

Sachstandsbericht

Fachliche Umsetzung der EG-WRRL

Teil 5

Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands

Berthold, G. (HLUG, Hessen)
Gudera, Th. (LUBW, Baden-Württemberg)
Holthusen, H. (LLUR, Schleswig-Holstein)
Kuhn, K. (LfULG, Sachsen)
Lorenz, R. (TLUG, Thüringen)
Peters, A. (TLUG, Thüringen)
Schäfer, W. (LBEG, Niedersachsen, Obmann)
Schwerdtfeger, B. (LUNG, Mecklenburg-Vorpommern)
Sprenger, W (LfU, Bayern)
Wolter, R. (UBA)

Stand: 25. August 2011

Inhaltsverzeichnis

1.	Auftrag	3
2.	Definition.....	3
3.	Elemente und Parameter der Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.....	3
4.	Empfehlung / Vorschlag zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.....	4
4.1	Parameter zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.....	4
4.2	Verfahren zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands.....	4
4.2.1	Trendanalyse der Grundwasserstände/Quellschüttungen	5
4.2.2	Wasserbilanzbetrachtungen.....	7
4.2.3	Grundwasserabhängige Oberflächengewässer.....	8
4.2.4	Grundwasserabhängige Landökosysteme	8
4.2.5	Salzintrusionen	9
4.3	Bewertung des Grundwasserkörpers	9
5.	Literatur.....	10

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Wertebereich für Trendbewertung Grundwasserstand.....	7
Tab. 2:	Bewertungsmatrix zur Beurteilung des mengenmäßigen Grundwasserzustands.....	10

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Methodik Regressionsanalyse und statistische Signifikanz

Anlage 2: Definition „Nutzbares Grundwasserdargebot“ in Niedersachsen

Anlage 3: Risikobeurteilung grundwasserabhängige Landökosysteme – Länderbeispiel Sachsen

1. AUFTRAG

Laut Protokoll der 1. Sitzung des Unterausschusses „Fachliche Umsetzung der Grundwassertochterrichtlinie“ vom 15.12.2006 soll sich ein Expertenkreis nach Abschluss der laut Mandat vom 03.11.2006 formulierten Aufgaben „darum bemühen, eine bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustandes zu erarbeiten.“

Mit dem vorliegenden Sachstandsbericht wird ein entsprechender Entwurf vorgelegt.

2. DEFINITION

Der gute mengenmäßige Zustand des Grundwassers nach Anhang V, Abschn. 2.1.2 der WRRL ist gegeben, wenn

„der Grundwasserspiegel im Grundwasserkörper so beschaffen ist, dass die verfügbare Grundwasserressource nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten wird.

Dementsprechend unterliegt der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen, die

- *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,*

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 einem solchen Zustrom führen könnte.“

Der maßgebende Parameter für die Beurteilung des mengenmäßigen Zustandes ist der Grundwasserspiegel (Anlage V, Abschn. 2.1.1 der WRRL). Analog können auch Quellschütungen herangezogen werden.

3. ELEMENTE UND PARAMETER DER BEURTEILUNG DES MENGENMÄßIGEN ZUSTANDS

Ein GWK ist in einem guten mengenmäßigen Zustand, wenn alle in Punkt 2 genannten Ziele erfüllt sind (CIS Guidance Document No. 18):

- *Die verfügbare Grundwasserressource wird nicht von der langfristigen mittleren jährlichen Entnahme überschritten,*
- *es kommt zu keiner signifikanten Verschlechterung des chemischen und/oder ökologischen Zustands von Oberflächenwasserkörpern aufgrund anthropogener Veränderungen des Grundwasserspiegels oder der Strömungsverhältnisse, die zur Nichter-*

reichung relevanter Ziele nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Artikel 4 bei verbundenen Oberflächenwasserkörpern führen würde,

- *es kommt zu keiner signifikanten Schädigung von grundwasserabhängigen Landökosystemen aufgrund einer anthropogen induzierten Veränderung des Wasserspiegels,*
- *es treten keine Salz- oder andere Intrusionen auf, die auf anthropogen induzierte anhaltende Veränderungen der Strömungsrichtung zurückzuführen sind.*

4. EMPFEHLUNG / VORSCHLAG ZUR BEURTEILUNG DES MENGENMÄßIGEN ZUSTANDS

Eine Beurteilung des mengenmäßigen Zustands ist für alle Grundwasserkörper (GWK; Gruppen von GWK) erforderlich.

4.1 Parameter zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands

Zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands wird eine Bewertungsmatrix (siehe Punkt 4.3) mit den folgenden Elementen / Parametern vorgeschlagen:

- a) Trendanalyse der Grundwasserstände/Quellschüttungen (Ganglinienauswertungen),
- b) Wasserbilanzbetrachtungen der Grundwasserkörper (überschlägige und ggf. detaillierte Wasserbilanz),
- c) grundwasserabhängige Oberflächengewässer (GW-abh. OW),
- d) grundwasserabhängige Landökosysteme (GW-abh. LÖS),
- e) Salzintrusionen.

4.2 Verfahren zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands

Die Beurteilung des mengenmäßigen Zustands erfolgt in der Regel auf Grundlage der Parameter a) und b).

Die Elemente c) und d) werden nur betrachtet, wenn es von der zuständigen Behörde/Institution Hinweise gibt, dass

zu c) mit dem GWK verbundene Oberflächenwasserkörper ihre abflussbezogenen Umweltziele (Chemie und Ökologie) nicht erreichen,

zu d) GW-abhängigen LÖS innerhalb des GWK infolge Wasserstandssenkung geschädigt sind.

Das Element e) wird in Abhängigkeit von der Beurteilung des chemischen Zustands (relevante Schwellenwerte für Chlorid, Sulfat und hierauf bezogene Trendanalysen) betrachtet.

4.2.1 Trendanalyse der Grundwasserstände/Quellschüttungen

Eine Trendanalyse erfolgt i. d. R. an den für die mengenmäßige Beurteilung des Grundwasserkörpers gemeldeten Grundwassermessstellen des WRRL-Messnetzes.

Anforderungen an Datenreihen

- Ausreichend lange Datenreihen, optimal 30 Jahre, Ausnahmen sind möglich. Bei der Betrachtung langer Datenreihen kann der Einfluss kurzfristiger, natürlicher klimatischer Schwankungen ausgeglichen werden. Es hat sich gezeigt, dass in unbeeinflussten Gebieten der 30-jährige Trend nahezu den Wert Null hat und somit Abweichungen von diesem Wert in der Regel auf anthropogene Beeinflussungen des Grundwasserspiegels hindeuten. Für die Zwecke der WRRL hängt die notwendige Länge der Zeitreihe von den Umwelt- und hydrogeologischen Bedingungen im GWK ab. Im Einzelfall können auch kürzere Messreihen herangezogen werden, wenn sie nach hydrogeologischer Prüfung geeignet sind.
- Die Zeitreihe sollte nicht kürzer als 15 Jahre sein. Normale hydrologische Schwankungen (Luftdruckeinfluss, Jahresgang) sind bei der Trendbetrachtung zu berücksichtigen. Hier bietet sich ein direkter Vergleich mit von Grundwasserentnahmen unbeeinflussten Messstellen in vergleichbarer hydrogeologischer Situation an (Differenzenganglinie, Zeitreihenanalyse mit dem Wiener-Mehrkanal-Filter). Darüber hinaus wird empfohlen, die Trendanalyse mit Klimabetrachtungen zu kombinieren, da auch bei 30jährigen Reihen eine klimatische Beeinflussung des Grundwasserstandes aufgetreten ist. Auf diese Weise werden trendverursachende klimatische Entwicklungen bei der Trendanalyse berücksichtigt.
- Mindestens monatlicher Messturnus. Empfohlen wird aber, einen wöchentlichen Messturnus anzustreben.
- Berücksichtigung von Messstellen aus tieferen Grundwasserstockwerken nur, wenn daraus Grundwasser gefördert wird oder hydraulische Verbindungen zwischen den Stockwerken relevant werden.
- Möglichst einheitlicher Messzeitraum. (z. B. 1981 - 2010).
- **Maßgeblich für die Beurteilung ist der Zeitraum seit Inkrafttreten der WRRL (Jahr 2000).**

Ausreißertest /Plausibilitätsprüfung

Vor der Analyse der Zeitreihen ist ein Ausreißertest und eine Plausibilitätsprüfung durchzuführen, mittels einer geeigneten statistischen Methode (siehe Anlage 1 in Anlehnung an den Sachstandsbericht „Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends“) und/oder einer ergänzenden fachlichen Prüfung (siehe auch: Empfehlungen des LAWA-Arbeitskreises „Optimierung des Grundwasserdienstes“, 1999). Grundsätzlich sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zu beachten (siehe Literaturverzeichnis).

