



Expertenbericht zum Umgang mit  
lokaler Wasserknappheit in der Schweiz

## Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit

Bericht Nr. 7023.13-BP012i  
Bern, 22. April 2016

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU

**HUNZIKER** **BETATECH**

**integralia**  
Wasser · Projekte · Menschen

EINFACH.  
MEHR.  
IDEEN.

## Impressum

- Auftraggeber:** Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wasser, CH-3003 Bern  
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
- Auftragnehmer:** Hunziker Betatech AG Bern (mit INTEGRALIA AG; Bern)
- Autoren:** Olivier Chaix: INTEGRALIA AG (olivier.chaix@integralia.ch)  
Heiko Wehse: Hunziker Betatech AG (bern@hunziker-betatech.ch)  
Yvonne Gander: Hunziker Betatech AG (bern@hunziker-betatech.ch)  
Samuel Zahner: BAFU (wasser@bafu.admin.ch)
- Mit Beiträgen von:** Agroscope – Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung  
BAFU – Bundesamt für Umwelt, Abteilung Wasser  
SGH – Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie
- Begleitung:** H. Aschwanden (BAFU), A. Auckenthaler (Kt. Basel-Landschaft), M. Barben (BAFU), R. Battaglia (VSA), M. Baumann (Kt. Thurgau), J. Béguin (BLW), M. Biner (SVGW), M. Bonotto (Kt. Graubünden), Ch. Bonzi (WWF), A. Bukowiecki (Städte- und Gemeindeverband), E. Clément-Arnold (ARE), F. Guhl (BAFU), A. Crompt (Schweizer Bauernverband), M. D'Agostini (BWL), G. Federer (BFE), J. Fuhrer (Agroscope), S. Hoffmann (EAWAG), B. Hunger (RKGK), B. Iten (BAFU), Ch. Joerin (Kt. Freiburg), S. Lussi (BAFU), M. Matthes (ScienceIndustries), M. Pfändler (BAFU), P. Ruckstuhl (Kt. Zürich), M. Sinreich (BAFU), Ph. Staufer (Kt. Solothurn), Ch. Spirig (MeteoSchweiz), T. Stucki (Kt. Bern), P. Studer (BLV), Ch. Wüthrich (Kt. Uri)
- Hinweis:** Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich
- Datum:** 22. April 2016
- Titelbild:** Quelle <http://www.beobachter.ch/natur/forschung-wissen/klima-wetter/artikel/wassermangel-in-der-schweiz-sitzen-wir-bald-auf-dem-trockenen/#c322448>, weiterbearbeitet
- Datei:** 7023.13-BP012i Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit.docx

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>EINLEITUNG</b>	<b>7</b>
0.1 Auslöser und Ziel des Berichts	7
0.2 Adressaten des Berichts	7
0.3 Gliederung des Berichts nach den Arbeitsschritten des Vorgehens	8
<b>TEIL A</b>	<b>11</b>
<b>1 Vorarbeiten auf kantonaler Ebene</b>	<b>11</b>
1.0 Einleitung und Übersicht	11
1.1 Ziele, Detaillierungsgrad und Arbeitsweise definieren	12
1.2 Zu untersuchende Problemfelder festlegen	13
1.3 Wissensstand des Kantons abklären – verfügbare kantonale Grundlagen	18
1.4 Kanton in Bilanzierungsräume aufteilen	19
1.5 Umgang mit Zukunftsszenarien	20
<b>TEIL B</b>	<b>23</b>
<b>2 Situationsanalyse für jeden Bilanzierungsraum</b>	<b>23</b>
2.0 Einleitung und Übersicht	23
2.1 Relevanz jedes Problemfelds ermitteln	24
2.2 Ausprägung des Wasserknappheitsproblems in jedem Problemfeld ermitteln	26
2.3 Handlungsbedarf pro Problemfeld und Bilanzierungsraum ermitteln	28
2.4 Gesamtsynthese erstellen – kantonale Wasserknappheitshinweiskarte	30
<b>TEIL C Vertieftes Vorgehen</b>	<b>33</b>
<b>3 Ressourcen in jedem Bilanzierungsraum</b>	<b>35</b>
3.1 Nachhaltig verfügbare Grundwasserressourcen ermitteln	35
3.2 Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern ermitteln	37
<b>4 Erschliessung der Wasserressourcen in jedem Bilanzierungsraum</b>	<b>39</b>
4.1 Grundlagen zur Erschliessung zusammentragen	39
4.2 Erschlossenes und genutztes Wasserdargebot ermitteln	41
<b>5 Wasserbedarf in jedem Bilanzierungsraum</b>	<b>45</b>
5.1 Bedarf der Wassernutzung ohne Rückgabe ermitteln (konsumtiv)	45
5.2 Bedarf für Wassernutzungen mit Rückgabe ermitteln (nicht konsumtiv)	47
<b>6 Synthese: Ressourcen-Erschliessung-Bedarf pro Bilanzierungsraum</b>	<b>49</b>
6.1 REB-Diagramm und Synthese der Nutzungen ohne Rückgabe (konsumtiv)	49
6.2 Synthese der Nutzungen mit Rückgabe (nicht konsumtiv)	51

## Anhang

Nr.	Titel / Inhalt	Betrifft Teile:	s. Kap.:
a)	Literaturverzeichnis	ABC	
b)	Definition oder Erklärung wichtiger Begriffe	ABC	
c)	National verfügbare und gesetzlich vorgeschriebene Datengrundlagen	AC	1.3 / 5.2.1
d)	Karten der Niederschlagsanomalien 1976-2015	A	1.5.2
e)	Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen	C	3.1
f)	Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern	C	3.2
g)	Inventar der Trinkwasserfassungen als Grundlage regionaler Planungen	C	4.1.1
h)	Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung u. Erschliessung von Wasserressourcen	C	4.1.2/4.2.2
i)	Ermittlung des Wasserbedarfs aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen	C	5.1.1
j)	Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft	C	5.1.3
k)	Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneidung	C	5.1.4
l)	Einfache kantonale Anwendungsbeispiele	AB	1 – 2

## Separate Beilagen

CSD Ingénieurs SA & Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie SGH (2015): *Bases hydrogéologiques pour une gestion durable des eaux souterraines en période de sécheresse. Guide pratique.*

→ Eine Zusammenfassung dieser Beilage ist im oben aufgeführten **Anhang e)** enthalten.

Smith P.C.; Fuhrer J.(2015): *Tabellen zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs.*

→ Eine Beschreibung dieser Methodik ist im oben aufgeführten **Anhang j)** enthalten.

## Liste der Abbildungen

1. Schematisches Beispiel der Wasserknappheitshinweiskarte eines Kantons
2. Schematische Darstellung der Anwendung und der Resultate der Teile A, B und C
3. Übersicht über den Gesamtablauf, die Inhalte und die Arbeitsschritte des Berichtes
4. Die Arbeitsschritte der Vorarbeiten
5. Häufigste Problemfelder bezüglich Wasserknappheit, insbesondere bei Trockenheit
6. Arbeitsschritte für die Situationsanalyse
7. Mögliche gutachterlich festgelegte 4-stufigen Relevanzskalen für zwei ausgewählte Problemfelder
8. Mögliche gutachterlich festgelegte 4-stufige Skala der Ausprägung für zwei ausgewählte Problemfelder
9. Vorschlag einer Matrix zur Ermittlung des Handlungsbedarfs nach Relevanz und Ausprägung eines Problemfeldes
10. Resultate der Einschätzung des Handlungsbedarfs für zwei Bilanzierungsräume mit einfachen Vorgehen
11. Beispielhafte Darstellung der Gesamtsynthese auf Kantonsebene
12. Arbeitsschritte für das vertiefte Vorgehen
13. Mögliche Darstellungen der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen eines Bilanzierungsraums
14. Mögliche Darstellungen der gesamten nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen
15. Mögliche Darstellung der Erschliessung der Wasserressourcen bei Wassernutzung ohne Rückgabe (konsumtiv)
16. Synthese der Situationsanalyse für den Wasserbedarf ohne Rückgabe in Form eines „REB-Diagramms“

## Zusammenfassung

### Drei Expertenberichte zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit

Auch die Schweiz als Wasserschloss Europas kann von regionalen, vorübergehenden Wasserknappheitsproblemen betroffen sein, wie dies der Sommer 2003, der Frühling 2011 oder jüngst der Sommer 2015 gezeigt haben.

Zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz werden die Kantone mit Expertenberichten im Auftrag des BAFU unterstützt. Die drei Berichte beinhalten Methoden und gute Beispiele sowohl für den präventiv-langfristigen Umgang mit Wasserknappheit als auch für den Umgang mit Ausnahmesituationen. Für den präventiv-langfristigen Umgang mit Wasserknappheit empfiehlt der Bund den Kantonen ein zweistufiges Vorgehen. Zunächst sollen Regionen mit Handlungsbedarf identifiziert werden: Der vorliegende Expertenbericht liefert die Grundlagen dafür. Für Regionen mit Handlungsbedarf sollen dann mit Hilfe einer regionalen vorausschauenden Planung Konflikte vermieden und die langfristige Verfügbarkeit der Wasserressourcen sichergestellt werden. Die entsprechenden Grundlagen werden im Bericht [0.1] zur Verfügung gestellt. Ein dritter Expertenbericht [0.2] bietet einen Werkzeugkasten zum kurzfristigen Umgang mit Ausnahmesituationen.

### Zum vorliegenden Bericht

Der vorliegende Expertenbericht präsentiert ein Vorgehen um den Handlungsbedarf bezüglich lokalen Wasserknappheitsproblemen auf Stufe Kanton – und wo sinnvoll kantonsübergreifend – zu bestimmen. Aus diesem Vorgehen resultierte eine Wasserknappheitshinweiskarte, welche die Regionen mit Handlungsbedarf im Kanton darstellt (Abbildung 1).

#### Handlungsbedarf bezüglich Wasserknappheitsprobleme:



Das Vorgehen berücksichtigt die sehr unterschiedlichen Randbedingungen und Wasserknappheitsprobleme in den Kantonen und Regionen, indem es Alternativen und unterschiedlich vertiefte Methodenschritte aufzeigt.

Der Bericht ist so aufgebaut, dass mit der Anwendung der Teile A + B (siehe Abbildung 2) ein rasches pragmatisches Vorgehen möglich ist. Die Teile A + B bilden zusammen eine einfache und globale Herangehensweise, welche bei genügend Grundlagen und Expertenwissen schnell zu konkreten Resultaten führt.

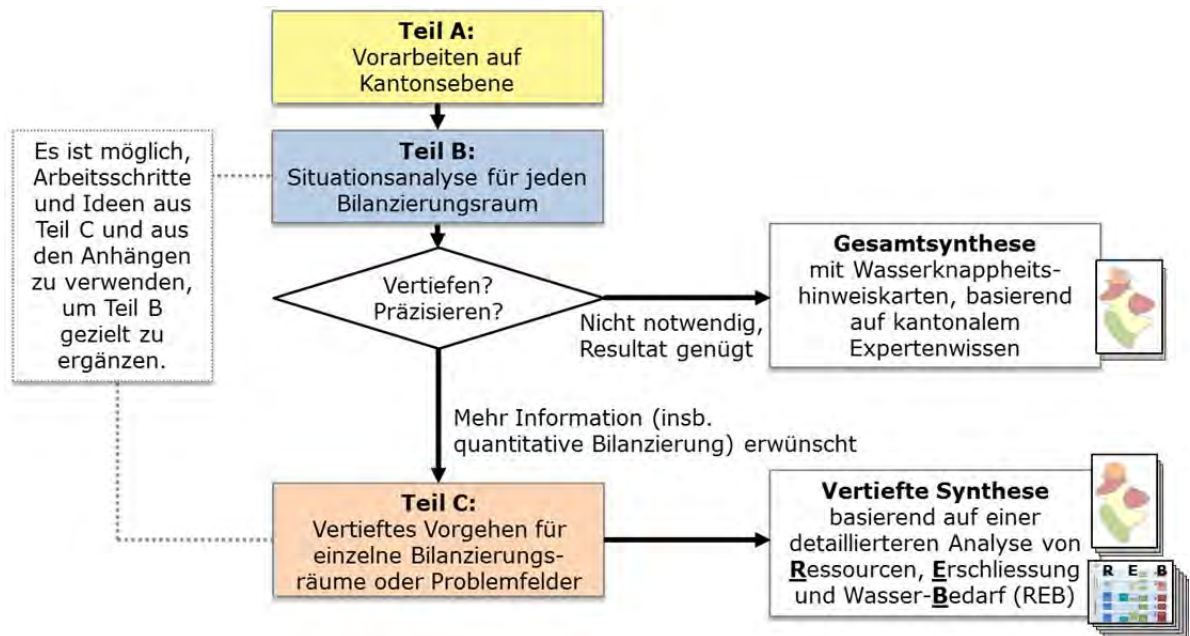
Der Teil C ist detaillierter und umfassender, aber auch aufwändiger in der Durchführung.

**Abbildung 1: Schematisches Beispiel der Wasserknappheitshinweiskarte eines Kantons**

Im Sinne einer effizienten Anwendung schlagen die Autoren vor, die Teile A + B in jedem Fall anzuwenden. Dabei kann Teil C als Nachschlagewerk während der Anwendung der Teile A + B verwendet werden, weil er Hinweise auf bestehende Grundlagen zu den Problemfeldern enthält. So kann das Expertenwissen wo nötig durch bestehende Wissensgrundlagen oder alternative Methoden ergänzt werden.

Eine konsequente und systematische Anwendung von Teil C wird für jene Problemfelder und Bilanzierungsräume empfohlen, wo vertiefte Kenntnisse (insbesondere quantitative Aussagen) notwendig sind.

Dieses schrittweise, etappierte Vorgehen ist in der **Abbildung 2** schematisch dargestellt.



**Abbildung 2: Schematische Darstellung der Anwendung und der Resultate der Teile A, B und C**

### Inhalte der drei Teile des Berichtes

#### Teil A: Vorarbeiten auf Kantonsebene

Der Teil A umfasst alle Vorarbeiten, welche den ganzen Kanton betreffen. Die Ziele sind die Schaffung einer klaren Ausgangslage, die Auswahl der zu untersuchenden Problemfelder, die Abgrenzung der zu untersuchenden Bilanzierungsräume, die Festlegung des Vorgehens und der Umgang mit Zukunftsszenarien.

#### Teil B: Situationsanalyse für jeden Bilanzierungsraum

Der Teil B zeigt auf, wie die Problemfelder in den einzelnen Bilanzierungsräumen pragmatisch-gutachterlich bewertet werden und wie daraus eine Synthese in Form einer kantonalen „Wasserknappheitshinweiskarte“ erstellt wird.

#### Teil C: Vertieftes Vorgehen für einzelne Bilanzierungsräume oder Problemfelder

Der Teil C schlägt eine detaillierte Bilanz mit einer systematischen Analyse der Ressourcen, ihrer Erschliessung und der Ermittlung des zu deckenden Wasserbedarfs vor. Mit Hilfe der in Teil C vorgestellten Methoden kann die Frage, wie ausgeprägt ein Wasserknappheitsproblem ist, fundierter beantwortet werden.

Dieses vertiefte Vorgehen eignet sich für die detaillierte Untersuchung einzelner Bilanzierungsräume, z.B. jener, welche gemäss den Teilen A+B einen hohen Handlungsbedarf aufweisen. Es kann aber auch flächendeckend für einzelne – oder sogar alle – Problemfelder verwendet werden.



## Die Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit läuft wie folgt ab:

- 1** Die ersten Schritte erfolgen auf **Kantonebene (Teil A)**:
  - 1.1** Die **Ziele** und das **Vorgehen** werden durch die Projektleitung definiert (Seite 14).
  - 1.2** Die im Kanton – oder interkantonal – zu behandelnden **Problemfelder** werden unter Einbezug aller betroffenen Kantonsstellen ausgewählt. Wichtiges Hilfsmittel dazu ist die **Abbildung 5** (Seite 16) mit ihrer Erläuterungen.
  - 1.3** Die im Kanton zur Verfügung stehenden **Informationen** und das vorhandene **Expertenwissen** werden identifiziert und entsprechend den Bedürfnissen – bei Bedarf iterativ – zusammengetragen bzw. eingeholt. Die Erhebung neuer Daten ist nicht vorgesehen.
  - 1.4** Der Kanton wird in **Bilanzierungsräume** aufgeteilt, bei Bedarf in Koordination mit den Nachbarkantonen (Seite 21).
  - 1.5** Es wird entschieden, ob bzw. mit welchen **Zukunftsszenarien** gearbeitet werden soll (Seite 22).
- 2** Die nächsten Schritte erfolgen auf **Ebene der Bilanzierungsräume (Teil B)**:
  - 2.1** Für die zu behandelnden Problemfelder werden 4-stufige **Relevanzskalen** definiert: siehe dazu die zwei Beispiele in der **Abbildung 7** (Seite 26). Die Relevanz gibt an, wie wichtig ein bestimmtes Problemfeld für die Bewertung des Handlungsbedarfs in einem Bilanzierungsraum ist. Anhand der definierten Skala wird die Relevanz für alle Paare Problemfeld - Bilanzierungsraum mittels Expertenwissen und bestehender Informationen bestimmt.
  - 2.2** Analog werden auch 4-stufige **Ausprägungsskalen** definiert: siehe dazu **Abbildung 8** (Seite 28). Die Ausprägung gibt an, wie schlimm das Wasserknappheitsproblem eines bestimmten Problemfeldes in einem Bilanzierungsraum ist. Anhand der definierten Skala wird die **Ausprägung** für alle Paare Problemfeld - Bilanzierungsraum bestimmt. Die Bestimmung von Relevanz und Ausprägung erfolgt mittels Expertenwissen und bestehender Informationen grundsätzlich sowohl für die heutige Situation in Trockenperioden wie auch für Zukunftsszenarien.
  - 2.3** Der **Handlungsbedarf** für eine regionale Wasserressourcenplanung wird für alle Kombinationen Problemfeld - Bilanzierungsraum - Situation heute / Zukunft mit Hilfe der Matrix in der **Abbildung 9** (Seite 30) ermittelt. Das Resultat sind Tabellen wie im Beispiel der **Abbildung 10** (Seite 31).
  - 2.4** Daraus werden die kantonalen Karten des Handlungsbedarfs pro Problemfeld und anschliessend die kantonale Wasserknappheitshinweiskarte erstellt, wie die **Abbildung 11** beispielhaft aufzeigt (S. 33).
  - 2.5** Aufgrund einer Analyse der Resultate wird entschieden, ob vertiefte Abklärungen notwendig sind oder ob die Resultate genügen, um einen Entscheid bezüglich **regionaler Wasserressourcenplanung** in einzelnen Bilanzierungsgebieten zu fällen. Für diese Anwendung siehe weiterer Expertenbericht [0.1].

Besteht Bedarf nach **vertieften Abklärungen**, können weitere Schritte eingeleitet werden (**Teil C**):

  - 3** Die **nachhaltig verfügbaren Ressourcen** heute und in Zukunft werden in den Bilanzierungsräumen ermittelt. Das Resultat kann z.B. die Form der **Abbildung 14** annehmen (Seite 40).
  - 4** Die **Erschliessung** wird untersucht und das Resultat z.B. wie in **Abbildung 15** dargestellt (S. 44).
  - 5** Der **Wasserbedarf** wird quantitativ ermittelt (Seiten 47-50).
  - 6** Die Synthese für die konsumtiven Nutzungen (ohne Rückgabe) erfolgt mit Hilfe eines „**REB-Diagramms**“ wie in **Abbildung 16** (S. 52). Für die anderen Nutzungen werden Tabellen und Karten mit Erläuterungen erarbeitet. Diese Grundlagen erlauben es, die obigen Schritte 2.4 und 2.5 zu erhärten.





## EINLEITUNG

### 0.1 Auslöser und Ziel des Berichts

Der Hitzesommer 2003 und andere Trockenperioden wie z.B. der Frühling 2007 oder Frühling und Herbst 2011 haben gezeigt, dass auch das Wasserschloss Schweiz von lokalen, vorübergehenden Problemen der Wasserknappheit betroffen sein kann. Landnutzungsänderungen (sozioökonomischer Wandel wie Siedlungsdruck, vermehrte Bewässerung) und der fortschreitende Klimawandel stellen die Wasserwirtschaft teilweise vor neue Herausforderungen.

Der Bund empfiehlt den Kantonen ein stufenweises Vorgehen im Umgang mit Wasserknappheitsproblemen. Zunächst sind die Gebiete mit Handlungsbedarf zu identifizieren. Der vorliegende Expertenbericht im Auftrag des BAFU liefert den Kantonen ein Vorgehen mit Grundlagen dazu. Die vorgestellten Methoden dienen der Analyse der vorhandenen Wasserressourcen, ihrer Erschliessung und des Wasserbedarfs. Aus den gewonnen Kenntnissen kann der Handlungsbedarf für allfällige regionale Wasserressourcenplanungen abgeleitet werden.

