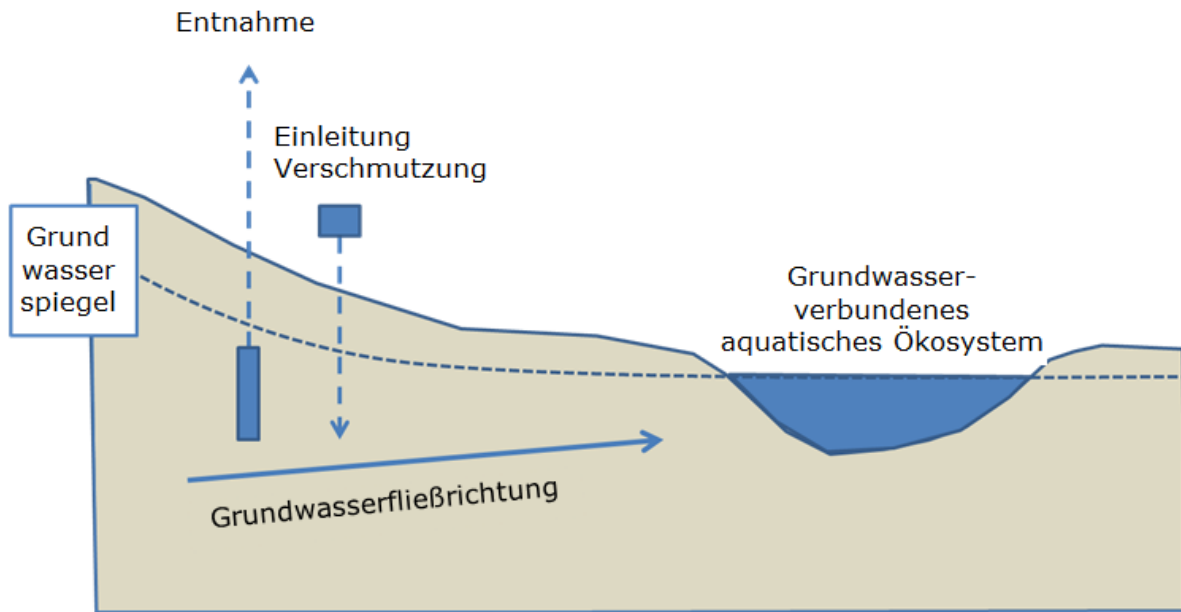


Abbildung 2.1: Konzeptionelles Modell eines GVAÖ mit Verbindungen zum GWK und zu Grundwasserbelastungen.

Die folgende Abbildung gilt als Ausgangsbasis für den weiteren Bericht.

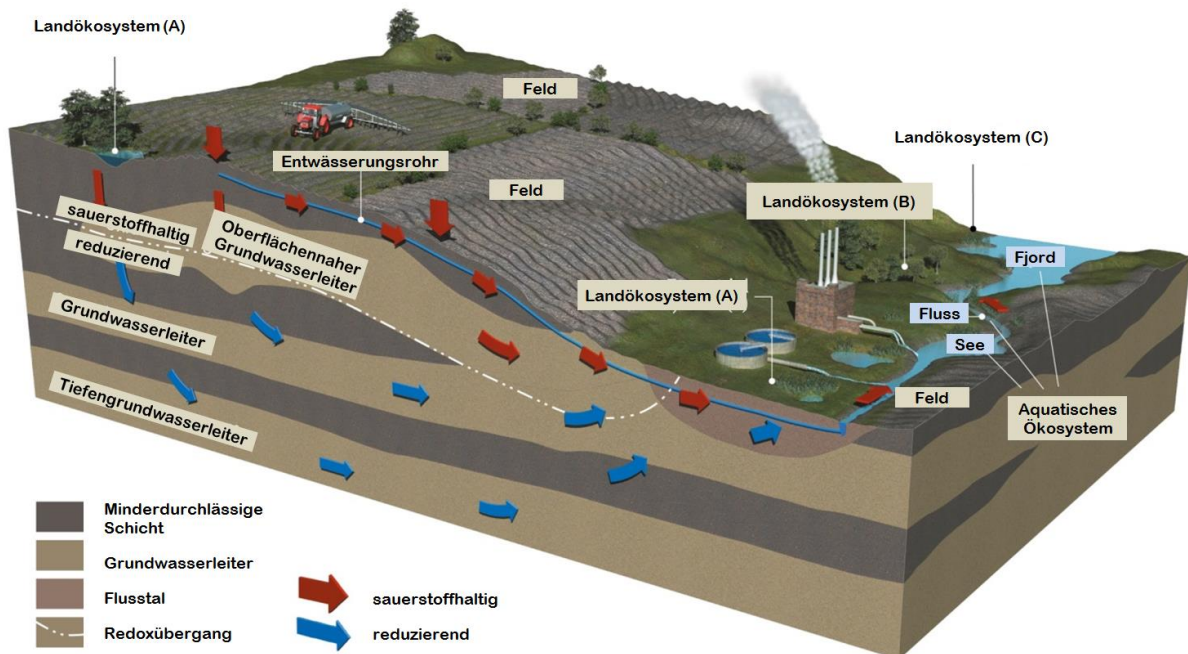


Abbildung 2.2: Dänisches Beispiel von mit dem Grundwasser verbundenen aquatischen Ökosystemen und der Zusammenhang zu Aktivitäten im Einzugsgebiet. Quelle: nach Hinsby et al. (2008, 2012).

Beispiel 2.1: Turloughs sind prioritäre Natura-2000-Lebensräume (Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie), die in erster Linie in verkarsteten Kalkstein-Gebieten in Irland auftreten. Turloughs sind temporäre Seen, die sich aus dem Zusammenspiel starker Regenfälle und hoher Grundwasserspiegel in topografischen Vertiefungen im Karst bilden. Das hydrologische Verhalten eines Turloughs kann von einer sehr kurzen bis zu einer länger andauernden Seenbildung reichen.

In Kooperation mit dem Dubliner Trinity College wurde seitens des National Parks and Wildlife Service ein multidisziplinäres Projekt zur Erhaltung der Turloughs mit dem Titel Assessing the Conservation Status of Turloughs durchgeführt. Bei der Prüfung der ökologischen Auswirkungen standen die Schlüsselarten dieses Lebensraums im Vordergrund, darunter Algenkolonien, Pflanzengesellschaften sowie einzelne Arten von Gefäßpflanzen und wirbellose Wassertiere. Im Rahmen der Bewertung der Wasserqualität konzentrierte man sich auf die Identifizierung jener Faktoren, die zu den unterschiedlichen Nährstoffkonzentrationen in den Flutwässern bei den einzelnen Turloughs führen.

Alle untersuchten Turloughs waren hinsichtlich erhöhter Nährstoffanreicherung gefährdet, während es quantitativ kaum Auffälligkeiten gab. Dennoch waren die Konzeptionalisierung und Quantifizierung der Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser wesentlich, um etwaige Probleme in Zusammenhang mit der Wasserqualität zu verstehen.

Beispiel 2.2: Mit Stickstoff angereichertes Grundwasser gelangt in einen Fluss, der in den Horsens Fjord mündet – ein Natura-2000-Gebiet in Dänemark. Die ökologische Schädigung (Rückgang von Seegras und deutliche Zunahme von Fadenalgen) in der Flussmündung (= verbundenes OWK) führt dazu, dass der WRRL-Zustand sich verschlechtert und nicht mehr dem Ziel des guten Zustands gemäß WRRL entspricht. Der Schwellenwert (SW) für den Gesamtstickstoff im Grundwasser wird auf 6,0 mg/l geschätzt, was etwa 25 mg/l Nitrat entspricht (Hinsby et al., 2012, weitere Details hierzu in Beispiel 5.2, Kapitel 5).

Beispiel 2.3: Nitrathaltige Grundwassereinträge (Konzentration von ca. 35 mg NO₃/l) in einen direkt abhängigen Flusswasserkörper in der Republik Tschechien führten dazu, dass der Flusswasserkörper den chemischen Zustandstest nicht bestand. Der langfristige Basisabflussindex liegt bei 0,7 und die Grenze zwischen gutem und mäßigem ökologischem Zustand bei 20 mg NO₃/l. Obwohl der Grundwasserqualitätsnorm von Anhang I der GWRL entsprochen wird (50 mg NO₃/l), wird der gute ökologische Zustand gemäß der WRRL im Fluss (der ein GVAÖ ist) aufgrund der Belastungen durch das Grundwasser nicht erreicht.

2.2 GVAÖ-Kategorien

Für die Umsetzung von WRRL und GWRL wird ein funktional basierter Ordnungsrahmen zur Kategorisierung vorgeschlagen, der pragmatisch, praktisch und gegebenenfalls mit Oberflächengewässerklassen sowie den Definitionen für Schutzgebiete korrespondiert. Die Mitgliedstaaten können auch eigene Kategorien entwickeln, um den jeweiligen besonderen Gegebenheiten in ihrem Land Rechnung zu tragen.

GVAÖ können nach unterschiedlichen Methoden kategorisiert werden (z. B. Brown et al., 2007; GENESIS, 2015). Die meisten beziehen sich auf oberirdische Ökosysteme, wie Flüsse, Seen und

Flussmündungen, manche schließen auch Ökosysteme im Grundwasser mit ein. Dieser technische Bericht befasst sich ausschließlich mit verbundenen Oberflächengewässern, nicht jedoch mit Grundwasserökosystemen an sich. Grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme (GWATÖ) werden im technischen Bericht Nr. 6 behandelt (Europäische Kommission, 2012).

Der Grad an Grundwasserabhängigkeit eines verbundenen aquatischen Ökosystems variiert zwischen jenen OWK, dessen Ökologie wesentlich vom Grundwasser abhängt – und somit die WRRL-Ziele nicht erreicht werden, wenn die Qualität oder Quantität der Grundwasserbeiträge abnimmt (was auch dazu führt, dass der GWK den chemischen oder mengenmäßigen Zustandstest verfehlt), und jenen OWK, die aufgrund ihrer Ökologie bzw. Chemie in der Lage sind, grundlegenden Veränderungen beim Grundwassereintrag standzuhalten, ohne dass es zu einer Zustandsveränderung des OWK kommt.

In der Folge werden die unterschiedlichen Kategorien von GVAÖ ausgehend vom OWK, mit dem sie verbunden sind, bzw. der Art der „Verbindung“ (temporär oder permanent), beschrieben.

Tabelle 2.1: GVAÖ-Kategorien und Beispiele.

GVAÖ-Kategorie	Verbundener OWK	Art der Grundwasser-abhängigkeit	Beispiele: Schutzgebiete (Natura 2000) und Sonstige
Temporäre grundwasser-gespeiste Seen	See	Kritische Abhängigkeit: Die Gewässerökologie des Sees hängt entscheidend vom Zufluss sowie der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers ab, da dieses die hauptsächliche Wasserquelle bildet.	Turloughs in Irland, Breckland Meres im Vereinigten Königreich
Permanent grundwasser-gespeiste Seen	See	Kritische Abhängigkeit: Das Grundwasser bildet die einzige Wasserquelle oder enthält chemische Stoffe, die für die Ökologie entscheidend sind und von keiner anderen Wasserquelle eingebracht werden können.	Ohrid-See (Mazedonien, Albanien)
See	See	Verbunden, jedoch nicht in kritischer Weise abhängig. Seen, deren Wasserhaushalt zu einem bedeutenden Teil unmittelbar von Grundwassereinträgen stammt, die jedoch nicht entscheidend von Grundwasserzufluss oder -chemie abhängen.	Die meisten Seen, die auch Fluss- oder Bachzuflüsse aufweisen
Temporäre Flüsse oder Flussarme, die hauptsächlich vom Grundwasser gespeist werden	Fluss	Kritische Abhängigkeit: Grundwasser stellt die einzige oder hauptsächliche Wasserquelle dar, und die Ökologie des Flusses wird geschädigt, wenn diese Quelle signifikant zurückgeht.	Sommertrockene Flussabschnitte/ temporäre Quellbäche
Alkalischer Fluss – Flüsse mit hohem Basisabflussindex	Fluss	Kritische Abhängigkeit: Das Grundwasser bildet die vorherrschende Wasserquelle und enthält chemische Stoffe, die für die	River Itchen, Vereinigtes Königreich

		Gewässerökologie entscheidend sind.	
Permanenter Fluss	Fluss	Verbunden, jedoch nicht in kritischer Weise abhängig. Flüsse, deren Wasserhaushalt (das ganze Jahr über oder saisonal) zu einem bedeutenden Teil unmittelbar von Grundwassereinträgen stammt (beispielsweise bei Niederwasserführung); die Flussökologie hängt jedoch nicht entscheidend von Grundwasserzustrom oder -chemie ab.	Die meisten Flüsse, die auch aus Oberflächengewässern gespeist werden (beispielsweise durch Einmündung von Neben- oder Quelläufen, welche den Hauptabfluss bilden)
Temporäre, Grundwasser-gespeiste Süßwasseraustritte in Wattengebieten	Übergangs-/ Küstengewässer	Kritische Abhängigkeit: Das Grundwasser bildet die vorherrschende Quelle für Süßwasser und ist für die Ökologie des Oberflächengewässers entscheidend.	Die Ökologie hängt von Süßwassereinträgen aus dem Grundwasser ab (z. B. Sylt, Deutschland)
Flussmündungen, Übergangs- und Küstengewässer, die permanent, entweder direkt oder über Flüsse, Grundwassereinträge erhalten	Übergangs-/ Küstengewässer	Verbunden, jedoch nicht kritisch abhängig. Ohne die Verschmutzung durch das Grundwasser wäre die Flussmündung in gutem Zustand.	Horsens Fjord, Dänemark Lagune von Dalyan (GENESIS, 2015)
Kleine Zwischenräume in Sedimenten von Flüssen, Seen und Flussmündungen	Fluss, See oder Flussmündung	Kritische Abhängigkeit: Sauerstoffreiche Grundwasserzuflüsse durch das Flussbett halten die oxischen und Temperaturbedingungen aufrecht, die für die Oberflächengewässerökologie entscheidend sind.	Hyporheisches Interstitial als Laichplatz für Lachs und Rückzugsgebiet für Junglachs kann dort bedeutend sein, wo Lachs gemäß Natura 2000 geschützt ist; Lule-Fluss, Schweden (GENESIS, 2015)
Gewässerökologie innerhalb einer Quelle bzw. eines Quelltopfes (Oberflächengewässer), nicht die Ökologie des mit der Quelle verbundenen Feuchtgebiets	Fluss	Kritische Abhängigkeit: Die Ökologie im Oberflächengewässer hängt in kritischer Weise vom Grundwasserausfluss ab	Italien, Po-Ebene; Pingos, Vereinigtes Königreich Die aquatischen Charakteristika sind sorgfältig von GWATÖ, wie z. B. Quelle und Schwall, zu unterscheiden, bei denen die terrestrische Ökologie im Mittelpunkt steht (siehe Europäische Kommission, 2012).

2.3 Wie sich feststellen lässt, ob ein aquatisches Ökosystem von einem GWK abhängt

Grundwasser, Oberflächengewässer, Niederschläge und Meerwasser können allesamt Wasser für GVAÖ bereitstellen. Für den Schutz der GVAÖ durch die WRRL und GWRL ist es grundlegend, festzustellen, wann die Gewässerökologie in kritischer Weise vom Grundwasser abhängt (mengenmäßig oder chemisch) bzw. wann die Gewässerökologie mit der Verfügbarkeit von Grundwasser verknüpft ist. Die Abhängigkeit wird in Kapitel 3 näher behandelt.

Diese Abhängigkeit kann permanent sein (z. B. in Turloughs) oder temporär (z. B. im hyporheischen Interstitial, wo diese für die Erhaltung der Natura-2000-Lebensräume für Lachs von essenzieller Bedeutung sind).

ACHTUNG!

GVAÖ fallen bereits unter den Schutz durch die WRRL, da sie integraler Bestandteil von Oberflächenwasserkörpern sind (siehe Kapitel 2.5). Es gilt herauszufinden, ob die kritische Grundwasserkomponente im jeweiligen Fall in den Beurteilungsmethoden für OWK entsprechend enthalten ist; die Grundwasserkomponente des gesamten Oberflächenwasserabflusses kann wichtige Dienste für ein GVAÖ leisten, welches bei der OWK-Zustandsbeurteilung möglicherweise nicht berücksichtigt wurde (beispielsweise Temperaturstabilisierung in einer hyporheischen Zone und stabile Niederwasserrefugien, die für Natura-2000 Lachshabitate wesentlich sind).

2.4 Schädigung des GVAÖ

GVAÖ können durch mengenmäßige oder chemische Veränderungen des Grundwassers beeinträchtigt werden. Eine solche ökologische Veränderung könnte

- (a) zu einer Verfehlung der Umweltziele (einschließlich des guten Zustands) des verbundenen OWK führen; oder
- (b) derzeit noch zu keiner Verfehlung führen, allerdings in absehbarer Zukunft, sollte sich der Trend fortsetzen.

Somit lassen sich zwei Schädigungskriterien ausmachen:

a) Verbundene Oberflächenwasserkörper verfehlen die Umweltziele.

Dies ist dann der Fall, wenn die Grundwasserbelastungen für den OWK (biologisch, hydromorphologisch oder chemisch) zu einer Herabsetzung der Zustandsklassifizierung des OWK führen oder dazu beitragen, dass dieser den guten oder sehr guten ökologischen oder chemischen Zustand verfehlt.

Beispiel 2.4: Grundwasserentnahmen für landwirtschaftliche Bewässerung in trockenen Sommermonaten lassen den Grundwasserspiegel sinken. Das führt dazu, dass die Grundwasserkomponente des Basisabflusses eines abhängigen Flusses die hydrologischen Niederwassernormen unterschreitet, was zu einer Verfehlung des mengenmäßigen Zustandstests beim betreffenden GWK führt (siehe Kapitel 7).

Beispiel 2.5: Exzessives Düngen von Nutzpflanzen auf flachgründigen und sehr durchlässigen Böden führte dazu, dass erhebliche Mengen Nitrat in das oberflächennahe

Grundwasser gelangten. Infolgedessen wurde das Wasser des verbundenen Flusses durch das Grundwasser derartig mit Nährstoffen angereichert, dass die typische Gemeinschaft von Wirbellosen von einer anderen Art verdrängt wurde, die für nährstoffreiche Gewässer charakteristisch ist und nicht für die nährstoffarmen Referenzbedingungen des Flusses. Die Tatsache, dass der OWK die entsprechende ökologische Qualität aufgrund chemischer Belastungen durch den GWK nicht erreicht, führt zur Verfehlung des chemischen Zustandstests für den GWK (siehe Kapitel 7).