Trendanalyse

Die Ermittlung muss auf Basis einer anerkannten statistischen Methode erfolgen. Die gewählte Methode sollte die statistische Signifikanz eines ermittelten Trends testen können. Es wird empfohlen, einen linearen Trend durch einfache Regressionsanalyse zu ermitteln (GWRL, Anhang IV A (2 c)). Eine entsprechende Methodik ist in Anlage 1 (in Anlehnung an den Sachstandsbericht „Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends“) näher erläutert.

Die mittels linearer Regression ermittelte Steigung der Ausgleichsgeraden entspricht dem Trend der Grundwasserstandsentwicklung an der jeweiligen Messstelle.

Bewertung der Trendanalyse

Zur Bewertung der Trendanalyse werden die nachfolgend genannten alternativen Methoden vorgeschlagen:

- a) Prüfung auf statistische Signifikanz (t-Test) in Anlehnung an den Sachstandsbericht „Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends“ (siehe Anlage 1). Das Konfidenzniveau sollte in der Regel bei 95 % liegen.
- b) Ganglinienauswertung nach GRIMM-STRELE (2003):
Zur Bewertung wird das Verhältnis der Steigung der Regressionsgeraden in cm pro Jahr zur Spannweite der Extremwerte in der Zeitreihe in m (entspricht % pro Jahr) gebildet. Die Spannweite der Extremwerte ist die Differenz von maximalem und minimalem Einzelwert der gesamten Zeitreihe. Hierbei muss die Richtigkeit der extremen Einzelwerte gut gesichert sein. Im Zweifelsfall bieten Tages-, Wochen- oder Monatsmittel mehr Sicherheit für die Bewertung. Ein Bewertungsvorschlag ist in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Wertebereich für Trendbewertung Grundwasserstand.

Wertebereich	Bewertung
< - 2 % pro Jahr	stark fallend
- 2 % bis - 1 % pro Jahr	fallend
- 1 % bis + 1 % pro Jahr	gleichbleibend
+ 1 % bis + 2 % pro Jahr	steigend
> + 2 % pro Jahr	stark steigend

In Abhängigkeit von den regionalspezifischen hydrogeologischen Verhältnissen kann es notwendig sein, die Wertebereiche anzupassen.

Ein fallender Trend an einer Messstelle liegt vor

- bei einer nach a) ermittelten (statistisch signifikanten) negativen Steigung der Regressionsgeraden oder
- bei einem fallenden bzw. stark fallenden Trend nach Methode b).

Im Festgestein liegen häufig nicht genügend Grundwassermessstellen vor, so dass hier auf Quellschüttungsmessungen, aber auch andere Abflussmessungen oder lokale wasserwirtschaftliche Beobachtungen und Fachwissen zurückgegriffen werden muss.

4.2.2 Wasserbilanzbetrachtungen

Nach WRRL (siehe Anhang V, Abschn. 2.1.1) wird als Parameter für die Einstufung des mengenmäßigen Zustands des Grundwassers prinzipiell der Grundwasserspiegel genannt. Nach den CIS-Dokumenten (Guidance Document No.18) ist eine alleinige Bewertung auf Grundlage des Grundwasserstandes unzureichend. Es wird empfohlen, generell weitere Parameter und Informationen zur Bewertung heranzuziehen.

Zur Bewertung sollte – in Abhängigkeit vom Ergebnis bzw. der Zuverlässigkeit der Trendanalyse – eine

- überschlägige Wasserbilanzbetrachtung und ggf. eine
- detaillierte Wasserbilanzbetrachtung

herangezogen werden.

Überschlägige Wasserbilanz

Gegenüberstellung von langfristigen mittleren jährlichen Entnahmemengen im **Bilanzzeitraum** und langfristiger mittlerer Grundwasserneubildung für den gesamten Grundwasserkörper.

Zur Bewertung herangezogen wird der Anteil der wasserrechtlich gestatteten Entnahmemenge an der Grundwasserneubildung (in %).

Die Grundwasserneubildung und die Entnahmesumme werden mit länderspezifischen Methoden berechnet bzw. ermittelt. Bundesweit einheitlich ermittelte und flächenspezifische Werte zur Höhe der Grundwasserneubildung sind auch dem Hydrologischen Atlas Deutschland (HAD) zu entnehmen.

Für die Bilanzierung wird die Verwendung der wasserrechtlich gestatteten Entnahmemengen anstelle der tatsächlichen favorisiert, da diese Summe dem „worst case“ entspricht und die Daten in der Regel leichter verfügbar sind. Sollte bei einzelnen Entnahmeanlagen die gestattete und die tatsächliche Entnahme weit auseinanderliegen, so wäre letztere in die Bilanzierung einzubringen, um deren Aussagekraft zu wahren. Die derart auffällig gewordenen wasserrechtlichen Gestattungen sollten als Maßnahme der Bewirtschaftung dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Detaillierte Wasserbilanz

Gegenüberstellung von gestatteter Grundwasserentnahme und dem nutzbaren Grundwasserangebot für den gesamten Grundwasserkörper. Für die Bilanzierung wird die Verwendung der wasserrechtlich gestatteten Entnahmemengen anstelle der tatsächlichen Entnahmemengen favorisiert (siehe auch überschlägige Wasserbilanz).

Als Definition des Begriffs „nutzbares Grundwasserdargebot“ wird die DIN 4049 herangezogen (siehe Anlage 2). Hierbei sind insbesondere die (länderspezifischen) Randbedingungen zu berücksichtigen, wie z.B:

- Trockenwetterdargebot,
- Abschlag (gebietsspezifisch) zur Sicherung und Erhaltung grundwasserabhängiger Landökosysteme und Oberflächengewässer (unter Berücksichtigung der erforderlichen Niedrigwasserabflüsse), z.B. ökologisch begründeter Mindestabfluss,
- Weitere länderspezifische Ausnutzungen – und Reduktionsfaktoren.

Besteht ein Austausch (Zu- bzw. Abstrom) zwischen angrenzenden GWK so ist dies zu berücksichtigen.

4.2.3 Grundwasserabhängige Oberflächengewässer

Eine Prüfung erfolgt, wenn im Oberflächengewässer durch die zuständige Behörde/Institution eine abflussbezogene Verfehlung der Umweltziele (Chemie und Ökologie) festgestellt wird und es sich nicht um ein räumlich eng begrenztes Ereignis handelt. Im Regelfall erfolgt diese Prüfung über die detaillierte Wasserbilanz (nutzbares GW-Dargebot). Im Einzelfall sind Vor-Ort-Erkenntnisse in die Prüfung einzubeziehen.

4.2.4 Grundwasserabhängige Landökosysteme

Grundsätzlich erfolgt eine Prüfung erst, wenn durch die zuständige Behörde/Institution festgestellt wird, dass ein grundwasserabhängiges Landökosystem geschädigt ist oder das Risiko einer Schädigung besteht.

Nach dem CIS Guidance Document No. 18 erfährt ein grundwasserabhängiges Landökosystem dann eine signifikante Schädigung oder ist gefährdet, wenn festgestellt oder begründet angenommen wird, dass der Standort keines seiner Erhaltungsziele, die von einem hauptsächlich klimatischen variierenden Grundwasserstand abhängig sind, erreicht bzw. erreichen wird.

Zur Risikobeurteilung werden die folgenden Prüfungen empfohlen (siehe auch Anhang 3):

- Landökosystem im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen
 - Verschneidung GW-Nutzung (Absenkungstrichter) mit Landökosystem,
- Grundwasserabhängigkeit,
 - Grundwasserflurabstand ≤ 3 m (bei Waldökosystemen ≤ 5 m)
- Detaillierte Wasserbilanz / nutzbares GW-Dargebot (siehe Punkt 4.2.2),
- Trendbetrachtungen.