Für die Gebiete mit Handlungsbedarf sollen mit Hilfe einer vorausschauenden regionalen Planung Konflikte vermieden und die langfristige Verfügbarkeit der Wasserressourcen sichergestellt werden. Dazu werden im Auftrag des BAFU in einem weiteren Expertenbericht [0.1] Grundlagen zur Verfügung gestellt. Treten trotzdem knappheitsbedingte Nutzungseinschränkungen und Konflikte auf, so steht den Kantonen ein Expertenbericht [0.2] mit einem Werkzeugkasten zum kurzfristigen Umgang mit Ausnahmesituationen zur Verfügung.

Grundlage für die drei Expertenberichte im Auftrag des BAFU bilden drei Bundesstrategien:

- Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder [0.3] sowie Aktionsplan 2014-2019 [0.4]
- Bundesratsbericht zur Beantwortung des Postulats Nr. 10.533 „Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz“ von Nationalrat Hansjörg Walter [0.5]
- Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen [0.6] und Sichere Wasserversorgung 2015. Ziele und Handlungsempfehlungen [0.7].

Mit der Verabschiedung des Postulats Walter hat der Bundesrat dem UVEK und EVD den Auftrag erteilt, die in ihrer Kompetenz liegenden Massnahmen anzugehen und die Kantone im Umgang mit Wasserknappheit mit Praxisgrundlagen zu unterstützen. Zudem empfiehlt der Bundesrat im Schreiben von Frau Bundesrätin D. Leuthard vom 5. August 2013 den Kantonen, die in ihrer Kompetenz liegenden Massnahmen aus dem Bundesratsbericht umzusetzen. Der Bundesrat ist überzeugt, dass mit dieser Aufgabenteilung den Grundsätzen der Verhältnismässigkeit, der Subsidiarität und der geltenden Kompetenzaufteilung zwischen Bund, Kantonen und Gemeinden am besten Rechnung getragen wird.

### 0.2 Adressaten des Berichts

Der vorliegende Bericht richtet sich primär an die für den Vollzug der Wasserwirtschaft verantwortlichen Fachstellen auf kantonaler Ebene. Hinsichtlich Wasserknappheit können folgende Sektoren relevant sein:

- Öffentliche und private Wasserversorgungen
- Gewässerschutz, inkl. Grundwasserschutz
- Biodiversität und Landschaft, inkl. Fischerei

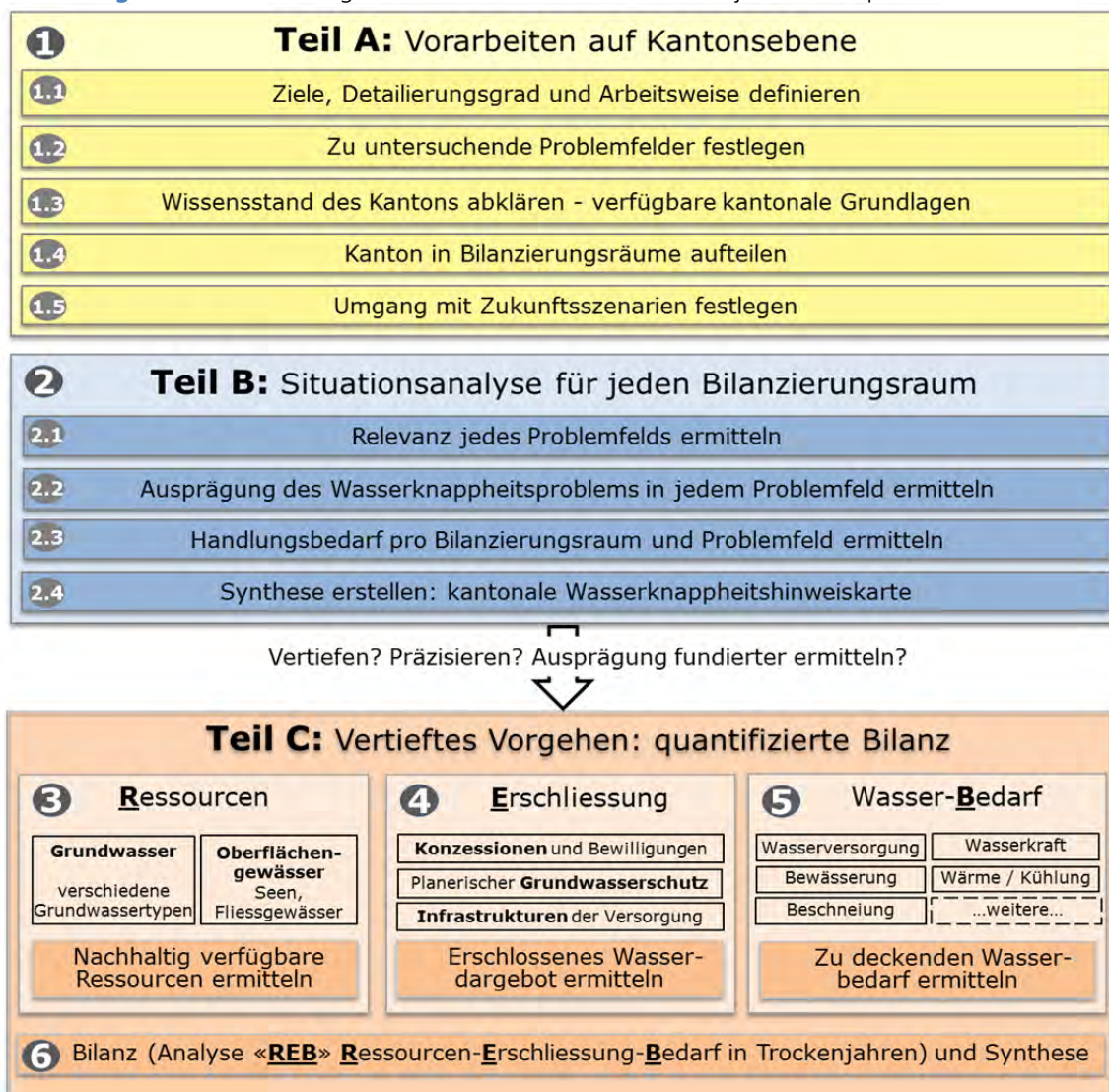
- Wasserkraft
- Abwasserentsorgung
- thermische Nutzung der Gewässer
- landwirtschaftliche Bewässerung
- Beschneigung

Entsprechend dieser Sektoren richtet sich der Bericht auch an die jeweiligen spezifischen Fachstellen und Trägerschaften auf interkantonaler oder regionaler Ebene, an Gemeinden, Bund, Wasserversorger, Fach- und Zweckverbände und nicht zuletzt an Ingenieur- und Fachbüros.

### 0.3 Gliederung des Berichts nach den Arbeitsschritten des Vorgehens

#### Arbeitsschritte

Das im Bericht vorgeschlagene Vorgehen ist in Arbeitsschritten strukturiert. Diese sind in der **Abbildung 3** schematisch dargestellt und im Rest des Berichts in je einem Kapitel erläutert.



**Abbildung 3: Übersicht über den Gesamttablauf, die Inhalte und die Arbeitsschritte des Berichtes mit Angabe der entsprechenden Kapitelnummern in grauen Kreisen**

## Kapitelstrukturen

Eingangs jedes Kapitels findet sich eine schematische Übersicht über den Inhalt und eine kurze Beschreibung der wichtigsten Ziele.

Die Kapitel bzw. Unterkapitel sind so strukturiert, dass dem Kanton für jeden Arbeitsschritt zuerst die zu beantwortenden eingerahmten ...

... Leitfragen ...

... und dann ein **Vorgehen** vorgeschlagen wird, z.T. mit einfacheren oder ähnlichen Alternativen.

Anschliessend wird aufgelistet, welches **Resultat** dem Kanton nach der Anwendung jedes Arbeitsschrittes vorliegt.

Manchmal werden auch grau hinterlegte ...

### ... Alternativen im Sinne eines erweiterten Vorgehens...

... skizziert, die ein vollständigeres, detaillierteres Vorgehen beschreiben.



# TEIL A

## Vorarbeiten auf kantonaler Ebene

### 1 Vorarbeiten auf kantonaler Ebene

#### 1.0 Einleitung und Übersicht

##### Interkantonale Koordination

Da die Hauptzielgruppe des Berichts die Kantone sind, wird hier von Vorarbeiten auf kantonaler Ebene gesprochen. Wasserknappheitsbedingte Problemfelder und Konflikte machen jedoch an der Kantons-grenze nicht halt. Gemeint ist nicht, dass eine Wasserknappheitshinweiskarte an den politisch-administrativen Grenzen enden soll, vielmehr sollen die natürlichen Einzugsgebiete berücksichtigt werden. Insbesondere an Grenzgewässern muss das beschriebene Vorgehen unter den betroffenen Kan-tonen koordiniert werden. Bei Bedarf soll also eine **interkantonale Koordination** so früh wie mög-lich sichergestellt werden. Der Bericht orientiert sich damit am integralen Einzugsgebietsmanagement IEM gestützt auf das Koordinationsgebot Art. 46 der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (SR 814.201).

Mit „Vorarbeiten auf kantonaler Ebene“ sind hier also die Vorarbeiten in einem sinnvollen grösseren Raum gemeint, welcher mehrere Bilanzierungsräume umfasst.

Ein Beispiel für ein interkantonales koordiniertes Vorgehen wurde im Einzugsgebiet des Vierwaldstätter-sees erprobt. Siehe **Anhang I**.

##### Übersicht über die Arbeitsschritte

Die Arbeitsschritte der Vorarbeiten sind in der untenstehenden **Abbildung 4** dargestellt und in den folgenden Kapiteln 1.1 bis 1.5 erläutert.

1	Teil A: Vorarbeiten auf Kantonsebene
1.1	Ziele, Detailierungsgrad und Arbeitsweise definieren
1.2	Zu untersuchende Problemfelder festlegen
1.3	Wissensstand des Kantons abklären - verfügbare kantonale Grundlagen
1.4	Kanton in Bilanzierungsräume aufteilen
1.5	Umgang mit Zukunftsszenarien festlegen

**Abbildung 4: Die Arbeitsschritte der Vorarbeiten. Die Zahlen verweisen auf die erläuternden Kapitel.**

**Ziel** der Vorarbeiten ist es, eine klare Übersicht über die **Ausgangslage** im Kanton zu erhalten, geeig-nete **Bilanzierungsräume** festzulegen und das weitere **Vorgehen** zu definieren. Diese Schritte bilden die Grundlage für die Situationsanalyse in den einzelnen Bilanzierungsräumen (Teil B).

## 1.1 Ziele, Detailierungsgrad und Arbeitsweise definieren

### Leitfragen

Warum sollen potentielle Wasserknappheitsprobleme identifiziert und untersucht werden? Welche Ziele werden verfolgt?

Wie umfangreich und vertieft soll gearbeitet werden?

Wie zuverlässig und genau sollen die Aussagen aus der Situationsanalyse der Bilanzierungsräume sein?

Welche und wieviel Ressourcen können hierfür eingesetzt werden?

Wie wird das Projekt organisiert und finanziert?

### Vorgehen

Die Projektleitung und ihre Ansprechpartner für das Projekt einigen sich auf gemeinsame Ziele, welche mit der Anwendung der Methoden dieses Berichts verfolgt werden sollen. Dazu soll auch festgehalten werden, zu welchem Zweck Wasserknappheitshinweiskarten erstellt werden. Diese Überlegungen haben Auswirkungen auf die Bearbeitungstiefe und den Detaillierungsgrad und helfen, in der nachfolgenden Bearbeitung aus den verschiedenen Methoden die jeweils geeignetste auszuwählen (z.B. nur qualitative Aussagen? Oder auch quantitative, aber aufwändigere Methoden?).

Es muss entschieden werden, welche finanziellen und personellen Ressourcen eingesetzt werden können und wie die Arbeiten ausgeführt werden sollen. Die Aufgabe oder Teile davon könnte auch an erfahrene Auftragnehmer delegiert werden, im Wissen, dass auch diese auf einen aktiven Dialog mit den Wissensträgern des Kantons angewiesen wären.

Mögliche Zielsetzungen für die Anwendung der hier vorgestellten Methoden können z.B. sein:

- Erstellen von Wasserknappheitshinweiskarten als Grundlage für allfällig auszulösende regionale Wasserressourcen-Bewirtschaftungsplanungen oder Massnahmen (Identifizieren von Handlungsbedarf)
- Übersichtliche Dokumentation und Darstellung des vorhandenen Wissens im Kanton zu möglichen Problemen der Wasserknappheit im Sinne der Sicherung von Wissen oder zu Kommunikationszwecken
- Planungsgrundlage zur Anpassung an den Klimawandel
- Gezielte Vertiefung des Stands des Wissens zu möglichen Problemen der Wasserknappheit in einzelnen Sektoren oder Bilanzierungsräumen
- Erstellen von Wasserknappheitshinweiskarten als Prioritätensetzungs- oder Kommunikationsinstrument

### Resultat

Einigung auf Zielsetzung(en), Detailierungsgrad, einzusetzende Ressourcen, Organisation und weiteres Vorgehen.

### Hinweis zu den möglichen Vorgehensweisen

Es gibt mehrere mögliche Vorgehensweisen: Jeder Kanton kann sich, auf der Grundlage des vorliegenden Expertenberichts – nach der Lektüre der Teile A, B und C – für ein seinen Bedürfnissen angepasstes, massgeschneidertes Vorgehen entscheiden.

## 1.2 Zu untersuchende Problemfelder festlegen

### Leitfragen

Welche Problemfelder können im Rahmen des Klimawandels (bei lang andauernden Trockenperioden, sich verändernden Abflussregimes etc.) auftreten?

Welche Problemfelder können bei sich verändernden sozioökonomischen Randbedingungen vorkommen (z.B. bei zunehmendem Nutzungsdruck)?

Welche davon kommen im Kanton heute schon vor (z.B. bei Trockenperioden)?

Welche zusätzlichen Problemfelder könnten bei extremeren Szenarien aktuell werden?

Welche Problemfelder möchte der Kanton untersuchen, d.h. die Situation dokumentieren und vorausschauend einen allfälligen Handlungsbedarf für Massnahmen identifizieren?

Welche Problemfelder kann man „hemmungslos“ weglassen?

Hauptgrundlage dieses Arbeitsschrittes bildet die untenstehende, methodisch zentrale **Abbildung 5**, welche die häufigsten Problemfelder hinsichtlich Wasserknappheit im Spannungsfeld zwischen Schutz der Wasserressourcen und Nutzung des Wassers aufzeigt.



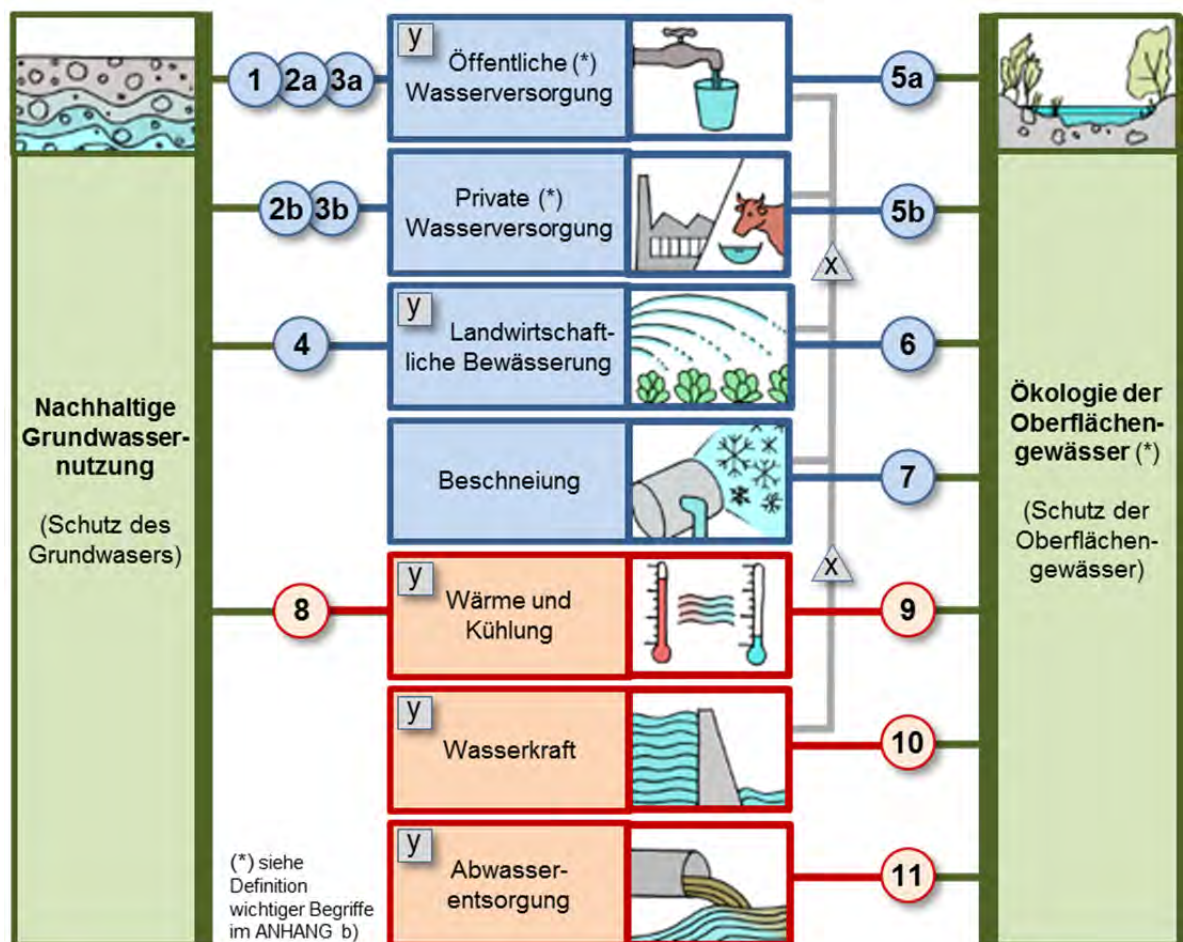


Abbildung 5: Häufigste Problemfelder bezüglich Wasserknappheit, insbesondere bei Trockenheit. Das Schema ist nicht abschliessend und kann bei Bedarf durch den Kanton ergänzt werden.  
Legende: siehe nächste Seite

### Farben der Abbildung 5

<b>grün</b>	<b>Ökologische Bedürfnisse (*)</b> (Gewässerschutz)
<b>blau</b>	<b>Nutzungen ohne Rückgabe</b> am Ort (konsumtiv) (*)
<b>rot</b>	<b>Nutzungen mit Rückgabe</b> (nicht konsumtiv) (*)

(\*) siehe Definition wichtiger Begriffe  
im Anhang b)

### Symbole für Problemfelder in Abbildung 5

- Nr** **Häufigste Problemfelder** im Spannungsfeld zwischen Schutz (Grundwasser, Oberflächengewässer) und Nutzung: Hauptthema dieses Berichtes.  
Erläuterungen: siehe nachfolgenden Text
- y** Mögliches **weiteres Problem** innerhalb einer Nutzung, welches zu Knappheiten für einzelne Nutzer führen kann (wird nur im vorliegenden Kapitel kurz behandelt).
- X** Mögliche **weitere Konkurrenzsituation** zwischen Nutzungen, welche zu Knappheit für einzelne Nutzungen oder Nutzer führen kann (wird nur im vorliegenden Kapitel kurz behandelt).

### Liste der Problemfelder bezüglich Wasserknappheit:

- |   |   |   |
|---|---|---|
|    | <b>1</b> Ungenügend geschützte Grundwasserfassungen                                       |   |
|   | <b>2a</b> Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit                                     | <b>3a</b> Übermässige Grundwasserentnahmen der Wasserversorgungen |
|  | <b>2b</b>   | <b>3b</b>   |
|  | <b>4</b> Übermässige Grundwasserentnahmen zu Bewässerungszwecken                          |   |
|  | <b>5a</b> Restwasserproblematik bei Quelfassungen und Fassungen in Auenschutzgebieten     |   |
|  | <b>5b</b>   |   |
|  | <b>6</b> Restwasserproblematik aufgrund von Wasserentnahmen für die Bewässerung           |   |
|  | <b>7</b> Restwasserproblematik aufgrund von Wasserentnahmen für die Beschneigung          |   |
|  | <b>8</b> Klima- oder anthropogen bedingte erhöhte Temperatur des Grundwassers             |   |
|  | <b>9</b> Klima- oder anthropogen bedingte erhöhte Temperatur der Oberflächengewässer      |   |
|  | <b>10</b> Restwasserproblematik bei Fassung und Ableitung von Wasser zur Energieerzeugung |   |
|  | <b>11</b> Ungenügende Verdünnung des eingeleiteten Abwassers                              |   |

## Vorgehen

Der Kanton wählt mit Hilfe von **Abbildung 5** (siehe vorhergehende Seiten) diejenigen Problemfelder aus, welche in der nachfolgenden Situationsanalyse untersucht werden sollen. In diesem Arbeitsschritt sollen möglichst alle betroffenen Kantonsstellen einbezogen werden (Gewässerschutz, Grundwasserschutz, Trinkwasser, Wassernutzung, Landwirtschaft, etc.), damit eine fundierte Wahl der zu behandelnden Problemfelder getroffen werden kann.