Beispiel 2.6: Die Grundwasserentnahme für Trinkwasser führte zu einem Absinken des Grundwasserspiegels, sodass die Menge an alkalischem Grundwasser, die in den verbundenen Fluss strömt, sich deutlich verringert hat. Das übrige Flusswasser wird aus einem höher gelegenen Einzugsgebiet gespeist, ist jedoch nicht von Natur aus alkalisch. Somit sinkt die Alkalinität des Flusses deutlich, was zu einem ungünstigen Erhaltungszustand des Flusses gemäß den Natura-2000-Merkmalen führt. Aufgrund dieser Verschlechterung des Zustands eines Schutzgebiets (gemäß Schutzgebietsverzeichnis) wird das Schutzgebietsziel verfehlt und der Zustand des OWK verschlechtert sich. Somit ist der Zustand des GWK, der dieses entscheidende Wasser speist, schlecht.

- b) Signifikante Verringerung der ökologischen Qualität des verbundenen Wasserkörpers.** Der Begriff „signifikante Verringerung“ wird weder in der WRRL noch in der GWRL genauer definiert.

Der in der englischen Fassung der WRRL verwendete Begriff „diminution“ wird im Oxford Wörterbuch folgendermaßen definiert: *A reduction in the size, extent, or importance of something* – Eine Reduzierung der Größe, der Ausdehnung oder der Bedeutung von etwas. (Oxford Dictionary online)

Der in der deutschen Fassung der WRRL verwendete Begriff „Verringerung“ wird im Duden mit „das [Sich]Verringern, das Verringertwerden“ erklärt. Synonyme sind unter anderem: „Abnahme“, „Minderung“ und „Rückgang“. Der Begriff „verringern“ mit: „kleiner, geringer werden lassen, reduzieren“. (Duden online)

Wir definieren 'signifikante Verringerung der ökologischen Qualität des verbundenen Wasserkörpers' als eine Tendenz der Abnahme der Qualität des Ökosystems, was letztlich (in absehbarer Zukunft) dazu führt, dass das Ökosystem seine Rolle innerhalb des verbundenen Wasserkörpers nicht mehr erfüllen kann (im Sinne der Erreichung entweder der Schutzgebiet- oder der Zustandsziele), dies jedoch noch nicht eingetreten ist.

2.5 Terminologie

In der WWRL wird **Grundwasser** als „alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“ definiert.

Schwellenwerte (SW) sind von den Mitgliedstaaten festgelegte Qualitätsnormen und gehören zu den Hauptkriterien für die Beurteilung des chemischen Zustands eines GWK. Im Prinzip bedingt das Überschreiten eines Schwellenwerts eine Untersuchung, um den Zustand des GWK zu bestätigen.

Kriterienwerte (KW) sind Qualitätsnormen für Schadstoffe zum Schutz eines bestimmten ökologischen Rezeptors oder einer bestimmten Wassernutzung. Gelegentlich werden sie auch als rezeptorbasierte Normen bezeichnet. Sie berücksichtigen die natürlichen Hintergrundwerte des Schadstoffs nicht und können von anderen Gesetzgebungen abgeleitet werden.

SW und KW und wie sie zur Beurteilung des guten chemischen Zustands des Grundwassers eingesetzt werden, sind in Kapitel 6 näher beschrieben.

Wenn in diesem Bericht von „Zustand“ die Rede ist, so ist der **Zustand des gesamten Wasserkörpers** gemeint, wie in der WRRL definiert. Das unterscheidet sich vom **Erhaltungszustand der Lebensräume** gemäß der Habitat-Richtlinie (92/43/EWG), der hier „Erhaltungszustand“ genannt wird. Gemäß der Habitat-Richtlinie ausgewiesene Natura-2000-Gebiete fallen unter die Schutzgebiete nach WRRL (Anhang IV), und die Ziele und Normen für diese Gebiete werden zu Umweltzielen gemäß der WRRL. Diese wiederum unterscheiden sich von den Umweltzielen für Oberflächengewässer und Grundwasser (wie in Artikel 4 der WRRL angeführt), die das Erreichen des guten Zustands von Wasserkörpern beinhalten.

Natura-2000-Gebiete, die WRRL-Schutzgebiete sind, können einen Teil eines Wasserkörpers, einen gesamten oder mehr als einen Wasserkörper umfassen. Wird demnach der Erhaltungszustand bei einem Natura-2000-Gebiet nicht erreicht, führt dies zur Verfehlung eines WRRL-Ziels für Schutzgebiete, und das kann – muss jedoch nicht – einen Einfluss auf den Zustand des Wasserkörpers haben, in dem sich das Gebiet befindet. Wenn in diesem Bericht vom **Zustand** eines GVAÖ die Rede ist, kann es sich entweder um den Erhaltungszustand oder den WRRL-Zustand handeln (wo dies einen ganzen Wasserkörper betrifft).

Prinzipiell kann ein GWK mit einem GVAÖ die WRRL-Zustandsziele verfehlen, falls das GVAÖ die Schutzgebiet- oder Oberflächenwasser-Ziele aufgrund von Auswirkungen anthropogener Belastungen auf den GWK verfehlt.

Wenn auf künftige Auswirkungen, die auf aktuellen Trends basieren, Bezug genommen wird, wird der Terminus „**absehbare Zukunft**“ verwendet. Als Richtwert bezieht sich dies auf den Planungshorizont der WRRL (z. B. zwei RBMP-Zyklen), in der Praxis hängt die für den jeweiligen Fall angemessene Zeitspanne von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, wie beispielsweise das Vertrauen in den beobachteten Trend, die Geschwindigkeit, mit der sich Umweltbedingungen verändern usw.

3 ERMITTLUNG DER ANFORDERUNGEN EINES GVAÖ HINSICHTLICH QUALITÄT UND MENGE

Die wissenschaftlichen Kenntnisse in diesem Bereich nehmen zwar rasch zu, aber die praktische Umsetzung dieses Wissens ist nicht einfach. In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie die Bedürfnisse eines GVAÖ anhand der Untersuchung seiner funktionalen hydrologischen Eigenschaften, wozu beispielsweise die hydrogeologische/hydrologische Verbindung zum GWK zählt, ermittelt werden können.

Wie aus der jüngsten Befragung durch die WG GW (Europäische Kommission, 2015b) hervorgeht, haben die Mitgliedstaaten im Zuge des ersten Zyklus der Bewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete (RBMP1) die OWK-Anforderungen an das Grundwasser großteils als mengenmäßige Anforderungen in Bezug auf den Niederwasserabfluss von Flüssen (z. B. erforderlicher Basisabfluss) berücksichtigt. Die chemischen Bedürfnisse aquatischer Ökosysteme oder die Bedürfnisse von Schutzgebieten (Natura 2000) fanden im RBMP1 weitgehend keine Berücksichtigung. Zahlreiche Mitgliedstaaten gaben jedoch an, dass sie im Zuge des RBMP2 versuchen wollen, mehr auf die GVAÖ-Anforderungen einzugehen.

Die CIS-Arbeitsgruppe zu ökologischem Mindestabfluss (Eflows) erstellte 2014 einen Bericht (Europäische Kommission, 2015a) darüber, wie OWK-Anforderungen an den ökologisch notwendigen Mindestabfluss – insbesondere von Flüssen – WRRL-konform entwickelt werden können. Das Grundwasser kann dabei eine bedeutende Rolle spielen, indem es Flüsse bei Niederwasserführung (Basisabfluss) mit Wasser versorgt, und mitunter für ökologisch wichtige chemische Milieus im Fluss sorgt (beispielsweise erhöhte Alkalinität, niedrige Nährstoffkonzentrationen, Stabilisierung von pH-Wert und Temperatur und ein mit Sauerstoff angereichertes Flussbett – z. B. hyporheische Zone).

Die 7. EU-Rahmenforschungsprojekte GENESIS (GENESIS, 2015) und REFORM (REFORM, 2015) konnten das Verständnis von der Wechselwirkung zwischen Grundwasser und abhängigen Ökosystemen erweitern. Die praktischen und konzeptionellen Erkenntnisse aus diesen Projekten sind in den vorliegenden technischen Bericht eingeflossen.

Bisher wurden die GVAÖ-Anforderungen an das Grundwasser noch nicht systematisch in der gesamten EU definiert. Abgesehen von den Anforderungen an das Grundwasser hinsichtlich des Basisabflusses, wurden bislang keine weiteren Methoden zur Bestimmung der GVAÖ-Anforderungen an das Grundwasser verglichen, ganz zu schweigen von einem Vergleich oder Abgleich der sich ergebenden Normen.

Eine weitere Vorgehensweise wäre, entweder ausgehend von OWK-Kategorien oder anhand von Natura-2000-Kategorien, ein Verständnis für die Anforderungen bestimmter Ökosystemtypen an das Grundwasser zu entwickeln. Die uns bekannten Forschungen in EU-Staaten ergaben bislang keine eindeutigen numerischen Nachweise hinsichtlich der Grundwasseranforderungen. Ein alkalischer Fluss hängt beispielsweise ganz entscheidend von „Alkalinität“ ab, die wiederum nur aus dem Kontakt mit dem Untergrund/der Geologie resultieren kann. Wie viel Alkalinität jedoch nötig ist und wann (zu welcher Jahreszeit), ist nicht systematisch definiert (Life in UK Rivers, Natural England publications, 1999).

Aus der jüngsten WG GW-Erhebung zum Thema Schwellenwerte geht hervor, dass derzeit einige wenige Natura 2000-gebietspezifische Forschungsprojekte durchgeführt werden, mit dem Ziel, Normen oder Anforderungen an das Grundwasser für bestimmte Naturschutzgebiete zu entwickeln. Es wurde bislang jedoch kein Versuch unternommen, diese Forschungsarbeiten systematisch zu evaluieren und, wenn möglich, in einer paneuropäischen Umgebung, wie dem ECOSTAT-Rahmen zusammenzuführen.

Empfehlung

3.1 Die Arbeitsgruppe WG GW sollte mit Oberflächengewässer-Arbeitsgruppen (wie ECOSTAT) und mit den für den Naturschutz zuständigen KollegInnen der GD ENV der Europäischen Kommission zusammenarbeiten, um einen gemeinsamen Ordnungsrahmen zur Beurteilung der Bedürfnisse einzelner GVAÖ zu entwickeln. Damit könnten die Ergebnisse dieser Beurteilungen in kohärenter Weise analysiert und im gesamten EU-Raum eingesetzt werden. Zwar unterscheiden sich die jeweiligen Situationen und Bedürfnisse der einzelnen GVAÖ aufgrund lokaler Gegebenheiten, wie hydrologischer Variationen, dennoch kann ein gemeinsamer Rahmen für eine konsequente Beurteilung und Entscheidungsfindung hilfreich sein.

3.2 Zum Verständnis der Anforderungen der GVAÖ an Standort und Grundwasser sollten Gespräche mit Oberflächenwasser- und GrundwasserökologInnen sowie Oberflächenwassermanagerinnen/-managern geführt werden.

3.3 Gehört das GVAÖ zu einem Natura-2000-Gebiet, sollten ExpertInnen für Naturschutz und Ökologie konsultiert werden.

4 BESCHREIBUNG UND RISIKOBEURTEILUNG

Aus den Kapiteln 1 und 2 geht hervor, dass GVAÖ wichtige Rezeptoren sind, die durch Grundwasser aus einem GWK beeinträchtigt werden können. Eine signifikante Verschlechterung der Umweltqualität oder ein Absenken der Zustandsklasse des empfangenden OWK infolge von Veränderungen des Grundwasserzustroms zum OWK oder der Grundwasserchemie kann dazu führen, dass der GWK als in einem schlechten Zustand einzustufen ist.

Deshalb muss bei der Beschreibung und Risikobeurteilung des GWK auch das GVAÖ als Rezeptor entsprechend berücksichtigt werden. Gemäß WRRL (Anhang II) und CIS-Leitfaden Nr. 26 (Leitfaden zu Risikobeurteilung und der Anwendung von konzeptionellen Modellen für Grundwasser(körper); Europäische Kommission, 2010), sollten im Zuge der erstmaligen Beschreibung alle jene GWK ermittelt werden, von denen Oberflächengewässer-Ökosysteme unmittelbar abhängen. Die weitergehende Beschreibung, die sich auf jene GWK konzentriert, für die die Gefahr besteht, dass sie ihre Umweltziele verfehlen, sollte eine Bestandsaufnahme der mit dem Grundwasser dynamisch verbundenen OKW beinhalten.

Die Umfrage unter den Mitgliedstaaten (Europäische Kommission, 2015b) ergab, dass die meisten Mitgliedstaaten in den ersten Bewirtschaftungsplänen für Flusseinzugsgebiete keine GVAÖ bewerteten, einige wenige jedoch, dem CIS-Leitfaden Nr. 18 folgend, für GWK mit GVAÖ spezielle Schwellenwerte (SW) festlegten. In diesen Fällen spiegelten die SW hauptsächlich die Umweltqualitätsnormen (UQN) für Oberflächenwasser oder Basisabfluss-Einträge wider. Vereinzelt wurde eine Untergrenze für einen relevanten Grundwasserbeitrag an der OWK-Schadstofffracht gezogen (50 % der Fracht), wie in CIS-Leitfaden Nr. 18 angeführt (Europäische Kommission, 2009). Bei diesem Ansatz muss das Grundwasser für zumindest 50 % der Schadstofffracht im GVAÖ verantwortlich sein, damit der chemische Zustand des Grundwassers als schlecht einzustufen ist.

Die folgende Darstellung basiert auf der Identifizierung potenzieller GVAÖ im Zuge der erstmaligen Beschreibung, der Risikobeurteilung und der weitergehenden Beschreibung, falls ein Risiko festgestellt wurde, und baut auf den eingeschränkten Erfahrungen der Mitgliedstaaten aus dem ersten RBMP-Zyklus auf. Die Aufnahme der „Identifizierung der Merkmale und jedwede Verschlechterung des GVAÖ“ in die erstmalige Beschreibung gilt als sinnvolle Erweiterung des CIS-Leitfadens Nr. 26 (auch wenn darin nicht explizit darauf Bezug genommen wird) und wäre für die Risikobeurteilung hilfreich.

Empfehlung

4.1 Die Identifizierung und Beschreibung von GVAÖ, zur Feststellung ihrer Abhängigkeit, sollte Teil der erstmaligen Beschreibung sein. Die Feststellung ihrer spezifischen Charakteristika und Bedingungen (z. B. Anforderungen) sollte Teil der weitergehenden Beschreibung sein.

Anmerkung: Speziell dort, wo ein GVAÖ für Schutzgebiete gemäß der Habitat-Richtlinie (z. B.: Natura 2000) von Interesse ist und wo eine Veränderung des Grundwasserflusses in das GVAÖ die entsprechenden WRRL-Ziele für Schutzgebiete oder OWK signifikant beeinflusst, sind Gespräche mit GewässerökologInnen besonders wichtig.

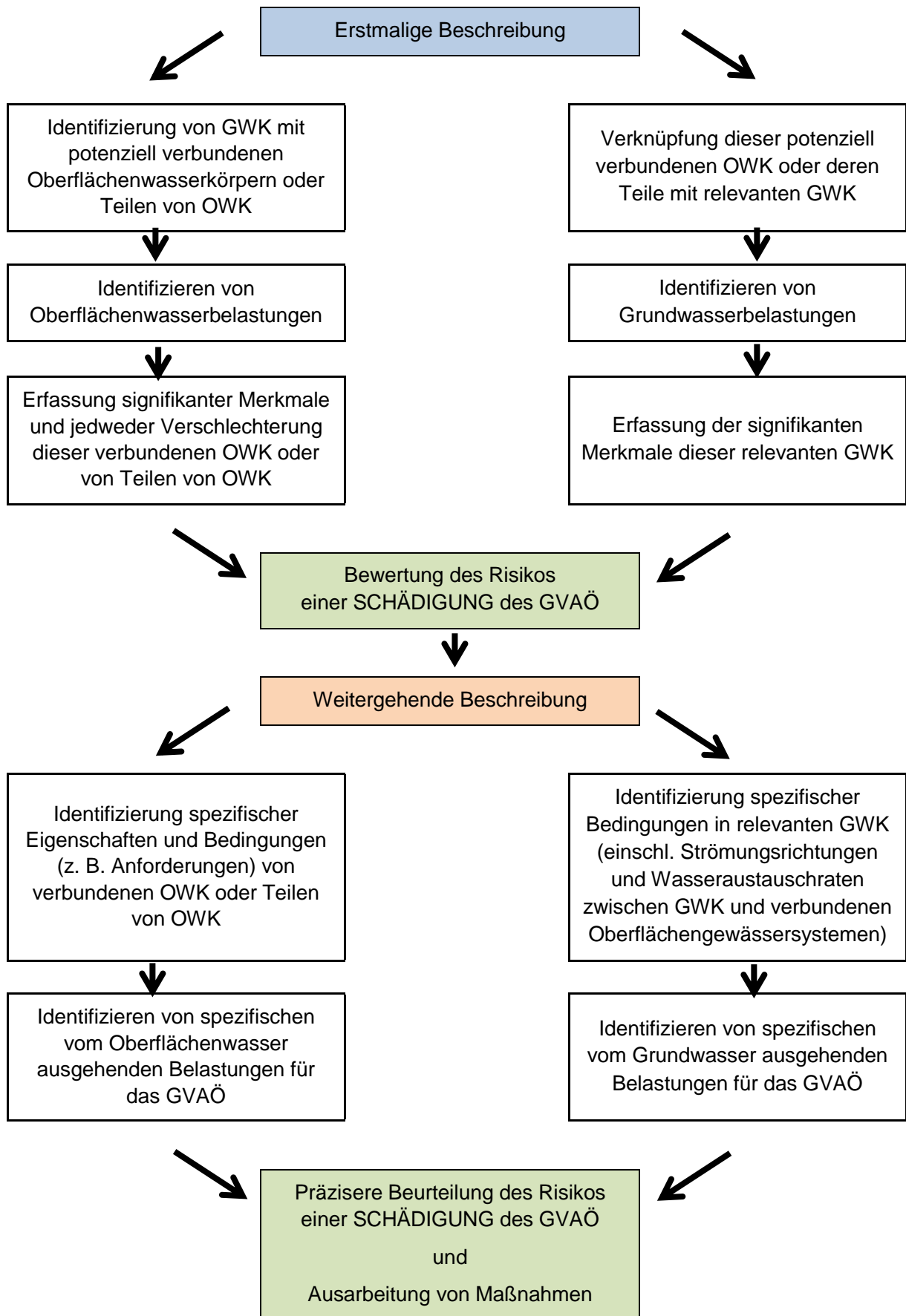


Abbildung 4.1: Flussdiagramm zur Ergänzung von GVAÖ-Belangen bei der GWK-Beschreibung und Risikobeurteilung.