Im Einzelfall sind Vor-Ort-Erkenntnisse in die Prüfung einzubeziehen.

Die Risikobeurteilung erfolgt nur bei relevanten Landökosystemen.

4.2.5 Salzintrusionen

Die Prüfung ist gekoppelt an die Beurteilung des chemischen Zustands des Grundwassers. Ein GWK ist in Bezug auf Salzintrusionen im guten Zustand, wenn aufgrund von Grundwasserentnahmen keine langfristigen Salzintrusionen durch anthropogen induzierte nachhaltige Veränderungen der Wasserspiegellagen oder der Druckhöhen sowie keine Abnahme des Durchflusses oder Änderung der Strömungsrichtung auftreten.

4.3 **Bewertung des Grundwasserkörpers**

Die Beurteilung des „mengenmäßigen Zustandes“ des GWK erfolgt wie die des „chemischen Zustands“ in einer Gesamtbetrachtung nach folgender Bewertungsmatrix (Tab. 2).

Tab.2: Bewertungsmatrix zur Beurteilung des mengenmäßigen Grundwasserzustands

Trendanalyse	Überschlägige Wasserbilanz	Detaillierte Wasserbilanz	GW-abh. OWK und LÖS, Salzintrusion	Mengenmäßiger Zustand
(≤1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. <30% GWN	nicht erforderlich	kein Hinweis	guter Zustand
(≤1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. >30% GWN	positiv/ausgeglichen	kein Hinweis	guter Zustand
(≤1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. >30% GWN	negativ	kein Hinweis	schlechter Zustand***
(>1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. <30% GWN	positiv/ausgeglichen	kein Hinweis	schlechter Zustand***
(>1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. >30% GWN	positiv/ausgeglichen	kein Hinweis	schlechter Zustand***
(>1/3 d. Mst.) fallender Trend	Gestattete Entn. >30% GWN	negativ	kein Hinweis	schlechter Zustand
noch nicht möglich	Gestattete Entn. <30% GWN	positiv/ausgeglichen	kein Hinweis	guter Zustand
noch nicht möglich	Gestattete Entn. <30% GWN	negativ	kein Hinweis	schlechter Zustand***)
noch nicht möglich	Gestattete Entn. >30% GWN	positiv/ausgeglichen	kein Hinweis	guter Zustand
noch nicht möglich	Gestattete Entn. >30% GWN	negativ	kein Hinweis	schlechter Zustand
Unabhängig von den Ergebnissen der Trendanalyse und Bilanzbetrachtung gilt stets:			bei signifikanter Schädigung*)	immer schlechter Zustand

*) ist auf Grundwasserentnahmen bzw. anthropogen induzierte nachhaltige Veränderungen der Wasserspiegellage zurückzuführen
 ***) entgültige Entscheidung nach Einzelfallbetrachtung

Generell erlaubt nur eine fundierte hydrogeologische Beurteilung eine tragfähige Aussage zum mengenmäßigen Zustand eines Grundwasserkörpers, der stets in seiner gesamten hydraulisch plausiblen Ausdehnung zu betrachten ist.

5. LITERATUR

- BUCHER, B. (1999): Die Analyse von Grundwasserganglinien mit dem Wiener-Mehrkanal-Filter. – Grundwasser 3/1999, S.113-118
- CIS-Leitfaden Nr. 18: Leitfaden zur Beurteilung von Zustand und Trend im Grundwasser. – Umweltbundesamt und Lebensministerium, - Wien 2009
- CREMER, S., MEßER, J. (2010): Datenanalyse mit dem Wiener-Filter. – wwt 4/2010, S.18-21
- GRIMM-STRELE, J. (2003): WRRL – Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers. – LAWA-Workshop Bonn, Mai 2003. [unveröff. Sitzungsunterlagen].
- GROSSMANN, J., SKOWRONEK, F. (2005): Quantifizierung anthropogener Veränderungen der Grundwasserstände mit dem Wiener-Mehrkanal-Filter. - Grundwasser 3/2005, S.157-166
- GUIDANCE DOCUMENT NO. 18: Guidance on groundwater status and trend assessment. Technical Report 2009 – 026, European Communities, 2009 liegt auch als Übersetzung ins Deutsche vor!
- LAWA (1982): Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 1 - Grundwasserstand – Essen 1984
- LAWA (1999): LAWA-Arbeitskreis „Optimierung des Grundwasserdienstes“: Empfehlungen zur Optimierung des Grundwasserdienstes (qualitativ). – Kulturbuch-Verlag, Berlin.
- LAWA AG (07.11.2007): Sachstandsbericht „*Bundesweit einheitliche Methode zur Ermittlung signifikanter und anhaltend steigender Schadstofftrends*“ des LAWA-UA „Fachliche Umsetzung der Grundwasser-Tochtrichtlinie“.

Methodik Regressionsanalyse und statistische Signifikanz

Statistisches Verfahren (nach LAWA-UA und Leitfaden NRW)

1. Ausgangssituation

Als Betrachtungszeitraum ist ein Zeitfenster von mindestens sechs Jahren gewählt, was nach der WRRL grundsätzlich einem Bewirtschaftungszeitraum entspricht. Darüber hinaus wird gemäß den Vorgaben davon ausgegangen, dass pro Jahr jeweils nur ein Untersuchungsergebnis für einen Parameter an der Grundwassermessstelle vorliegt. Grundsätzlich ist das Verfahren aber auch an längeren Zeitreihen mit einem größeren Zeitfenster und/oder mit einer größeren Anzahl von Messwerten anwendbar.

2. Berechnung der Regressionsgeraden

Als Grundlage für die Bewertung, ob für einen Parameter eine signifikante zeitliche Konzentrationsentwicklung, also ein möglicher Trend, überhaupt gegeben ist, wird für die n-Wertepaare (n=6) die Ausgleichsgerade $y = a_0 + a_1 \cdot x$ beschrieben. Damit wird konstatiert, dass in erster Näherung für diese Stichprobe die zeitliche Entwicklung einer Konzentration als lineare Änderung für diesen Zeitabschnitt vereinfacht dargestellt werden kann. Die Wahl der linearen Regression ist lediglich eine Konvention.

Der Verlauf der Ausgleichsgeraden ist definitionsgemäß eindeutig, da die Summe der Quadrate aller Abstände der Messwerte von der Geraden ein Minimum erreichen muss. Die Konstanten a_0 und a_1 der Geradengleichung für den konkreten Datensatz ergeben sich aus:

$$a_1 = s_{xy} / s_x^2 \quad \text{mit} \quad s_{xy} = [\sum x_i \cdot y_i - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i) / n] / (n-1) \quad \text{und}$$

$$s_x^2 = [\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n] / (n-1)$$

sowie

$$a_0 = - (a_1 \cdot x_{MW} - y_{MW}) = y_{MW} - a_1 \cdot x_{MW}$$

$$\text{mit} \quad x_{MW} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n \quad \text{und}$$

$$y_{MW} = (y_1 + y_2 + \dots + y_n) / n$$

Der Regressionskoeffizient a_1 gibt zunächst nur die Steigung der Ausgleichsgeraden für diese Stichprobe an. Ob dieses Steigungsmaß gleichzeitig auch der Anzeiger für einen signifi-

kanten Trend der Grundgesamtheit ist, muss durch einen gesonderten Test geprüft werden. Wird auf diesen Test verzichtet, so beschreibt einzig das Vorzeichen von a_1 einen ansteigenden ($a_1 > 0$) oder einen abnehmenden ($a_1 < 0$) Trend, allerdings auch ohne einen Hinweis auf die zu erwartende statistische Sicherheit (Signifikanz).

Der Fall, dass aus der Berechnung der Ausgleichsgeraden bereits $a_1 = 0$ resultiert, bedarf keiner weiteren Betrachtung, weil er in der Praxis nur in extremen Ausnahmefällen vorkommen wird und sich darüber hinaus für einen solch speziellen Fall eine weitergehende Trendbetrachtung ohnehin erübrigt.