Die **Abbildung 5** ist als Checkliste zu verstehen. Problemfelder, welche im Kanton nicht vorkommen oder per se nicht relevant sind, werden weggelassen. Hat der Kanton Kenntnisse von weiteren Problemfeldern, die hier nicht aufgeführt sind, so ist es ratsam, diese in die Analyse zu integrieren.

In den Arbeitsschritten der Kapitel 2.1 und 2.2 wird dann diese Vorauswahl mittels Beurteilung der Relevanz und der Ausprägung der Problemfelder verfeinert.

Die in der **Abbildung 5** dargestellten Problemfelder sind nachfolgend kurz beschrieben:

- 1** Ungenügend geschützte Grundwasserfassungen und/oder Grundwasserareale resultieren häufig aus Flächenkonflikten mit anderen Landnutzungen (z.B. bedingt durch Siedlungsdruck), welche zu Wasserqualitätsproblemen und somit indirekt oder längerfristig zu Knappheitsproblemen führen können.
- 2a** Die Versorgungssicherheit der öffentlichen Wasserversorgung ist wegen ungenügender Vernetzung bzw. fehlendem zweiten Standbein der Wasserversorgung möglicherweise nicht sichergestellt.  
Weitere Gründe<sup>1</sup> für eine ungenügende Versorgungssicherheit können z.B. sein:
  - Reduzierte Ressourcen in Trockenzeiten / Bezug von Wasser aus vulnerablen Ressourcen
  - Erhöhter Wasserbedarf in Trockenzeiten/Hitzeperioden (z.B. wegen zusätzlicher Erhöhung des Wasserbedarfs durch die Verwendung von Wasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz zu Brauchwasserzwecken wie Gartenbewässerung)
  - Erhöhter Wasserbedarf wegen Entnahmen aus Wasserfassungen für die Beschneidung oder andere Nutzungen
- 2b** Die Versorgungssicherheit privater Wasserversorgungen (d.h. nicht dem öffentlichen Interesse dienende Fassungen, ohne Schutzzonen) ist möglicherweise nicht sichergestellt (teilweise analoge Gründe wie unter 2a). Darunter fallen z.B. die häufig grossen und regelmässigen Entnahmen durch Industrie- und Dienstleistungsbetriebe. Erfahrungsgemäss rasch von Einschränkungen betroffen sind die Viehtränken in der Alpwirtschaft.
- 3a** Übermässige Grundwasserentnahmen für die öffentliche Wasserversorgung (Trink-, Brauch-, Löschwasser), welche die nachhaltige Nutzung des Grundwassers in Trockenzeiten gefährden oder in Konkurrenz zu anderen Grundwassernutzungen stehen.
- 3b** Übermässige Grundwasserentnahmen für die private Wasserversorgung, welche die nachhaltige Nutzung des Grundwassers in Trockenzeiten gefährden oder in Konkurrenz zu anderen Grundwassernutzungen stehen.
- 4** Übermässige Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung zur Nahrungsmittelproduktion, welche die nachhaltige Nutzung des Grundwassers gefährden oder in Konkurrenz zu anderen Grundwassernutzungen stehen.
- 5a** Fassung von Quellen (Lebensraumzerstörung, Restwasserproblematik) oder Wasserfassungen in Mooren (Austrocknung) und Auenschutzgebieten (Restwasserproblematik): Der öffentlichen Wasserversorgung dienende Fassungen, welche in Konkurrenz zum Schutz sensibler Lebensräume stehen.

<sup>1</sup> Notfälle und kurzfristig eintretende Ereignisse wie Unfall/Verschmutzung (durch Abwasser, Gülle, Löschwasser, Gefahrgüter); Hochwasser; Steinschlag, Erdbeben, Murgang; Stromausfall (Unwetter/Blackout); AKW-Unfall u.ä. sind nicht Gegenstand dieses Berichtes, sondern sind durch die Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in Notlagen vom 20. November 1991 (SR 531.32) geregelt oder werden im Expertenbericht „Umgang mit Wasserressourcen in Ausnahmesituationen“ [0.2] behandelt.



- 5b** Analog (5a), aber bei privaten Wasserversorgungen.
- 6** Entnahmen aus Oberflächengewässern für Bewässerung zur Nahrungsmittelproduktion: Fest eingebaute oder temporäre Entnahmen, welche möglicherweise im Konflikt mit der Ökologie der Gewässer stehen. Probleme treten am häufigsten bei kleinen und mittleren Fliessgewässern auf, aber auch bei grösseren Fliessgewässern und kleineren Seen könnte eine Übernutzung ökologische Auswirkungen haben. Es sind die gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermengen einzuhalten.
- 7** Entnahmen aus Oberflächengewässern für Beschneidung, welche möglicherweise im Konflikt zur Ökologie der Gewässer stehen. Probleme treten am häufigsten bei kleinen und mittleren Fliessgewässern auf. Es sind die gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermengen einzuhalten. Das Problemfeld tritt typischerweise im Herbst und Frühwinter auf, wenn alpine Regimes Niedrigwasser führen.
- 8** Klima- oder anthropogen bedingte erhöhte Temperatur des Grundwassers. Die durch den Klimawandel stattfindende Erwärmung des Grundwassers kann v.a. in urbanen Gebieten oder bei kleineren Grundwasserträgern durch die anthropogene Nutzung deutlich verstärkt und problematisch werden. Es sind die Einleitbedingungen gemäss GSchV einzuhalten.
- 9** Klima- oder anthropogen bedingte erhöhte Temperatur von Oberflächengewässern. Bei Hitze- oder Trockensituationen erreichen Oberflächengewässer vermehrt für die Ökologie der Gewässer kritische Temperaturen. Die thermische Nutzung überlagert sich mit der klimabedingten Erwärmung und stellt eine Belastung für die Gewässer dar. Wärmere Gewässer können auch Einschränkungen der thermischen Nutzung zur Folge haben. Es sind die Einleitbedingungen gemäss GSchV einzuhalten.
- 10** Fassung und Ableitung von Oberflächengewässern zur Energieerzeugung. Die Entnahmen bei Restwasserstrecken können negative Folgen für die Ökologie der Gewässer haben oder in Konkurrenz mit anderen Nutzungen stehen. Es sind die gesetzlich vorgeschriebenen Restwassermengen einzuhalten.
- 11** Einleitung von gereinigtem Abwasser oder Mischabwasser in kleine Gewässer. Bei geringer Verdünnung können die Einleitungen die Ökologie der Gewässer im Vorfluter aufgrund von Wasserqualitäts-einbussen gefährden.
- x** Konkurrenzsituation **zwischen** Nutzungen wie z.B. die Entnahme von Bewässerungswasser aus dem öffentlichen Trinkwasserversorgungsnetz. Solche Situationen können zu Wasserknappheit für einzelne Nutzer führen, auch ohne dass dadurch ökologische Probleme entstehen. Sind solche Problemfelder bekannt und haben sie eine genügende Bedeutung im Kanton, so sollen sie in das Vorgehen integriert werden.
- y** Problem **innerhalb** einer Nutzung, welches zu Wasserknappheit für einzelne Nutzer führen kann, wie zum Beispiel unterdimensionierte Wasserversorgungsinfrastrukturen, mit denen der Spitzenbedarf nicht gedeckt werden kann. Solche Probleme sind nicht Thema dieses Berichtes, können aber bei Bedarf in das Vorgehen integriert werden.

#### Resultat:

Liste der in Teil B zu untersuchenden Problemfelder.

#### Hinweis:

Es wird empfohlen, das Problemfeld **2a** „Versorgungssicherheit öffentliche Wasserversorgung“ in jedem Fall weiterzuverfolgen. Es ist die einzige Thematik, welche überall vorkommt und auf die bei Auftreten von Wasserknappheitsproblemen allgemein sehr empfindlich reagiert wird.

### 1.3 Wissensstand des Kantons abklären – verfügbare kantonale Grundlagen

#### Leitfragen

Welche Experten sollen als kantonale Wissensträger einbezogen werden?

Welche bestehenden kantonalen und regionalen Strategien und Konzepte sind hier relevant?

Welche Daten stehen im Kanton – ohne erheblichen Aufwand – für diesen Schritt bereits zur Verfügung?

- zu den Wasserressourcen: Oberflächengewässer (inkl. ökologischer Zustand), Grundwasser?
- zur Erschliessung dieser Ressourcen: Konzessionen, Grundwasser (Quantität, Qualität, Schutz, technische Erschliessung)?
- zum Wasserbedarf: Wasserversorgung, Bewässerung, Abwasser, Wasserkraft, Beschneidung, Wärme & Kühlung?

#### Vorgehen

Zuerst werden die verschiedenen für die Wasserwirtschaft zuständigen Ansprechpartner (Wissensträger) des Kantons identifiziert. In Gesprächen mit ihnen werden anschliessend die obigen Fragen diskutiert und dokumentiert, in Form einer Liste der zur Verfügung stehenden Grundlagen. Die Grundlagen werden gesichtet und nach ihrer Relevanz und Aussagekraft beurteilt. Datenlücken werden identifiziert und es wird vereinbart, ob und ggf. wie sie geschlossen werden können.

#### Alternativen

Ergänzend zu bilateralen Gesprächen kann das Vorgehen in einem gut vorbereiteten, kurzen, intensiven Arbeitsseminar in Anwesenheit aller relevanten kantonalen Fachleute gestartet werden. Bei dieser Gelegenheit können die Erwartungen der Teilnehmer, die Ziele des Kantons, die Ausgangslage, das optimale Vorgehen für den Kanton und gewisse Prioritäten für die Bearbeitung festgelegt werden.

Die Grundlagenzusammenstellung kann mittels geeigneter Fragebogen auch auf schriftlichem Weg durchgeführt werden. Dieses Vorgehen kann iterativ sein.

#### Resultate

- Liste der für die verschiedenen Bereiche der Wasserwirtschaft zuständigen Fachstellen und Ansprechpartner im Kanton.
- Dokumentation und Beurteilung der kantonal vorhandenen Grundlagen, ggf. mit zentraler Ablage dieser Daten (insbesondere auf GIS).
- Liste der fehlenden Daten (Datenlücken) und Hinweise für die Erarbeitung oder das Zusammentragen dieser Daten (im Sinne eines Handlungsbedarfs).
- Hinweise zu kantonalen Besonderheiten, wie z.B. die Praxis der Konzessionierung von Wasserentnahmen, kantonale Vorgaben für Nutzungseinschränkungen während Trockenperioden, die Dominanz (oder das Fehlen) einzelner Problemfelder im Kanton, etc.

#### Weitergehende Informationen

	Titel	Beschreibung
<b>Anhang c)</b>	National verfügbare und gesetzlich vorgeschriebene Datengrundlagen zur Anwendung der Methoden dieses Berichtes	Liste der auf Bundesebene vorhandenen relevanten Datengrundlagen sowie Liste der gesetzlich vorgeschriebenen Daten, über welche der Kanton an zentraler Stelle verfügen sollte.

## 1.4 Kanton in Bilanzierungsräume aufteilen

### Leitfragen

Welche ober- und unterirdischen Einzugsgebiete und Bewirtschaftungsräume der Wasserressourcen werden heute schon für regionale Wasserplanungen verwendet?

Können sie für die Bedürfnisse der Situationsanalyse für die Wasserbilanzen verwendet oder angepasst werden?

Wie wird das Untersuchungsgebiet in Bilanzierungsräume aufgeteilt?

Wie wird die Koordination in interkantonalen Bilanzierungsräumen sichergestellt?

### Vorgehen

Anlässlich der Gespräche zur Datenerhebung (siehe Kap. 1.3) werden auch die vorhandenen Aufteilungen des Kantons identifiziert und die geeignetsten davon zusammengetragen. Die Bilanzierungsräume werden durch geeignete Kombination dieser Aufteilungen festgelegt. Im Sinne des integralen Einzugsgebietsmanagements IEM ist die Einteilung und Handhabung von interkantonalen Bilanzierungsräumen frühzeitig in der Bearbeitung zur koordinieren (siehe auch Kapitel 1.0).

Die Grösse der Bilanzierungsräume hat einen direkten Einfluss auf die „Flughöhe“ bzw. Bearbeitungstiefe bei der Erarbeitung der Wasserbilanzen. Sie hängt auch von der Grösse des Kantons ab. Um in kleineren Kantonen eine differenzierte Aussage treffen zu können, kann es sinnvoll sein, kleinere Bilanzierungsräume zu definieren als in einem grossen Kanton. Als Basiseinzugsgebiete können die Bilanzierungsräume des hydrologischen Atlas' (40-150 km<sup>2</sup>, siehe **Anhang c**) verwendet werden. Je nach Bedürfnis können mehrere solche zu einem Bilanzierungsraum zusammengefasst werden. Neben den hydrologischen Gegebenheiten sollten auch die soziökonomischen Strukturen (Siedlungsgebiete, Grenzen von Gemeinden und Zweckverbänden) in die Einzugsgebietseinteilung einfließen.

### Alternative

Es wird von Anfang an eine Aufteilung in Bilanzierungsräume vereinbart, welche der Kanton a priori als geeignet betrachtet.

### Resultat

Karte mit der Aufteilung des Kantons in Bilanzierungsräume.

### Hinweis

Das Vorgehen kann iterativ sein und es müssen nicht unbedingt für alle Problemfelder die genau gleichen Bilanzierungsräume verwendet werden. Aus praktischen Gründen kann man für die Bilanzierungsgrenzen etwas flexibel sein, sofern dies am Schluss des Teils B die Synthese in Form einer kantonalen Karte nicht verhindert.

### Weitergehende Informationen

Thema	Weitergehende Informationen
Methodik für die Festlegung von Bilanzierungsräumen	Siehe Kapitel 2.2 des Berichts [1.1] „Einzugsgebietsmanagement - Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz - Teil 2“, BAFU 2013, wo nützliche Hinweise zur Festlegung von Einzugsgebieten gegeben werden.
Beispiel einer kantonalen Aufteilung in Bilanzierungsräume	Einteilung des Kantons Freiburg in wasserwirtschaftliche Einzugsgebiete [1.2]

## 1.5 Umgang mit Zukunftsszenarien

### Leitfragen

- Mit welchen Szenarien sollen mögliche zukünftige Entwicklungen und Risiken abgeschätzt werden?
- Wie sehen diese Szenarien konkret aus?
- Wie würde ein einfaches Vorgehen ohne systematische Zukunftsszenarien aussehen?

Will man die relevanten Problemfelder (gemäss Kapitel 1.2) in den Bilanzierungsräumen auch für die Zukunft genauer untersuchen, wird vorgeschlagen, mit verschiedenen klimatischen und sozio-ökonomischen Szenarien zu arbeiten. Diese zwei Arten von Szenarien sind in den folgenden Abschnitten skizziert.

Einleitend wird ein einfacherer, pragmatischer erfahrungs- und ereignisbasierter Ansatz ohne systematische Verwendung von Zukunftsszenarien skizziert.

### Vorgehen

Es wird ein erfahrungs- und ereignisbasierter Ansatz mit einfachen Überlegungen zur Zukunft vorgeschlagen. Dies ist ein einfaches Vorgehen, welches im Kanton Bern testweise angewendet wurde, und in vielen Fällen mit minimalem Aufwand zielführend sein kann. Das Vorgehen beruht auf Interviews mit den zuständigen kantonalen Fachleuten und Experten und orientiert sich an der Situation in Trockenperioden, wie sie aus der Erfahrung der Jahre 2015, 2011 und 2003 abgeleitet werden kann. Je nach Kanton können auch andere Jahre massgebend sein: siehe dazu auch **Anhang d**).

Es werden keine eigentlichen Szenarien entwickelt, sondern zu jedem Problemfeld stellt man sich die Fragen: „Wie war *damals* die Situation?“ – „Wie ist sie *heute*?“ – „Wie könnte sie *in Zukunft* aussehen?“

### Resultate

Gutachterliche erfahrungs- und ereignisbasierte Einschätzung von möglichen zukünftigen Wasserknappheitsproblemen.

### Weitergehende Information zu bisherigen Trockenheitsperioden

	Titel	Kurzbeschreibung
<b>Anhang d)</b>	Karten der Niederschlagsanomalien in der Schweiz, 1976 – 2015	Gesamtschweizerische Übersichtskärtchen von jährlichen Serien der Niederschlagsanomalien, aufgelöst nach vier Jahreszeiten (Frühling – Sommer – Herbst – Winter), für die Jahre 1976-2015. Meteoschweiz

### Alternativen im Sinne eines erweiterten Vorgehens mit Bildung von Trockenheitsszenarien

#### Mittelland: Arbeitsszenario „4014“ für eine trockenere Zukunft

Es wird vorgeschlagen, ein „Szenario 4014“ zu verwenden. 4014 steht für die kumulierten Trockenjahre 2003 (Sommerhitze und –Trockenheit) und 2011 (trockener Frühling). Es werden für jeden Monat oder für jede Jahreszeit der jeweils schlechteste Parameter von 2003 und 2011 angenommen: tiefster Grundwasserstand von 2003 und 2011, kleinste Wasserführung von 2003 und 2011, höchste Temperatur etc. Bei mangelnden Daten oder für ein schnelleres und einfacheres Vorgehen werden Experten nach ihren Erinnerungen an diese Jahre abgefragt.

Es geht hier nicht um präzise, wahrscheinliche Entwicklungen, sondern um ein fiktives Szenario. Es geht darum abzuschätzen, wie die Ressourcen bei bestimmten Ereignissen reagieren könnten, nicht um eine Zukunftsprognose.



Dieses Trockenheitsszenario hat die folgenden Vorteile:

- Es ist einfach zu erstellen (benötigt keine Klimamodellierungen)
- Es ist nachvollziehbar
- Es ist noch in Erinnerung der Kenntnisträger

### Alpen- und Voralpenraum: saisonale Veränderungen der Abflussregime

Für den Alpenraum stehen mit fortschreitendem Klimawandel weniger die langandauernden Niederschlagsdefizite im Vordergrund als vielmehr die veränderten Abflüsse von nival und glazial geprägten Einzugsgebieten. Das Ansteigen der Schneefallgrenze führt in nival geprägten Einzugsgebieten in den nächsten Jahrzehnten zu einer saisonalen Vorverlagerung der Abflüsse, was hinsichtlich der Sommer-trockenheit problematisch sein kann. Bei stark vergletscherten Einzugsgebieten ist für die nahe Zukunft im Sommer mit erhöhten Abflüssen zu rechnen, nach dem Abschmelzen der Gletscher jedoch mit deutlich reduzierten Abflüssen [1.3].

CH2014 – Impacts „*Toward quantitative scenarios of climate change impacts in Switzerland*“ [1.4] gibt einen regionalen differenzierten Überblick der zu erwartenden Änderungen der Abflussregime und einen Überblick der vorhandenen Datengrundlagen. Die Einteilung der Einzugsgebiete in sieben Cluster ermöglicht es, Aussagen des künftigen Abflussverhaltens vorzunehmen, auch wenn für den zu untersuchenden Bilanzierungsraum keine Wasserhaushaltsmodellierungen vorliegen.

### Alternative Trockenheitsszenarien

Der Kanton kann auch mehrere Szenarien oder Alternativ-Szenarien bilden, z.B. „Durchschnittliches Jahr 2050“ für Temperatur und Niederschlag nach den wahrscheinlichen Klimaszenarien von MeteoSchweiz [1.5]. Dies erhöht jedoch den Aufwand und verkompliziert das Vorgehen.

### Alternativen im Sinne eines erweiterten Vorgehens mit sozioökonomischen Szenarien

Für die gesellschaftliche Entwicklung werden die drei untenstehenden Szenarien gemäss dem NFP 61-Projekt SWIP vorgeschlagen: siehe Seite 63 aus [1.6]. Sie wurden schon mit Erfolg angewendet und beruhen auf den Szenarien des NFP 48. Diese Szenarien sind so unterschiedlich, dass es auch für nicht-Spezialisten möglich ist, sich die Situation gemäss jedem der Szenarien im Bilanzierungsraum differenziert vorzustellen. Es geht nicht um exakte Prognosen, sondern darum, in Alternativen zu denken. Ziel ist deshalb, die möglichen Entwicklungen grob zu charakterisieren und zu quantifizieren. Die vorgeschlagenen Szenarien sind:

«Boom»: Gesellschaft und Wirtschaft florieren; die Bevölkerungszahlen wachsen ungebrems; der Trinkwasserbedarf nimmt zu, während Industrie und Landwirtschaft an Bedeutung verlieren.