4.1 Schritt 1: Erstmalige Beschreibung

Identifizierung von GWK mit GVAÖ und Lokalisierung dieser Ökosysteme:

- Identifizieren von OWK oder deren Teilen (wie Natura-2000-Schutzgebiete), deren (ökologischer oder chemischer) Zustand oder sonstige Umweltziele durch Grundwasser grundsätzlich beeinträchtigt werden könnten;
- Verknüpfen dieser OWK oder deren Teile mit relevanten GWK;
- Feststellen der Kategorien, signifikanter Merkmale sowie jedweder Verschlechterung der potenziell verbundenen OWK oder deren Teile (ob es sich um einen Fluss, einen See, ein Übergangs- oder Küstengewässer oder ein spezielles Natura-2000-Gebiet handelt), um die Risikobeurteilung zu ermöglichen;
- Sammeln der relevanten Merkmale verbundener GWK (oder deren Teile), z. B. besondere geologische Verhältnisse, Grundwasserspiegel und -qualität.

Identifizierung aller signifikanten Belastungen, denen die Oberflächen- und Grundwasserkörper ausgesetzt sind, um eine entsprechende Risikobeurteilung zu ermöglichen.

Das Ergebnis der erstmaligen Beschreibung ist eine Liste potenzieller GVAÖ und die Verbindung zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser. Die Ergebnisse von integrierten konzeptionellen Grundwasser-/Oberflächenwasser-Modellen könnten verwendet werden. Sämtliche Informationen dienen in weiterer Folge zur Beurteilung des Risikos einer Schädigung am GVAÖ sowie des Risikos der Verfehlung der WRRL-Umweltziele.

4.2 Schritt 2: Weitergehende Beschreibung

- Bestandsaufnahme der mit dem GWK dynamisch in Verbindung stehenden Oberflächen-gewässersysteme und OWK;
- Erweiterung um spezifische Merkmale potenzieller GVAÖ, deren Abhängigkeit vom GWK und deren spezifische (grundwasserbezogene) Anforderungen;
- Informationen über Schätzungen betreffend Strömungsrichtungen und Wasseraustauschraten zwischen dem GWK und den mit ihm verbundenen Oberflächengewässersystemen;
- Ermittlung und Sammlung von Information über alle signifikanten spezifisch anthropogenen Belastungen für die OWK und GWK, die zu einer Verschlechterung des Zustands oder zur Verfehlung der Umweltziele des GVAÖ führen könnten.

a) Wenn GVAÖ ganze Flusswasserkörper oder Teil von Flusswasserkörpern sind, stellen sich folgende Fragen:

- Besteht die Abhängigkeit aufgrund der Menge (Quantität) oder der Qualität oder beider Aspekte?
- Welcher Anteil des Abflusses ist auf das Grundwasser zurückzuführen und welche Schwankungen gibt es im Jahresverlauf? Das spielt hauptsächlich bei Niederwasserführung (Basisabfluss) eine Rolle, da ein sinkender Basisabfluss sich deutlich auf das hydromorphologische Qualitätselement des ökologischen Zustands auswirkt.

Anmerkung: Es ist sinnvoll, bei diesen Überlegungen auch die Anforderungen an den ökologisch notwendigen Mindestabfluss zu berücksichtigen (Europäische Kommission, 2015a).

- Hängen physikalisch-chemische Qualitätselemente des Flusses in kritischer Weise von der Qualität des Wassers ab, das aus dem Grundwasser zufließt?

b) Wenn GVAÖ Teil von Seewasserkörpern sind, können folgende Fragen gestellt werden, um festzustellen, ob die Qualität oder die Quantität des Grundwassers für das GVAÖ entscheidend ist:

- Führt ein spezielles geologisches Umfeld zu einer chemischen Zusammensetzung des Grundwassers, die für das GVAÖ wesentlich ist? Beispielsweise ist der Ohrid-See (Mazedonien, Albanien) eine geotektonische Vertiefung im Karst; er wird in erster Linie von Grundwasser gespeist (etwa 50 % des gesamten Zuflusses).
- Hat der Seewasserkörper weitere Zuflüsse (Bäche usw.)? Falls nicht, wäre das ein Anzeichen dafür, dass das Grundwasser entscheidend ist. Zum Beispiel: Turloughs in Irland, Grundwasser-gespeiste Seen in Großbritannien und Dänemark.

c) Wenn GVAÖ Teil von Küsten- oder Übergangswasserkörpern sind, können folgende Fragen gestellt werden:

- Hat der Grundwasserabfluss (entweder diffus durch Schlickwatt oder als direktes Sickerwasser) einen bedeutenden Anteil am Süßwasserzufluss in den Übergangs- oder Küstenwasserkörper?
- Stellt die sich daraus ergebende chemische Fracht (Schadstoffbelastung z. B. durch Nitrat) ein Risiko für die Zustandsverfehlung des Übergangs- oder Küstenwasserkörpers dar?
- Und/oder gibt es nennenswerte Oberflächenabflüsse, die signifikante Basisabfluss- oder Entwässerungsmengen aus dem Grundwasser enthalten?

d) Wenn ein GVAÖ auch Teil eines Natura-2000-Gebietes ist, stellen sich Fragen wie:

- Sind die Eigenschaften, an deren Erhaltung Interesse besteht (wie ein alkalischer Fluss oder Tuffstein-bildender Bach) in kritischer Weise vom Grundwasser abhängig?
- Hängen diese Eigenschaften mit der Grundwasserqualität oder -quantität zusammen (z. B. Verlauf der Grundwasserdruckhöhen, Schadstoffkonzentration etc.)? In diesem Fall ist eine Zusammenarbeit mit OberflächenwasserexpertInnen und ExpertInnen für Naturschutz und Ökologie nötig.

e) Für alle GVAÖ-Kategorien könnten weitere Informationen ermittelt werden:

- Identifizierung der Anforderungen des OWK und/oder Natura-2000-Schutzgebiets an Grundwasserqualität und -quantität auf räumlicher und zeitlicher Ebene (wo und wann), um kritische Grundwasserabhängigkeiten in Verbindung mit den Zustandsbeurteilungen von OWK oder Natura-2000-Beurteilungen zu erkennen.
- Beurteilung von GWK-Belastungen, die sich auf den Grundwasserabfluss (Qualität und Menge) auswirken könnten, sodass den OWK- oder Natura-2000-Anforderungen nicht entsprochen wird und der OWK-Zustand sich verschlechtern bzw. der OWK die Klassifizierungstests nicht bestehen würde oder der Natura-2000-Erhaltungszustand als ungünstig einzustufen wäre.

4.3 Schritt 3: Beurteilung des Risikos einer Schädigung des GVAÖ

Besteht das Risiko, dass die vom GWK kommenden Belastungen sich negativ auf das GVAÖ auswirken?

Der CIS-Leitfaden Nr. 18 „Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser“ beschreibt die signifikante Verschlechterung der Oberflächenwasserchemie und -ökologie durch Schadstoffeinträge aus dem Grundwasserkörper, die Festlegung spezifischer Schwellenwerte und den mengenmäßigen Zustandstest.

Ziel dieses technischen Berichts ist es, eine genauere Risikobeurteilung von GVAÖ durchführen zu können.

Es gibt zwei mögliche Ansätze bei der Risikobeurteilung:

- a) Ausgehend vom Rezeptor (GVAÖ oder Natura 2000) – siehe CIS-Leitfaden Nr. 18 – oder
- b) ausgehend vom Grundwasser.

Beide haben bei der Risikobeurteilung von GVAÖ ihre Berechtigung und werden in der Folge beschrieben.

a) Ausgehend vom Rezeptor:

- Identifizieren aller OWK in einem weniger als guten Zustand oder bei denen die Tendenz besteht, dass sie in absehbarer Zukunft in einem weniger als guten Zustand sein werden; oder von OWK-Teilen, die die Umweltziele nicht erreichen.
- Identifizieren aller aquatischen Natura-2000-Gebiete, deren Erhaltungszustand als ungünstig einzustufen ist.

b) Ausgehend vom Grundwasser:

- **Betrachtung aller identifizierten spezifischen anthropogenen Belastungen auf den GWK**, die zu einer deutlichen Veränderung der Menge und Chemie des in das GVAÖ abfließenden Grundwassers führen können. Zum Beispiel:
 - Mengenmäßige Belastung: Ist der Basisabflussindex des Flusses größer als die entsprechende OWK-Norm?
 - Gibt es nennenswerte Entnahmen am GWK, die das in das GVAÖ abfließende Volumen beeinflussen könnten?
- **Betrachtung aller identifizierten spezifischen anthropogenen Belastungen auf den OWK**, die zu einer deutlichen Veränderung der Menge und Chemie des durch das GVAÖ fließenden Oberflächenwassers führen können. Zum Beispiel:
 - Gibt es flussaufwärts eines Fließwasser-GVAÖ nennenswerte Wasserentnahmen oder Reservoirs, die die Wassermenge, die durch das GVAÖ fließt, und somit auch den relativen Beitrag des Grundwassers und Oberflächenwassers an diesem Abfluss signifikant verändern?
 - Gibt es flussaufwärts vom Übergangswasserkörper (GVAÖ) nennenswerte Einleitungen (z. B. Kläranlagen oder intensive Landwirtschaft mit möglicher diffuser Verschmutzung als Folge), die die Qualität des durch das GVAÖ fließenden Wassers signifikant verändern – und somit auch die relativen Anforderungen des Grund- und Oberflächenwassers an diesen Abfluss?

Anmerkung: Es geht lediglich um die Beurteilung der Auswirkungen der **anthropogenen Belastungen** – nicht der natürlichen Merkmale des Grundwassers, auch wenn klar ist, dass auch natürliche Aspekte negative Einflüsse haben – z. B. der natürliche Rückgang der Grundwasserspiegel während einer Trockenperiode oder erhöhte Konzentrationen natürlich vorkommender Stoffe im Grundwasser, wie Schwermetalle oder Ammonium, die natürliche Ursachen haben.

Empfehlung

4.2 Für die GVAÖ-Risikobeurteilung eignen sich sowohl rezeptor- als auch grundwasserbasierte Ansätze; diese werden nach Ermessen angewendet.

4.3 Wie aus Charakterisierung und Risikobeurteilung eindeutig hervorgeht, braucht es einen offenen Austausch und eine Zusammenarbeit innerhalb der Mitgliedstaaten:

- i. Zwischen ExpertInnen und Forscherinnen/Forschern im Bereich Oberflächen- und Grundwasser zur Beurteilung des Risikos, ob und inwieweit Veränderungen der Grundwasserströme signifikante Auswirkungen auf GVAÖ bedingen können;**
- ii. zwischen Grundwasserforscherinnen/-forschern und GewässerökologInnen zur Identifizierung der genauen Lage und der hydrogeologischen bzw. hydrochemischen Bedürfnisse von GVAÖ.**

5 ÜBERWACHUNG

5.1 Sammeln von Hintergrundinformationen

Zum Thema Überwachung ist bereits umfangreiches Informationsmaterial verfügbar, auch zur Überwachung der Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Ökosystemen (z. B. CIS-Leitfaden Nr. 7 – Monitoring und Nr. 15 – Grundwasser-Monitoring; Technischer Bericht Nr. 3 – Grundwasser-Monitoring; CIS-Leitfaden Nr. 26 – Risikobeurteilung und konzeptionelle Modelle und Technischer Bericht Nr. 6 – Grundwasserabhängige Landökosysteme).

Damit ausreichend Informationen zur Verfügung stehen, um GVAÖ effektiv in der WRRL/GWRL-Beschreibung (Kapitel 4) und Zustandsbeurteilung (Kapitel 7) zu berücksichtigen, können Überwachungsdaten nötig sein:

- Vom Grundwasserkörper, aus dem das GVAÖ alimentiert wird, um das Ausmaß aktueller und künftiger Veränderungen hinsichtlich Menge und Qualität dieses Gewässers zu ermitteln;
- vom verbundenen OWK, um zu klären, ob die für die Erreichung des guten Zustands dieses Wasserkörpers nötige Menge und Qualität an Grundwasser gegeben sind;
- vom GVAÖ, um zu ermitteln:
 - ob die nötige Grundwassermenge und -qualität zur Verhinderung einer signifikanten Verschlechterung des abhängigen Ökosystems gegeben sind und
 - ob der Zustand des verbundenen Ökosystems sich dahingehend verändert hat, dass von einer „signifikanten Verschlechterung“ gesprochen werden kann oder sich in absehbarer Zukunft dahingehend entwickelt, wenn sich der Trend fortsetzt.

Inwiefern Informationen von allen diesen drei Komponenten benötigt werden, hängt vom Ausmaß des Risikos ab (das sich in den einzelnen Schritten von Kapitel 4 ergeben hat). Die Überwachung ist am effizientesten, wenn die Informationen und Daten von jedem einzelnen Überwachungsnetzwerk integriert werden. In der Folge ist ein konzeptionelles Modell der Überwachungsaktivitäten dargestellt.

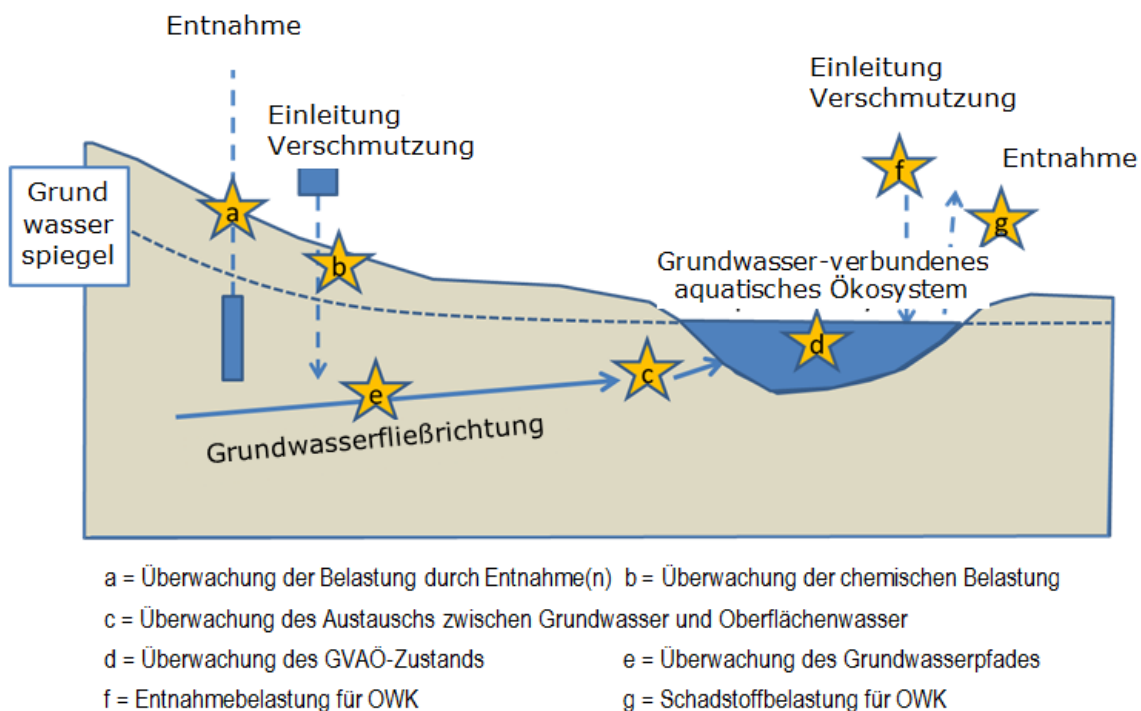


Abbildung 5.1: Schematisierte Darstellung der Wechselwirkung zwischen GWK und GVAÖ mit den möglichen Überwachungspositionen.

Bezugnehmend auf Abbildung 5.1 werden für die **erstmalige Beschreibung** (siehe Kapitel 4) folgende Informationen benötigt:

- Lage des GVAÖ und Zustand des verbundenen OWK; dazu können auch ökologische Beurteilungen zählen (d);
- Zustand des GWK (e);
- hydrogeologische und hydrogeochemische Anforderungen des GVAÖ (d) und
- erhebliche Belastungen, denen die Oberflächen- und Grundwasserkörper möglicherweise ausgesetzt sind.

Für die **weitergehende Beschreibung** werden folgende Informationen benötigt:

- Eigenschaften des GVAÖ (wozu auch ökologische Beurteilungen gehören können) (d);
- spezifische Belastungen des GWK, die Quantität und Qualität des in das GVAÖ zufließenden Grundwassers beeinflussen würden (a und b);
- spezifische Belastungen des OWK, die einen Einfluss auf die Quantität und Qualität des in das GVAÖ einfließenden Wassers hätten (f und g);
- Zusammenhänge zwischen GWK und Quantität bzw. Qualität des für das GVAÖ verfügbaren Grundwassers (d. h. Schätzungen betreffend Fließrichtungen und Wasseraustauschraten zwischen dem GWK und den mit ihm verbundenen Oberflächensystemen) (c).

5.2 Überwachung in GWK und verbundenen OWK

Die Daten aus den Überwachungsnetzen beinhalten sowohl Quantitäts- als auch Qualitätsmerkmale und deren Trends. Es hat sich bewährt, die GWK-Überwachung mit dem entsprechenden konzeptionellen Modell zu verknüpfen (siehe oben und Kapitel 2.2), um sicherzustellen, dass die Überwachungspunkte den GWK-Zustand und die Beziehung zum GVAÖ adäquat beschreiben. Anders ausgedrückt, das konzeptionelle Modell des Grundwasserflusses in das GVAÖ, das als Teil der Beschreibung und „Anforderungsbeurteilung“ des GVAÖ entwickelt wird, dient als Hilfestellung bei der Beurteilung, an welchen Überwachungspunkten im GWK die Einträge in das GVAÖ repräsentativ berücksichtigt werden. Diese Überwachungsdaten könnten auf ihren Einfluss auf den Zustand des GVAÖ und den Zustand des OWK geprüft werden. Bei Bedarf könnten spezifische Monitoringpunkte zur GVAÖ-Evaluierung genutzt werden, ausgehend vom konzeptionellen Grundwasser- und Oberflächenwasserabflussmodell.

Zur GWK-Überwachung gehören üblicherweise Wasserstandmessungen und deren Veränderungen im Lauf der Zeit. Anhand dieser Daten lassen sich der Einfluss des Grundwasserabflusses, der das GVAÖ speist und sich auf die GVAÖ-Ziele bzw. den Wasserkörperzustand auswirken kann, oder zumindest die Abhängigkeit vom Grundwasser ablesen. Es wird empfohlen, besonderes Augenmerk auf die Wasserspiegelschwankungen zu legen. Ebenso kann eine Abflussüberwachung dort sinnvoll sein, wo das GVAÖ eindeutig vom Zufluss aus dem GWK (als Basisabfluss) in den OWK abhängt.