3. Ausreißertest

Vor der Anwendung des Tests auf signifikantes Trendverhalten ist noch sicherzustellen, dass ein „exotischer Messwert“ nicht die ermittelte Regressionsgerade verfälscht. Dazu wird das Verfahren in diesem Stadium um einen Ausreißertest ergänzt. Dabei definiert dieser Test eventuelle Extremwerte nur im statistischen Sinn als Ausreißer. Eine Aussage über die Ursache der Anomalie (z.B.: nicht optimale Probenahme, fehlerhafte Analytik, unkorrekte Dateneingabe durch Zahlendreher, falsche Dimensionsangabe, sehr kurzfristiger Konzentrationsanstieg mit anschließendem ebenso raschem Abklingen dieser Konzentration, oder andere erklärbare, bzw. nicht nachvollziehbare Gründe) kann nur über eine fachliche Beurteilung erfolgen. Der die Trendanalyse ergänzende Ausreißertest bietet somit auch die Möglichkeit, einen oder mehrere fehlerhafte Werte im Datenkollektiv zu korrigieren, sofern der Fehler nachvollziehbar und korrigierbar ist.

Das Verfahren der Ausreißerelimination ist beschrieben bei:

KAISER, R. & GOTTSCHALK, G. (1972): Elementare Tests zur Beurteilung von Messdaten. Soforthilfe für statistische Tests mit wenigen Messdaten. Kapitel 3: Ausreißertest nach NALIMOV, Seite 18 ff., Bibliographisches Institut, Wissenschaftsverlag, Bd 774.

Der Ausreißertest erfolgt an den trendunabhängigen Werten der y -Residuen, von denen der Mittelwert, der gegen Null tendiert, und die Standardabweichung berechnet werden. Der Residualwert mit dem höchsten Betrag, d.h. der „Messwert“ mit der größten Entfernung zur Ausgleichsgeraden, ist der vorläufig ausreißerverdächtige Wert. Bestätigt sich der Verdacht, so erfolgt eine Neuberechnung der Regressionsgeraden ohne Einbeziehung dieses Wertepaares, also mit $n = n - 1$. Ist auch im zweiten Durchlauf noch ein Ausreißer vorhanden, so wird die Schleife erneut durchlaufen (d.h. der ursprüngliche Wert von n um 2 erniedrigt) und so häufig wiederholt, bis sich kein weiterer Ausreißer im Datensatz befindet.

Diese sukzessive Ausreißerelimination macht ein Abschneidekriterium bezüglich einer Mindestanzahl von ausreißerfreien Wertepaaren, bzw. einer Mindestanzahl von beprobten Jahren unbedingt erforderlich. Wird dieses Abschneidekriterium erreicht, so sollte auf eine Trendberechnung für diesen Parameter an der GWM verzichtet werden. Für einen Sechsjahreszeitraum ist eine Trendberechnung mit mindestens vier Jahren, für die auch Messwerte vorliegen, gerade noch vertretbar.

Der Nachweis eines Ausreißers ergibt sich wie folgt:

Man berechne
$$r^* = \frac{\tilde{a}_R - \hat{y}_R}{s_R} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

mit \hat{y}_R = Mittelwert der Residualwerte
 s_R = Standardabweichung der Residualwerte
 n = Anzahl der Wertepaare
 \tilde{a}_R = ausreißerverdächtiger Residualwert

Beispiel:

$$\begin{aligned}\hat{y}_R &= 1.82 \cdot 10^{-12} \approx 0 \\ s_R &= 28.239 \\ n &= 6 \\ \tilde{a}_R &= 53.2\end{aligned}$$

$$r^* = [| 53.2 - 1.82 \cdot 10^{-12} | / 28.239] \cdot \sqrt{6/5} = 2.063$$

Man entscheidet, indem man r^* mit einem theoretischen Wert r_i vergleicht. Der theoretische Wert r_i ist aus der Tabelle in Anhang 1 in Abhängigkeit von der Anzahl der Wertepaare n , der sich daraus ergebenden Freiheitsgrade $f = n - 2$ und der gewünschten statistischen Sicherheit P (Angaben für 95 %, 99 % und 99.9 %) zu ermitteln.

1. bei: $r^* < r(95) < r(99) < r(99.9)$ liegt definitionsgemäß kein Ausreißer vor
2. wenn $r(95) < r^* < r(99) < r(99.9)$, dann ist \tilde{a}_R wahrscheinlich ein Ausreißer
3. oder $r(95) < r(99) < r^* < r(99.9)$, dann ist \tilde{a}_R signifikant ein Ausreißer
4. oder $r(95) < r(99) < r(99.9) < r^*$, dann ist \tilde{a}_R hochsignifikant ein Ausreißer

Es kann nur entweder ein ausreißerfreier Datensatz vorliegen oder einer der Fälle 2 bis 4 zutreffen. Für den Ausreißertest ist das Kriterium des signifikanten Ausreißers (Fall 3) heranzuziehen. Das Entscheidungsmerkmal des wahrscheinlichen Ausreißers führt zu einer vor-schnellen Ausreißerelimination. Das Kriterium der Hochsignifikanz ist dagegen ein zu scharfes Ausschlussmerkmal.

4. Trendberechnung

Nachdem die Datenvorbereitung, d.h. die Berechnung der Ausgleichsgeraden, die Verifizierung eines ausreißerfreien Datensatzes und die sich daraus eventuell ergebende Neuangleichung der Ausgleichsgeraden abgeschlossen ist, erfolgt die eigentliche Trendberechnung

Im folgenden Schritt wird unter der gewählten Signifikanzzahl festgestellt, ob das errechnete Steigungsmaß (a_1) der Stichprobe als signifikanter Trend für die Grundgesamtheit angesehen werden kann. Dabei wird angenommen, dass eine Grundgesamtheit für diesen Parameter an dieser GWM existiert, deren Konzentrationsentwicklung sich für den gewählten Zeitraum in vereinfachter Form als lineare Veränderung beschreiben lässt. Diese lineare Konzentrationsveränderung der Grundgesamtheit wird durch $Y = \mu + \beta * X$, mit der Zeitachse X und dem Steigungsmaß β beschrieben.

Da diese Grundgesamtheit nicht bekannt ist, kann demzufolge auch keine Aussage über irgendeinen Wert $\beta \neq 0$ als „Sollwert“ für das Steigungsmaß erfolgen. Der praktisch bedeutende Fall für die Trendberechnung ist das Aufstellen einer Hypothese $\beta = 0$.

Trifft diese Hypothese zu, so bedeutet dies, dass die Stichprobe mit dem Steigungsmaß a_1 die Annahme eines Trends für die Grundgesamtheit nicht rechtfertigt. Die Regressionsgerade der Grundgesamtheit verläuft wegen $\beta = 0$ waagrecht. Die Y -Werte hängen damit gar nicht von den X -Werten ab. Sie sind unter der gewählten statistischen Signifikanz zufallsbedingt, also über die Dauer dieser sechs Jahre (streng genommen nur vom Zeitpunkt der ersten bis zum Zeitpunkt der letzten „Messung“) zeitunabhängig. Als einzig verbleibender Anhaltspunkt verläuft die damit „waagerechte Ausgleichsgerade“ der Grundgesamtheit durch den Mittelwert der y -Werte der Stichprobe.

Trifft dagegen die Alternative zu, dann kann für die gewählte Signifikanzzahl (= Eintrittswahrscheinlichkeit) aus dem Steigungsmaß a_1 der Stichprobe auch ein vorliegender Trend für die Grundgesamtheit gefolgert werden.

Die Vorgehensweise ist in den folgenden Arbeitsschritten skizziert:

Allgemein: Test der Hypothese $\beta = \beta_0$ gegen die Alternative $\beta \neq \beta_0$ (hier mit $\beta_0 = 0$)

Spezialfall: Hypothese $\beta = 0$ (y ist nicht abhängig von x)

Alternative $\beta \neq 0$ (abnehmender oder ansteigender Trend ist signifikant)

1. Schritt: Man wähle die Signifikanzzahl α^* (5 %, 1 % oder dgl.).

Es wird $\alpha^* = 5 \%$ empfohlen Die Festlegung ist eine Grundsatzentscheidung, die zu Beginn einmal getroffen werden muss und danach immer beibehalten wird.

2. Schritt: Man bestimme eine Zahl c aus der Students t -Verteilung in Anhang 2 mit $n-2$ Freiheitsgraden. Für das Beispiel mit $n = 6$ Wertepaaren ergibt sich für eine 95 %ige Wahrscheinlichkeit und für 4 Freiheitsgrade ein Wert von $c = 2.13$.