«Doom»: Die Schweiz ist wirtschaftlich angeschlagen; die Bevölkerungszahlen sinken leicht; der Wasserverbrauch sinkt; es gibt weniger Geld zur Finanzierung der Infrastrukturen.

«Qualitatives Wachstum»: Die Schweiz bleibt wettbewerbsfähig; qualitatives Wachstum steht im Vordergrund; das Bevölkerungswachstum ist mässig; die Standards im Umweltschutz sind hoch.

Diese Szenarien sind besonders für die Problemfelder **1 2 3** der **Abbildung 5** relevant.

**Alternative sozioökonomische Szenarien:** Der Kanton kann auf der Grundlage der obigen Szenarien sein eigenes Szenario aufbauen und es entweder als Ersatz der obigen Szenarien oder als Ergänzung verwenden. Es ergeben sich je nach Fall zwischen 1 und 4 zu berücksichtigende Szenarien.



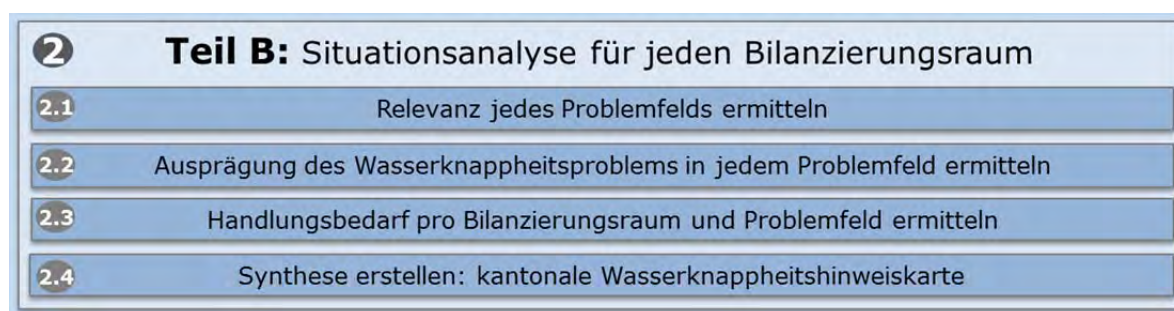
## TEIL B

### Situationsanalyse für jeden Bilanzierungsraum

## 2 Situationsanalyse für jeden Bilanzierungsraum

### 2.0 Einleitung und Übersicht

Die Arbeitsschritte für die Situationsanalyse in jedem Bilanzierungsraum sind in der untenstehenden **Abbildung 6** dargestellt und in den folgenden Kapiteln 2.1 bis 2.4 erläutert.



**Abbildung 6: Arbeitsschritte für die Situationsanalyse. Die Zahlen verweisen auf die erläuternden Kapitel.**

Die **Ziele**, welche mit der Situationsanalyse verfolgt werden, sind auf zwei Ebenen angesiedelt:

- Auf Ebene der einzelnen Bilanzierungsräume ist es das Ziel, den **Handlungsbedarf** für jedes Problemfeld zu ermitteln. Der Handlungsbedarf berücksichtigt die **Relevanz** des Problemfelds im betrachteten Bilanzierungsraum und die **Ausprägung** der auftretenden Wasserknappheitsprobleme bei Trockenheit. (Siehe Kap. 2.1.1, 2.2.1 und **Anhang b**) für die Definition von Relevanz und Ausprägung.)
- Auf Ebene des Kantons ist es das Ziel, über eine **Synthese** des Handlungsbedarfs in Form einer kantonalen **Wasserknappheitshinweiskarte** mit entsprechender Dokumentation zu verfügen.

Das vorgeschlagene *einfache* Vorgehen ist pragmatisch-gutachterlich und beruht auf dem Expertenwissen der Fachleute des Kantons und ihrer Erfahrung aus den Trockenjahren 2003, 2011 und 2015.

Das in den folgenden Kapiteln **grau** hinterlegte *erweiterte* Vorgehen sieht vor, systematische quantifizierte Bewertungsskalen und die verschiedenen im Teil A entwickelten Zukunftsszenarien anzuwenden.

## 2.1 Relevanz jedes Problemfelds ermitteln

### 2.1.1 Definition der Relevanz

Die **Relevanz** gibt an, wie wichtig ein bestimmtes Problemfeld für die Bewertung des Handlungsbedarfs in einem Bilanzierungsraum ist.

Die Relevanz fliesst direkt in die Bewertung des Handlungsbedarfs ein (siehe Kap. 2.3).

### 2.1.2 Relevanzskala für jedes Problemfeld festlegen

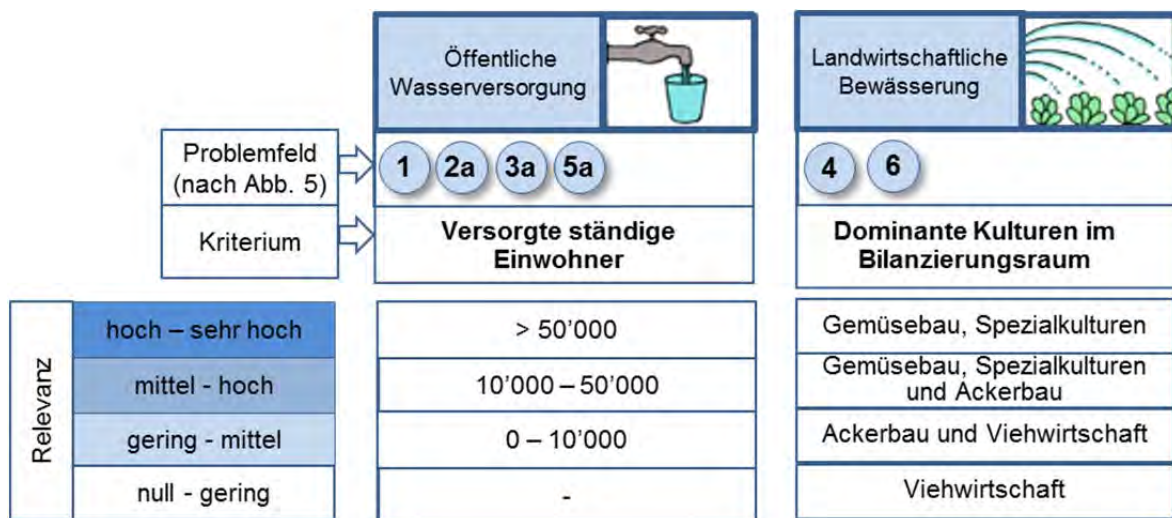
#### Leitfragen

Für jedes der zu untersuchenden Problemfelder im Kanton (siehe Kap. 1.2 mit Abb. 5) stellen sich zuerst zwei Fragen:

- Nach welchen Kriterien wird die Relevanz eingestuft?
- Was sind die 4 Stufen der zu verwendenden Relevanzskalen?

#### Einfaches Vorgehen

Im einfachen Vorgehen stützt sich die Relevanzskala für jedes Problemfeld jeweils auf ein einziges aussagekräftiges Kriterium. Die 4 Stufen der Relevanzskalen werden aufgrund des Expertenwissens der Fachleute des Kantons und in Funktion der im Kanton vorherrschenden Randbedingungen gutachterlich festgelegt, zum Beispiel wie in der untenstehenden **Abbildung 7**. Um aussagekräftige Wasserknappheitshinweiskarten zu erhalten und eine gute Akzeptanz zu erreichen, wird empfohlen, die betroffenen Kantonsstellen und Wissensträger bereits bei der Festlegung der Relevanz miteinzubeziehen.



**Abbildung 7: Mögliche gutachterlich festgelegte 4-stufige Relevanzskalen für zwei ausgewählte Problemfelder (Beispiele aus einer Testanwendung im Kanton Bern).**

#### Resultat

Eine 4-stufige Relevanzskala für jedes zu untersuchende Problemfeld.

### Bemerkung

Aufgrund der in jedem Kanton sehr unterschiedlichen Ausgangslagen und Randbedingungen wurde darauf verzichtet, für jedes Problemfeld je eine schweizweit gültige Relevanzskala zu entwickeln.

#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens

Der obige einfache Vorschlag lässt qualitative Aussagen mit einem Interpretationsfreiraum zu (z.B. „sehr viele“ – „einzelne“ oder „dominant“ – „kommt vor“ etc.). Zudem stützt er sich nur auf ein einziges Kriterium pro Problemfeld. In einem erweiterten Vorgehen könnten sämtliche Kriterien quantitativ festgelegt und bei Bedarf mehrere Kriterien für ein Problemfeld verwendet und aggregiert werden. Dadurch erhöhen sich gleichzeitig der Aufwand, die Nachvollziehbarkeit des Vorgehens und die Aussagekraft der Resultate.

## 2.1.3 Relevanz für die untersuchten Problemfelder in jedem Bilanzierungsraum beurteilen

### Leitfrage

Wie hoch ist die Relevanz der ausgewählten Problemfelder in jedem Bilanzierungsraum des Kantons?

### Einfaches Vorgehen

Die Relevanz jedes zu untersuchenden Problemfeldes wird anhand der oben festgelegten 4-stufigen Skala in jedem Bilanzierungsraum für die heute vorherrschenden Situationen in Trockenperioden beurteilt. Wenn möglich wird dabei eine Einschätzung der allgemeinen Zukunftstendenzen berücksichtigt.

Diese Einschätzung wird am besten durch Fachleute mit guten Kenntnissen der Verhältnisse im Kanton gutachterlich-pragmatisch vorgenommen.

### Resultat

Einstufung der Relevanz für jedes zu untersuchende Problemfeld in jedem Bilanzierungsraum.

#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens

Im erweiterten Vorgehen werden die im Kapitel 1.5 definierten Zukunftsszenarien systematisch angewendet. Dies ergibt pro verwendetem Zukunftsszenario und Problemfeld je eine Relevanzbeurteilung, welche für Arbeitsschritt 2.3 festgehalten werden.

## 2.2 Ausprägung des Wasserknappeitsproblems in jedem Problemfeld ermitteln

### 2.2.1 Definition der Ausprägung

Die **Ausprägung** gibt an, wie gravierend das Wasserknappeitsproblem eines bestimmten Problemfeldes ist. Die Ausprägung fliesst direkt in die Bewertung des Handlungsbedarfs ein (siehe Kap. 2.3).

Für die Ausprägung gilt für den ganzen Kanton eine **4-stufigen Skala** je Problemfeld: Ein Problemfeld kann in einem Bilanzierungsraum nicht vorhanden sein (keine Ausprägung), oder es kann eine geringe, mittlere, starke bis sehr starke Ausprägung aufweisen.

### 2.2.2 Kriterien und Skalen der Ausprägung für jedes Problemfeld festlegen

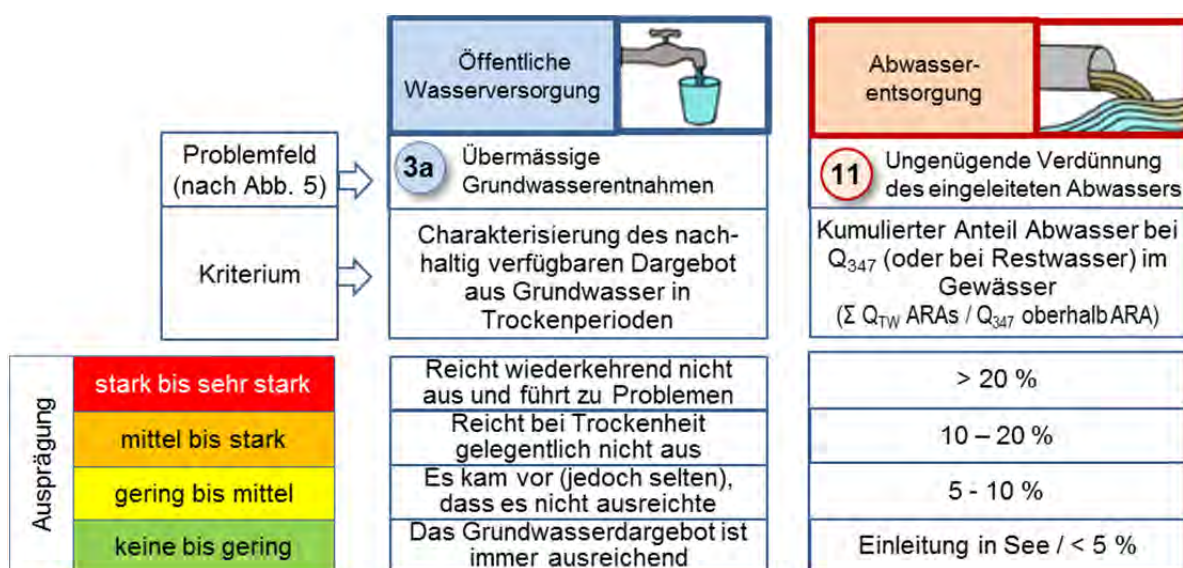
#### Leitfragen

Nach welchen Kriterien wird die Ausprägung jedes vorkommenden Problemfelds im Kanton eingestuft?

Was sind die 4 Stufen der Skala der Ausprägung?

#### Einfaches Vorgehen

Das Vorgehen ist analog wie für die Relevanzskalen: für jedes Problemfeld werden Kriterien und Grenzwerte für die 4 Stufen der Ausprägung definiert. Im einfachen Vorgehen stützt sich die Ausprägung auf ein einziges Kriterium. Die 4 Stufen werden gutachterlich festgelegt. Die untenstehende **Abbildung 8** zeigt zwei Beispiele:



**Abbildung 8:** Mögliche gutachterlich festgelegte 4-stufige Skala der Ausprägung für zwei ausgewählte Problemfelder (Beispiele aus Testanwendungen im Kanton Bern und in der Innerschweiz)

#### Resultate

Für jedes zu untersuchende Problemfeld sind Kriterien zur Beurteilung der Ausprägung festgelegt.

#### Bemerkung

Wie für die Relevanz wurde darauf verzichtet, für alle Problemfelder schweizweit gültige Kriterien für die Ausprägung zu entwickeln.



#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens

Im vertieften Ansatz wird auch hier vorgeschlagen, sämtliche Kriterien zu quantifizieren und bei Bedarf mehrere Kriterien für ein Problemfeld zu verwenden, gegebenenfalls unter Verwendung einer Matrix um sie zu kombinieren.

### 2.2.3 Ausprägung für die Problemfelder in jedem Bilanzierungsraum beurteilen

#### Leitfrage

Wie ausgeprägt ist jedes zu untersuchende Problemfeld in jedem Bilanzierungsraum des Kantons?

#### Einfaches Vorgehen

Die Beurteilung der Ausprägung von Problemfeldern erfolgt analog wie für die Relevanz, mit der oben festgelegten 4-stufigen Skala für die heute vorherrschenden Situationen in Trockenperioden und wenn möglich unter Berücksichtigung der allgemeinen Zukunftstendenzen. Die Beurteilung wird am besten durch Fachleute des Kantons vorgenommen. Als mögliche Hilfestellung bei der Expertenbefragung können die Leitfragen, Wissensgrundlagen und Literaturhinweise in Teil C als Unterstützung herbeigezogen werden.

#### Resultat

Einstufung der Ausprägung für jedes zu untersuchende Problemfeld in jedem Bilanzierungsraum (= je ein Wert pro Problemfeld und Bilanzierungsraum).

#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens

Um fundierter Aussagen zur Ausprägung eines Problemfeldes zu erhalten, kann der Teil C konsequent angewendet werden. Aus Teil C erfolgt eine quantitative Bilanzierung der vorhandenen Wasserressourcen, ihrer Erschliessung und des Bedarfs. Aus dieser Gegenüberstellung kann die Ausprägung der Problemfelder mit konsumtiven Nutzungen quantitativ beurteilt werden. Die Bilanz kann für unterschiedliche Zukunftsszenarien und in beliebiger zeitlicher Auflösung erstellt werden.

Um den Aufwand geringer zu halten, kann die Ausprägung bei Verwendung verschiedener Zukunftsszenarien auch ohne quantifizierte Bilanzierung aus Teil C rein gutachterlich beurteilt werden.

#### Resultat

Einstufung der Ausprägung für jedes zu untersuchende Problemfeld in jedem Bilanzierungsraum (= je ein Wert pro Problemfeld und Bilanzierungsraum für jedes durchgespielte Zukunftsszenario).



## 2.3 Handlungsbedarf pro Problemfeld und Bilanzierungsraum ermitteln

### 2.3.1 Definition der Handlungsbedarfs-Matrix

#### Leitfragen

Wie wird der Handlungsbedarf für eine regionale Wasserressourcenplanung ermittelt?

Soll er sehr „eng“ bestimmt werden, d.h. so, dass eine regionale Wasserressourcenplanung für möglichst wenige Bilanzierungsräume in Betracht gezogen wird? Oder vorsichtiger, d.h. so, dass grössere Gebiete und mehr Problemfelder für eine regionale Wasserressourcenplanung in Frage kommen?

#### Vorgehen

Die Ermittlung des Handlungsbedarfs für jedes Problemfeld im Bilanzierungsraum erfolgt anhand einer Matrix, welche die Relevanz (siehe Kapitel 2.1) und die Ausprägung (siehe Kapitel 2.2) kombiniert.

Ein Vorschlag für die Handlungsbedarfs-Matrix ist in der untenstehenden **Abbildung 9** gegeben:

		Ausprägung des untersuchten Problemfelds			
		starke – sehr starke	mittlere – starke	geringe – mittlere	keine – geringe
Relevanz des Problemfelds	hoch – sehr hoch	<b>Handlungsbedarf:</b> hoch – sehr hoch			(1) (2)
	mittel – hoch		mittel – hoch		
	gering – mittel		gering – mittel		
	null – gering		null – gering		

(1) falls die geringe Ausprägung noch ungewiss ist oder zu bestätigen bleibt  
 (2) falls die Ausprägung eindeutig als "keine bis gering" eingestuft werden kann

**Abbildung 9: Vorschlag einer Matrix zur Ermittlung des Handlungsbedarfs nach 4 Stufen in Funktion der Relevanz und der Ausprägung eines Problemfelds**

Der Handlungsbedarf kann mit einer Matrix von 4 oder 5 Stufen beurteilt werden. Es wird vorgeschlagen, die genaue Abgrenzung der Stufen iterativ vorzunehmen, d.h. konkret zu überprüfen, ob die gewählten Abgrenzungen kantonal gesehen sinnvolle Resultate ergeben. Hier besteht ein Ermessensspielraum, der u.a. von den Zielen und Absichten des Kantons abhängig ist. Insbesondere davon, ob der Handlungsbedarf sehr weit (und vorsichtig) gefasst, oder umgekehrt sehr eng ausgelegt werden soll.

#### Resultate

Eine Handlungsbedarfs-Matrix, welche aufzeigt, wie aus Relevanz und Ausprägung der Handlungsbedarf für regionale Wasserressourcenplanungen abgeleitet werden kann.

### 2.3.2 Anwendung der Handlungsbedarfs-Matrix

#### Leitfrage

Wie hoch ist der Handlungsbedarf für eine regionale Wasserressourcenplanung in den einzelnen Bilanzierungsräumen für die zu untersuchenden Problemfelder?

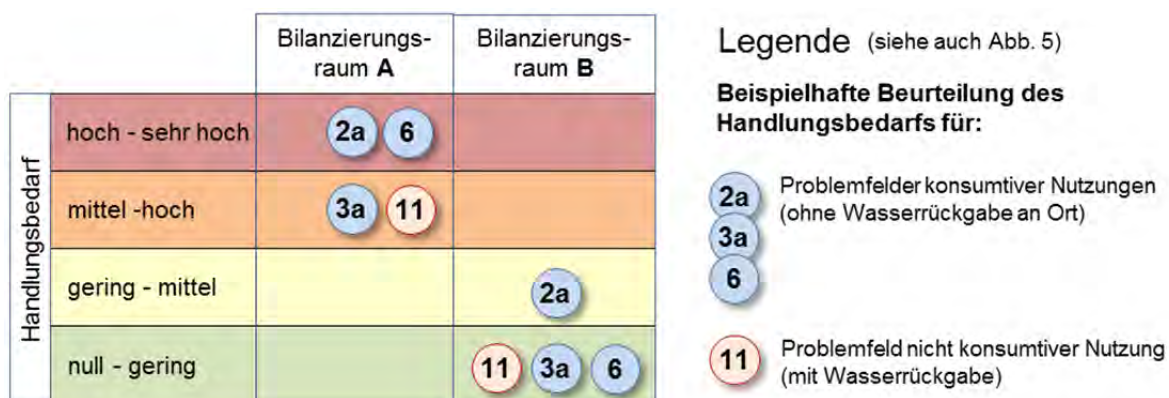
#### Einfaches Vorgehen

Die Handlungsbedarfs-Matrix wird für jedes zu untersuchende Problemfeld in jedem Bilanzierungsraum „rein mechanisch“ angewendet. Es gibt in diesem Arbeitsschritt keinen Interpretationsfreiraum.