Nötigenfalls können die bei der Überwachung der verbundenen OWK gewonnenen Informationen zur Beurteilung möglicher Einflüsse auf die GVAÖ-Ziele und den Wasserkörperzustand herangezogen werden. Die Überwachung könnte sowohl flussaufwärts als auch flussabwärts vom GVAÖ sinnvoll sein und gegebenenfalls sowohl Menge als auch Qualität umfassen.

Es wird empfohlen, dass die Überwachungsnetze und Parameterlisten zur Qualitätsbeschreibung von GWK, die mit dem GVAÖ verbunden sind, die Bedürfnisse und den Zustand des GVAÖ repräsentativ mitberücksichtigen (ob der Erhaltungszustand beispielsweise günstig oder

ungünstig ist). Das bedeutet, dass die Parameterliste detailliert „GVAÖ-standortspezifisch“ festgelegt werden kann. Zum Verständnis der Wechselwirkungen zwischen GWK, OWK und GVAÖ wird empfohlen, physikalisch-chemische Parameter, die sich auf die Intaktheit und Funktionsfähigkeit des GVAÖ auswirken, in die Überwachung aufzunehmen.

In Tabelle 2.1 werden mehrere Abhängigkeitsgrade dargestellt (kritisch; abhängig; nicht abhängig, kann jedoch durch Verschmutzung beeinträchtigt werden). Deshalb wird vorgeschlagen, die Überwachung den folgenden drei Klassen entsprechend auszurichten:

- I. GVAÖ, die in kritischer Weise vom GWK abhängig sind, z. B. vom GWK gespeist werden bzw. spezielle physikalisch-chemische Anforderungen haben, die für den verbundenen GWK charakteristisch sind. In diesem Fall sind die Daten vom GWK-Monitoring ausreichend, sofern sie für Bedürfnisse, Zustand und Ziele des GVAÖ repräsentativ sind.
- II. GVAÖ, die von OWK und GWK abhängen, wo beide Arten von Wasserkörpern den GVAÖ-Erhaltungszustand und den Zustand des verbundenen Wasserkörpers beeinflussen (z. B. permanenter Fluss in Tabelle 2.1). In diesem Fall werden spezifische Daten aus der GVAÖ-Überwachung in Kombination mit ausgewählten GWK- und OWK-Daten benötigt.
- III. GVAÖ, die nicht in kritischer Weise von GWK abhängig sind (siehe Tabelle 2.1) und zwischen denen es nur eine geringe Wechselwirkung gibt. Aufgrund von Schadstofftransfers in das GVAÖ kann es dennoch zu einer negativen Beeinflussung kommen. Sind solche Transfers ersichtlich, wird eine GVAÖ-Überwachung wahrscheinlich nötig sein.

Die Überwachung kann für jede der drei allgemeinen Klassen nach Bedarf angepasst werden, wobei die Anzahl der überwachten Parameter und der Beobachtungspunkte sowie die Häufigkeit der Probenahme im GWK von Klasse I zu Klasse III abnimmt.

Besteht das Risiko einer signifikanten Verschlechterung (d. h. ein Trend, der dazu führt, dass die Umweltziele in absehbarer Zukunft nicht erreicht werden), wird vorgeschlagen, dass nicht nur die Daten aus dem spezifischen GVAÖ-Monitoring, sondern auch längere Datenreihen von GVAÖ-relevanten Parametern aus der GWK- und OWK-Überwachung berücksichtigt werden.

Empfehlung

5.1 Die Überwachung des GVAÖ zur Risiko- und Zustandsbeurteilung sollte sich sowohl auf Daten vom GWK als auch vom OWK stützen. Die Zusammenarbeit von Oberflächen- und Grundwasserforscherinnen/-forschern innerhalb der Mitgliedstaaten zwecks Abklärung des Überwachungsbedarfs und Austausch bestehender Daten und Erkenntnisse ist essenziell.

Beispiel 5.1: GWK-Überwachung für ein GVAÖ

Zur Identifizierung von Einflüssen auf ein GVAÖ wurde in Grundwasserkörpern, bei denen die Zusammenhänge eindeutig sind, ein Monitoring durchgeführt. Anhand der daraus gewonnenen Daten ergibt sich das folgende anonymisierte Beispiel:

- Es wurden an einem Standort entlang des Pfades zwischen GWK und GVAÖ (e in Abbildung 5.1) oder an zumindest zwei Überwachungspunkten, sofern sie nicht auf diesem Pfad lagen, die Wasserstände und Abflüsse gemessen; eine saisonale Messhäufigkeit erwies sich als ausreichend.
- Das Monitoring erfolgte zumindest zweimal jährlich und umfasste eine für den GWK

abgestimmte Liste an chemisch-physikalischen Parametern. Die Überwachungspunkte mussten entlang des Fließwegs des Grundwassers in Richtung GVAÖ liegen, was bedeutete, dass Brunnen und Quellen, die den Grundwasserstrom unterbrachen, der folglich nicht in das GVAÖ gelangte, ausgeschlossen wurden.

- Es war möglich, dass unterschiedlich geschichtete Fließwege oder hydrogeologische Bedingungen innerhalb eines GWK den Schadstofftransfer beeinflussen konnten (z. B. Nitrate). In solchen Fällen wurde entlang des Haupt-Fließpfades ein Multilevel Beobachtungsnetz mit definierten Tiefenstufen empfohlen, wobei eine Sonde genügte.
- Die Liste der Parameter für die GWK-Überwachung berücksichtigte auch die Empfindlichkeit der ökologischen Rezeptoren (GVAÖ) und – wo bekannt – deren Indikatoren (z. B. Natura-2000-Netzwerk).
- Zur Überwachung des GVAÖ gehörten auch Parameter, die beim GWK nicht berücksichtigt wurden, ebenso wie saisonale Schwankungen.

Beispiel 5.2: Überwachungsdaten, die für die Ableitung von Grundwasser-SW zum Schutz eines GVAÖ benötigt werden

Grundwassereinträge in Seen und Flussmündungen können sowohl direkt aus GWK-Abflüssen stammen als auch aus der in den Flüssen erhaltenen Grundwasserkomponente. Es ist wichtig, den Grundwasseranteil sowohl aus Flüssen als auch den gesamten Anteil, der in das GVAÖ gelangt, zu quantifizieren, um den Beitrag des Grundwassers an der Gesamtschadstofffracht zum GVAÖ abschätzen und schließlich SW zur Beurteilung des chemischen Zustands des GWK ableiten zu können.

Damit dies möglich wird, müssen sämtliche relevanten Parameter in Bezug auf Qualität (Konzentrationen) und Quantität (Abfluss) überwacht werden. Für solche Abschätzungen werden sowohl Überwachungsdaten als auch gegebenenfalls Daten aus kalibrierten numerischen Modellen von Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser benötigt.

Auch die geochemische Umgebung der Überwachungspunkte verdient Beachtung. So sollten beispielsweise Sonden, die in die anoxische Zone reichen, nicht bei der Berechnung der durchschnittlichen Nitratkonzentrationen berücksichtigt werden, da das Nitrat reduziert und in dieser Zone nicht vorhanden sein sollte. Befänden sich alle Überwachungspunkte in der anoxischen Zone, läge die durchschnittliche Konzentration im GWK bei 0 mg NO₃/l, obgleich oberflächennahes sauerstoffreiches GW mit kurzen Transportzeiten zu den Bächen (und den empfindlichsten GVAÖ) mehr als 30 mg NO₃/l aufweist und sich stark auf das GVAÖ auswirkt. Ein solches Beispiel liefert der Horsens Fjord in Dänemark, wie in Abbildung 5.2 dargestellt.

GVAÖ sind zumeist empfindlicher gegenüber jährlichen Gesamtnährstofffrachten (hauptsächlich Gesamt-N und P) als gegenüber Maximalkonzentrationen. Folglich bedarf die Beurteilung der Auswirkungen von Nährstoffen auf ein aquatisches Ökosystem der Langzeitbeobachtung saisonaler Schwankungen, sowohl was die Quantität (Abfluss) als auch was die Qualität (z. B. Nitratkonzentrationen) betrifft, um abflussgewichtete Konzentrationen und Nitrat- bzw. Gesamt-N-Jahresfrachten in das Ökosystem abschätzen zu können und schließlich Bach- und Grundwasser-Schwellenwerte zum Schutz des Ökosystems abzuleiten (Hinsby et al., 2008, 2012). Ein Beispiel dafür ist der oben genannte Horsens Fjord.

Daten aus Modellen und der Überwachung ergänzen einander und verbessern das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser und den entsprechenden Informationsbedarf. Schließlich liefern sie wichtige Daten für die Anpassung an den Klimawandel und die Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Grund- und

Oberflächenwasserquantität und -qualität.

Anmerkung:

Der CIS-Leitfaden Nr. 18 beschreibt Methoden zur Ableitung von SW, die die natürlichen Hintergrundkonzentrationen und die legitimen Nutzungen von Grundwasser berücksichtigen. Für Nitrat (ausgedrückt als N) würde sich demgemäß ein SW in derselben Größenordnung wie im oben genannten Beispiel ergeben, um den guten ökologischen Zustand des Horsens Fjord zu erhalten (wiederherzustellen). Dennoch könnten manche Seen und/oder grundwasserabhängigen Landökosysteme (GWATÖ) im Einzugsgebiet des Horsens Fjord oder in anderen Einzugsgebieten empfindlicher sein, und würden für manche GWK somit einen noch niedrigeren SW für Nitrat verlangen. Aus dem Vereinigten Königreich (UKTAG, 2012) wird belegt, dass bei den GWATÖ der Empfindlichkeitsbereich hinsichtlich Nitrat bereits bei einem Wert von 4 mg NO₃/l beginnt.

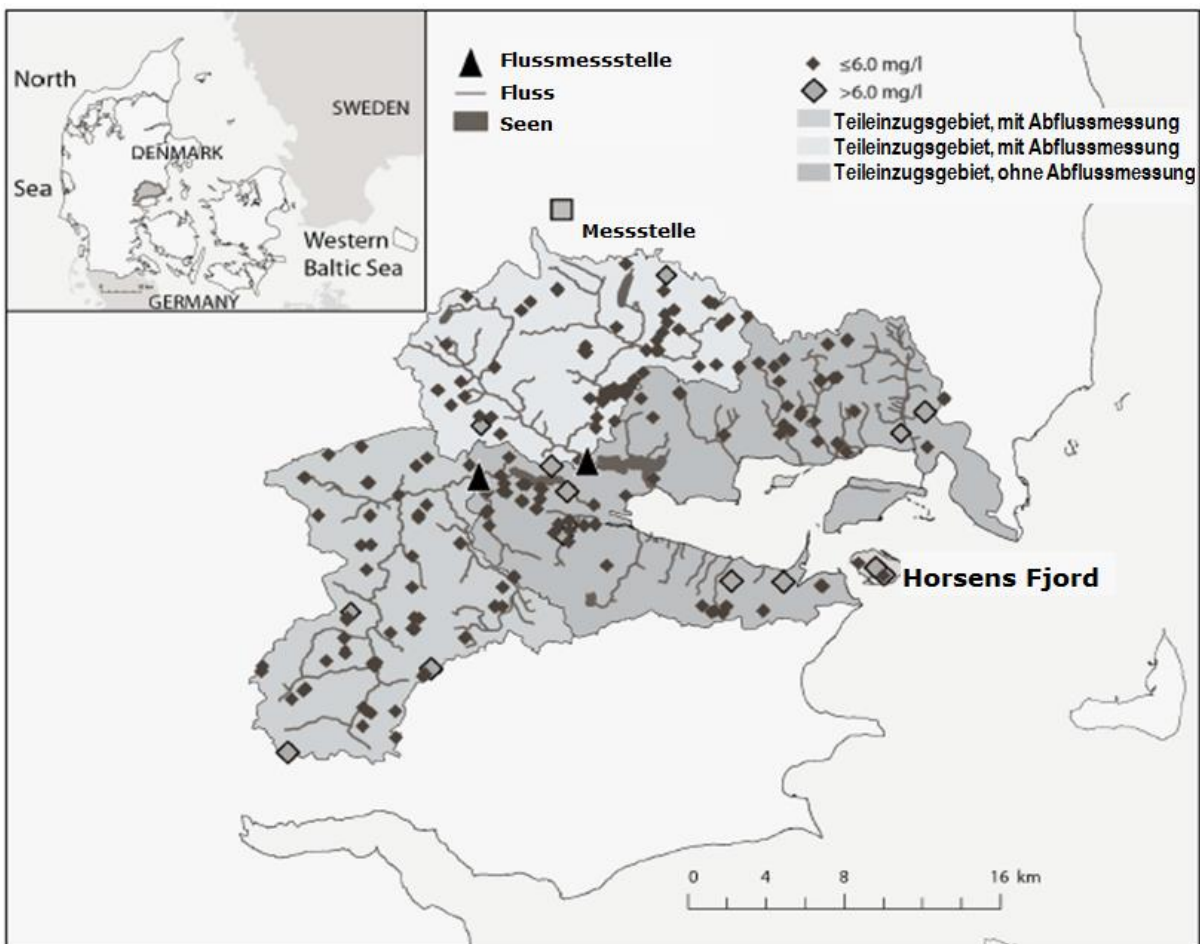


Abbildung 5.2: Horsens-Fjord. Nitrat-N-Konzentrationen (mg/l) in Grundwassermessstellen (2011).

Im Vergleich zum abgeleiteten Grundwasser-SW von 6,0 mg/l Gesamt-N (entspricht ~ 25 mg NO₃/l). Die meisten Messstellen befinden sich in anaerobem Grundwasser, das kein Nitrat und nur geringe Mengen von gelöstem, anorganischem Stickstoff (DIN) enthält; die Nitrat-N-Konzentrationen liegen unter dem SW, und der Nitrat-N-Mittelwert weist auf keinerlei Probleme mit Nitrat hin. Nichtsdestotrotz ist der ökologische Zustand der Flussmündung schlecht und die Mehrzahl der Überwachungspunkte in der oxischen Zone weist Nitrat-N-Konzentrationen auf, die deutlich über dem SW liegen.

5.3 Überwachung im GVAÖ

Zusätzlich zur Überwachung des GWK könnte dort, wo Risiko für einen GWK entweder von einer GWK-Belastung oder vom GVAÖ-Zustand (siehe Kapitel 4) verursacht wird, auch ein spezifisches GVAÖ-Monitoring als Teil der operativen Überwachung, wie im CIS-Leitfaden Nr. 15 (Grundwasser-Monitoring; Europäische Kommission, 2007) beschrieben, durchgeführt werden.

Es wird empfohlen, mittels eines konzeptionellen Modells zunächst die Wechselwirkungen zwischen GWK und OWK zu prüfen. Daraus ergibt sich, ob das GVAÖ vom Grundwasser, von Oberflächengewässern oder von beiden abhängig ist. Wo dies möglich ist, sollte anhand des konzeptionellen Modells der Grad der Abhängigkeit des GVAÖ ermittelt werden (Klasse I oder Klasse II, wie in Kapitel 5.2 beschrieben). Das wirkt sich auch auf die spezifische Monitoring-Liste für GVAÖ aus. Ein spezifisches Monitoring (Klasse III) von OWK ist nötig, wenn GVAÖ weitgehend von diesen Wasserkörpern abhängig sind.

Für GVAÖ, die von einer bestimmten Schicht innerhalb des GWK abhängig sind – beispielsweise einer Schicht sauerstoffreichen oder stark alkalischen Grundwassers – kann eine dreidimensionale (tiefengestaffelte) Überwachung nötig sein.

Ein spezifisches Monitoring kann erforderlich sein, um zu zeigen, dass GVAÖ, die bislang nicht als "signifikant geschädigt" ausgewiesen wurden, es trotz Belastungen des GWK oder der OWK auch weiterhin bleiben (Monitoring zur Feststellung des Risikos einer Verschlechterung). Das ist nur möglich, wenn eine ausreichende Zeitreihe von Messungen zur Verfügung steht.

Die GVAÖ-Überwachung kann auf die Evaluierung der Einflüsse auf lokaler Ebene fokussieren, die von den wichtigsten biogeochemischen Prozessen (z. B. den Stickstoff-/Nährstoffkreislauf beeinflussend) ausgehen. Dieser Ansatz kann zur Ermittlung jener chemischen Verbindungen beitragen, die die biologischen Eigenschaften beeinflussen.

Das direkte ökologische Zustandsmonitoring (einschließlich biologischer und hydrologischer Elemente) kann Teil der GVAÖ-Überwachung sein, und zu einem besseren Verständnis des GVAÖ-Zustands oder der Auswirkungen von GWK- oder OWK-Belastungen dienen (siehe Kapitel 6.3 über die Ableitung von SW ausgehend von den GVAÖ-Überwachungsdaten).

Sollte die Beschreibung oder Überwachung des GVAÖ oder des GWK ein signifikantes Risiko einer Schädigung des GVAÖ ergeben, muss eine Liste geeigneter Parameter definiert werden.

Falls die Schädigung eines GVAÖ zu einer Zustandsverfehlung des OWK, GWK oder des Schutzgebiets geführt hat, wird empfohlen, ein entsprechendes Monitoring weiterzuführen, um die Effizienz der zur Wiederherstellung des GVAÖ gesetzten Maßnahmen erkennen zu können.

Empfehlung

5.2 Ein GVAÖ-spezifisches Monitoring kann nötig sein, wenn das GVAÖ gefährdet oder geschädigt ist. Es wird empfohlen, dass diese Überwachung – basierend auf einem konzeptionellen Verständnis der Wechselwirkungen zwischen dem GWK, dem OWK und dem GVAÖ und in Zusammenarbeit mit entsprechenden Fachleuten, die mit dem OWK oder Schutzgebiet (z. B. Natura 2000) vertraut sind – entwickelt wird.