3. Schritt: Aus der Stichprobe $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ berechne man

s_x^2 (Formel siehe Abschnitt 2)

s_y^2 (entsprechend wie s_x^2)

a_1 (Formel siehe Abschnitt 2) und

$A = (n-1) * (s_y^2 - a_1^2 * s_x^2)$

4. Schritt: Man berechne

$$t_0 = \sqrt{\frac{s_x^2 (n-1)(n-2)}{A}} \cdot |a_1 - \beta_0|$$

Man vergleiche den sich aus den aktuellen Wertepaaren ergebenden Wert t_0 mit dem theoretisch-statistischen Wert c . Ist $t_0 \leq c$, so wird die Hypothese angenommen. Ist dagegen $t_0 > c$, so wird sie verworfen und die Alternative als zutreffend angesehen.

(Vorgehensweise wie in KREYSZIG (1991), Kap. 17, Seite 276 beschrieben).

Zwar ist der Wert t_0 direkt proportional sowohl dem absoluten Steigungsmaß, als auch der Anzahl der Stichprobenwerte, dagegen aber umgekehrt proportional der Summe der Abstandsquadrate (= Streuung der Einzelwerte um die Regressionsgerade). Letzteres wird durch den Term A in die Berechnung von t_0 mit berücksichtigt. Aus dem numerischen Wert von a_1 allein ist ein signifikantes Trendverhalten ebenso wenig abzuleiten wie die Erhöhung der Anzahl der Stichprobenwerte auch nicht unbedingt zwangsläufig zu einem signifikant vorliegenden Trend führen muss.

Eine Zusammenfassung der Vorgehensweise für die Trendberechnung einschließlich der Ausreißerbereinigung bietet das Fließdiagramm (Anhang 3).

Anhang 1:

r – Tabelle

(Ausreißertest nach NALIMOV, Zahlen von G. GOTTSCHALK)

aus: KAISER & GOTTSCHALK (1972), Seite 49

Die grau unterlegte Spalte enthält die für die beschriebene Vorgehensweise Vergleichswerte.

Statistische Sicherheit P in %:

f	(95 %)	(99 %)	(99.9 %)
1	1,409	1,414	1,414
2	1,645	1,715	1,730
3	1,757	1,918	1,982
4	1,814	2,051	2,178
5	1,848	2,142	2,329
6	1,870	2,208	2,447
7	1,885	2,256	2,540
8	1,895	2,294	2,616
9	1,903	2,324	2,678
10	1,910	2,348	2,730
11	1,916	2,368	2,774
12	1,920	2,385	2,812
13	1,923	2,399	2,845
14	1,926	2,412	2,874
15	1,928	2,423	2,899
16	1,931	2,432	2,921
17	1,933	2,440	2,941
18	1,935	2,447	2,959
19	1,936	2,454	2,975
20	1,937	2,460	2,990
25	1,942	2,483	3,047
30	1,945	2,498	3,085
35	1,948	2,509	3,113
40	1,949	2,518	3,134
45	1,950	2,524	3,152
50	1,951	2,529	3,166
100	1,956	2,553	3,227
200	1,958	2,564	3,265
300	1,958	2,566	3,271
400	1,959	2,568	3,275
500	1,959	2,570	3,279
600	1,959	2,571	3,281
700	1,959	2,572	3,283
800	1,959	2,573	3,285
∞	1,960	2,576	3,291

Anhang 2:

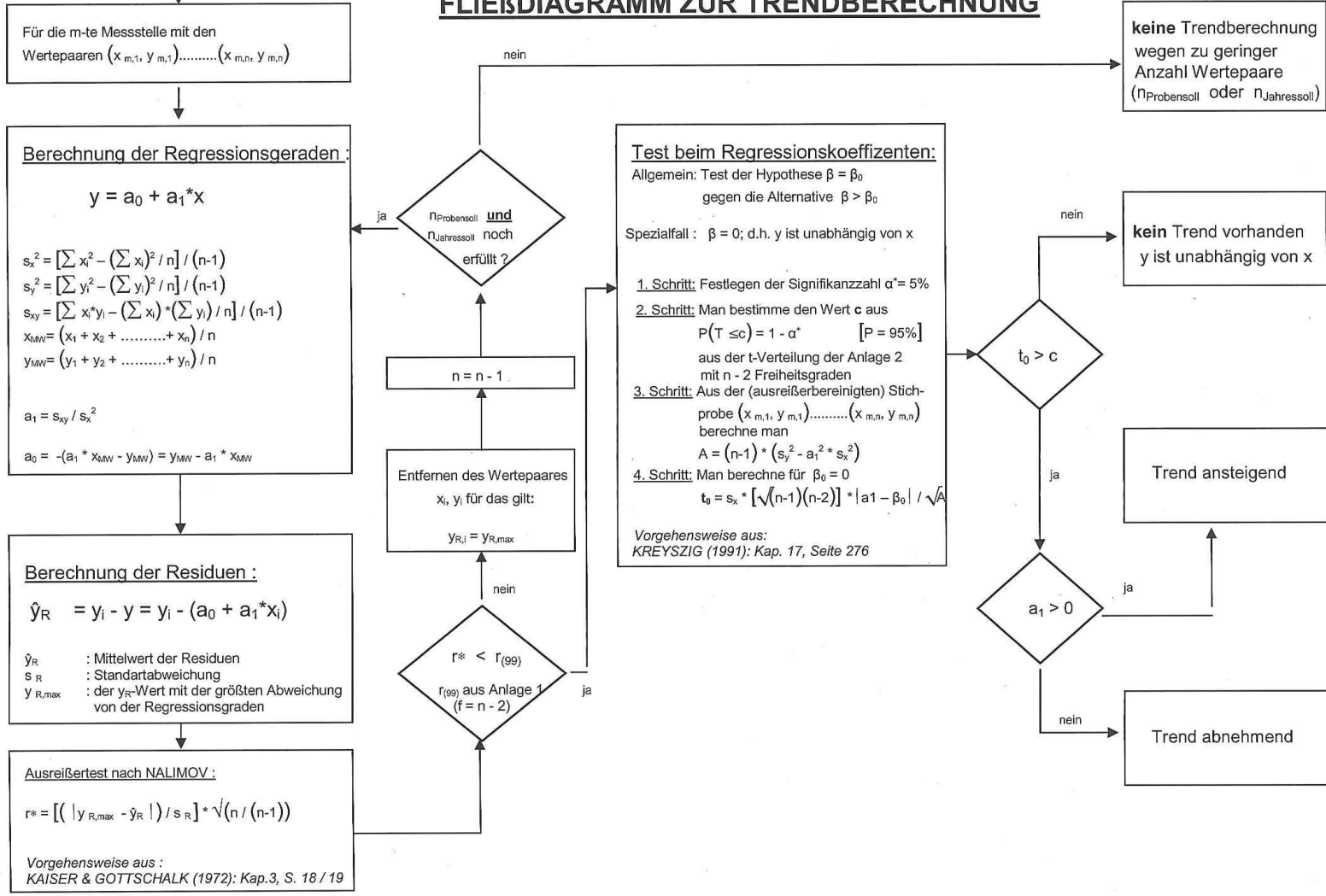
Students t-Verteilung

aus: KREYSZIG (1991), Seite 435

Die grau unterlegte Spalte enthält die für die beschriebene Vorgehensweise zu Grunde gelegten Vergleichswerte.

Anzahl der Freiheitsgrade	F (z)		
	0.90	0.95	0.975
1	3,08	6,31	12,70
2	1,89	2,92	4,30
3	1,64	2,35	3,18
4	1,53	2,13	2,78
5	1,48	2,02	2,57
6	1,44	1,94	2,45
7	1,42	1,90	2,37
8	1,40	1,86	2,31
9	1,38	1,83	2,26
10	1,37	1,81	2,23
11	1,36	1,80	2,20
12	1,36	1,78	2,18
13	1,35	1,77	2,16
14	1,35	1,76	2,15
15	1,34	1,75	2,13
16	1,34	1,75	2,12
17	1,33	1,74	2,11
18	1,33	1,73	2,10
19	1,33	1,73	2,09
20	1,33	1,73	2,09
22	1,32	1,72	2,07
24	1,32	1,71	2,06
26	1,32	1,71	2,06
28	1,31	1,70	2,05
30	1,31	1,70	2,04
40	1,30	1,68	2,02
50	1,30	1,68	2,01
100	1,29	1,66	1,98
200	1,29	1,65	1,97
∞	1,28	1,65	1,96

FLIEßDIAGRAMM ZUR TRENDBERECHNUNG



Definition „Nutzbares Grundwasserdargebot“ in Niedersachsen“.