#### Resultat

Je eine Einschätzung des Handlungsbedarfs pro Problemfeld (oder Gruppe von Problemfeldern) und pro Bilanzierungsraum für die heutige Situation in einem Trockenjahr.

Das Resultat kann z.B. wie in **Abbildung 10** dargestellt werden: Diese Resultate fliessen in Abbildung 11 ein.



**Abbildung 10: Resultate der Einschätzung des Handlungsbedarfs für zwei Bilanzierungsräume mit dem einfachen Vorgehen (fiktives Beispiel)**

#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens

Bei Verwendung verschiedener Zukunftsszenarien ergeben sich mehrere Einschätzungen des Handlungsbedarfs. Diese können dann einzeln dargestellt werden, oder zu einem einzigen Handlungsbedarf pro Problemfeld zusammengefasst werden. In diesem Fall kann entweder der höchste Handlungsbedarf ausgewiesen werden, oder das – gegebenenfalls gewichtete – Mittel.

#### Resultate

Analog **Abbildung 10** oben, aber mit je einer Einschätzung pro Zukunftsszenario (d.h. mehrere Spalten pro Bilanzierungsraum).

## 2.4 Gesamtsynthese erstellen – kantonale Wasserknappheitshinweiskarte

### Leitfragen

Wie hoch ist der Handlungsbedarf

- gesamthaft gesehen?
- pro Bilanzierungsraum im Kanton?

Gibt es geographische Unterschiede? Tendenzen? Worauf sind sie zurückzuführen?

Wo müssen im Kanton prioritär regionale Wasserressourcenplanungen vorgenommen werden?

### Vorgehen

Der im Kapitel 2.3 ermittelte Handlungsbedarf wird für jedes Problemfeld auf einer Kantonskarte mit den Bilanzierungsräumen dargestellt, um die Gesamtsituation übersichtlich und vollständig zu dokumentieren.

Daraus wird eine kantonale Handlungsbedarfskarte abgeleitet, die als „Wasserknappheitshinweiskarte“ zu verstehen ist. Sie gibt einen Hinweis, wie stark jeder Bilanzierungsraum in Zukunft – und ggf. heute schon – für Wasserknappheitsprobleme exponiert ist.

Dies kann grundsätzlich mittels zweier unterschiedlicher Ansätze erfolgen. Welcher Ansatz angewendet wird, liegt im Ermessen des Kantons:

- durch Addieren oder Mitteln – mit oder ohne Gewichtung – des Handlungsbedarfs jedes Problemfelds (z.B. mit den Noten 0 – 1 – 2 – 4),
- Worst-case-Ansatz: durch die konsequente Wahl des höchsten auftretenden Handlungsbedarfs in einem Bilanzierungsraum.

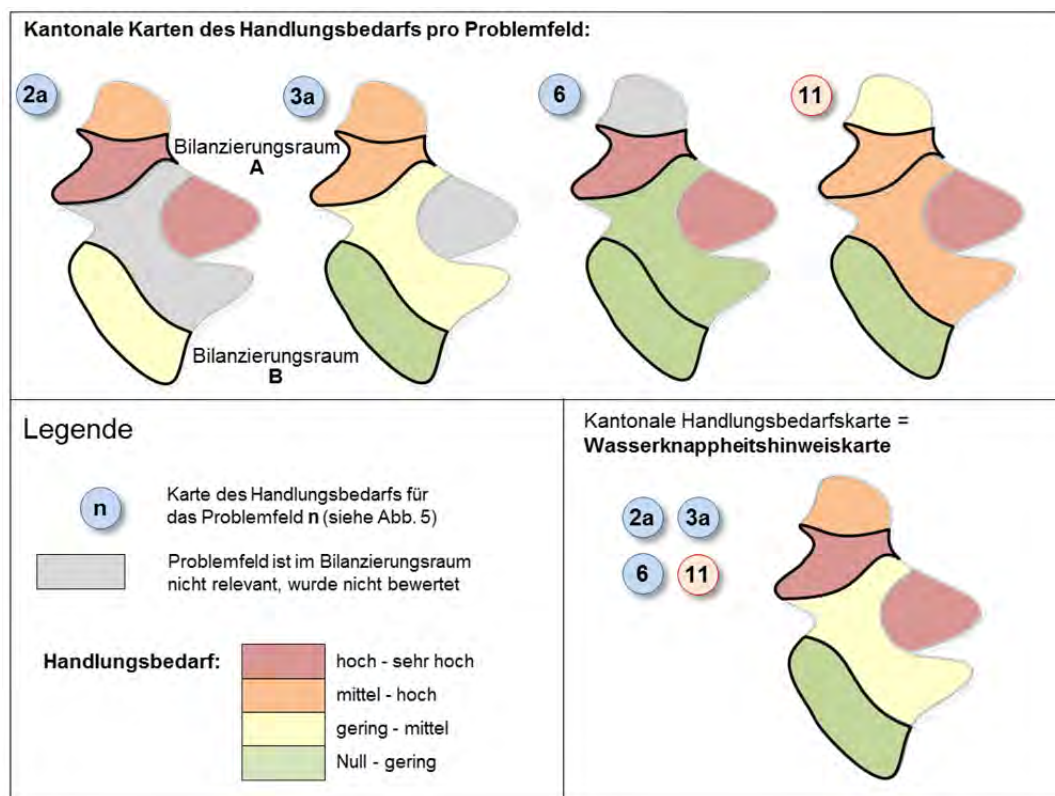
### Resultate

Karten des Handlungsbedarfs, pro Problemfeld und gesamt, wie schematisch im Beispiel der **Abbildung 11** dargestellt.

Beispiele von (provisorischen) Wasserknappheitshinweiskarten des Kantons Bern befinden sich im Kapitel 6 des **Anhangs I**.

### Bemerkung

Diese kartographischen Resultate bilden die Grundlage für einen begründeten Entscheid des Kantons, einzelne Bilanzierungsräume vertieft zu untersuchen und dort bei Bedarf eine regionale Wasserressourcenplanung in Angriff zu nehmen.



**Abbildung 11: Beispielhafte Darstellung der Gesamtsynthese auf Kantonsebene: oben die Handlungsbedarfskarten für die untersuchten Problemfelder (gemäss Einstufung von Abbildung 9), unten rechts die Aggregation zu einer „Wasserknappheitshinweiskarte“<sup>2</sup>**

#### Alternative im Sinne eines erweiterten Vorgehens:

Wenn mehrere sozioökonomische und/oder Trockenheitsszenarien vorliegen, empfiehlt es sich, diese Szenarien genau zu analysieren, um über den Handlungsbedarf der einzelnen Problemfelder zu entscheiden und über ihre Aggregation zu einer Wasserknappheitshinweiskarte.

Das Vorgehen ist aufwändiger, führt aber zu soliden Auswertungen und zeigt auf, wo die grössten Unsicherheiten liegen. Dadurch werden die Resultate aussagekräftiger und besser nachvollziehbar.

<sup>2</sup> Der Handlungsbedarf der kantonalen Karte wurde in diesem Beispiel als Mittel des Handlungsbedarfs jedes Problemfelds errechnet (mit Aufrunden).



## TEIL C Vertieftes Vorgehen

**für einzelne Bilanzierungsräume oder Problemfelder oder für den ganzen Kanton**

Das vertiefte Vorgehen (Teil C des Berichts) ist in den Kapiteln 0 bis 6 beschrieben. Die **Abbildung 12** zeigt die entsprechenden Arbeitsschritte: Die Zahlen verweisen auf die erläuternden Kapitel.



**Abbildung 12: Arbeitsschritte für das vertiefte Vorgehen**

### Wann kommt das vertiefte Vorgehen des Teils C zur Anwendung?

Erste Möglichkeit: Teil C kann als „Nachschlagewerk“ während der Anwendung der Teile A + B dienen. Er enthält Hinweise auf bestehende Wissensgrundlagen zu den zu untersuchenden Problemfeldern. So kann das Expertenwissen wo notwendig durch bestehende Wissensgrundlagen oder alternative Methoden ergänzt werden. Die aufgeführten Leitfragen können bei den Expertenbefragungen unterstützend wirken.

Zweite Möglichkeit: Teil C kann für eine systematische Bilanzierung angewendet werden, d.h. für eine quantitative Gegenüberstellung zwischen Ressourcen (und wie sie erschlossen sind) und Wasserbedarf. Im Sinne einer effizienten Anwendung wird eine solche quantitative Bilanzierung nur für jene Problemfelder und Bilanzierungsräume empfohlen, wo vertiefte Kenntnisse (insbesondere quantitative Aussagen) notwendig sind.

Das **Ziel** von Teil C ist es dann, den durch Teil B gutachterlich-pragmatisch bestimmten vermuteten Handlungsbedarf mit einer systematischeren (quantitativen) Herangehensweise zu bestätigen oder anzupassen, sowie genauere Daten im Hinblick auf eine regionale Wasserressourcenplanung zu erarbeiten.

Der Aufwand für die Bearbeitung des Teils C kann wesentlich höher sein als für die Teile A und B.





### 3 Ressourcen in jedem Bilanzierungsraum

In diesem Arbeitsschritt werden die nachhaltig verfügbaren Ressourcen in Trockenperioden für jeden Bilanzierungsraum ermittelt. Dabei werden die Kenntnisse der heutigen Situation und der bisherigen Erfahrungen mit Trockenperioden (vorab 2003, 2011, ggf. 2015) sowie mögliche künftige Entwicklungen gemäss Zukunftsszenarien berücksichtigt.

#### 3.1 Nachhaltig verfügbare Grundwasserressourcen ermitteln



##### Leitfragen

Wie ist die nachhaltige Nutzung von Grundwasserressourcen über einen längeren Zeitraum und während einer Trockenperiode zu definieren?

Welche Informationen und Instrumente braucht es für die Abschätzung des Grundwasserdargebots und als Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung?

Wie ist vorzugehen, um Grundwasserleiter/-vorkommen, die gegenüber Trockenheit anfällig sind, zu identifizieren?

##### Definition

Die Definition von „nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen“ geht aus **Anhang e)** hervor und kann wie folgt zusammengefasst werden: Quantitativ betrachtet man in der Schweiz die Wassernutzung als nachhaltig, solange die Nutzung die erneuerbaren Wasserressourcen nicht übersteigt. Ziel der nachhaltigen Wassernutzung ist die Erhaltung der wesentlichen Eigenschaften der Ressource Wasser, ihrer Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit [3.1].

##### Vorgehen

Die Daten- und Informationsbeschaffung gem. Kapitel 1.3 wird gezielt und wenn nötig iterativ ergänzt.

Der nachhaltig verfügbare Anteil der bei der Datenerhebung identifizierten Grundwasserressourcen wird gemäss der methodischen Empfehlungen von **Anhang e)** für Trockenperioden im Bilanzierungsraum ermittelt. Bei grösseren kantonsübergreifenden Grundwasserträgern werden diese Arbeiten mit dem benachbarten Kanton koordiniert.

##### Hinweis zu qualitativen Einschränkungen

Grundwasser wird zu einem grossen Teil für Zwecke genutzt, für welche es hohen qualitativen Anforderungen genügen muss. Dies gilt insbesondere für die öffentliche Trinkwasserversorgung, teilweise aber auch für private industrielle Wasserversorgungen. Deshalb können qualitative Beeinträchtigungen im Grundwasser relativ rasch zur Verminderung der nutzbaren Mengen führen.

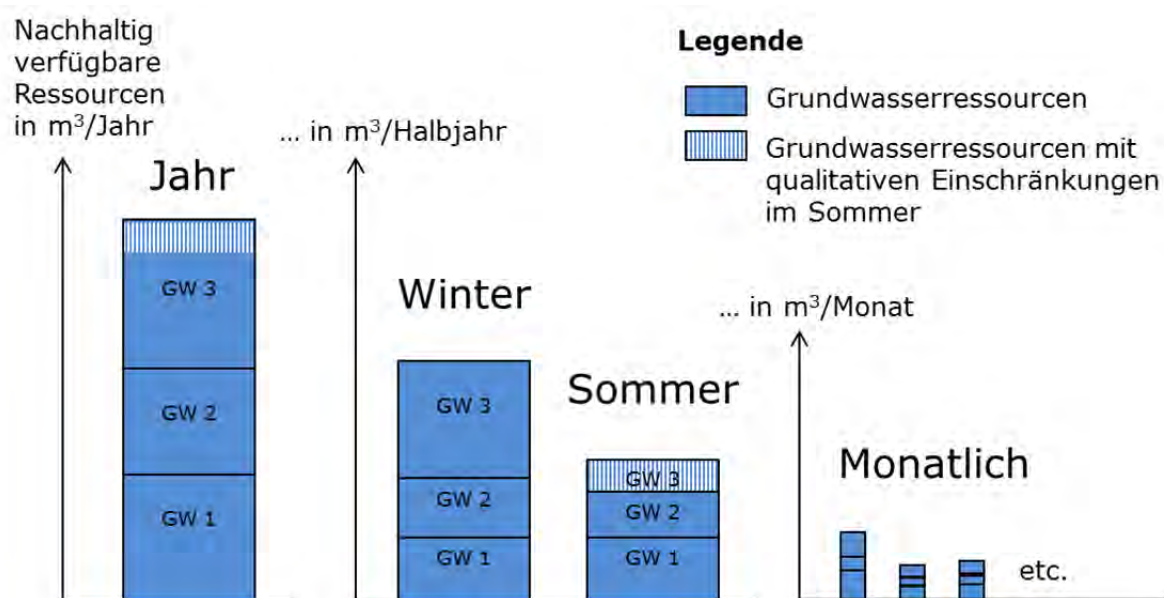
Es wird vorgeschlagen, qualitative Einschränkungen entweder wie ein zusätzliches separates Problemfeld zu behandeln, oder sie als zusätzlichen Verschlechterungsfaktor bei der Beurteilung der Ausprägung des Wasserknappheitsproblems im entsprechenden Problemfeld zu betrachten.

## Resultate

Je nach verfügbaren Datengrundlagen und angewandter Methodik liegen bei Abschluss dieses Arbeitsschrittes folgende Resultate vor:

- Hinweise zu Datenlücken im Sinne eines Handlungsbedarfs für Verbesserung der Kenntnisse der Grundwasserressourcen
- Im Idealfall: mit numerischen Grundwassermodellen berechnete Grundwasserbilanz für Trockenperioden
- Wenn möglich mit Angaben zu allfälligen qualitativen Einschränkungen

Ein Darstellungsvorschlag der Resultate ist in der **Abbildung 13** gegeben. Dieser ist möglich, wenn die entsprechenden Grundlagen verfügbar sind. Er kann die heutige Situation in Trockenperioden und auch die zukünftige Situation gemäss Trockenheitsszenarien des Kapitel 1.5 darstellen. Es sind die verfügbaren Ressourcen dargestellt, d.h. nach Berücksichtigung der Zuleitung zum Bilanzierungsraum und der Ableitung aus dem Bilanzierungsraum.



**Abbildung 13: Mögliche Darstellungen der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen eines Bilanzierungsraums in einem Trockenjahr (heute oder in Zukunft) mit verschiedenen zeitlichen Auflösungen**

Wenn keine detaillierten Grundlagen vorliegen, kommt das einfache Vorgehen gemäss Teil B zur Anwendung.

## Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge

	Titel	Beschreibung
<b>Anhang e)</b>	Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen	Zusammenfassung der Methode, gestützt auf die unten aufgeführte detailliertere separate Beilage
<b>Separate Beilage</b>	CSD Ingénieurs SA & Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie SGH (2015): <i>Grundwasser als Element im integralen Wassermanagement. Guide pratique pour la gestion durable des ressources en eau souterraines.</i>	Praxisorientierte methodische Empfehlungen betreffend Bewirtschaftung des Grundwassers in Trockenperioden

### 3.2 Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern ermitteln



#### Leitfragen

Welche Oberflächengewässer (Fließgewässer, Seen) werden heute schon genutzt?

Welche weiteren Oberflächengewässer gibt es im Bilanzierungsraum?

Welche Oberflächengewässer eignen sich für Wasserentnahmen?

Wo führen Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern oder Trockensituationen zu Beeinträchtigungen der wasser gebundenen Biodiversität?

Wie gross sind die nachhaltig verfügbaren Ressourcen der Oberflächengewässer im Bilanzierungsraum?

#### Vorgehen

Die Daten- und Informationsbeschaffung gem. Kapitel 1.3 wird gezielt und wenn nötig iterativ ergänzt.

Grundsätzlich sind drei unterschiedliche Vorgehensweisen möglich. Die ersten beiden Vorgehensweisen verfolgen kartographische Ansätze und eignen sich zur Identifizierung und dem Umgang mit möglichen Konflikten von Wasserentnahmen mit der Ökologie der Gewässer (vgl. Problemfelder Kap. 1.2). Der Dritte Ansatz quantifiziert die nachhaltig verfügbaren Ressourcen.

**Ansatz 1:** Die Oberflächengewässer des Kantons werden in drei Kategorien zur Eignung von Wasserentnahmen eingeteilt. In die Kategorie „geeignet“ können alle Gewässer eingeteilt werden, aus denen Entnahmen während Trockenzeiten unbedenklich sein sollten. Für die Gewässer in der Kategorie „beschränkt geeignet“ sind Entnahmen während Trockenzeiten nur unter Auflagen oder mit Einschränkungen möglich. In die Kategorie „ungeeignet“ fallen Gewässer, wo Entnahmen während Trockenperioden ökologische Schäden verursachen und wo also aus diesem Grund keine Nutzung möglich ist.

Diese Methode eignet sich insbesondere als Planungsgrundlage zur Sicherung von Restwassermengen und als Entscheidungsgrundlage zur Erteilung von Bewilligungen oder Konzessionen für Wasserentnahmen und ist grossräumig anwendbar. (Siehe als Beispiele Eignungskarten der Gewässer für Wasserentnahmen der Kt. Bern und Luzern in **Anhang f**)

**Ansatz 2:** Die Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenheitsperioden werden identifiziert und kartiert. Es sind ökologisch besonders wertvolle Gebiete in denen Wasserentnahmen aus Sicht der Biodiversität besonders problematisch sind. Ein solcher Ansatz ist eher für ein kleineres Gebiet (z.B. einen ökologisch wertvollen Bilanzierungsraum) anwendbar und kann in Kombination mit dem ersten Ansatz auch im Sinne einer Vertiefung angewendet werden. Im Gegensatz zum ersten Ansatz eignet sich die Methode auch für flächenhafte Aussagen (im Gegensatz zu einer linearen Aussage bei Fließgewässern bei Ansatz 1) wie bspw. für Moorlandschaften.

**Ansatz 3:** Wenn die notwendigen Daten verfügbar sind, kann für jeden Bilanzierungsraum eine Gesamtübersicht über die Ressourcen Grundwasser und Oberflächengewässer erstellt werden, wie in Abbildung 14 dargestellt. Sie kann die heutige Situation in Trockenperioden und auch die zukünftige Situation gemäss Trockenheitsszenarien des Kapitels 1.5.3 darstellen.