6 SCHWELLENWERTE UND KRITERIENWERTE

6.1 Definition von Schwellenwerten und Kriterienwerten

Der Begriff **Schwellenwerte (SW)** zur Beurteilung des chemischen Zustands von Grundwasser wird unter Punkt 7 der GWRL wie folgt erklärt:

„Angesichts der Notwendigkeit, ein einheitliches Niveau des Grundwasserschutzes zu schaffen, sollten Qualitätsnormen und Schwellenwerte festgelegt und auf der Grundlage eines gemeinsamen Konzepts Bewertungsmethoden entwickelt werden, damit Kriterien für die Beurteilung des chemischen Zustands von Grundwasserkörpern verfügbar sind.“

In Artikel 2 werden SW dann als Qualitätsnormen definiert, die von den Mitgliedstaaten gemäß Artikel 3 festgelegt werden. Die „Kriterien für die Beurteilung des chemischen Zustands des Grundwassers“, wozu SW gehören, werden in Artikel 3 beschrieben:

Artikel 3.1(b):

„Die Schwellenwerte für den guten chemischen Zustand orientieren sich an dem Schutz des Grundwasserkörpers gemäß Anhang II Teil A Nummern 1, 2 und 3 unter besonderer Berücksichtigung seiner Auswirkungen auf verbundene Oberflächengewässer und davon unmittelbar abhängende terrestrische Ökosysteme und Feuchtgebiete, sowie deren Wechselwirkungen und berücksichtigen unter anderem humantoxikologische und ökotoxikologische Erkenntnisse.“

Artikel 3.2:

„Schwellenwerte können auf nationaler Ebene, auf Ebene der Flussgebietseinheit oder auf Ebene der im Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaats befindlichen Teile einer internationalen Flussgebietseinheit oder auf Ebene eines Grundwasserkörpers oder einer Gruppe von Grundwasserkörpern festgelegt werden.“

Die Mitgliedstaaten müssen die strengsten SW angeben und anwenden, sodass sämtliche für den untersuchten GWK relevanten Ökosysteme und legitimen Nutzungen geschützt werden. Wenn die Grundwasserüberwachungsdaten aus dem GWK (oder dem relevanten Teil des GWK) einen SW überschreiten, folgt eine „geeignete Untersuchung“. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt, ob der GWK in einem guten oder schlechten chemischen Zustand ist.

Ausführlichere Informationen über die SW können früheren Veröffentlichungen entnommen werden (Müller et al., 2006, Hinsby et al., 2008, Europäische Kommission, 2009, 2012). Darin ist ersichtlich, dass die meisten Mitgliedstaaten bei der Festlegung der SW für GWK die natürlichen Hintergrundwerte des Schadstoffs entsprechend CIS-Leitfaden Nr. 18 berücksichtigen.

Der Begriff **Kriterienwert (KW)** wird in der GWRL nicht eigens definiert, im CIS-Leitfaden Nr. 18 (in Abbildung 3) jedoch als Qualitätsnorm eingeführt, die für jeden einzelnen relevanten Schadstoff, für jedes spezifische Umweltkriterium oder jeden Rezeptor (Salzintrusion, GVAÖ, GWATÖ) sowie für jede einzelne Nutzung (Trinkwasser, Industrie, Landwirtschaft usw.) abgeleitet wird. Diese KW, die gelegentlich auch als rezeptorbasierte Normen bezeichnet werden, berücksichtigen die natürlichen Hintergrundwerte des Schadstoffs nicht und können von anderen Gesetzgebungen herrühren. So ist der KW zum Schutz von Trinkwasser die Trinkwassernorm (TWN) für einen bestimmten Schadstoff. Der SW für denselben Schadstoff, abgeleitet zum Schutz des Grundwassers als Trinkwasserressource, wird vom Mitgliedstaat festgelegt und wird im Prinzip zwischen der Trinkwassernorm (TWN), dem Kriterienwert (KW) und dem natürlichen Hintergrundwert (HW) des Schadstoffs liegen (wo der KW > HW ist). Die unterschiedlichen Überlegungen sowie die allgemeine Methodik zur Ableitung von SW werden im CIS-Leitfaden Nr. 18 beschrieben:

„Schwellenwerte werden von den Mitgliedstaaten durch Vergleichen des Hintergrundwerts mit dem Kriterienwert festgelegt. Der Kriterienwert ist jene Konzentration eines Schadstoffs, ohne Berücksichtigung jeglicher natürlicher Hintergrundkonzentrationen, die bei Überschreitung zu einem Verfehlen des guten Zustands führen kann. Kriterienwerte sollten sowohl eine Risikoabschätzung als auch die Funktionen des Grundwassers berücksichtigen.“

Während sich SW und KW ausschließlich auf chemische Normen beziehen, sollte zum Schutz von GVAÖ die Erarbeitung mengenmäßiger Normen in ähnlicher Weise vorgenommen werden. Um jedoch Missverständnisse zu vermeiden, sollten diese nicht SW oder KW genannt werden.

Empfehlung

6.1: Die Mitgliedstaaten werden dazu angeregt, quantitative Normen zum Schutz von GVAÖ auszuarbeiten, ähnlich den Schwellenwerten und Kriterienwerten. Wo immer jedoch darauf Bezug genommen wird, sollte die Unterscheidung zu Schwellenwerten und Kriterienwerten deutlich sein.

6.2 Anwendung von Schwellenwerten und Kriterienwerten beim GVAÖ

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass der GWK die kleinste Einheit bei der Ableitung von SW ist. Wie jedoch bei Müller et al. (2006) und Hinsby et al. (2008) angeführt, kann es nötig sein, den GWK zur Errechnung sinnvoller SW und Hintergrundwerte, je nach betreffendem Schadstoff, in unterschiedliche hydrochemische Bereiche zu unterteilen, da das Schadstoffverhalten und die Schadstoffkonzentrationen in unterschiedlichen geochemischen Settings stark variieren können. Aus Beispiel 5.2 geht das eindrücklich hervor: In anoxischen Grundwasserumgebungen kommt kein Nitrat vor (der Schadstoff, der in den meisten Fällen dafür verantwortlich ist, dass GWK den guten Zustand verfehlen), und Messungen in dieser Zone wären für Vergleiche mit einem Nitrat-SW zum Schutz von GVAÖ nicht repräsentativ, da lediglich die Bedingungen im oberen, sauerstoffreichen Bereich des GWK für GVAÖ relevant sind.

Die Festlegung von Schwellenwerten zum angemessenen Schutz von GVAÖ könnte in der Praxis bedeuten, dass ein großer GWK oder ein GWK mit unterschiedlichen geochemischen Umgebungen in kleinere GWK bzw. geochemische Bereiche unterteilt wird. Diese wären praktischer zu verwalten und es könnten für sie zusätzliche Maßnahmen einfacher festgelegt werden, da differenzierte Managementstrategien für diese kleineren Wasserkörper wirksamer und effizienter sind. Dieser Ansatz wird in einem Forschungsprojekt (Hinsby & Refsgaard, 2015⁴) zur Beurteilung differenzierter Regelungen und effizienter Maßnahmen evaluiert, mit dem Ziel, dass möglichst wenig Nährstoffe (N und P) von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Oberflächengewässer/GVAÖ gelangen.

⁴ www.soils2sea.eu

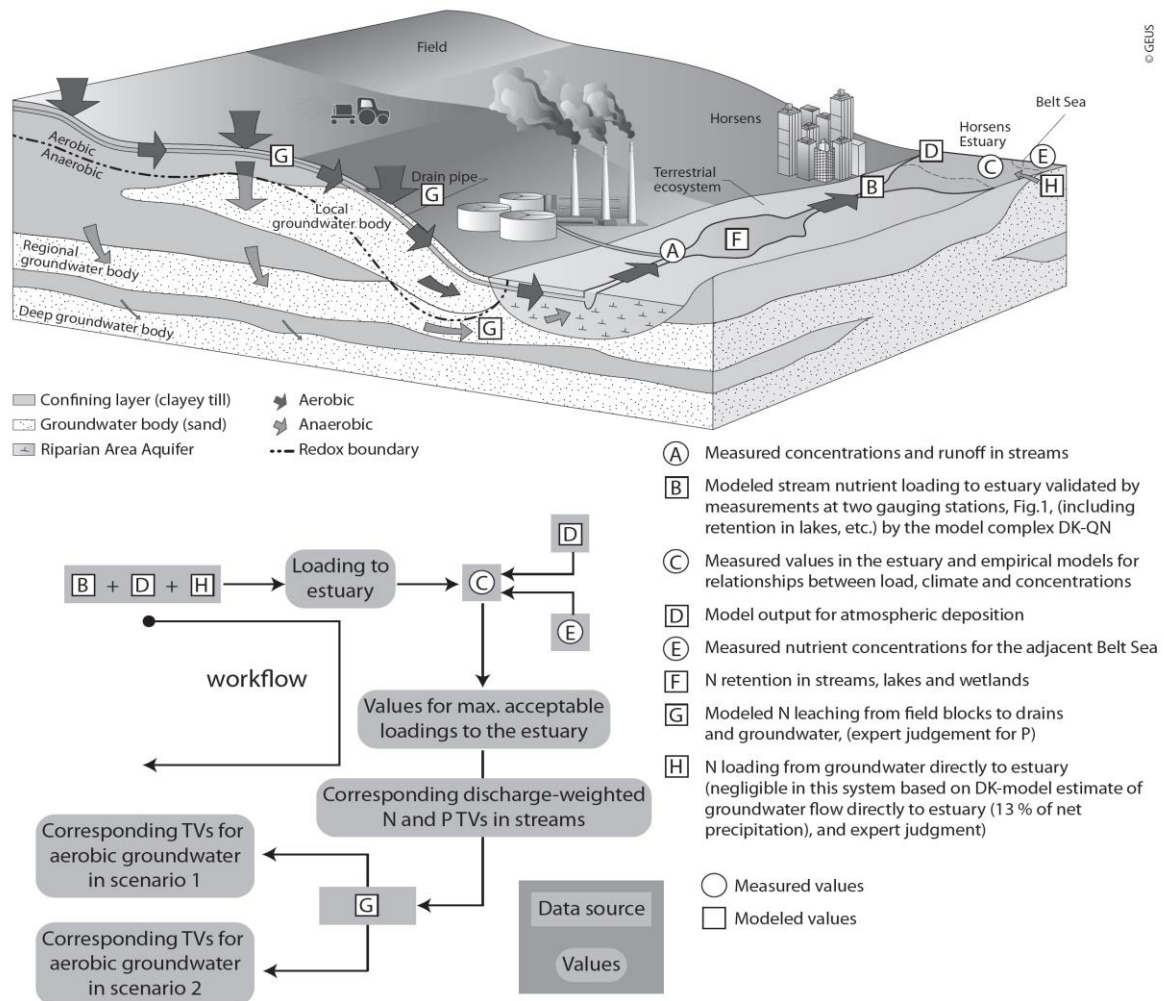


Abbildung 6.1: Konzeptionelles Modell des Einzugsgebiets der Horsens Fjord in Dänemark, in dem der SW-Berechnungsprozess für Bäche und Grundwasser dargestellt ist, einschließlich Daten- und Nährstoffquellen. Quelle: Hinsby et al. (2012).

Wie in der GWRL und ausführlicher im CIS-Leitfaden Nr. 18 beschrieben, kann die Ableitung von Grundwasser-SW zum Schutz von GVAÖ auf lokaler Ebene relativ kleiner Seen bis hin zu Küsten- und Meeressgewässern auf großer, grenzüberschreitender Ebene erfolgen. In vielen Fällen sind die GVAÖ die empfindlichsten Rezeptoren im untersuchten Flusseinzugsgebiet und bei der Ableitung entsprechender Grundwasser-SW für den jeweiligen Schadstoff müssen die akzeptablen Durchschnittskonzentrationen im GVAÖ sowie die Gesamtfrachten in das GVAÖ beachtet werden.

Da die GWK-SW solcherart sein müssen, dass die spezifischen Bedürfnisse von GVAÖ geschützt werden, bilden die ökologischen Anforderungen von GVAÖ den Ausgangspunkt für die Festlegung dieser SW. Für deren Ableitung ist die enge Zusammenarbeit zwischen Hydro(geo)logInnen und ÖkologInnen nötig, um die Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser zu verstehen und zu quantifizieren (Abbildung 6.1). Diese Quantifizierung ist wesentlich für die Abschätzung beispielsweise der akzeptablen Maximalfrachten (ökologische Schwelle) eines bestimmten Nährstoffs in ein Ökosystem und kann die Grundlage für die Ableitung eines Schwellenwerts bilden. Abbildung 6.2 zeigt ein Beispiel für GVAÖ-Überwachungsdaten, die für die Ermittlung eines GVAÖ-Schwellenwerts für eine Flussmündung nötig sind.

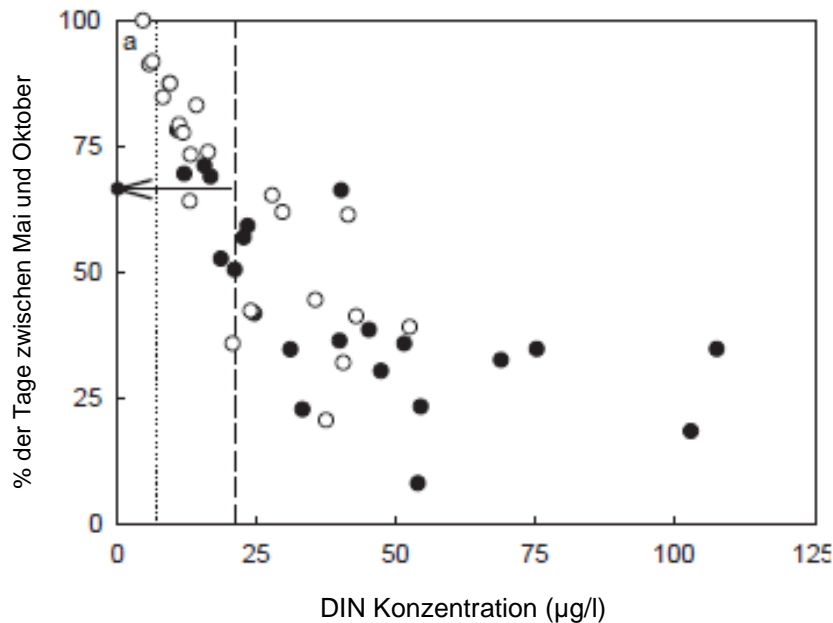


Abbildung 6.2: Verhältnis zwischen der mittleren Konzentration und dem Prozentsatz der Tage mit Limitierung hinsichtlich gelöstem anorganischem Stickstoff (DIN, Dissolved Inorganic Nitrogen). Quelle: Hinsby et al. (2012)

Jahresmittelwerte für den Horsens Fjord (Dänemark) von 1985 bis 2006; die gefüllten Kreise stellen den inneren Bereich und die ungefüllten Kreise den äußeren Bereich dar. Die Berechnungen basieren auf Daten von Mai bis Oktober (184 Tage), und es wird davon ausgegangen, dass die Limitierung bei $\text{DIN} < 14 \mu\text{g/l}$ eintritt. Die vertikale strichlierte Linie zeigt, wann die Limitierungen zu 2/3 der Zeit eintreten und die entsprechende Konzentration ($\text{DIN } 21 \mu\text{g/l}$) gilt als Sollwert für den guten ökologischen Zustand des Flussmündungsgebiets. Die vertikale gepunktete Linie stellt die entsprechende DIN-Konzentration für den äußeren Bereich der Flussmündung dar, bei einer jährlichen N-Fracht von 560 t.

Beispiel für die Ableitung eines GVAÖ-Schwellenwertes:

- Bestimmung der höchstzulässigen Konzentration im GVAÖ (und zu welcher Zeit des Jahres, z. B. monatliche oder saisonale Durchschnittswerte);
- Berechnung der bestehenden und der höchsten akzeptablen Fracht in das GVAÖ (aus dem Grund- und Oberflächenwasser);
- Berechnung der vom Grundwasser kommenden Fracht, unter der Annahme, dass sämtliche anderen Frachten konstant sind;
- Konvertierung der vom GW kommenden Fracht in eine Konzentration im Grundwasser = Schwellenwert.

Empfehlungen

6.2: Die Ableitung von geeigneten Schwellenwerten zum Schutz eines GVAÖ sollte auf Basis der Kenntnisse der ökologischen Bedürfnisse des GVAÖ und der konzeptionellen Vernetzung zwischen GWK und GVAÖ erfolgen.

6.3: GVAÖ-ÖkologInnen, HydrogeologInnen und HydrologInnen sollten zusammenarbeiten und sich in jeder Phase der Entwicklung von Schwellenwerten austauschen.

6.3 Beispiele für die Ableitung und Anwendung von Schwellenwerten zum Schutz von GVAÖ

Beispiele aus Mitgliedstaaten

Die Rückmeldungen auf den Fragebogen über SW, den alle Mitgliedstaaten (Europäische Kommission, 2015b) erhalten haben, zeigen, dass es nur sehr wenige Beispiele für Grundwasser-SW gibt, die ausgehend von den Zielen für GVAÖ abgeleitet wurden. Im Allgemeinen berichten die Mitgliedstaaten, dass keine Daten zur Ableitung von Grundwasser-SW zum Schutz von GVAÖ verfügbar sind und sie sich entweder auf die Trinkwassernormen (TWN) oder die Umweltqualitätsnormen (UQN) für Oberflächengewässer stützen, in manchen Fällen mit einem vorsorgenden Sicherheitsfaktor kleiner als eins multipliziert (z. B. 0,75). Üblicherweise gilt die Oberflächenwasser-UQN für den ganzen OWK und nicht nur für das GVAÖ. Die spezifischen Anforderungen an das GVAÖ können unter Umständen jedoch anspruchsvoller sein als die allgemeineren Anforderungen an den gesamten OWK.

Immerhin verwendeten die Mitgliedstaaten weitgehend quantitative Normen zum Schutz von GVAÖ, wie etwa den Basisabfluss bei Flüssen. Es wird empfohlen, diesen Ansatz auf andere Kategorien von OWK, wie Seen, Übergangs- und Küstengewässer auszuweiten, wenn ein Risiko bei einem GVAÖ vorhanden ist.

In Anhang 1 zu diesem Bericht werden zwei Fallstudien vorgestellt, eine aus Großbritannien und eine weitere aus Belgien (Wallonien).

Forschungsbeispiele

Bei der Literaturrecherche in Web of Science und Scopus finden sich in wissenschaftlichen Veröffentlichungen nur wenige Beispiele für die Ableitung von Grundwasser-SW (oder anderen Grundwasser-Qualitätsnormen) zum Schutz von GVAÖ gemäß der WRRL und der GWRL (Hinsby et al., 2008, 2012, 2015). Dies ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass für die Ableitung große Mengen (zeitlich und räumlich) an Überwachungsdaten von Grundwasser, Flüssen und Küstengewässern (oder Seen), Einblick in die mengenmäßigen und chemischen Aspekte des Wasserkreislaufs sowie ein profundes Verständnis des Zustands und der Dynamiken der Ökosysteme (siehe Abbildung 6.1) nötig sind, was transdisziplinäre Forschung und eine enge Zusammenarbeit zwischen HydrogeologInnen, HydrologInnen und Süßwasser- bzw. MeeresökologInnen erfordert.