Begriffsdefinitionen in Niedersachsen lt. Bewirtschaftungserlass

Grundwasserdargebot	Grundwasserneubildung durch Zusickerung aus Niederschlag (ohne Zu- bzw. Abstrom zwischen GWK oder Ex- bzw. Infiltration aus Oberflächengewässern)
Gewinnbares Grundwasserdargebot	nach DIN 4049: Teil des Grundwasserdargebots, das mit technischen Mittel entnehmbar ist und grundsätzlich einer Nutzung zur Verfügung steht.
Nutzbares Grundwasserdargebot	nach DIN 4049: Teil des Gewinnbaren Grundwasserdargebots, das für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann. Diese Randbedingungen werden in Niedersachsen zum einen durch die Eingangsgröße „Trockenwetterdargebot“ (mittleres Grundwasserdargebot in Trockenwetterperioden, berechnet aufgrund eines Klimaszenarios der 5 trockensten Jahre (20. Perzentil) und zum anderen durch einen Öko-Abschlag (Abschlag vom Gewinnbaren Grundwasserdargebot zur Sicherung und Erhaltung grundwasserabhängiger Landökosysteme) konkretisiert.
Verfügbares Grundwasserdargebot	in Niedersachsen nicht definiert.

Risikobeurteilung grundwasserabhängige Landökosysteme -

Länderbeispiel Sachsen

1.2.2.2 Beurteilung des Ausmaßes des Risikos - Mengenmäßiger Zustand des Grundwassers

6. ZU C) GRUNDWASSERABHÄNGIGE LANDÖKOSYSTEME

Die Erfassung und Risikoeinschätzung der grundwasserabhängigen Ökosysteme in Sachsen erfolgt in Anlehnung an die LAWA-Arbeitshilfe, (Teil 3, Punkte 1.2.1.4 und 2.2). Die Bestandsaufnahme beschränkt sich auf die Auswahl und Lokalisierung der bedeutenden grundwasserabhängigen Ökosysteme und eine erste grobe Risikoabschätzung für Landökosysteme hinsichtlich mengenmäßiger Beeinträchtigungen.

Die in der erstmaligen Beschreibung getroffene Auswahl der grundwasserabhängigen Ökosysteme in Sachsen (vgl. Kap. 1.2.1.4 und Anlage 2) wird in der weitergehenden Beschreibung auf die naturschutzfachlich **bedeutenden grundwasserabhängigen Landökosysteme** eingeschränkt. Für die Auswahl bedeutender grundwasserabhängiger Landökosysteme im Sinne der WRRL werden nach LAWA-Arbeitshilfe folgende Kriterien vorgeschlagen:

1. Naturschutzfachliche Aspekte

Aus Sicht des Naturschutzes können nach europäischem Recht ausgewiesene FFH- und Vogelschutzgebiete (Natura 2000), nach deutschem Naturschutzrecht ausgewiesene Schutzgebiete und als Kulturgüter ausgewiesene Landökosysteme bedeutend sein.

2. Wasserwirtschaftliche Aspekte

Die nach naturschutzfachlichen Gesichtspunkten ausgewählten grundwasserabhängigen Ökosysteme sollten eine Flächenausdehnung haben, die im Fall einer Schädigung auf den Zustand des Grundwasserkörpers zurückzuführen ist.

Die **Auswahl und Lokalisierung** der bedeutenden grundwasserabhängigen Ökosysteme in Sachsen erfolgt nach naturschutzfachlichen Gesichtspunkten. Es werden die folgenden Gebiete ausgewählt:

– **Grundwasserabhängige Land-Biototypen**

Die Zuordnung der Grundwasserabhängigkeit zu den Kartiereinheiten der Selektiven Biotopkartierung in Sachsen (2. Durchgang 1996) erfolgt in Anlehnung an die „Liste der zu erfassenden grundwasserabhängigen Lebensräume und Biototypen Deutschlands“ (Erftverband 2003). Diese Auswahl enthält aufgrund der Unsicherheiten einer pauschalen Zuordnung grundwasserabhängige und „je nach Ausprägung“ grundwasserabhängige Biototypen und bezieht auch Oberflächengewässer mit ein (vgl. Anlage 2).

– **Natura-2000-Gebiete (FFH + SPA)**

In diesen Gebieten (Fauna-Flora-Habitat-Gebiete und Vogelschutzgebiete) liegt die Mehrzahl der "landesweit bedeutenden" grundwasserabhängigen Land-

Ökosysteme; sie beinhalten ca. 96 % der NSG (inklusive Nationalpark und einem Großteil des Biosphärenreservates) und sind in ihrer Flächenausdehnung so groß, dass Veränderungen im Grundwasserkörper ihre Schädigung zur Folge haben könnten.

- Grundwasserabhängige Bereiche der Biotopvernetzungsplanung
Die Natura-2000-Gebietskulisse wird um grundwasserabhängige Bereiche der Biotopvernetzungsplanung ergänzt. Diese Ergänzung resultiert insbesondere aus der Biotop- und Artenausstattung der Gebiete und ihrer landesweiten bzw. überregionalen Bedeutung für den Biotopverbund.

Die **Gebietskulisse** der grundwasserabhängigen Ökosysteme in Sachsen wird nach folgendem Verfahren festgelegt:

1. Verschneiden der Ergebnisse der Auswertung der Selektiven Biotopkartierung mit der Natura-2000-Gebietskulisse (FFH- und Vogelschutzgebiete).
2. Herausnahme aller Natura-2000-Gebiete, die weniger als 20 ha grundwasserabhängige Biotope enthalten. Eine Gleichstellung der Biotopauswahl in Grundwasserkörpern unterschiedlicher Größe wird durch eine nachfolgende Einzelfallbetrachtung durch die StUFÄ sichergestellt.
3. Vollständige Übernahme der grundwasserabhängigen Bereiche der Biotopvernetzungsplanung.

Bedeutende grundwasserabhängige Landökosysteme Gebietskulisse Sachsen nach naturschutzfachlichen Kriterien

Auswahl der Biotopflächen:

- (1) **Selektive Biotopkartierung Sachsen:**
Auswahl grundwasserabhängiger Land-Biotoptypen nach Erftverband-Liste (2003)
- (2) **Natura-2000-Gebiete (FFH+SPA):**
Auswahl aller Gebiete mit mehr als 20 ha grundwasserabhängiger Biotope
(Ausnahmen nach Einzelfallprüfung möglich)
- (3) **Biotopvernetzungsplanung**
Auswahl aller grundwasserabhängigen Bereiche

**Bedeutende grundwasserabhängige Landökosysteme =
gemeinsame Schnittmenge der Auswahlflächen nach (1) und (2)
zuzüglich der Flächen nach (3)**

Die Gebietskulisse der bedeutenden grundwasserabhängigen Landökosysteme wird vom LfUG in einem ArcView-Shape und einer Liste der ausgewählten Landökosysteme zusammengestellt. Die ausgewählten Ökosysteme befinden sich größtenteils im Bereich der Fließgewässerrauen. Die Flächen der FFH-, SPA- und Biotopvernetzungsgebiete überlappen sich vielfach, so dass eine Aufzählung der Gebiete nach den einzelnen Gebietskategorien irreführend ist. Für die Listendarstellung werden daher die originalen Benennungen der Polygone mit dem Hinweis auf Überlappungen übernommen.

Die Gebietskulisse beinhaltet nach naturschutzfachlicher Einschätzung weitestgehend die in Betracht kommenden landesweit bedeutsamen grundwasserabhängigen Ökosysteme. Sie kann bei Bedarf durch die StUFÄ, die über mehr Detailkenntnisse vor Ort verfügen, weiter ergänzt werden, beispielsweise durch eine weitere Einschränkung über den Grundwasserflurabstand, die aufgrund fehlender flächendeckender digitaler Datenbasis vom LfUG nicht durchgeführt werden kann. In der Regel ist bei einem Grundwasserflurabstand von über 3 m keine Grundwasserabhängigkeit gegeben, allerdings kann der Grenzflurabstand bei bestimmten grundwasserabhängigen Waldstandorten, z. B. bei Eichen-Hainbuchenwäldern, bei bis zu 5 m liegen.