#### Resultate

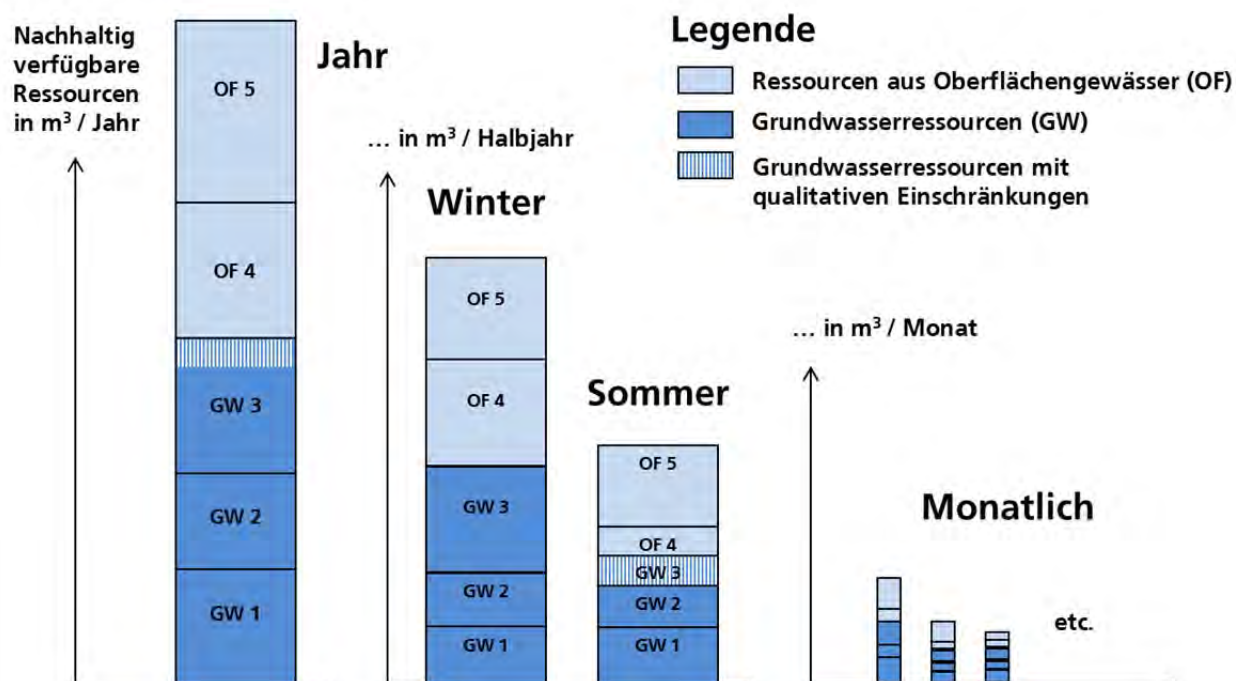
Ansatz 1: Einteilung der Gewässer in Eignungskategorien für Wasserentnahmen

Ansatz 2: Karte der Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden

Ansatz 3: Quantifizierte nachhaltig verfügbare Wasserressourcen in einem Bilanzierungsraum

**Alternative:**

Wenn die notwendigen Daten verfügbar sind, kann für jeden Bilanzierungsraum eine Gesamtübersicht über die Ressourcen Grundwasser und Oberflächengewässer erstellt werden, wie in **Abbildung 14** dargestellt. Sie kann die heutige Situation in Trockenperioden und auch die zukünftige Situation gemäss Trockenheitsszenarien des Kapitel 1.5.3 darstellen. Zu- und Ableitung sind zu berücksichtigen.



**Abbildung 14:** Mögliche Darstellungen der gesamten nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen in einem Trockenjahr (heute oder in Zukunft) mit verschiedenen zeitlichen Auflösungen

**Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge**

	<b>Titel</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>Anhang f)</b>	Nachhaltige Nutzung von Oberflächengewässern	Illustrationsbeispiele der kartographischen Ansätze für Eignungskarten von Wasserentnahmen; Kriterien für nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern

## 4 Erschliessung der Wasserressourcen in jedem Bilanzierungsraum

Erst durch ihre Erschliessung steht eine Ressource für die Deckung eines Wasserbedarfs zur Verfügung.

Im vorliegenden Bericht versteht man unter Erschliessung:

- die Konzessionierung von Wasserressourcen (Entnahmebewilligung, juristische Erschliessung),
- den Grundwasserschutz, als Bedingung für die Zurverfügungstellung einer Grundwasserressource,
- die technischen Infrastrukturen für Fassung, Transport und Nutzung des Wassers.

### 4.1 Grundlagen zur Erschliessung zusammentragen

Die Ausführungen von Kapitel 1.3 zur Daten- und Informationsbeschaffung werden nachfolgend gezielt für die Themen Grundwasserschutz, Konzessionierung und technische Erschliessung ergänzt.

#### 4.1.1 Grundwasserschutz

##### Leitfragen

Welche Grundwasserfassungen sind oder können gesetzeskonform geschützt werden?

Welche Grundwasserfassungen sind schützenswert?

Wie wichtig ist eine Fassung (Fördermenge, Anzahl versorgter Einwohner, ...)?

Sind Grundwasserschutzareale ausgeschieden, die gesetzeskonform geschützt sind?

##### Vorgehen

Angestrebt wird ein vollständiges Inventar der geschützten Fassungen (ob bundesrechtlich konform geschützt oder nicht) sowie der bestehenden oder möglichen Grundwasserschutzareale. Die Liste soll auch den heutigen Schutzgrad der Fassungen aufzeigen: (1) Fassung ist konform geschützt, (2) Fassung ist nicht konform geschützt und muss aufgegeben werden, (3) Fassung kann dank angepasster Massnahmen in Konformität gebracht werden.

Der Zustand des Grundwasserschutzes sollte auch mit einer Liste der sich in den Schutzzonen befindenden Bauten dokumentiert werden.

##### Resultate

Übersicht über die gesetzeskonform geschützten Grundwasserressourcen, mit welchen mittel- bis langfristig gerechnet werden kann. Dies erlaubt eine bessere Abschätzung der verfügbaren und nutzbaren Grundwasserressourcen für die Trinkwasserversorgung.

Diese Resultate stehen in engem Zusammenhang mit den Konzessionen (Kapitel 4.1.2) und den technischen Infrastrukturen, vorab den Wasserfassungen, denn es ist wichtig zu wissen, wieviel geschütztes Grundwasser wo verfügbar ist, und welche Ressourcen temporär bei Wasserknappheit oder Unfällen über Vernetzungen temporär durch andere Ressourcen ersetzt werden können.

##### Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge

	Titel	Beschreibung
<b>Anhang g)</b>	Inventar der Trinkwasserfassungen als Grundlage regionaler Planungen	Der Anhang zeigt die Defizite bzgl. Schutz der Trinkwasserressourcen auf und schlägt entsprechende Lösungsansätze vor, in Form einer Methode mit den erwarteten Resultaten.

## 4.1.2 Konzessionen, Nutzungsrechte

### Leitfragen

- Wie sind die Ressourcen rechtlich erschlossen, d.h. welche Konzessionen / Nutzungsrechte bestehen für die verschiedenen Nutzungen im Bilanzierungsraum?
- Wie gross ist die heutige Menge an Wasser, die effektiv genutzt wird? Ist sie höher oder kleiner als die Wassermenge gemäss Konzession / Nutzungsrecht?

### Vorgehen

Eine vollständige Liste der Konzessionen und anderer Nutzungsrechte mit ihren Eigenschaften wird bei den zuständigen Fachstellen des Kantons eingeholt. Im Idealfall sind die Eigenschaften wie folgt dokumentiert:

- Genutztes Wasservorkommen (Grundwasserträger, Fliessgewässer, See)
- Nutzungsberechtigte Körperschaft oder Organisation
- Art der Nutzung (öffentliche / private Wasserversorgung, landwirtschaftliche Bewässerung, Beschneidung etc.)
- Konzessionierte Menge, Einschränkungen bei Wasserknappheit und Unterschiede im saisonalen Verlauf
- Effektiv geförderte / genutzte Menge (historische Reihen)
- Zeitraum / Ablauf der Konzessionen

Um eine Gesamtübersicht zu erhalten, muss auch bekannt sein, ob und wenn möglich in etwa welchem Umfang nicht konzessionierte Erschliessungen (z.B. ehehaftete Rechte) und nicht konzessionspflichtige Erschliessungen (z.B. wenig ergiebige Quelfassungen) im Bilanzierungsraum vorhanden und genutzt sind.

### Resultate

- Dokumentation und Übersicht der Konzessionen und anderer Nutzungsrechte sowie – im Idealfall – quantitative Abschätzung der nicht konzessionierten oder nicht konzessionspflichtigen Erschliessungen von Wasserressourcen
- Hinweise zu Datenlücken im Sinne eines Handlungsbedarfs für die Verbesserung des Wissensstandes

### Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge

	<b>Titel</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>Anhang h)</b>	Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung von Wasserressourcen	Darstellungsbeispiele aus Berichten von Schweizer Regionen oder Kantonen



## 4.2 Erschlossenes und genutztes Wasserdargebot ermitteln

### 4.2.1 Grundwasserschutz, konzessionierte und genutzte Wassermengen

#### Leifragen

- Wie hoch sind die konzessionierten Wassermengen?
- Zu welchem Anteil werden sie heute effektiv – im Durchschnitt – beansprucht?
- Wie hoch ist der Anteil nicht konzessionierter Wasserentnahmen, die effektiv genutzt werden?
- Welcher Anteil der genutzten Grundwasservorkommen ist gesetzeskonform geschützt?
- Ist die Versorgungskapazität bei öffentlichen Trinkwasserversorgungen durch fehlenden oder ungenügenden Grundwasserschutz eingeschränkt?

#### Definitionen

Bei der Nutzung des Wasserdargebots wird unterschieden zwischen:

- **„Wassernutzung ohne Rückgabe“** oder „verbrauchende Nutzung“: Das Wasser wird nicht mehr der Ressource zurückgegeben, oder nur sehr indirekt und verzögert, z.B. für die Beschneidung verwendetes Wasser bei der Schneeschmelze. Solche Nutzungen werden auch als „konsumtive“ Nutzungen bezeichnet.
- **„Wassernutzung mit Rückgabe“** oder „nicht verbrauchende Nutzung“: das Wasser wird nach der Entnahme in geänderter Form, z.B. wärmer oder kühler, und/oder an einem anderen Ort, z.B. flussabwärts, der Ressource wieder zurückgegeben. Solche Nutzungen können auch als „nicht konsumtiv“ bezeichnet werden.

Wegen ihrer verschiedenen Eigenschaften werden diese zwei Arten von Nutzungen getrennt betrachtet. Bei der Untersuchung der nicht konsumtiven Wassernutzung (mit Rückgabe) spielt der Ort der Entnahme und der Rückgabe eine wichtige Rolle: wenn diese Orte sehr weit auseinander liegen, in verschiedenen Bilanzierungsräumen, dann sollte diese Nutzung allerdings trotzdem wie eine verbrauchende (ohne Rückgabe) behandelt werden, da das abgeleitete Wasser am Ort der Entnahme nicht mehr zur Verfügung steht.

#### Vorgehen

Die quantitativen Angaben zu den nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen (Kap. 3.1 und 3.2) und dem Grundwasserschutz (Kap. 4.1.1) werden mit den konzessionierten und effektiv genutzten Wassernutzungen (Kap. 4.1.2) für ein Durchschnittsjahr und für historische Trockenjahre (2003, 2011, ggf. 2015) verglichen.

#### Alternative

Fehlen quantifizierte Daten, so kann das Verhältnis zwischen konzessionierter Wassermenge und effektiver Nutzung durch die zuständigen Experten der kantonalen Fachstellen abgeschätzt werden.



## 4.2.2 Analyse der Versorgungskapazitäten

### Leitfragen

Gibt es aus technischen Gründen wegen ungenügenden Infrastrukturen Versorgungsengpässe für Wassernutzungen im Bilanzierungsraum?

Fehlt ein zweites Standbein bei einer öffentlichen Trinkwasserversorgung?

Welche Neuerschliessungen und Zusammenschlüsse sind geplant, welche die Versorgungskapazitäten in absehbarer Zukunft erhöhen werden?

### Vorgehen

Die technische Erschliessung der Wasserressourcen durch öffentliche und private Wasserversorgungsnetze, landwirtschaftliche Bewässerungsnetze (Infrastrukturen zur Wasserbereitstellung exkl. Verteilsysteme), Wasserkraftnutzungssysteme etc. wird so dokumentiert, dass eine geographische Übersicht zwischen den Wasserressourcen und den Nutzungsregionen (versorgten Gebieten) entsteht. Wichtige Importe in den Bilanzierungsraum und Exporte aus dem Bilanzierungsraum werden dokumentiert.

Im Gespräch mit den kantonalen Fachleuten wird abgeklärt, ob es bisher in Trockenjahren (z.B. 2003, 2011, 2015) Versorgungsengpässe gegeben hat. Falls ja, werden diese Engpässe dokumentiert und wenn möglich im Gespräch mit den zuständigen Betreibern dieser Infrastrukturen quantifiziert.

Bekannte geplante grössere Kapazitätserhöhungen und Vernetzungen der Infrastrukturen (wichtige Neuerschliessungen, überregionale Transportleitungen, Zusammenschlüsse mehrerer Nutzungsregionen z.B. für ein zweites Standbein bei einer Trinkwasserversorgung) können Hinweise auf Kapazitätsengpässe – und deren geplanten Behebung – geben und werden deshalb auch dokumentiert.

### Resultat

Liste der bekannten Versorgungsengpässe in Trockenjahren mit Angabe der entsprechenden Ressourcen und Nutzungen.

Diese Liste wird anschliessend mit den Informationen aus **Abbildung 15** kombiniert (Erschliessung, Grundwasserschutz), um eine Gesamtübersicht über die effektiven, **nachhaltig verfügbaren erschlossenen Wasserressourcen** zu erhalten.

### Weitergehende Informationen oder Vorgehensvorschläge

	Titel	Beschreibung
<b>Anhang h)</b>	Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung von Wasserressourcen	Darstellungsbeispiele aus Berichten von Schweizer Regionen oder Kantonen



## 5 Wasserbedarf in jedem Bilanzierungsraum

In diesem Arbeitsschritt wird der Wasserbedarf für jeden Bilanzierungsraum aufgrund der heutigen Situation und der bisherigen Erfahrungen mit Trockenperioden (2003, 2011, ggf. 2015) sowie für die Zukunft gemäss Zukunftsszenarien ermittelt.

Die nachfolgenden Ausführungen richten sich u.a. nach den verfügbaren Daten und Informationen, welche nach der ersten Erhebung gemäss Kapitel 1.3 gezielt und bei Bedarf iterativ ergänzt werden müssen.

### 5.1 Bedarf der Wassernutzung ohne Rückgabe ermitteln (konsumtiv)

Die nachfolgenden Ausführungen betreffen die **konsumtiven** Nutzungen, d.h. den Wasserverbrauch oder die Wassernutzung ohne Rückgabe am Ort der Entnahme.

#### 5.1.1 Bedarf aus öffentlichen Wasserversorgungen



Der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgungen umfasst das Trinkwasser und das Brauchwasser für Industrie und Gewerbe, welches am öffentlichen Netz angeschlossen ist. Massgebend sind hier die Anzahl versorgter Haushalte (Einwohner) und Firmen (Arbeitsplätze), in geringerem Masse die Landwirtschaft, ungemessene Abgaben der Wasserversorgungen (Eigenverbrauch z.B. für Leitungsspülungen, Laufbrunnen, etc.) und Leckverluste.

Der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung ist seit Mitte der 1980er Jahre rückläufig. Allein in der Periode 1992-2014 ging die Nachfrage um fast ein Viertel zurück [13]. Die Deckung des mittleren Wasserbedarfs der öffentlichen Wasserversorgung stellt darum auch unter dem Gesellschafts- und Klimawandel im Normalfall kein Problem dar. Vor dem Hintergrund vermehrt auftretender Trocken- und Hitzeperioden im Rahmen des Klimawandels ist die Deckung des Spitzenbedarfs für solche Ereignisse (z.B. Sommer 2003) allerdings von zunehmender Bedeutung.

Zur Abschätzung des Löschwasserbedarfs im Siedlungsbereich wird auf die einschlägigen branchenspezifischen Vorgaben und Empfehlungen für Wasserversorger verwiesen (SVGW).

Nicht Gegenstand des Berichts ist der Löschwasserbedarf zur Bekämpfung von Waldbränden. Mit fortschreitendem Klimawandel nimmt die Waldbrandproblematik in der Schweiz an Bedeutung zu. Es steht jedoch nicht die Quantifizierung nötiger Wasserressourcen hinsichtlich Waldbrände im Vordergrund, sondern eine optimierte Zusammenarbeit der Forst- und Feuerwehroorganisationen. Weitere Informationen zum Umgang mit der Thematik Löschwasserdimensionierung zur Waldbrandbekämpfung finden Sie bspw. bei den kantonalen Forstämtern.

#### Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge

	Titel	Beschreibung
Anhang i)	Ermittlung des Wasserbedarfs aus öffentlichen Wasserversorgungen	Zusammenstellung der wichtigsten Kriterien für die Ermittlung des Wasserbedarfs mit Darstellungs- und Berechnungsbeispiel

### 5.1.2 Bedarf aus privaten Wasserversorgungen



Bei privaten Wasserversorgungen handelt es sich hauptsächlich um:

- Wasserentnahmen für die Industrie und Gewerbe (einzelne Grossbetriebe können erhebliche Mengen nachfragen),
- Versorgungen in abgelegenen Regionen ohne öffentliches Trinkwassernetz oder einzelne Landwirtschaftsbetriebe (private Quellen, meistens nicht konzessioniert),
- Tränkewasser auf Weiden und Alpen.

Quantitativ relevant ist meistens die Industrie, die punktuell grosse Wassermengen fördern kann. Die Entnahmen sind konzessioniert und die entsprechenden Daten in der Konzession zu finden.

#### Vorgehen

Analog zur öffentlichen Wasserversorgung für den häuslichen Trinkwasserverbrauch (falls relevant); aufgrund der Konzessionen für die Industrie (siehe Kap. 4.1.2 und 4.2.1).

### 5.1.3 Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft



Die landwirtschaftliche Bewässerungsmenge richtet sich neben dem Klima nach der Fläche und dem flächenspezifischen Wasserbedarf zur Sicherung von Ertrag und Qualität der bewässerungswürdigen Kulturen.

#### Vorgehen

Eine erste räumliche Übersicht des Bewässerungsbedarfs in der Schweiz haben Fuhrer und Jasper im 2009 gegeben [5.2]. Die Karten des Berichts eignen sich für eine regionale Differenzierung im Sinne einer Identifikation von besonders bewässerungsbedürftigen Gebieten. Das räumliche Muster des Bewässerungsbedarfs spiegelt sich in den klimatischen Bedingungen, den Bodeneigenschaften, aber auch der Höhenlage und den wechselnden Anteilen von Acker- und Grünland. Mit diesem Ansatz kann aber keine quantitative Aussage über den Bewässerungsbedarf einer Region gemacht werden.

Mithilfe der im **Anhang j)** beschriebenen Methode, basierend auf der Arbeit von Smith et al. 2012 [5.3], lässt sich der kulturspezifische Pflanzenwasserbedarf pro Flächeneinheit abschätzen. Für Gebiete mit Ackerbau, Spezialkulturen oder Grünlandnutzung stehen schweizweit auf Stationsebene (ohne voralpine und alpine Hanglagen) berechnete Daten in Abhängigkeit verschiedener Klimaregionen, repräsentativer Böden und verschiedener Klimaszenarien zur Verfügung. Auf dieser Grundlage lässt sich der Bewässerungsbedarf einer Region mit Hilfe von statistischen Daten zu Landnutzung und Boden hochrechnen.

#### Resultat

Der kultur- und bodenspezifische Bewässerungsbedarf pro Flächeneinheit (z.B. Hektare) und Monat in einem Bilanzierungsraum ist für repräsentative Klimastationen unter verschiedenen Klimaszenarien bestimmt. Darauf basierend kann mit den entsprechenden räumlichen Daten der Bewässerungsbedarf des gesamten Bilanzierungsraums hochgerechnet werden.

#### Weitergehende Informationen

	Titel	Beschreibung
<b>Anhang j)</b>	Abschätzung des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs	Beschrieb der Methode zur Anwendung der Daten mit Hinweisen zur Umsetzung der Methode und zu Einschränkungen bei deren Anwendung (Agroscope im Auftrag des BAFU).
<b>Separate Beilage</b>	Berechneter zusätzlicher Pflanzenwasserbedarf pro Monat	Daten in Form von Tabellen, welche separat publiziert sind (Agroscope im Auftrag des BAFU).



#### 5.1.4 Bedarf für Beschneiungsanlagen



Der Wasserbedarf der Beschneiungsanlagen richtet sich neben dem Klima nach der beschneiten Skipistenfläche und der Länge der Skisaison.

##### Vorgehen

Es wird eine kombinierte Methodik aus Expertenbefragung, Angaben aus Konzessionen und Hochrechnungen aufgrund von beschneiter Pistenfläche vorgeschlagen.

##### Resultat

Im Bilanzierungsraum besteht eine Abschätzung über den Wasserbedarf für die Beschneigung, wenn möglich mit Angabe, aus welchen Ressourcen das Wasser bezogen wird. Im besten Fall kann nicht nur ein mittlerer Wert, sondern auch eine Spannbreite angegeben werden, in welcher sich der Wasserbedarf je nach klimatischer Situation bewegt.

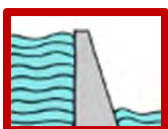
##### Weitergehende Informationen und Vorgehensvorschläge

	Titel	Beschreibung
Anhang k)	Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneigung	Mögliche Methode für die Ermittlung des Wasserbedarfs aufgrund von Extrapolationen mit Beispiel

### 5.2 Bedarf für Wassernutzungen mit Rückgabe ermitteln (nicht konsumtiv)

Die nachfolgenden Ausführungen betreffen die **nicht konsumtiven** Nutzungen, also wenn das Wasser nach der Nutzung der Ressource zurückgegeben wird.

#### 5.2.1 Wasserkraftanlagen



Basis der Untersuchungen im Bilanzierungsraum sind die erteilten Konzessionen.