Eine weltweite Suche ergab keine weiteren Beispiele für Grundwasser-SW oder ähnliche Grundwasser-Qualitätsnormen. Der US-amerikanische Ansatz, wonach geschätzte maximale Gesamttagesfrachten (total maximum daily loads, TMDL) für Ökosysteme herangezogen werden (z. B. Bjorneberg et al., 2015, Reuben & Sorensen, 2014, Paolisso et al, 2015, US EPA, 2015), basiert auf einem ähnlichen Denkansatz hinsichtlich Schutz und Zustandsbeurteilung von Süßwasser und Ökosystemen. Diese können zur Ableitung von Schwellenwerten für Grundwasser ebenso wie für Bäche dienen, vergleichbar mit den europäischen Beispielen. Der Ansatz zur Ableitung von WRRL-/GWRL-Schwellenwerten ausgehend von den Zustandszielen und den akzeptablen maximalen Gesamttagesfrachten für zwei dänische Flussmündungen, beschrieben in Hinsby et al. (2008, 2012, 2015), ist mit dem US-amerikanischen TMDL-Ansatz vergleichbar. Grundwasser- und Bach-SW können auch zur Einführung neuer, differenzierter Regelungen und Managementstrategien hinsichtlich der Landnutzung eingesetzt werden, wie in Kapitel 6.1 beschrieben.

7 ZUSTANDSBEURTEILUNG

7.1 Hintergrund

Zur Erreichung des guten Zustands beim Grundwasser muss eine Reihe von Bedingungen erfüllt werden, die in der WRRL und GWRL festgelegt sind. GVAÖ sind OWK, wie Flüsse, stehende Gewässer und Übergangsgewässer, bei denen die Erreichung der Umweltziele der Oberflächengewässerökologie und -hydrologie gemäß WRRL von Grundwassereinträgen abhängt. Da die Umweltziele dieser OWK variieren können, können sich auch die damit verbundenen Umweltqualitätsnormen (UQN) oder die Anforderungen der GVAÖ in Bezug auf Abfluss/Wasserspiegel zwischen sehr gutem Zustand und gutem Zustand der OWK unterscheiden.

In der WRRL wird Grundwasser definiert als „alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht“. GVAÖ können ihrer Natur nach Einträge von „tiefem“ oder von oberflächennahem Grundwasser erhalten oder in vielen Fällen von beidem. Deshalb sollten bei der Durchführung des GVAÖ-Zustandstests sowohl die tiefen als auch die oberflächennahen Grundwasserflüsse, die in den verbundenen OWK strömen können, bedacht werden. Das Verständnis dieser Ströme und Wechselwirkungen stellt eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von konzeptionellen Modellen für GVAÖ dar (siehe Kapitel 2.3 und 4).

Der **gute mengenmäßige Zustand des Grundwassers** wird in Anhang V 2.1.2. der WRRL definiert. Demgemäß wird der gute mengenmäßige Grundwasserzustand für das GVAÖ erreicht, wenn der Grundwasserspiegel keinen anthropogen verursachten Veränderungen unterliegt, die ...

- *„[...] zu einem Verfehlen der Umweltziele gemäß Artikel 4 für in Verbindung stehende Oberflächengewässer oder*
- *zu einer signifikanten Verringerung der Qualität dieser Gewässer“*

führen würden.

Die Definition des **guten chemischen Zustands des Grundwassers** findet sich in Anhang V 2.3.2. der WRRL. In Bezug auf das GVAÖ wird darin angeführt, dass die chemische Zusammensetzung des GWK so beschaffen ist, dass die Schadstoffkonzentrationen ...

- *„[...] nicht derart hoch sind, dass die in Artikel 4 spezifizierten Umweltziele für in Verbindung stehende Oberflächengewässer nicht erreicht, die ökologische oder chemische Qualität derartiger Gewässer signifikant verringert oder die Landökosysteme, die unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängen, signifikant geschädigt werden.“*

Zur Feststellung, ob diese Bedingungen erfüllt sind, sieht der CIS-Leitfaden Nr. 18 (Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser) fünf chemische und vier mengenmäßige Tests vor. Bei zweien dieser Tests, einem chemischen und einem mengenmäßigen, wird darauf Bezug genommen, inwieweit die Grundwasserchemie oder Grundwasserentnahmen zum Verfehlen der Umweltziele gemäß Artikel 4 der WRRL für verbundene OWK beitragen können.

“Gemäß GWRL muss eine Zustandsbeurteilung nur für solche Grundwasserkörper durchgeführt werden, die als gefährdet eingestuft sind sowie in Bezug auf jene Rezeptoren und jeden Schadstoff, der dazu beiträgt, dass der betreffende Grundwasserkörper als gefährdet eingestuft wird (GWRL Anhang III). Nicht gefährdete Grundwasserkörper gelten automatisch als Grundwasserkörper in gutem Zustand.“ (CIS-Leitfaden Nr. 18).

„Die Zustandsbeurteilung erfolgt auf der Basis der zur Verfügung stehenden, während des Zeitraums des RBMP gesammelten Daten aus der überblicksweisen und operativen

Überwachung. Sie hat am Ende eines RBMP zu erfolgen, um über die Wirksamkeit der davor eingerichteten Maßnahmenprogramme zu reflektieren.“ (CIS-Leitfaden Nr. 18).

Obwohl ein OWK im Verhältnis zu den verbundenen GWK klein sein kann, reicht das Verfehlen des GVAÖ-Tests (ebenso wie beim GWATÖ-Test) aus, dass der gesamte GWK als in schlechtem Zustand einzustufen ist. Es können mehrere Belastungen dazu führen, dass ein OWK seine WRRL-Ziele nicht erreicht, aber der Ansatz, auf den man sich im CIS-Leitfaden Nr. 18 geeinigt hat, ist folgender: Wenn ein OWK die in der WRRL festgelegten Umweltziele verfehlt und das Grundwasser zu mehr als 50 % zur gesamten chemischen Fracht eines OWK beiträgt bzw. wenn mehr als 50 % der zulässigen Entnahme aus dem Einzugsgebiet eines OWK über das Grundwasser stattfindet, dann gilt der GWK als in schlechtem Zustand. Es wird jedoch anerkannt, dass für bestimmte Mitgliedstaaten und GVAÖ andere Ansätze passender sein können.

7.2 Mengenmäßiger Zustand

Laut Anhang V der WRRL soll der Grundwasserspiegel der eigentliche Parameter zur Beurteilung des guten mengenmäßigen Zustands sein. Zum richtigen Verständnis der Beziehungen zwischen Grundwasser und GVAÖ werden im Allgemeinen jedoch weitere Informationen, wie Grundwasserströmung und Grundwassereinträge ins GVAÖ, für die Zustandsbeurteilung benötigt.

Ungleich dem Wasserbilanztest wird beim GVAÖ-Test geprüft, ob die Belastung durch Grundwasserentnahme – nach Erwägung sämtlicher anderer Belastungen auf die einzelnen OWK – auf lokaler Ebene eine signifikante Auswirkung auf diese OWK hat. Kann eine Grundwasserentnahme per Definition signifikant dazu beitragen, dass der verbundene OWK die Ziele verfehlt, ist der GVAÖ-Test angebracht. Ein GWK kann möglicherweise mit zahlreichen unterschiedlichen OWK mit jeweils eigenen Zielen verbunden sein.

Für diesen Test müssen die OWK-Anforderungen in Bezug auf Abfluss (Basisabfluss) oder Wasserstand (ökologischer Mindestwasserstand) bekannt sein, um zu gewährleisten, dass diese Wasserkörper ihre WRRL-Ziele erreichen (siehe CIS-Leitfaden Nr. 31 über ökologische Mindestabflüsse). Wird den Anforderungen hinsichtlich Abfluss/Wasserstand aufgrund einer signifikanten Auswirkung durch eine Grundwasserentnahme nicht entsprochen, so verfehlt der OWK seine WRRL-Ziele, was zur Folge hat, dass der GWK-Zustand als schlecht eingestuft wird.

In Anbetracht der Schwierigkeit, Grundwasserentnahmen direkt in Bezug zu Abfluss/Wasserstand in einem OWK zu bringen, wird ein konzeptioneller Modellansatz zur Abschätzung, welchen Anteil die Grundwasserentnahme am Verfehlen der Ziele des Oberflächenwasserkörpers hat, vorgeschlagen. *„Folgende Signifikanzschwelle für Grundwasserentnahmen wird vorgeschlagen: wenn mehr als 50 % der „zulässigen“ Entnahme innerhalb des gesamten stromaufwärts befindlichen Einzugsgebietes auf Grundwasser entfallen“* (CIS-Leitfaden Nr. 18). Was als zulässig gilt, hängt von der übergeordneten Praxis des Wasserentnahmemanagements unter Berücksichtigung des ökologischen Mindestabflusses, des ökologischen Mindestwasserstands sowie der sozio-ökonomischen Anforderungen ab. In belasteten Systemen kann lediglich ein kleiner Bruchteil des tatsächlichen Niederschlags oder der Neubildung als zulässige Entnahmemenge aus dem Grundwasser gelten, während in Systemen, die mengenmäßig kaum Probleme aufweisen, die Grundwasserentnahmemenge einen größeren Anteil des tatsächlichen Niederschlags oder der Neubildung erreichen kann.

Eine der größten Herausforderungen, mit denen die Mitgliedstaaten im Zuge des zweiten WRRL-Berichtszyklus konfrontiert waren, war die Entwicklung quantitativer Kriterien zum Schutz der GVAÖ, und wie diese Kriterien mit den bestehenden Abflusskriterien für Oberflächengewässer – wie Normen für den Abfluss von Flüssen oder den Wasserstand bei Seen – in Einklang zu bringen sind. Für jenen Mindestabfluss der zu kritischen Zeiten im Jahr gegeben sein muss (für

das GVAÖ) bzw. den maximalen Prozentsatz an Grundwasser, der im stromaufwärts befindlichen Einzugsgebiet entnommen werden darf, könnten ersatzweise vorläufig Niederwasserbedingungen (z. B. 95%iger Abfluss) oder Bruchteile der jährlichen Neubildung oder des effektiven Niederschlags herangezogen werden. Zeitspezifische (z. B. saisonale) Sensitivitäten des GVAÖ sollten so früh wie in der Praxis möglich in die Abflusskriterien miteinbezogen werden. Wenn es darüber hinaus Aufzeichnungen über sich verschiebende Grundwasserscheiden, gesunkene Abflüsse und Wasserstände bei Flüssen und Seen bzw. Umwelteinflüsse, die nicht auf Belastungen zurückzuführen sind (abgesehen von Grundwasserentnahmen im Einzugsgebiet) gibt, könnte eine zusätzliche Beschreibung dieser OWK-Einzugsgebiete vorgenommen werden. Dadurch wäre es möglich, Normen für den ökologischen Mindestabfluss, den ökologischen Mindestwasserstand und den Grundwasserspiegel sowie begleitende Regelungen zum Entnahmemanagement auszuarbeiten.

7.3 Chemischer Zustand

Bezüglich des chemischen Zustands legt Anhang III 2(c) der GWRL folgendes fest:

„[...] berücksichtigen die Mitgliedstaaten [...] (c) andere sachdienliche Informationen, einschließlich eines Vergleichs des arithmetischen Mittels der jährlichen Konzentration der einschlägigen Schadstoffe an einer Überwachungsstelle mit den Grundwasserqualitätsnormen [...] und [...] Schwellenwerten.“

Demzufolge sollte bei Grundwasserkörpern oder Gruppen von Grundwasserkörpern, die mit dem GVAÖ verbunden sind, für jede Messstelle der überblicksweisen und operativen Überwachung das arithmetische Jahresmittel der Konzentration eines Schadstoffs, der zu einer Verfehlung des GVAÖ führt, mit der entsprechenden Wasserqualitätsnorm oder dem entsprechenden Schwellenwert verglichen werden.

Eine Beurteilung des chemischen Zustands hinsichtlich GVAÖ hat zu erfolgen, wenn

- ein verbundener OWK seine Umweltziele verfehlt und dies nicht auf punktförmige Einleitungen (z. B. Rohreinleitungen) oder andere Ursachen, wie invasive Arten oder die Hydromorphologie zurückzuführen ist – d. h. die angenommene Ursache sind diffuse Schadstoffeinträge **und**
- das Grundwasser als wesentlicher Pfad fungiert, über den diffuse Schadstoffeinträge in den OWK gelangen können – diese OWK sind per Definition GVAÖ **und**
- die Grundwasserqualitätsnorm(en) und/oder SW für den betreffenden Schadstoff im OWK an einer überblicksweisen oder operativen Grundwassermessstelle im GWK oder in einer Gruppe von mit dem OWK verbundenen GWK überschritten wurden.

Der Test dient zur Feststellung, ob der Schadstofftransfer vom Grundwasser zum Oberflächengewässer oder ein daraus resultierender Einfluss auf die Ökologie oder Chemie des Oberflächengewässers ausreicht, um die WRRL-Ziele für die verbundenen OWK zu gefährden. Wird keine Verfehlung einer UQN, jedoch eine Verfehlung der ökologischen Umweltziele aufgrund vermeintlich flächenhafter Ursachen festgestellt, kann der GVAÖ-Test dennoch durchgeführt werden, gestützt auf jene Grundwasserqualitätsnormen oder SW, die diffuse Belastungen im Einzugsgebiet des verfehlenden OWK widerspiegeln.

Anmerkung: Auch der natürliche Hintergrundgehalt des in den verbundenen OWK einfließenden Grundwassers sollte berücksichtigt werden, da die wahrgenommenen Auswirkungen auf das Oberflächengewässer möglicherweise lediglich die natürliche Grundwasserqualität widerspiegeln. Solche Fälle sollten gemeinsam mit den ExpertInnen, die für die Oberflächenwasserklassifizierung verantwortlich sind, gekennzeichnet werden.

Wird festgestellt, dass Einträge aus einem GWK in ein OWK möglicherweise signifikant sind, sollte die Grundwasserfracht bzw. der Grundwasserzufluss in den OWK ermittelt werden. Hierfür sollte der GWK-Eintrag in das OWK-Einzugsgebiet mit Hilfe von Basisabflussindex, Ganglinientrennung, Annahmen bezüglich Grundwasserneubildung usw. abgeschätzt werden.

Ein GWK gilt bei diesem Test als in gutem Zustand, wenn bei keinem Überwachungspunkt im GWK oder in der Gruppe von GWK die Grundwasserqualitätsnorm oder der SW für den betreffenden Schadstoff überschritten wird. Sollte die Konzentration die Grundwasserqualitätsnorm oder den SW für den betreffenden Schadstoff (oder abgeleiteten Schadstoff bei einer Verfehlung der Umweltziele) überschreiten und zur Zielverfehlung des OWK führen, könnte die durchschnittliche Konzentration für die verbundenen GWK wie folgt ermittelt werden:

- 1) Anhand von Monitoringdaten aus der überblicksweisen und operativen Überwachung in unmittelbarer Nähe des OWK, insbesondere dort, wo sich die Grundwassereinflüsse auf kurze Bereiche entlang des OWK beschränken und repräsentativ für den Grundwassereintrag in das OWK sind.
- 2) Anhand von aggregierten Monitoringdaten aus der überblicksweisen und operativen Überwachung in GWK oder Gruppen von GWK, die mit dem die Ziele verfehlenden OWK verbunden sind.

Wo keine sorgfältig ausgearbeiteten Einzugsgebietsmodelle verfügbar sind, können die Verdünnungsfaktoren von einfachen Indikatoren abgeleitet werden, wie dem Basisabflussindex oder dem Verhältnis von Grundwasserneubildung zu effektiven Niederschlägen. Für solche Fälle kann die folgende Formel Anwendung finden:

$$\text{Schwellenwert} = 0,5 \times \frac{\text{Oberflächenwasser UQN}}{\text{Verdünnungsfaktor}}$$

wobei der Verdünnungsfaktor üblicherweise zwischen 0,1 und 0,9 liegt.

Bei stehenden Gewässern kann der betreffende Wert aus dem geschätzten Grundwassereintrag beim Auslauf in das Oberflächengewässer berechnet werden. Bei Übergangsgewässern kann der Wert aus dem geschätzten Grundwassereintrag bei der Gezeitengrenze berechnet werden. Zuverlässiger wird die Beurteilung, wenn die Verdünnungs- und Abbaufaktoren, beispielsweise in der hyporheischen Zone, bekannt sind.

8 EMPFEHLUNGEN

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bereits einige Empfehlungen gegeben, aus denen sich die folgenden Handlungsempfehlungen herauskristallisieren lassen:

- 1) Förderung und Intensivierung der Zusammenarbeit und des Austausches zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen. HydrogeologInnen, HydrologInnen und GewässerökologInnen müssen sich während des gesamten Prozesses der Identifizierung, Beschreibung und Zustandsbeurteilung von GVAÖ austauschen. Wenn es um Natura-2000-Gebiete geht, sollten Naturschutzfachleute konsultiert werden.
- 2) Austausch über gängige Praktiken und Methoden betreffend GVAÖ zu:
 - a. Identifizierung (Was sind GVAÖ und wo befinden sie sich?);
 - b. Risikobeurteilung/Beschreibung;
 - c. Überwachung;
 - d. Daten, Erarbeitung und Festlegung von SW und KW zum Schutz von GVAÖ.
- 3) Sicherstellen, dass die WG GW und andere Arbeitsgruppen zur Entwicklung eines gemeinsamen EU-Ansatzes bzw. einer gemeinsamen konzeptionellen Methodik zur Identifizierung, zur Ermittlung der Anforderungen und zum Schutz von GVAÖ gemäß der WRRL zusammenarbeiten. Insbesondere sollte die WG GW mit den Oberflächengewässer-Arbeitsgruppen (wie ECOSTAT) und mit den für Naturschutz zuständigen KollegInnen der GD ENV zusammenarbeiten, um ein gemeinsames Rahmenwerk zur Beurteilung der Bedürfnisse einzelner GVAÖ zu entwickeln. Damit könnten die Ergebnisse dieser Beurteilungen in kohärenter Weise analysiert und im gesamten EU-Raum eingesetzt werden. Natürlich unterscheiden sich die jeweiligen Situationen und Bedürfnisse der einzelnen GVAÖ aufgrund lokaler Gegebenheiten wie hydrologische Variationen, dennoch kann ein gemeinsamer Ordnungsrahmen für eine konsistente Bewertung und Entscheidungsfindung hilfreich sein.

Die oben genannten Punkte sollten in den Aufgaben der künftigen Arbeitsperiode von WG GW berücksichtigt werden. Die Mechanismen und das Identifizieren der federführenden Organisationen, die die Durchführung der oben genannten Maßnahmen ermöglichen, sind Schlüsselfragen – für die WG GW die prinzipielle Vorgehensweise betreffend und für die Mitgliedstaaten in Bezug auf lokale Maßnahmen. Insbesondere der letzte Punkt (3) sollte der strategischen Koordinierungsgruppe (SCG) nahegelegt werden, mit dem Ersuchen um Unterstützung von Informationsaustausch im Rahmen des nächsten Arbeitsprogramms.