Die **Risikobeurteilung** beginnt nach LAWA-Arbeitshilfe (Teil 3, Kapitel 1.2.1.4) mit einer Vorauswahl der bedeutenden grundwasserabhängigen Landökosysteme, bei denen die Möglichkeit einer signifikanten Schädigung durch Grundwasserentnahmen vernachlässigbar ist.

Dieses ist im Hinblick auf eine Grundwasserstandsänderung der Fall, wenn

- in der Nachbarschaft des Ökosystems keine Grundwasserentnahme ist, die sich auf das Ökosystem auswirkt oder
- dem Ökosystem eine Grundwasserstandsmessstelle zuzuordnen ist, mit der dokumentiert wird, dass der Grundwasserspiegel nicht sinkt oder
- aufgrund behördlicher Prüfungen nachgewiesen worden ist, dass eine Grundwasserentnahme keinen schädigenden Einfluss hat oder
- das Ökosystem von der Staunässe abhängig ist, also keinen Anschluss an das Grundwasser hat.

Die Analysen beschränken sich nach LAWA-Arbeitshilfe auf Gebiete, für die eine anthropogene Veränderung des Grundwassers nicht ausgeschlossen werden kann. Dies betrifft grundsätzlich Bereiche mit Grundwasserbilanzdefiziten oder sich trendartig verändernden Grundwasserständen. Ausgenommen von der Bewertung sind Gebiete ohne Grundwasserentnahmen oder mit seit langem gleicher Entnahmemenge und konstantem Grundwasserstand sowie Gebiete mit Regulations- oder Entwässerungsmaßnahmen, die bereits Jahrzehnte zurückliegen und daher nicht unter die Regelungen nach WRRL fallen.

Für die Risikoabschätzung grundwasserabhängiger Ökosysteme ist die Beurteilung der mengenmäßigen Belastungen eines Grundwasserkörpers durch Übernutzungen oder fallende Grundwasserstände gemäß Kap.1.2.1.7 „mengenmäßige Belastungen“ nicht ausreichend, weil Ökosysteme bereits bei geringen Grundwasserstandsschwankungen geschädigt

werden können, und weil Ökosysteme nicht in allen Fällen von mengenmäßigen Belastungen betroffen sind, z. B. bei flurfernem Grundwasserstand.

Nach der EU-Leitlinie „Wetlands Horizontal Guidance“ (EU 2003) ist eine Beeinträchtigung der ökologischen Schutzziele von Ökosystemen als Risiko einer **signifikanten Schädigung** anzusehen. Nach LAWA-Arbeitshilfe tritt eine signifikante Schädigung von Landökosystemen dann auf, wenn der Absenkbetrag und das zeitliche Verhalten der Absenkung in den letzten 4 bis maximal 10 Jahren bestimmte Grenzen übersteigen.

Die LAWA-Arbeitshilfe enthält für diese Bewertung ein vom Erftverband (2003) entwickeltes differenziertes Prüfschema. Die Erhebung und Auswertung dieser Daten ist nicht Bestandteil der Bestandsaufnahme, sondern erfolgt mit der Umsetzung der Monitoringprogramme ab 2007 in Zusammenarbeit mit den zuständigen Naturschutzbehörden.

In der weitergehenden Beschreibung für Sachsen erfolgt in Anlehnung an die LAWA-Arbeitshilfe eine erste Risikoabschätzung für Landökosysteme hinsichtlich mengenmäßiger Gefährdungen. Dabei wird eine **Vorauswahl** der bedeutenden grundwasserabhängigen Landökosysteme getroffen, die durch eine anthropogen bedingte Absenkung des Grundwasserstandes geschädigt werden können. Grundwasserkörper mit diesen Landökosystemen können das Umweltziel eines mengenmäßig guten Zustandes wahrscheinlich nicht erreichen.

Im Rahmen der Bestandsaufnahme kann keine Detailprüfung aller Landökosysteme hinsichtlich einer mengenmäßigen Gefährdung erfolgen. Daher wird für die Risikoabschätzung in Sachsen ein räumlicher Bezug zur Fläche des Grundwasserkörpers hergestellt. Danach ist für Grundwasserkörper mit **mehr als 10 % Flächenanteil** mit bedeutenden grundwasserabhängigen Ökosystemen im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen das Erreichen eines guten mengenmäßigen Zustandes unklar bzw. unwahrscheinlich.

Die Risikoabschätzung (Vorauswahl gefährdeter Ökosysteme) wird vom LfUG und den StUFÄ nach den folgenden wasserwirtschaftlichen Kriterien im Einvernehmen mit naturschutzfachlichen Schutzerfordernungen durchgeführt (vgl. Abbildung 1 auf Seite 26). Diese erste grobe Risikobeurteilung kann durch Detailprüfungen und durch zusätzliche Informationen auch nach der Bestandsaufnahme präzisiert bzw. korrigiert werden.

1. Bedeutende Landökosysteme im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen

Der Einflussbereich von GW-Entnahmen wird durch das Einzugsgebiet bzw. den Absenkungstrichter der Entnahmen festgelegt. Wenn die Grenzen des Einzugsgebietes einer Nutzung bekannt sind, werden diese als maximale Ausdehnung der Grundwasserbeeinflussung zugrunde gelegt (z. B. Trinkwasserschutzgebiete der öffentlichen Wasserversorgung).

Wenn das Einzugsgebiet einer Nutzung nicht bekannt ist, wird aus dem Produkt von Wasserentnahmerate und Grundwasserneubildungsrate (Datengrundlage entsprechend Kap. 1.2.1.7 „mengenmäßige Belastungen“ des Grundwasserleitfadens) die Ein-

zugsgebietsfläche grob geschätzt. Diese Fläche wird um den Entnahmeort als Kreisfläche angeordnet.

Die so festgelegten Gebiete werden mit der Lage der bedeutenden grundwasserabhängigen Landökosysteme digital verschnitten. Im Ergebnis werden die Landökosysteme im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen dargestellt, die durch Entnahmen möglicherweise geschädigt werden können.

2. Vorläufige Risikobeurteilung (LfUG)

Vom LfUG wird eine vorläufige Risikoabschätzung auf digitaler Datenbasis durchgeführt: Beträgt die Summe der grundwasserabhängigen Landökosysteme im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen nach 1. weniger als 10 % der GWK-Fläche, kann eine Beziehung zum mengenmäßigen Zustand des GWK nicht angenommen werden. In diesem Fall wird eingeschätzt, dass die Umweltziele der WRRL für grundwasserabhängige Ökosysteme in dem betroffenen Grundwasserkörper erreicht werden. Das Erreichen der Umweltziele für Grundwasserkörper mit ≥ 10 % beeinflusster Ökosystemflächen wird als unklar bzw. unwahrscheinlich bewertet. Für diese Grundwasserkörper wird die vorläufige Bewertung in den nachfolgenden Flächendetailprüfungen 3. bis 6. durch die StUFÄ auf erweiterter Datenbasis nach wasserwirtschaftlichen Kriterien im Einvernehmen mit naturschutzfachlichen Gesichtspunkten ergänzt und ggf. korrigiert.

3. Detailprüfung: Grundwasserabhängigkeit

Das Ergebnis der Vorauswahl nach 2. kann bei bekannten Grundwasserständen durch die StUFÄ dahingehend überprüft werden, ob die verbleibenden Ökosystemflächen grundwasserabhängig sind. Diese sind grundwasserabhängig bei einem Grundwasserflurabstand ≤ 3 m (bei Waldökosystemen ≤ 5 m). Verbleibende Ökosystemflächen mit einem Flächenanteil < 10 % grundwasserabhängiger Ökosysteme werden als nicht gefährdet bewertet. Sie entfallen aus der Auswahl bedeutender Landökosysteme im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen nach 1.

4. Detailprüfung: Erlaubnisverfahren

Die StUFÄ prüfen anhand der verfügbaren Erlaubnisunterlagen, ob durch eine Entnahme (Entnahmeänderung) eine Schädigung von Ökosystemen erfolgen kann. Wenn die Unschädlichkeit der Entnahme im Erlaubnisverfahren nachgewiesen wurde (z. B. durch UVP), werden die betroffenen Ökosystemflächen als nicht gefährdet bewertet und entfallen aus der Auswahl nach 1. Zusätzlich können die nach 1. abgegrenzten Einflussbereiche mit konkreten Informationen zu den Absenkungsbereichen (z. B. Brunnenreichweite, Absenkungstrichter) präzisiert werden.