##### Vorgehen

Durch die Konzessionen sollten dem Kanton bekannt sein: die einzuhaltenden Grenzwerte, der Ort der Entnahme und der Rückgabe und wie die zeitliche Verteilung des Abflusses beeinflusst wird (z.B. Schwall-Sunk, Restwasserstrecke, etc).

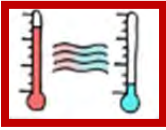
##### Alternative

Falls die oben erwähnten Informationen nicht vorhanden sind, müssen sie erhoben werden, damit die Nutzung und ihre Auswirkung auf die Gewässer in einer Karte visualisiert werden können.

##### Weitergehende Informationen

	Titel	Beschreibung
Anhang c)	Hinweise auf national verfügbare Datengrundlagen und Hilfsmittel	Hier von Interesse: Restwasserkarte 1:200 000

### 5.2.2 Entnahmen für Heiz- und Kühlzwecke



Der Bedarf an Wasser für Heiz- und Kühlzwecke ist im Allgemeinen nicht verbrauchend. Die einzuhaltenden Grenzwerte für Temperaturänderungen sind in der Konzession festgehalten. Hier sind vor allem die sehr grossen Kühlkapazitäten von Kernkraftwerken zu berücksichtigen, in geringerem Masse auch Entnahmen für Heiz- und Kühlzwecke grösserer Industriebetriebe oder Industriegebiete.

Im Rahmen des Klimawandels erhöhen sich die Wassertemperaturen in den meisten Gewässern im Alpenraum kontinuierlich (Ausnahme sind die bisher stark vergletscherten Regime und teilweise mächtige Lockergesteins-Grundwasserleiter oder Kluft-Grundwasserleiter mit langen Aufenthaltszeiten). Die grösseren Fließgewässer in der Schweiz haben sich seit den 1970er Jahren im Durchschnitt um 1-2°C erwärmt [5.4]. Während Hitze- oder Trockenperioden erreichen die Gewässer dadurch immer häufiger für die Wasserlebewesen kritische Temperaturen. Die Wassertemperatur stellt einen Schlüsselfaktor für die Art und Ausprägung aquatischer Lebensgemeinschaften dar und ist ein grundlegender Parameter für die Produktivität eines Gewässers [5.5].

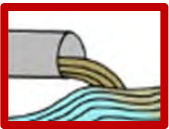
Besonders in kleineren und mittleren Fließgewässern kann die Kühlwassernutzung eine zusätzliche kritische Erwärmung im Gewässer bewirken. Grössere Kühlwassernutzungen wie bspw. bei Kernkraftwerken können auch in grossen Fließgewässern kritisch sein. Die Einleitbedingungen für Kühlwassernutzung ist in der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) geregelt und wird mit Grenzwerten in der Konzession im Einzelfall weiter präzisiert.

#### Vorgehen

Um eine Übersicht zu erhalten, wo Heiz- und Kühlleistungen in welchem Umfang benötigt werden, sollen aus Konzessionen Koordinaten und genutzte Mengen zusammentragen und auf einer Karte eingetragen werden. Dies gilt sowohl für Oberflächengewässer, wie auch für Kühlung/ Heizung aus Grundwasser.

Zusätzlich können aus bisherigen Hitzeereignissen (Sommer 2003, Juli 2006, August 2015) jene Gewässer identifiziert werden, an welchen im Zuge des Klimawandels vermehrt kritische Wassertemperaturen auftreten. Dazu wird auf die BAFU-Methode „Risikobezogene Temperaturklassierung“ der Gewässer verwiesen [5.4].

### 5.2.3 Abwasserreinigungsanlagen



Das gereinigte Abwasser muss genügend verdünnt werden, um nachteilige ökologische Auswirkungen im Vorfluter in Grenzen zu halten. Es besteht auch die Gefahr, dass Gewässerabschnitte mit schlechtem Verdünnungsverhältnis andere Nutzungen beeinträchtigen können. Durch die Visualisierung der entsprechenden Abschnitte erhält der Kanton eine Übersicht, wo potenziell Konflikte entstehen könnten.

#### Vorgehen

Dem Kanton sind meist die Vorfluterabschnitte mit knappen Verdünnungsverhältnissen bei Niederwasser ( $Q_{347}$ ) bekannt. Diese können in einer Karte z.B. farblich nach % dargestellt werden.

## 6 Synthese: Ressourcen-Erschliessung-Bedarf pro Bilanzierungsraum

Das Ziel der Synthese ist es, eine Bilanz über die Zusammenhänge zwischen **R**essourcen, ihrer **E**rschliessung und dem **B**edarf an Wasser zu erhalten (kurz: „REB“).

Diese Synthese wird aufgrund der heutigen Situation in Trockenjahren sowie der festgelegten Zukunftsszenarien erstellt. Sie beruht auf der Bilanzierung der Ergebnisse der Arbeitsschritte 2 bis 5. Da vermutlich nur selten alle Daten lückenlos vorliegen, kann sie auch auf den Kenntnissen der Wissensträger, hauptsächlich den Fachleuten in den zuständigen kantonalen Fachstellen, basieren.

### 6.1 REB-Diagramm und Synthese der Nutzungen ohne Rückgabe (konsumtiv)

#### Leitfragen

Wie gross ist der gesamte Wasserbedarf ohne Rückgabe (= konsumtiv) im Bilanzierungsraum?

Mit welchen Ressourcen wird er gedeckt?

Wie sind die Ressourcen erschlossen?

#### Vorgehen

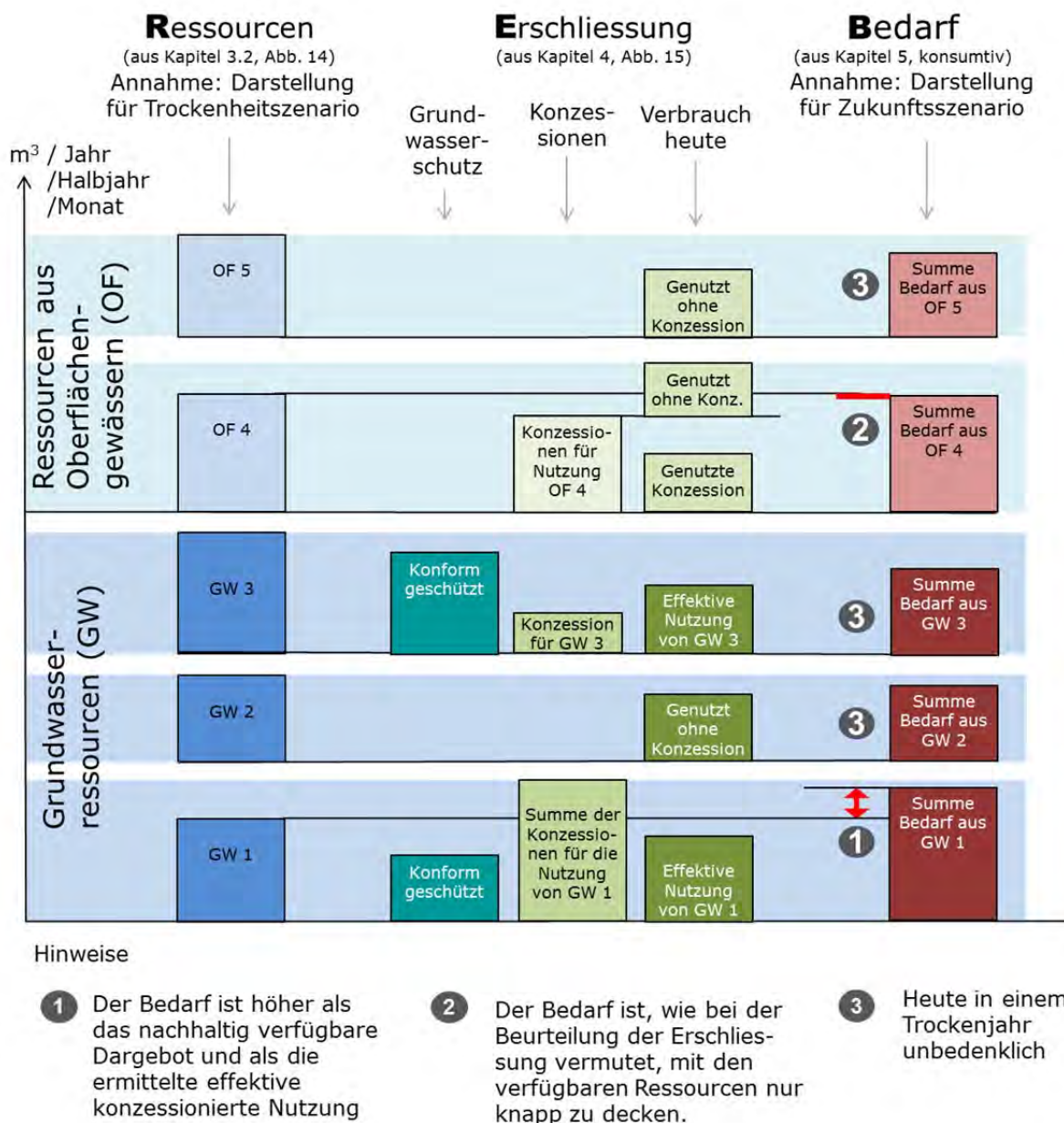
Die Resultate aus den Kapiteln 3, 4 und 5 für den Wasserbedarf ohne Rückgabe werden zu einer Synthese zusammengefasst, welche die Zusammenhänge zwischen Ressource, Erschliessung und Bedarf im Bilanzierungsraum darstellt.

#### Resultate

Die Resultate sind von der Datenverfügbarkeit und dem vorhandenen Wissen abhängig. Im Idealfall kann alles quantifiziert werden. Dann nimmt die Synthese die Form eines „REB-Diagramms“ wie in der [Abbildung 16](#) an.

Je nach Bedarf werden mehrere „REB-Diagramme“ pro Bilanzierungsraum erstellt, nämlich:

- mit den jeweils im Bilanzierungsraum relevanten zeitlichen Auflösungen (Jahr, Jahreszeit, Monat) und
- für die Situation heute in einem Trockenjahr und für die betrachteten Zukunftsszenarien gemäss Kapitel 1.5.



**Abbildung 16: Synthese der Situationsanalyse für den Wasserbedarf ohne Rückgabe in Form eines „REB-Diagramms“**

### Verwendung der „REB-Diagramme“

Mit der Analyse der „REB-Diagramme“ kann die Ausprägung der untersuchten Problemfelder für die konsumtiven Nutzungen (ohne Rückgabe) gemäss Kapitel 2.2.3 quantifiziert und präziser beurteilt werden.

Der daraus abgeleitete Handlungsbedarf gemäss Kapitel 2.3.2 kann somit fundierter begründet werden. Die Karten für die entsprechenden Problemfelder nach Kapitel 2.4 können angepasst werden.

## 6.2 Synthese der Nutzungen mit Rückgabe (nicht konsumtiv)

### Leitfragen

Welche Schlussfolgerungen können für die Nutzungen mit Rückgabe (= nicht konsumtive oder nicht verbrauchende Nutzungen) gezogen werden?

Wo können Überlagerungen von Nutzungen zu Konkurrenzsituationen führen?

### Vorgehen:

Die Resultate aus den Kapiteln 3, 4 und 5 werden zu einer Synthese zusammengefasst, welche die Situation der Wassernutzungen mit Rückgabe aufzeigt.

Da die Nutzungen mit Rückgabe nicht in ein „REB-Diagramm“ zusammengefasst werden können wird vorgeschlagen, die Synthese mittels Tabellen und Karten oder vereinfachten Skizzen mit einer Übersicht über die relevanten Wassernutzungen mit Rückgabe zu erstellen.

Diese tabellarisch-kartographischen Informationen werden ergänzt mit der Angabe, wo diese Nutzungen allenfalls untereinander oder mit einer verbrauchenden Nutzung (ohne Rückgabe) in Konflikt treten, sowie mit Erläuterungen.

### Resultat

Die Erläuterungen, Tabellen und Karten der Synthese dienen der Bestätigung oder Präzisierung des Handlungsbedarfs nach Kapitel 2.3.2. Die Karten für die entsprechenden Problemfelder nach Kapitel 2.4 werden sinngemäss angepasst.

Auf dieser Grundlage – zusammen mit den Schlussfolgerungen aus den „REB-Diagrammen“ – wird die Wasserknappheitshinweiskarte nach Kapitel 2.4 angepasst. Sie dient als Grundlage, um einen Entscheid über die Auslösung einer Wasserressourcenplanung oder -Bewirtschaftung in den Bilanzierungsräumen mit hohem Handlungsbedarf zu fällen.

## Nächste Schritte

Das Vorgehen für eine Wasserressourcenplanung oder –Bewirtschaftung in den Bilanzierungsräumen mit hohem Handlungsbedarf wird in einem weiteren Expertenbericht im Auftrag des BAFU [0.1] beschrieben.

Bern, 22. April 2016  
OC/whs/gan

integralia  
Wasser · Projekte · Menschen

**INTEGRALIA AG**  
Tscharnerstrasse 11  
3007 Bern

**HUNZIKER BETATECH**

**Hunziker Betatech AG**  
Jubiläumsstrasse 93  
3005 Bern





---

## Verzeichnis der Anhänge

### Anhang

#### Nr. Titel / Inhalt

- a)** Literaturverzeichnis
- b)** Definition oder Erklärung wichtiger Begriffe
- c)** National verfügbare und gesetzlich vorgeschriebene Datengrundlagen
- d)** Karten der Niederschlagsanomalien 1976-2015
- e)** Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen
- f)** Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern
- g)** Inventar der Trinkwasserfassungen als Grundlage regionaler Planungen
- h)** Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung von Wasserressourcen
- i)** Ermittlung des Wasserbedarfs aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen
- j)** Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft
- k)** Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneidung
- l)** Einfache kantonale Anwendungsbeispiele



## Anhang a) Literaturverzeichnis

### Kapitel 0

- [0.1] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (in Erarbeitung): *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Grundlagen für eine regionale Wasserressourcenplanung*
- [0.2] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2015): *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Umgang mit Wasserressourcen in Ausnahmesituationen.*
- [0.3] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2012). *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder.* Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. BAFU. Bern. 64 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [0.4] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2014). *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014 – 2019.* Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. BAFU. Bern. 100 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01762/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [0.5] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2012). *Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz* Bericht des Bundesrates zum Postulat „Wasser und Landwirtschaft. Zukünftige Herausforderungen“ (Postulat 10.3533 von Nationalrat Hansjörg Walter vom 17. Juni 2010) . BAFU. Bern. 88 S.  
<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/28597.pdf> (25.11.2015)
- [0.6] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2014). *Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen.* BAFU, UW Nr. 1404. Bern. 116 S  
<http://www.bafu.admin.ch/uw-1404-d> (25.11.2015)
- [0.7] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2014): *Sichere Wasserversorgung 2025. Ziele und Handlungsempfehlungen.* BAFU, Bern, 8 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01764/index.html?lang=de> (25.11.2015)

### Kapitel 1

- [1.1] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2012). Einzugsgebietsmanagement. Anleitung für die Praxis zur integralen Bewirtschaftung des Wassers in der Schweiz. BAFU. UW Nr. 1204. Bern  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01652/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [1.2] Staatsrat, Kanton Fribourg (2013): Umsetzung des kantonalen Gewässergesetzes. Amt für Umwelt, Tiefbauamt Kanton Fribourg.  
[https://www.fr.ch/sen/files/pdf56/eaux\\_bulletin\\_2013\\_de.pdf](https://www.fr.ch/sen/files/pdf56/eaux_bulletin_2013_de.pdf) (25.11.2015)
- [1.3] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (2012). *Auswirkung der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer.* Synthesebericht zum Projekt „Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz“ (CCHydro). UW Nr. 1217. Bern, 76 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01670/index.html?lang=de> (25.11.2015)

- [1.4] OCCR; FOEN; MeteoSwiss; C2SM; Agroscope; ProClim Hrsg. (2014): *CH2014 – Impacts. Toward quantitative scenarios of climate change impacts in Switzerland*. Bern. 140 S.  
[http://www.ch2014-impacts.ch/res/files/CH2014-Impacts\\_report.pdf](http://www.ch2014-impacts.ch/res/files/CH2014-Impacts_report.pdf) (25.11.2015)
- [1.5] MeteoSchweiz Hrsg. (2014). *Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht*. Fachbericht MeteoSchweiz. Nr. 243. 36 S. Bern.  
<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/30018.pdf> (25.11.2015)
- [1.6] Leitungsgruppe NFP 61 (2015): *Nachhaltige Wassernutzung in der Schweiz – NFP 61 weist Wege in die Zukunft*. Gesamtsynthese im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramm NFP 61 „Nachhaltige Wassernutzung“, Bern, 124 S.  
<http://vdf.ch/nachhaltige-wassernutzung-in-der-schweiz.html> (24.04.2016)

### Kapitel 3

- [3.1] Björnson Gurung, A.; Stähli, M. (2014): *Wasserressourcen in der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und Morgen*. Thematische Synthese 1 im Rahmen des NFP61, Bern, 74 S.  
[http://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/medienmitteilungen/mm\\_141106\\_nfp61\\_thematische\\_synthese\\_1\\_d.pdf](http://www.snf.ch/SiteCollectionDocuments/medienmitteilungen/mm_141106_nfp61_thematische_synthese_1_d.pdf) (24.04.2016)

### Kapitel 5

- [5.1] Freiburghaus, M. (2015): *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt*. AQUA & GAS N°3  
[http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW\\_Wasserverbrauch\\_Haushalt\\_AeG\\_3\\_2015.pdf](http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf) (25.11.2015)
- [5.2] Fuhrer, J.; Jasper, K. (2009): *Bewässerungsbedürftigkeit in der Schweiz*. Bericht Agroscope, S. 74  
[http://suissemelio.ch/files/aktuell/2010/Schlussbericht\\_BB-CH.pdf](http://suissemelio.ch/files/aktuell/2010/Schlussbericht_BB-CH.pdf) (25.11.2015)
- [5.3] Smith P.C.; Calanca P; Fuhrer J. (2012): *A Simple Scheme for Modeling Irrigation Water Requirements at the Regional Scale Applied to an Alpine River Catchment*: Water, 4, 869-886: doi:10.3390/w4040869
- [5.4] Meteoschweiz, BWG, BUWAL (2004): *Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 369: S.178 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00533/index.html?lang=de> (24.04.2016)
- [5.5] Escher, M., & Büsser, P. (2013). *Bachforellen in der Schweiz - Einfluss der Temperatur*. Zwischenbericht.  
[http://www.111er-club.ch/fileadmin/user\\_upload/Galerie/2013/GV\\_Unterwasser/Zwischenbericht\\_Temp\\_Buesser-Escher\\_Kurzversion\\_05\\_06\\_2013.pdf](http://www.111er-club.ch/fileadmin/user_upload/Galerie/2013/GV_Unterwasser/Zwischenbericht_Temp_Buesser-Escher_Kurzversion_05_06_2013.pdf) (25.11.2015)

## LITERATUR ANHANG

### Anhang e) Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen

- [e.1] Astrid Björnsen Gurung und Manfred Stähli: *NFP 61 Nachhaltige Wassernutzung – Thematische Synthese 1. Wasserressourcen der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen*, 2014.
- [e.2] BAFU: *Grundwasserschutzzonen bei Lockergesteinen – Ein Modul der Vollzugshilfe Grundwasserschutz*, Umwelt-Vollzug Nr. 1207, 2012.
- [e.3] D. Hunkeler, C. Möck, D. Käser, und P. Brunner: *Klimaeinflüsse auf Grundwassermengen*, Aqua & Gas, N° 11/2014, S. 43–49, 2014.
- [e.4] HOLINGER AG: *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 1 (Arlesheim) - Leitbild und Massnahmenplanung*. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung, 2013.
- [e.5] BAFU: *Grundlagen für die Wasserversorgung 2025 – Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen*, Umwelt-Wissen Nr. 1404, 2014.