9 LITERATUR

- Anderson, T. R.; Groffman, P. M.; Kaushal, S. S. & Walter, T. M. (2014): Shallow Groundwater Denitrification in Riparian Zones of a Headwater Agricultural Landscape. *Journal of Environmental Quality* 43(2): 732–744.
- Bertrand, G.; Siergieiev, D.; Ala-aho, P. & Rossi, P. M. (2014): Environmental tracers and indicators bringing together groundwater, surface water and groundwaterdependent ecosystems: importance of scale in choosing relevant tools. *Environmental Earth Sciences* 72 (3): 813–827.
- Bjorneberg, D.L.; Leytem, A.B.; Ippolito, J.A. & Koehn, A.C. (2015): Phosphorus Losses from an Irrigated Watershed in the Northwestern United States: Case Study of the Upper Snake Rock Watershed. *Journal of Environmental Quality* 44: 552–559. DOI 10.2134/jeq2014.04.0166
- Brown, J.; Wyers, A.; Aldous, A. & Bach, L. (2007): Groundwater and biodiversity conservation: a methods guide for integrating groundwater needs of ecosystems and species into conservation plans in the Pacific Northwest. The Nature Conservancy.
- Camargo, J.A. & Alonso, A. (2006): Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environ Int* 2006 32: 831–49.
- Caschetto, M.; Barbieri, M.; Galassi, D.M. P.; Mastroiello, L.; Rusi, S.; Stoch, F.; Di Cioccio, A. & Petitta, M. (2014): Human alteration of groundwater-surface water interactions (Sagittario River, Central Italy): Implication for flow regime, contaminant fate and invertebrate response. *Environmental Earth Sciences* 71 (4): 1791–1807.
- Dahl, M. & Hinsby, K. (2013): Typology of groundwater-surface water interaction (GSI typology) – with new developments and case study supporting implementation of the EU Water Framework and Groundwater Directives. In: Ribeiro et al. (eds): *Groundwater and Ecosystems, IAH – Selected papers on Hydrogeology*, Taylor & Francis. 358 pp.
- Europäische Kommission (2003): *Guidance on Monitoring under the Water Framework Directive – Working Group 2.7 Monitoring*. Guidance Document No 7. ISBN 92-894- 5127-0. European Communities, Luxembourg.
- Europäische Kommission (2004): *Groundwater Monitoring*. Technical Report No. 3 on groundwater monitoring as discussed at the workshop of 25th June 2004.
- Europäische Kommission (2007): *Guidance on Groundwater Monitoring*, Guidance Document No 15. Technical Report - 002 - 2007. ISBN 92-79-04558-X. European Communities, Luxembourg.
- Europäische Kommission (2009): *Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment*, Guidance Document No 18. Technical Report - 2009 - 026. ISBN 978-92-79-11374-1. European Communities, Luxembourg.
- Europäische Kommission (2010): *Guidance on Risk Assessment and the Use of Conceptual Models for Groundwater*, Guidance Document No 26. Technical Report - 2010 - 042. ISBN-13 978-92-79-16699-0. European Communities, Luxembourg.
- Europäische Kommission (2010a): *Links between the Water Framework Directive (2000/60/EC) and Nature Directives (Birds Directive 79/409/EEC and Habitats Directive 92/43/EEC)*. Frequently Asked Questions. Draft version 3.4 (1 June 2010).
- Europäische Kommission (2012): *Technical Report on Groundwater Dependent Terrestrial Ecosystems*, Technical Report No. 6. ISBN 978-92-79-21692-3. European Communities, Luxembourg.

Europäische Kommission (2014): Technical Report on methodologies used for assessing groundwater dependent terrestrial ecosystems, Technical Report No. 8. ISBN 978-92-79-39408-9. European Communities, Luxembourg.

Europäische Kommission (2015a): Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive, Guidance Document No. 31. ISBN 978-92-79-45758-6. European Communities, Luxembourg.

Europäische Kommission (2015b): Threshold Values: Initial analysis of 2015 Questionnaire responses.

Europäische Umweltagentur (2015): <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/chlorophyll-in-transitional-coastal-and-2/assessment#toc-3>

GENESIS (2015) (accessed October 2016). Groundwater and Dependent Ecosystems: New Scientific and Technological Basis for Assessing Climate Change and Land-use Impacts on Groundwater (GENESIS). The GENESIS project (Contract number: 226536) is funded under the thematic area Environment (including Climate Change) of the Seventh Framework Programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (2007–2013).

http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=16858&p_menu_id=16904&p_sub_id=16859&p_dim2=16860

Guillaume, B.; Goldscheider, N.; Gobat, J.-M. & Hunkeler, D. (2011): Review: From multi-scale conceptualization to a classification system for inland groundwater-dependent ecosystems. *Hydrogeology Journal* (2012) 20: 5–25.

Hatvani, I. G.; Magyar, N.; Zessner, M.; Kovács, J. & Blaschke, A. P. (2014): The Water Framework Directive: Can more information be extracted from groundwater data? A case study of Seewinkel, Burgenland, eastern Austria. *Hydrogeology Journal* 22 (4): 779–794.

Hinsby, K. & Jørgensen, L.F. (2009): Groundwater monitoring in Denmark and the Odense Pilot River Basin in relation to EU legislation. In: Quevauviller, Ph. et al. (eds): *Groundwater Monitoring*, Wiley. pp. 209–224.

Hinsby, K. & Refsgaard, J.C. (2015): Groundwater and stream threshold values for targeted and differentiated output based regulation of nutrient loadings to ecosystems. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 17, EGU2015-9225, EGU General Assembly 2015.

Hinsby, K.; Condeso de Melo, M.T.; Dahl, M. (2008): European case studies supporting the derivation of natural background levels and groundwater threshold values for the protection of dependent ecosystems and human health. *Science of the total environment* 401 (1–3): 1–20.

Hinsby, K.; Markager, S.; Kronvang, B.; Windolf, J.; Sonnenborg, T.O. & Thorling, L. (2012): Threshold values and management options for nutrients in a catchment to a temperate Danish estuary. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16: 2663-2683.

Hinsby, K.; Markager, S.; Kronvang, B.; Windolf, J.; Sonnenborg, T.O. & Thorling, L. (2015): An approach to derive groundwater and stream threshold values for total nitrogen and ensure good ecological status of associated aquatic ecosystems – example from a coastal catchment to a vulnerable Danish estuary. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 17, EGU2015-6669. EGU General Assembly 2015.

Hunkeler, D. et al. (2015): GW-TREND: Grundwasserknappheit durch Klimawandel? (<http://www.nfp61.ch/de/projekte/projekt-gw-trend>)

Megan, L. & Groom, Ph. K. (2010): Groundwater-dependent ecosystems and the dangers of groundwater overdraft: a review and an Australian perspective. *Pacific Conservation Biology* 16(3): 187-208.

Müller D., Blum A., Hart A., Hookey J., Kunkel R., Scheidleder A., Tomlin C., Wendland F. (2006): Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe, Deliverable D18, BRIDGE project, 63 p.

Nevill, J. C; Hancock, P. J; Murray, B. R; Ponder, W. F; Humphreys, W. F; Phillips M. L., Nwankwoala, H.O. (2012): Towards a Conceptual Understanding of Groundwater Ecology. *European Journal of Sustainable Development* (2012), 1, 3: 493–508.

Paolisso, M.; Trombley, J.; Hood, R.R. & Sellner, K.G. (2015): Environmental Models and Public Stakeholders in the Chesapeake Bay Watershed. *Estuaries and Coasts* 38: S97–S113. DOI 10.1007/s12237-013-9650-z

REFORM (2015) (accessed July 2015): The overall aim of REFORM is to provide a framework for improving the success of hydromorphological restoration measures to reach, in a cost-effective manner, target ecological status or potential of rivers. <http://www.reformrivers.eu/>

Reuben, T.N. & Sorensen, D.L. (2014): Applicability of kriging for estimating groundwater flow and nutrient loads surrounding pineview reservoir, Utah. *Transactions of the Asabe* 57: 1687–1696.

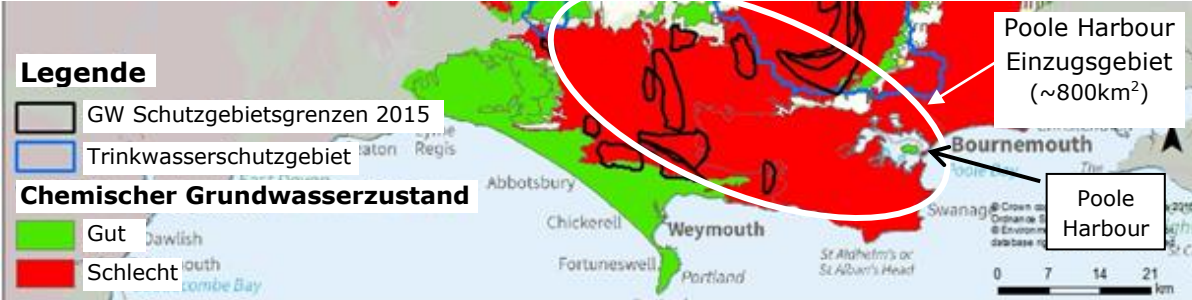
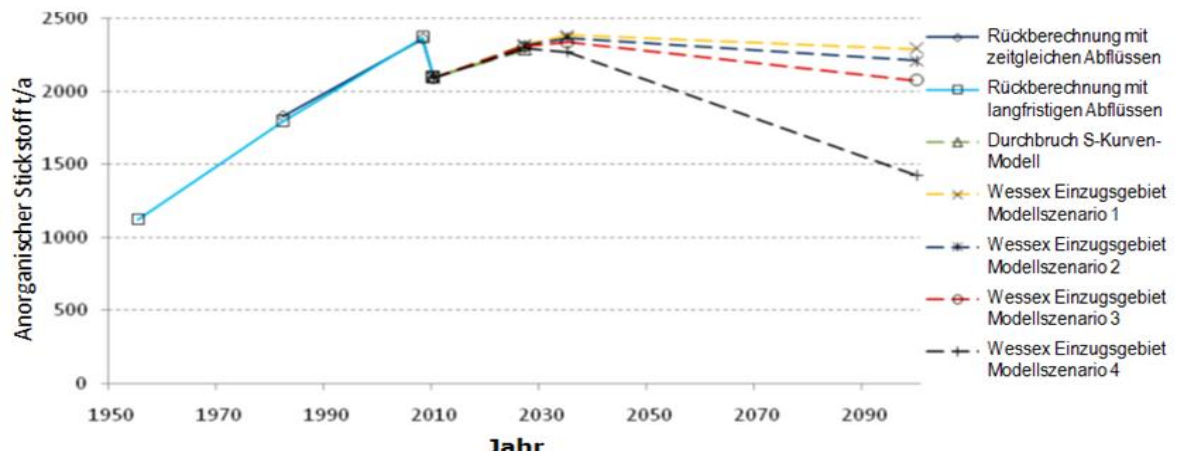
Steube, Ch.; Richter, S. & Griebler, Ch. (2009): First attempts towards an integrative concept for the ecological assessment of groundwater ecosystems. *Hydrogeology Journal* 17 (1): 23–35.

UKTAG (2012): Technical report on groundwater dependent terrestrial ecosystem (GWDTE) threshold values.

US EPA (2015): Implementing Clean Water Act Section 303(d): Impaired Waters and Total Maximum Daily Loads (TMDLs). <http://water.epa.gov/lawsregs/lawguidance/cwa/tmdl/>

Anhang 1: Fallstudien

Fallstudie 1: Poole Harbour, Dorset, Südengland

Art der Studie und Schlüsselbegriffe
Zustandsbeurteilung mit Hilfe des GVAÖ-Tests <i>Grundwasser, Übergangsgewässer, chemischer Zustand, Nitrate, Vorhersagemodelle</i>
Hintergrundinformationen
<p>Poole Harbour ist aufgrund seiner Flugwild- und Watvögelpopulation (Europäisches Vogelschutzgebiet – Special Protection Area, SPA), der seltenen Ästuarpflanzen und Wirbellosen sowie aufgrund der ökologischen Vielfalt (Besonderes Schutzgebiet – Special Area of Conservation, SAC) ein Feuchtgebiet von internationaler Bedeutung. Wegen der großen Nitratmenge, die in den Hafen gelangt und zu vermehrtem Makroalgenwachstum führt (Seegras), erreicht der Naturhafen, der unmittelbar vom Abfluss eines verbundenen Grundwasserkörpers (Abbildung 1) abhängt, nicht die Ziele der Habitat-RL und der WRRL.</p>
 <p>Legende</p> <ul style="list-style-type: none"> GW Schutzgebietsgrenzen 2015 Trinkwasserschutzgebiet Chemischer Grundwasserzustand <ul style="list-style-type: none"> Gut Schlecht <p>Poole Harbour Einzugsgebiet (~800km²)</p> <p>Poole Harbour</p>
<p>Abbildung 1: Poole Harbour Einzugsgebiet und Grundwasserkörperzustand</p>
Fallstudienbeschreibung
<p>In den vergangenen 50 bis 60 Jahren sind die Nitratkonzentrationen im Grundwasser, in den Flüssen und im Naturhafen rasant angestiegen (Abbildungen 2 und 3). Die Aufschlüsselung der Schadstoffquellen ergibt, dass Stickstoff überwiegend aus diffusen Quellen aus der Landwirtschaft stammt (Abbildung 4). Aufgrund der Durchlässigkeitseigenschaften im Einzugsgebiet wird Stickstoff weitgehend über Grundwasserpfade transportiert, bevor er als Basisabfluss in die Flüsse Frome und Piddle (Basisabflussindex von 85 % bzw. 89 %) und schließlich in Poole Harbour gelangt. Das mittlere Alter des Grundwasserbasisabflusses in das Einzugsgebiet von Poole Harbour beträgt 30 Jahre. Nitrate, die 2015 aus der Bodenzone ausgewaschen werden, gelangen nicht vor 2045 in die Flüsse Frome und Piddle sowie in den Hafen.</p>
 <p>Anorganischer Stickstoff t/a</p> <p>Jahr</p> <ul style="list-style-type: none"> Rückberechnung mit zeitgleichen Abflüssen Rückberechnung mit langfristigen Abflüssen Durchbruch S-Kurven-Modell Wessex Einzugsgebiet Modellszenario 1 Wessex Einzugsgebiet Modellszenario 2 Wessex Einzugsgebiet Modellszenario 3 Wessex Einzugsgebiet Modellszenario 4
<p>Abbildung 2: Modellerte Trends anorganischer N-Frachten, die nach Poole Harbour gelangen, für vier Auswaschungsszenarien landwirtschaftlicher Nitrats (1 - es wird nichts unternommen; 2 – derzeitige Maßnahmen unter dem Nitrat-Aktionsprogramm; 3.- „Best Case“-Bewirtschaftungsmaßnahmen; 4 –Umwandlung von 50 %des Einzugsgebiets in Waldgebiet oder Ähnliches).</p>

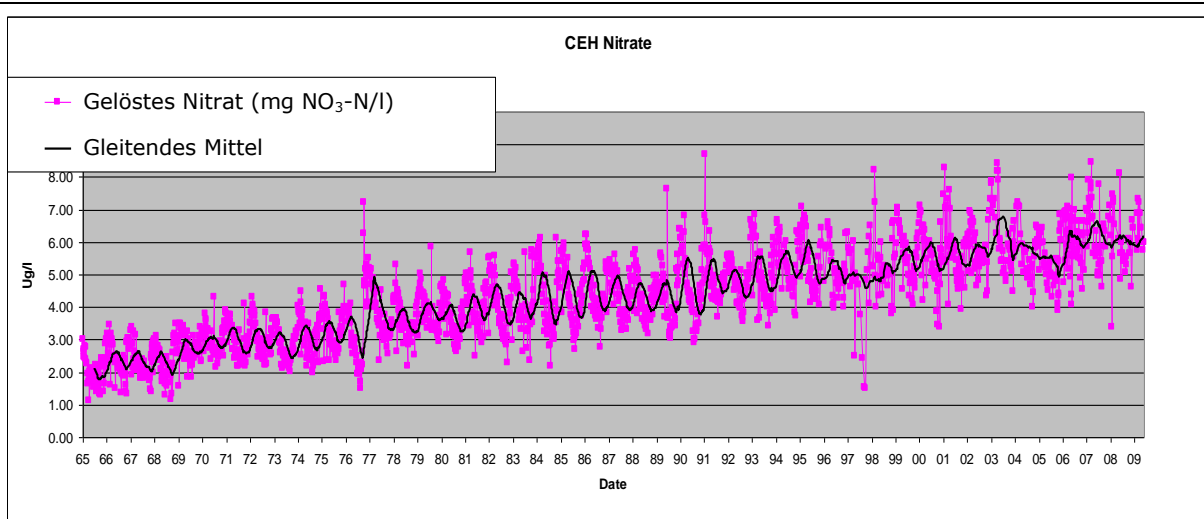


Abbildung 3: Wasserqualität des Flusses Frome bei East Stoke. (Datenbankrechte/Copyright NERC (Natural Environment Research Council) – Centre for Ecology & Hydrology & FBA (Freshwater Biological Association)).

Die Grundwassermodellierung ergab, dass die in den Hafen einlangende Nitratfracht zwischen 2015 und 2025 weiter ansteigen und sich erst danach stabilisieren und möglicherweise leicht sinken wird (Abbildung 5). Dieser Trend ist auf die Intensivierung der landwirtschaftlichen Tätigkeit, die in den 1940er- und 50er-Jahren einsetzte, mit Spitzen beim Stickstoffeinsatz in den späten 1980er- und frühen 1990er-Jahren, und auf die Verzögerung des Nitrattransports über den Grundwasserpfad zurückzuführen.