5. Detailprüfung: Grundwasserentnahmerate

Wenn die Unschädlichkeit einer Entnahme nicht explizit nachgewiesen wurde, prüfen die StUFÄ anhand der meldepflichtigen Informationen die Entwicklung der Entnahmemengen. Wenn die Entnahmeraten in den letzten 4 (maximal 10) Jahren nicht zugenommen haben und eine höhere Entnahmerate nicht vorgesehen ist, ist davon auszugehen, dass eine Schädigung von Ökosystemen nicht erfolgen kann. Diese Teilflächen werden als nicht gefährdet bewertet und entfallen aus der Auswahl nach 1.

6. Detailprüfung: Tendenz der Grundwasserabsenkung

Die StUFÄ prüfen, ob einer als möglicherweise gefährdet eingestuften Ökosystemfläche eine Grundwassermessstelle zugeordnet werden kann, mit der eine negative Tendenz für die letzten 4 (maximal 10) Jahre dokumentiert wird bzw. ausgeschlossen werden kann. Die Prüfung erfolgt entsprechend den Festlegungen zur Bewertung mengenmäßiger Belastungen in Kap. 1.2.1.7 und 1.2.2.2.a). Teilflächen mit konstantem Grundwasserstand oder mit positiver Tendenz werden als nicht gefährdet bewertet und entfallen aus der Auswahl nach 1.

7. Risikobeurteilung nach Detailprüfung (StUFÄ)

Beträgt nach den Detailprüfungen 3. bis 6. die Summe der Teilflächen bedeutender grundwasserabhängiger Landökosysteme im Einflussbereich von Grundwasserentnahmen weniger als 10 % der GWK-Fläche, kann eine Beziehung zum mengenmäßigen Zustand des Grundwasserkörpers nicht angenommen werden und es wird analog 2. eingeschätzt, dass dieser Grundwasserkörper das Umweltziel wahrscheinlich erreichen wird. Umgekehrt erfolgt bei einem Flächenanteil $\geq 10\%$ die Beurteilung „Zielerreichung unklar/unwahrscheinlich“. Diese Bewertung wird durch die StUFÄ ggf. durch konkrete Informationen über die Beeinflussung von Ökosystemen präzisiert.

8. Ergänzung der Risikobeurteilung

Das Ergebnis der Risikobeurteilung kann durch die StUFÄ nachträglich (auch während des Monitorings) durch weitere grundwasserabhängige Biotope (oder Biotopgruppen) ergänzt werden, wenn aufgrund behördlicher Prüfungen nachgewiesen wird, dass eine Grundwasserentnahme einen schädigenden Einfluss hat.

Das beschriebene Prüfschema ist als Ablaufdiagramm auf der nächsten Seite zusammengefasst. Die Beurteilung, ob ein Grundwasserkörper das Umweltziel eines guten mengenmäßigen Zustandes nicht sicher erreichen kann, weil bedeutende grundwasserabhängige Landökosysteme durch menschliche Tätigkeit gefährdet sind, erfolgt entsprechend der Punkte 1 – 7. Die Punkte 4 bis 6 können in beliebiger Reihenfolge bearbeitet werden.

Wenn nach der Vorauswahl und den Detailprüfungen mehr als 10 % der Fläche eines Grundwasserkörpers bedeutende grundwasserabhängige Landökosysteme im Einflussbereich von Nutzungen enthalten, kann das Umweltziel eines guten mengenmäßigen Zustandes wahrscheinlich nicht erreicht werden, und der Grundwasserkörper wird entsprechend eingestuft („Zielerreichung unklar/unwahrscheinlich“). Wenn die Datenlage zur Beeinflussung der Ökosysteme durch Nutzungen für eine Beurteilung nicht ausreicht, muss der betroffene Grundwasserkörper ebenfalls mit der Beurteilung „Zielerreichung unklar/unwahrscheinlich“ im Monitoringprogramm näher untersucht werden. Die Beurteilung der Grundwasserkörper bedarf der naturschutzfachlichen Zustimmung.

Grundwasserabhängige Landökosysteme - weitergehende Beschreibung
(Risikobeurteilung – Vorauswahl)

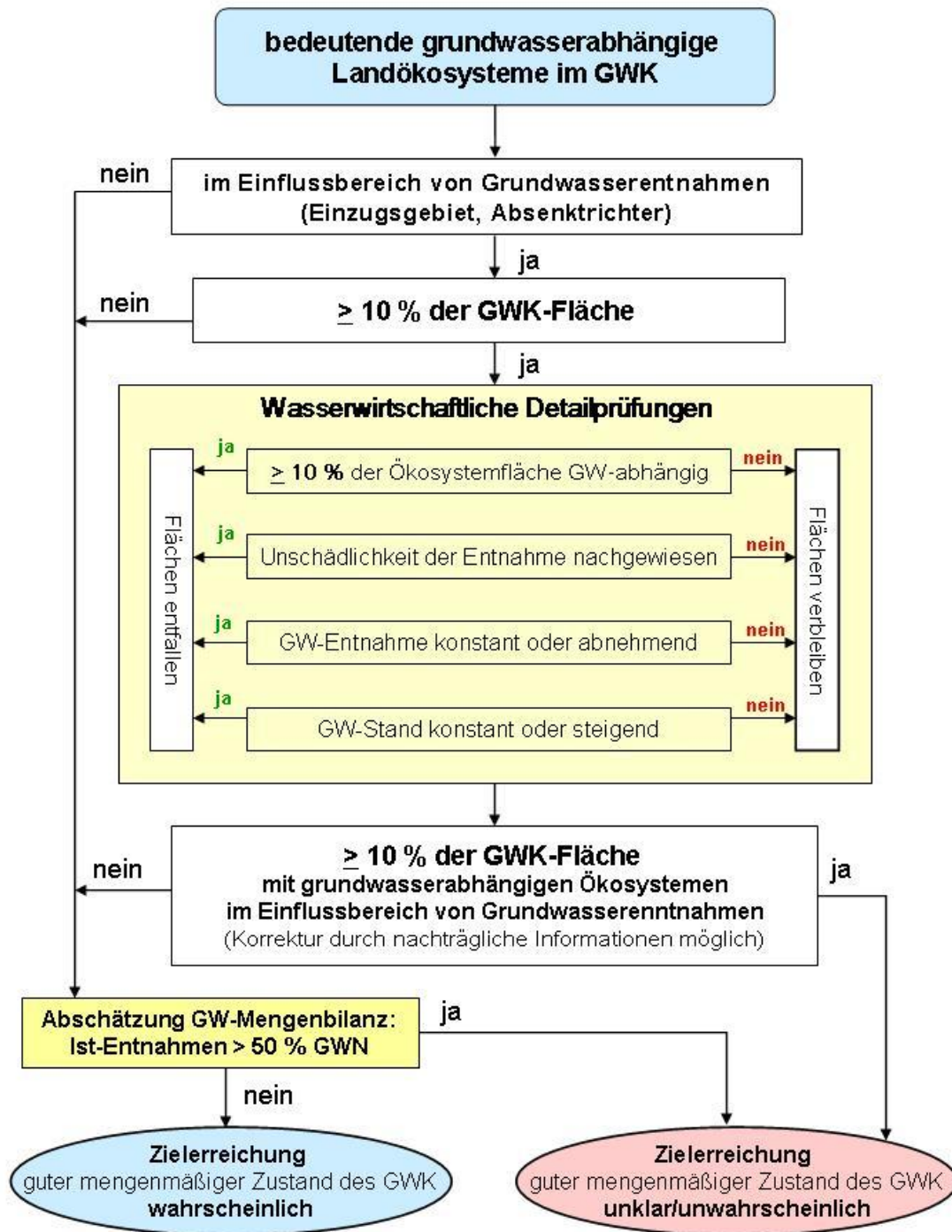


Abbildung 1: Weitergehende Beschreibung: Risikoabschätzung (Vorauswahl) für bedeutende grundwasserabhängige Landökosysteme