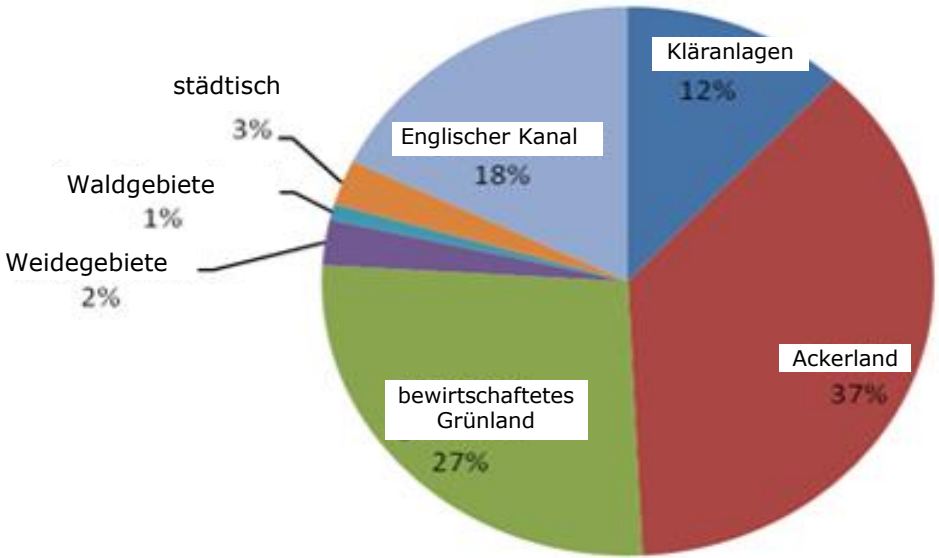


Abbildung 4: Verteilung der Nitratquellen für das Poole Harbour Einzugsgebiet.

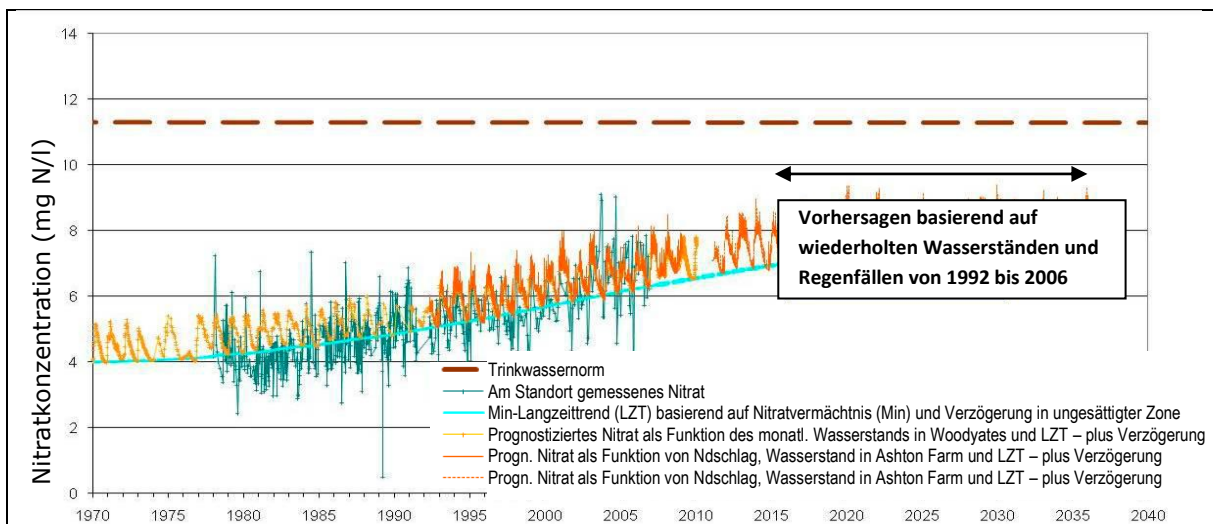


Abbildung 5: Modellerte (orangefarbene Linie) und beobachtete (blaue Linie) Nitratkonzentrationen im Wessex Einzugsgebiet sowie Basistrends (dicke blaue Linie) für den Fluss Frome bei Bockhampton.

Beurteilung des Grundwasserkörperzustands

Der erste Schritt bestand darin, die gesamte einlangende Stickstofffracht aus sämtlichen Grundwasserkörpern, aus denen sich der Übergangswasserkörper Poole Harbour speist, zu berechnen. Anschließend wurde berechnet, wie hoch die Stickstofffracht sein müsste, um Poole Harbour in einen schlechten Zustand zu versetzen. Der Vergleich ergab, dass die Grundwasserkörpereinträge in Poole Harbour, die über Oberflächengewässer erfolgten, insgesamt mehr als 50 % jener Fracht lieferten, die zum schlechten Zustand dieses Übergangswasserkörpers führen.

Schlussfolgerung

Poole Harbour hat den guten Zustand wegen Eutrophierung verfehlt. Die Poole Harbour speisenden Grundwasserkörper haben den GVAÖ-Test ebenso nicht bestanden und aufgrund der Tatsache, dass sie den Naturhafen mit Nitrat belasten, ist ihr chemischer Zustand schlecht. Die Ergebnisse der Untersuchungen und die empfohlenen Maßnahmen zur Erreichung des guten Zustands sind in *“Strategy for Managing Nitrogen Across the Poole Harbour Catchment”* zusammengefasst und können auf der folgenden Website eingesehen werden. Anhand dieser Maßnahmen soll sichergestellt werden, dass diffuse Belastungen durch die Landwirtschaft um etwa 550 Tonnen Stickstoff pro Jahr reduziert werden, wodurch weder künftige Entwicklungen noch ein Bevölkerungswachstum zu einem Anstieg der Stickstoffbelastung im Hafenbecken führen werden.

Verweise/Ergebnisse/Links

<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328084622/http://www.environment-agency.gov.uk/research/library/publications/148450.aspx>

<https://www.wessexwater.co.uk/About-us/Environment/Catchment-management/Poole-Harbour-Catchment-Initiative/>

Fallstudie 2: Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser in Kalksteingebieten des GWK BE_Meuse_RWM021 (Belgien)

Art der Studie und Schlüsselbegriffe

Beschreibung eines GVAÖ

Beschreibung, Basisabfluss, Makroinvertebraten, Kieselalgen (Diatomeen), Überwachung (Monitoring), Auswirkungen durch Entnahmen

Hintergrundinformationen

Das Projekt *characterisation of water bodies whose status depends on groundwater and surface water interactions*, bei dem es um die Beschreibung von Wasserkörpern ging, deren Zustand von den Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser abhängt, wurde von HydrogeologInnen, SüßwasserökologInnen und AgronomInnen für den Öffentlichen Dienst (Département de l'Environnement et de l'Eau) der belgischen Region Wallonien durchgeführt.

Die Grundwasserleiter (Karbon) in der Region Condroz (Zentralwallonien) sind wichtige Grundwasserreservoirs, die sowohl mengenmäßig (Grundwasserentnahme) als auch qualitätsmäßig (hauptsächlich Nitrat aus der Landwirtschaft) erheblichen Belastungen ausgesetzt sind. Die entwässernden Bäche beherbergen fragile GVAÖ, wie biologischen Kalksinter (Abbildung 1) und andere Süßwasserökosysteme, insbesondere in den Flüssen Hoyoux (MV07R) und Triffoy (MV08R). Eingehende, zwei Jahre andauernde Untersuchungen (Abbildung 2) haben (1) die Wechselwirkungen zwischen GW und Fluss und deren Auswirkungen auf das GVAÖ beschrieben sowie (2) den Nitrattransfer im Kontinuum Boden-GW-Fluss.



Abbildung. 1: Travertin-Wasserfall im Fluss Triffoy

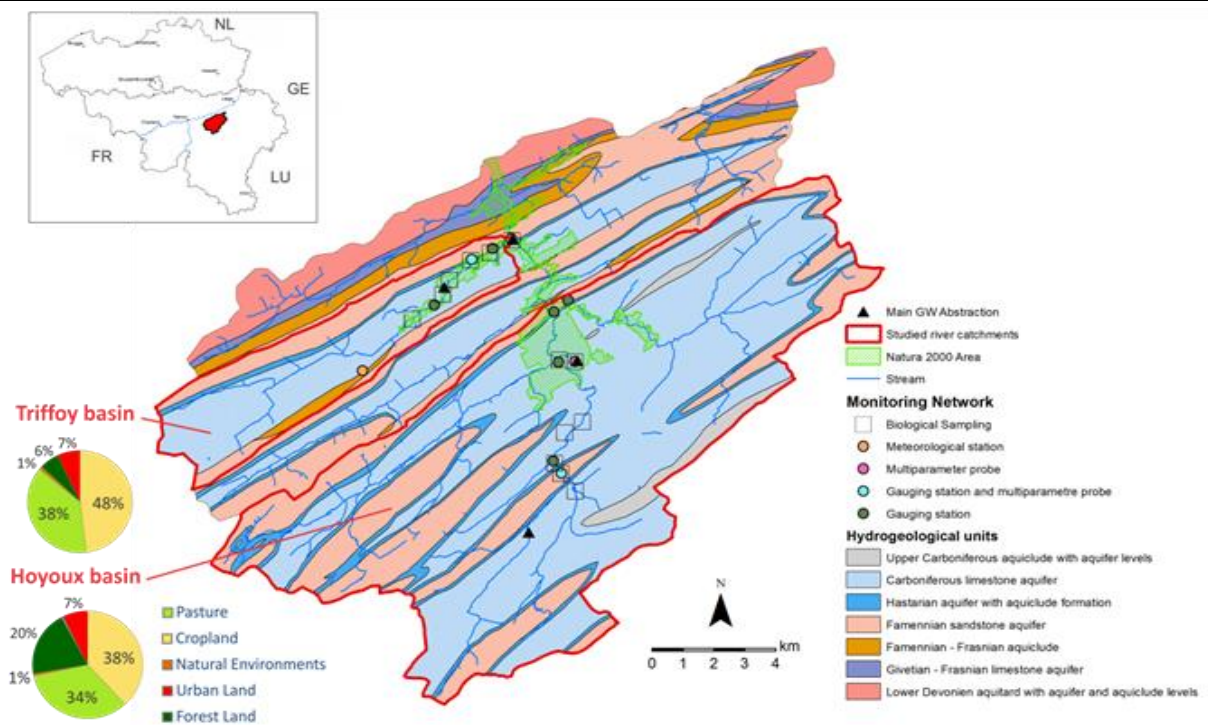


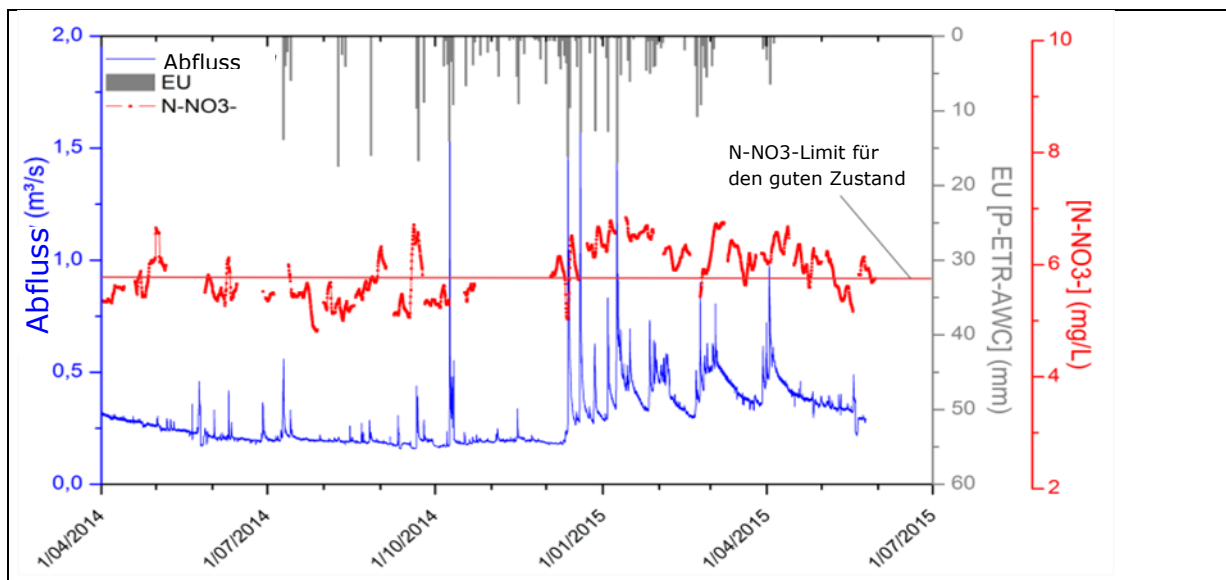
Abbildung. 1 : Untersuchte Gebiete

Fallstudienbeschreibung

Beide Flüsse kennzeichnet ein sehr hoher Basisabflussindex ($BFI = 0,92-0,87$) und signifikante Grundwasserentnahme ($IGWA = 0,56-0,48$) (siehe Tabelle). Die Nitratkonzentration ist über das Jahr gemessen relativ konstant, nahe dem Grenzwert für den guten Zustand (Abbildung 3). Im Winter steigen die Konzentrationen jedoch temporär und überschreiten den Flussgrenzwert, da das einsickernde Wasser die Nitratrückstände in den landwirtschaftlichen Böden auswäscht.

Von September 2013 bis August 2014			Hoyoux	Triffof
Klima- parameter	Jahresniederschlag	$P \text{ mm} (\%)$	897 (100)	
	Evapotranspiration	$ETR \text{ mm} (\%)$	612 (68)	
	Schwankungsbreite des im Boden verfügbaren Wassergehalts	$SAWC \text{ mm} (\%)$	67,2 (7,5)	
	$EU = P - ETR - SAWC$	$EU \text{ mm} (\%)$	217,4 (24,5)	
Einzugs- gebiets- parameter	Fläche	$S \text{ (km}^2\text{)}$	145,2	30,5
	Grundwasserentnahme	$Q_a \text{ mm} (\%)$	163,4 (18)	117,9 (13)
	Fluss: Abfluss	$Q_t \text{ mm} (\%)$	127,1 (14)	129,2 (14)
	Basisabfluss	$Q_b \text{ mm} (\%)$	116,3 (13)	112 (12)
	Jährliche Schwankung der Grundwasserreserven	$\Delta res \text{ mm} (\%)$	-21 (-2)	-12 (-1)
	GW-Budgetabschluss (inkl. GW-Ströme innerhalb des Einzugsgebiets)	$\epsilon \text{ mm} (\%)$	-51 (-6)	-17 (-2)
	Infiltration ($EU - (Q_t - Q_b)$)	$I \text{ mm} (\%)$	206,6 (23)	200,2 (22)
Indikatoren	Basisabflussindex (Q_b/Q_t)	BFI	0,92	0,87
	Infiltrations-Index (I/EU)	I_{ESO}	0,95	0,92
	GW-Entnahme-Index ($Q_a/(Q_t+Q_a)$)	I_{GWA}	0,56	0,48

Zur Beurteilung des ökologischen Zustands und der Reaktion auf Veränderungen der Wasserqualität (Nährstoffanreicherung) und -quantität (Fließgeschwindigkeit und Gewässerstruktur) wurden an mehreren Stellen Makroinvertebraten und benthische Diatomeen (Kieselalgen) beprobt. Die Überwachung von pH-Wert und gelöstem Sauerstoff ergab typische tägliche Schwankungen (Tagesgang) aufgrund des Ökosystemstoffwechsels, was darauf schließen ließ, dass die Ökosystemfunktion in den untersuchten Bächen nicht beeinträchtigt war. Die Analyse der Biozönosen im Bach ergab eine kontrastierende Reaktion der Makroinvertebraten und benthischen Diatomeen. Biotische Indizes, basierend auf benthischen Makroinvertebraten, bestätigten den guten ökologischen Zustand, mit Ausnahme von einem Standort. Eine detaillierte funktionale Analyse der makrozoobenthischen Zusammensetzung an diesem Standort ergab eine geringe taxonomische, biologische und ökologische Diversität in Zusammenhang mit den geringen Fließgeschwindigkeiten, was eine Sedimentierung und Ansammlung von partikulärem organischem Material ermöglicht. Diatomeen-Indizes und Gesellschaftsstruktur zeigten einen guten bis sehr guten Zustand in beiden Flüssen an, ein Hinweis darauf, dass die hohen Nitratkonzentrationen keine erkennbare Wirkung auf deren biologische Qualität haben.



Schlussfolgerung

Die Ergebnisse machen deutlich, wie wichtig es ist, mögliche Einflüsse auf die Bachhydromorphologie in Karsteinzugsgebieten durch Grundwasserentnahmen sowie Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer zu bedenken. Die Studie zeigt auch, dass die Analyse der biologischen und ökologischen Merkmale von benthischen Makroinvertebraten ein adäquates Mittel zur Feststellung der Reaktion aquatischer Gemeinschaften auf Veränderungen in Fließgewässern ist, die aus den Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser resultieren.

Um die Auswirkungen von Nährstoffanreicherungen (N versus P) auf biologische Indikatoren (Diatomeen im Besonderen) weiter zu erforschen und um Beziehungen zwischen hydrologischen Variablen und deren Auswirkungen auf den hydromorphologischen Zustand in Bächen zu erkennen, muss eine intelligente Datenanalyse bestehender Datenbanken erfolgen. Auf diese Weise kann zur Entwicklung von Vorhersagemodellen zur Beurteilung der Auswirkungen eines geringeren Basisabflusses auf benthische Zusammensetzungen (die für den ökologischen Mindestabfluss relevant sind) beigetragen werden. Das Monitoring der elektrischen Leitfähigkeit ermöglichte ein besseres Verständnis des Systems, da es die Mineralisierung des Wassereinzugsgebiets und die Grundwasserausflüsse in den Bach widerspiegelt und eine genauere Ganglinientrennung und Basisabflussindexberechnung erlaubte.

Zur Erweiterung der Kenntnislage werden alle strategischen Überwachungssysteme (Messstationen mit Leitfähigkeitssonden, häufiger Probenentnahme von Grundwasser und Oberflächenwasser) mittel- bis langfristig weitergeführt werden. Wenn eine regelmäßige Kalibrierung der Sensoren sichergestellt wird, kann eine Überwachung der Flusswasserqualität mit hoher zeitlicher Auflösung durchgeführt werden. Auf diese Weise lässt sich der Ökosystemstoffwechsel adäquat beurteilen. Die Nitratkonzentration könnte jedoch einmal täglich überwacht werden, um den Einfluss des Grundwassers und anderer Einträge aus dem Einzugsgebiet zu prüfen.

Aufgrund der Kalkintervorkommen in den untersuchten Bächen stellt sich die Frage nach deren Erhaltung, da diese Natura-2000-Biotope sensibel auf Eutrophierung und verminderten Abfluss aufgrund von Wasserentnahmen reagieren. Bis zu einem gewissen Grad hängt diese Problematik mit dem ökologischen Mindestabfluss zusammen (CIS-Leitfaden Nr. 31).

Verweise/Ergebnisse/Links

Sämtliche Studienergebnisse sind auf der Webseite des Projekts einsehbar: <http://goo.gl/5ILVGA> oder http://www.facsas.ulg.ac.be/upload/docs/application/pdf/2015-10/characterisation_of_water_bodies_whose_status_depends_on_groundwater_and_surface_water_interactions.pdf