### Anhang f) Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern

- [f.1] UNA, Atelier für Naturschutz und Umweltfragen (in Erarbeitung): *Gefährdung der gewässergebundenen Biodiversität in Trockenheitsperioden. IST-Zustand und Trendaussagen für das Smaragdgebiet Oberaargau*.
- [f.2] Reynard, E.; Graefe, O.; Rist, S.; Schaedler, B.; Schneider, F.; Weingartner, R. (2013): MONTANAQUA. Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l’eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais). Résultats finaux et recommandations. Publikation Gewässerkunde 600, Bern.( provisorische Abb. Aus Teilsynthese 1 NFP 61  
[http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61\\_thematische\\_synthese\\_1\\_d.pdf](http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_1_d.pdf)) (25.11.2015)
- [f.3] Umwelt und Energie Kanton Luzern (2013): *Wasserentnahmen aus Gewässern ohne feste Einbauten*. Merkblatt.
- [f.4] BUWAL (2004): *Restwassermengen – Was nützen sie dem Fliessgewässer?* Schriftenreihe Umwelt Nr. 358.
- [f.5] Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern Hrsg. (2004): *Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern. Sicherung der Mindestrestwassermengen*.  
[http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wassernutzung/wasserentnahmen/landwirtschaftlichebewaesserung.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Brosch%C3%BCre\\_Wasserentnahme%20Oberfl%C3%A4chengew.pdf](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wassernutzung/wasserentnahmen/landwirtschaftlichebewaesserung.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Brosch%C3%BCre_Wasserentnahme%20Oberfl%C3%A4chengew.pdf) (25.11.2015)

- [f.6] BUWAL (2000): *Wegleitung Angemessenen Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?* Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00402/?lang=de> (25.11.2015)
- [f.7] BUWAL (1997): *Restwassermengen in Fliessgewässern. Wasserentnahmen, die insbesondere der Bewässerung dienen.* Mitteilungen zum Gewässerschutz. Nr. 24. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00362/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [f.8] Geoportal des Kantons Bern: Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern.  
[http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com\\_easysdi\\_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cfe4&lang=de](http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com_easysdi_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cfe4&lang=de)
- [f.9] BAFU 2011: Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01607/index.html?lang=de>

#### **Anhang h) Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung von Wasserressourcen**

- [h.1] Kanton Schaffhausen Hrsg. (2009): *Wasservirtschaftsplan Teil Klettgau.*  
[http://www.interkantlab.ch/fileadmin/filessharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP\\_Klettgau.PDF](http://www.interkantlab.ch/fileadmin/filessharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP_Klettgau.PDF) (25.11.2015)
- [h.2] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2012): *Wassernutzung im Thurgau.*  
[http://www.umwelt.tg.ch/documents/Wassernutzung\\_im\\_TG.pdf](http://www.umwelt.tg.ch/documents/Wassernutzung_im_TG.pdf)
- [h.3] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2011): *Trinkwasser im Thurgau.*  
[http://www.umwelt.tg.ch/documents/Trinkwasser\\_im\\_Thurgau.pdf](http://www.umwelt.tg.ch/documents/Trinkwasser_im_Thurgau.pdf)

#### **Anhang i) Ermittlung des Wasserbedarfs aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen**

- [i.1] Freiburghaus, M. (2015): *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt.* AQUA & GAS N°3  
[http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW\\_Wasserverbrauch\\_Haushalt\\_AeG\\_3\\_2015.pdf](http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf) (25.11.2015)
- [i.1] AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern Hrsg. (2011): *Generelle Wasserversorgungsplanung GWP - Wegleitung 2011.*  
[http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung\\_gwp.assetref/content/dam/documents/BVE/AWA/de/SWW\\_WV/2011\\_GWP\\_Leitfaden\\_dt.pdf](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung_gwp.assetref/content/dam/documents/BVE/AWA/de/SWW_WV/2011_GWP_Leitfaden_dt.pdf) (25.11.2015)



- [i.2] Lebensmittelministerium Österreich (2010): *Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.  
<https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:00070937-0320-4544-b6a4-320325dcfd86/Wasserverbrauch%20Wasserbedarf%20Literaturstudie.pdf>  
(22.04.2016)[http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft\\_wasserpolitik/wasserverbrauch\\_und\\_wasserbedarf.html](http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasserverbrauch_und_wasserbedarf.html)
- [i.3] Scheele, U.; Malz S. (2004): *Wassernutzung und Eingriffe des Menschen in den Wasserhaushalt*. in: Lozán J. L., Graßl H., Huper P., Menzel L., Schönwiese C.-D. (Hrsg.) 2004, Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?, S. 91-95.  
[http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user\\_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf](http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf) (25.11.2015)
- [i.4] DVGW (Hrsg.) 2008: *Arbeitsblatt W410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen*.
- [i.5] Lebensmittelgesetzgebung: Relevant bzgl. Trinkwasserversorgung:  
Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (817.0)  
Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung vom 23. November 2005 (LGV) (817.02)  
Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (817.021.23)  
Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über Trink-, Quell- und Mineralwasser (817.022.102)
- [i.6] Holinger (2014): *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 3 (Sissach)*. Situationsanalyse. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung.  
[http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung\\_region-3\\_situationsanalyse.pdf](http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung_region-3_situationsanalyse.pdf) (25.11.2015)

## **Anhang j) Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft**

- [j.1] C2SM; MeteoSwiss; ETH; NCCR Climate; OcCC (2011): *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*, Zürich. 88 S.
- [5.3] Smith, P.C. ; Calanca, P. ; Fuhrer, J. (2012): *A simple scheme for modeling irrigation water requirements at the regional scale applied to an alpine river catchment*. Water, 4, S. 869-886.
- [j.2] Smith P.C., Heinrich G., Suklitsch M., Gobiet A., Stoffel M., Fuhrer J. (2014): *Station-scale bias correction and uncertainty analysis for the estimation of irrigation water requirements in the Swiss Rhone catchment under climate change*. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-014-1263-4.
- [j.3] Allen, R.G. ; Pereira, L.S. ; Raes, D. ; Smith, M. (1998): *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rom. 300 S.
- [j.4] Fuhrer, J.; Smith, P.C. (2015): *Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft*: Agroscope im Auftrag des Kantons Basel-Landschaft, 28 S.

## **Anhang k) Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneigung**

- [k.1] BFE Bundesamt für Energie Hrsg. (2009). Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und Potentiale für Energieoptimierung. Schlussbericht.  
<http://www.seilbahnen.org/de/index.php?section=downloads&category=68> (25.11.2015)
  
- [k.2] Teich, M.; Lardelli, C.; Bebi, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 S.  
[www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf](http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf) (25.11.2015)
  
- [k.3] Weingartner, R.; Schädler, B. Reynard, E.; Bonriposi, M. Graefe, O.; Herweg, K.; Homewood, C.; Huss, M.; Kauzlaric, M.; Liniger, H.; Rey, E.; Rist, St.; Schneider, F.: (2013). MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, Bern.  
[http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014\\_MontanAqua\\_Forschungsbericht\\_NFP-61\\_D.pdf](http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014_MontanAqua_Forschungsbericht_NFP-61_D.pdf) (25.11.2015)

## **Anhang l) Einfache kantonale Anwendungsbeispiele**

- [l.1] INTEGRALIA und Hunziker Betatech (2015). *Wasserknappheit im Kanton Bern bei Trockenheit, Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf, Pilotanwendung des Expertenberichtes zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz [...]*. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA). Bern. 34 S. + 56 S. Anhang. Unveröffentlichter Bericht
  
- [l.2] INTEGRALIA (2015). Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV), Projekt Wasserknappheitskarten Vierwaldstättersee, *Dokumentation des 2. Workshops*. Bern. 9 S. + 24 S. Beilagen. Unveröffentlichtes Arbeitsdokument

## **ANHANG b) Definition oder Erklärung wichtiger Begriffe**

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Definition oder Erklärung wichtiger Begriffe – <i>Termes importants</i></b>	<b>2</b>

### **1 Ziele des Anhangs**

Dieser Anhang verfolgt zwei Ziele:

- Er fasst die wichtigsten Begriffe zusammen, welche im Bericht vorkommen oder im Bericht eine ganz spezifische Bedeutung haben und definiert oder erklärt sie.
- Er gibt deren französische Übersetzung.

## 2 Definition oder Erklärung wichtiger Begriffe – *Termes importants*

Begriff	Definition oder Erklärung	Terme
Ausprägung	Die <b>Ausprägung</b> gibt an, wie schlimm das Wasserknappheitsproblem eines bestimmten Problemfeldes ist, wie gravierend es sich in einem bestimmten Bilanzierungsraum auswirkt. Die Ausprägung wird mittels einer Skala ermittelt: siehe Beispiel in der <b>Abbildung 8</b> des Berichtes. Die Ausprägung fliesst direkt in die Bewertung des Handlungsbedarfs ein.	<i>Gravité</i>
Bilanzierungsraum	Der <b>Bilanzierungsraum</b> ist in der Regel ein ober- und/oder unterirdisches Gewässereinzugsgebiet, innerhalb deren Grenzen eine Situationsanalyse und Bilanz zwischen nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen und Wasserbedarf gemäss den Vorgaben des vorliegenden Berichtes erfolgt. Die Bilanzierungsräume resultieren aus der Aufteilung des Kantons gemäss Hinweise des Kapitels 1.4.	<i>Bassin à évaluer</i>
[integrales] Einzugsgebietsmanagement (IEM)	Ganzheitliche, intersektorale Betrachtung eines Einzugsgebietes (meistens eines Gewässers). Auch „integrales Einzugsgebietsmanagement“ (IEM) genannt. siehe [1.1] für eine abschliessende Definition und Anweisungen zur Vorgehensweise.	<i>Gestion [intégrée] par bassin versant (GIB)</i>
Handlungsbedarf	In diesem Bericht zeigt dieser Begriff an, wie hoch der Bedarf nach der Erarbeitung einer regionalen Wasserressourcenplanung bzw. -Bewirtschaftung in einem Bilanzierungsraum ist. Der <b>Handlungsbedarf</b> wird mittels einer Matrix beurteilt: siehe <b>Abbildungen 9</b> und <b>10</b> im Bericht.	<i>Besoin d'agir</i>
Konsumtive und nicht konsumptive Wassernutzung	Beim Thema Wasserknappheit muss zwischen konsumtiver Wassernutzung (Wasserverbrauch) und nicht konsumtiver Wassernutzung (Wassergebrauch) unterschieden werden: <b>Konsumtive Wassernutzungen</b> verbrauchen Wasser, d.h. es erfolgt eine Verringerung des verfügbaren Wassers im Gewässer (z.B. Entnahme aus Oberflächengewässern und Grundwasser für die Trinkwasserversorgung und Bewässerung). <b>Nicht konsumtive Wassernutzungen:</b> das Wasser wird genutzt, es erfolgt aber keine Verringerung des verfügbaren Wassers im Gewässer (z.B. Laufwasserkraftwerke).	<i>Consommation d'eau (sans restitution)</i>  <i>Utilisation de l'eau (avec restitution)</i>
Nachhaltig verfügbare Grundwasserressource	Die Definition von „ <b>nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen</b> “ geht aus <b>Anhang e)</b> hervor. Kurz zusammengefasst: Quantitativ betrachtet man in der Schweiz die Wassernutzung als nachhaltig, solange die Nutzung die erneuerbaren Wasserressourcen nicht übersteigt. Ziel der nachhaltigen Wassernutzung ist die Erhaltung der wesentlichen Eigenschaften der Ressource Wasser, ihrer Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit.	<i>Ressources en eaux souterraines durablement disponibles</i>
Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern	<b>Anhang f)</b> führt die gesetzlichen Rahmenbedingungen und weiterführende fachliche Kriterien auf, wie die nachhaltig verfügbaren Ressourcen aus Oberflächengewässern zu bestimmen sind. Der Anhang zeigt, dass es für die Umsetzung dieser Bestimmungen mehrere Ansätze geben kann.	<i>Ressources en eaux de surface durablement disponibles</i>

Begriff	Definition oder Erklärung	Terme
Ökologie der Gewässer	Im Bericht umfasst die <b>Ökologie der Gewässer</b> auch die gewässer-gebundene Biodiversität der angrenzenden Gebiete.	<i>Écologie des eaux</i>
Öffentliche Wasserversorgung	Unter der <b>öffentlichen Wasserversorgung</b> werden alle Wasserversorgungen verstanden, welche im öffentlichen Interesse stehen. Fassung der öffentlichen Wasserversorgung müssen bundesrechtskonform geschützt werden.	<i>Approvisionnement en eau public</i>
Private Wasserversorgung	Unter <b>privater Wasserversorgung</b> werden alle Eigenversorgungen verstanden, welche nicht im öffentlichen Interesse stehen. Diese Fassungen müssen nicht zwingend bundesrechtskonform geschützt sein.	<i>Approvisionnement en eau privé</i>
Problemfeld	In diesem Bericht gelten als <b>Problemfelder</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Konflikte zwischen der Nutzung des Wassers und der Nachhaltigkeit der Grundwassernutzung (z.B. Übernutzungen)</li> <li>Konflikte zwischen der Nutzung des Wassers und der Ökologie der Oberflächengewässer</li> <li>Überlagerungen von Nutzungen, welche zu Konkurrenzsituationen führen können</li> </ul> Eine – nicht abschliessende – Übersicht über die häufigsten identifizierten Problemfelder bei Trockenheit ist in der <b>Abbildung 5</b> des Berichtes gegeben.	<i>Problème (ou type de problème)</i>
Relevanz	Die <b>Relevanz</b> gibt an, wie wichtig ein bestimmtes Problemfeld für die Bewertung des Handlungsbedarfs in einem Bilanzierungsraum ist. Die Relevanz wird mittels einer Relevanzskala ermittelt: siehe Beispiel in der <b>Abbildung 7</b> des Berichtes. Sie fliesst direkt in die Bewertung des Handlungsbedarfs ein.	<i>Pertinence</i>
Trockenheit	<b>Trockenheit</b> als hydrometeorologisches Phänomen beschreibt die temporäre Abnahme der Wasserverfügbarkeit z. B. durch ein Niederschlagsdefizit und erhöhte Verdunstung. Trockenheit kann ein wichtiger Auslöser von Wasserknappheit sein, ist aber nicht der einzige.	<i>Sécheresse</i>
Wasserknappheit	Der Bundesratsbericht zum Postulat Walter [3] definiert <b>Wasserknappheit</b> als ein wasserwirtschaftliches Phänomen, bei dem ein Ungleichgewicht zwischen den verfügbaren Wasserressourcen (Dargebot) und dem Wasserbedarf (Wassernutzungen, Ökosysteme) besteht. Bei Wasserknappheitssituationen können die verfügbaren Wasserressourcen den Wasserbedarf zumindest temporär nicht decken. Wasserknappheit als zeitlich begrenztes Phänomen tritt in der Schweiz vor allem auf lokaler Ebene auf. Die Methode des Berichtes schlägt die Erstellung einer kantonalen Wasserknappheits-Hinweiskarte vor: siehe <b>Abbildung 11</b> .	<i>Pénurie d'eau</i>





## **Anhang c)**

### **Hinweise auf national verfügbare Datengrundlagen und Hilfsmittel**

<b>1</b>	<b>Übergeordnete Plattformen</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Ressourcen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Erschliessung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Wasserbedarf</b>	<b>4</b>

## 1 Übergeordnete Plattformen

Geoportal des Bundes  
<https://map.geo.admin.ch>

GEWISS, Gewässerinformationssystem der Schweiz (u.a. vorprozessierte Einzugsgebiete für beliebige Teileinzugsgebiete zur Festlegung der Bilanzierungsräume) → integriert in das Geoportal des Bundes

Web-GIS des BAFU  
<https://map.bafu.admin.ch/>

Geographic Catalogue: Metadatenbank für Geoinformationen  
<http://www.geocat.ch>

Swiss Karst Management (NFP61-Projekt, 3D-Datengrundlagen Karst)  
<http://swisskarst.ch/index.php/de/>

Klimaatlas der Schweiz und verschiedenste Produkte MeteoSchweiz  
<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/atlas/clima.html>  
<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home.html?tab=overview>

Bundesamt für Statistik  
<http://www.bfs.admin.ch/>

Plattform Trockenheit (NFP61-Projekt, Hintergrundinformationen und Vorhersage, inkl. Ariditätsindex 1980-2009 im Sinne einer einfachen Wasserbilanz P-E wurde berechnet, Rasterdatenformat)  
[www.drought.ch/](http://www.drought.ch/)

Swissfire – die schweizerische Waldbranddatenbank  
[http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/wsl\\_waldbranddatenbank/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/wsl_waldbranddatenbank/index_DE)

## 2 Ressourcen

HADES, Hydrologischer Atlas der Schweiz

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15008/index.html?lang=de>

Einzugsgebietsgliederung

<http://www.bafu.admin.ch/ezgg-ch>

swissTLM3D: Gewässernetz der Schweiz

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/swissTLM3D.html>

Fliessgewässertypisierung der Schweiz:

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15017/index.html?lang=de>

Niedrigwasser-Datenbank NQStat:

[http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13494/15079/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t%2CInp6lONTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCEdn97gGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13494/15079/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t%2CInp6lONTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCEdn97gGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)

Mittlere monatliche und jährliche Abflüsse sowie Abflussregimetyphen im Rasterformat

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13496/15015/index.html?lang=de>

Abflussmodellierungen mit Klimaszenarien des Projekts CCHydro

<https://hydro.slf.ch/sihl/cchydro/#>

Daten der Klimafolgestudien von CH2014-Impacts

[www.ch2014-impacts.ch](http://www.ch2014-impacts.ch)

Hydrogeologische Karten Hydrogeologische Karten, digital, sowie 1:100'000 & 1:500'000

<http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07508/07704/index.html?lang=de>

Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA:

<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14992/index.html?lang=de>

Grundwasserkörper Schweiz (verfügbar in den Kantonen, landesweit beim BAFU)

Typisierung der Grundwasserregimetyphen:

[http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14974/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6lONTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGeYF9fGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A--](http://www.bafu.admin.ch/wasser/13465/13483/14974/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6lONTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGeYF9fGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--)

Bodeneignungskarten der Schweiz:

<http://www.blw.admin.ch/dienstleistungen/00334/00337/>

Typische Böden und Bodeneigenschaften der Schweiz:

[http://www.agroscope.admin.ch/systemes-cultures/02446/02478/index.html?lang=de#sprungmarke0\\_9](http://www.agroscope.admin.ch/systemes-cultures/02446/02478/index.html?lang=de#sprungmarke0_9)

### 3 Erschliessung

Gewässerschutzkarte und Wasserversorgungsatlas (vorhanden in den Kantonen gesetzlich vorgeschrieben)

Richtlinien und Regelwerke des SVGW  
<http://www.svgw.ch/index.php?id=4>

Bundesamt für Statistik, Bodennutzung und Bodenbedeckung (Arealstatistik und diverse Karten)  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/03.html>

### 4 Wasserbedarf

Trinkwasserstatistik des SVGW  
[www.svgw.ch](http://www.svgw.ch)

Wasserbedarf der Schweizer Wirtschaft  
[http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW\\_WasserbedarfWirtschaft\\_2009\\_HA\\_gwa\\_de.pdf](http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_WasserbedarfWirtschaft_2009_HA_gwa_de.pdf)

Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060  
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.html?publicationID=3989>

Bericht zum Stand der Bewässerung 2006  
<http://www.blw.admin.ch/themen/00010/00071/00230/index.html?lang=de>

Fuhrer 2010: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs in der Schweizer Landwirtschaft: Theoretischer Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft für die Periode 1980-2006 und in Extremjahren Jahren, Methodik und Gesamtsynthese (Datensatz im Rasterformat)  
<http://www.agroscope.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=de&aid=26436&pid=26884>

Ariditätsindex 1980-2009: Niederschlag-Evapotranspiration-Bilanz in Rasterkarte für die ganze Schweiz:  
[http://www.drought.ch/Klima/Ariditaet/index\\_DE](http://www.drought.ch/Klima/Ariditaet/index_DE)

Restwasserkarte 1:200'000, Datenabfrage zu Entnahmen und Rückgaben  
<http://www.bafu.admin.ch/wasser/13462/13494/15048/index.html?lang=de>

Wasserkraftstatistik WASTA  
[http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier\\_id=01049](http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=de&dossier_id=01049)

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (diverse Grundlagen)  
<http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Kraftwerkspark>

Inventar Wasserentnahmen INVENT, verfügbar unter: [map.bafu.admin.ch/](http://map.bafu.admin.ch/)

Bundesamt für Statistik: Bewässerung im Freiland in den Landwirtschaftsbetrieben, 2010  
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen\\_\\_quellen/blank/blank/bzs1z/01.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/bzs1z/01.html)

**Tabelle 1: Gesetzlich vorgeschriebene Daten der Kantone (Mindestanforderungen)**

GSchG	Art. 58 Abs. 2	Die Kantone erstellen ein Inventar über die Wasserversorgungsanlagen und Grundwasservorkommen auf ihrem Gebiet. Das Inventar ist öffentlich, soweit nicht Interessen der Gesamtverteidigung die Geheimhaltung erfordern.
GSchG	Art. 82	Die Kantone erstellen ein Inventar der bestehenden Wasserentnahmen.
GSchV	Art. 30	<p>Gewässerschutzkarten</p> <p>Die Kantone erstellen Gewässerschutzkarten und passen diese nach Bedarf an. Die Gewässerschutzkarten enthalten mindestens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. die Gewässerschutzbereiche;</li> <li>b. die Grundwasserschutzzonen;</li> <li>c. die Grundwasserschutzzonen;</li> <li>d. die Grundwasseraustritte, -fassungen und -anreicherungsanlagen, die für die Wasserversorgung von Bedeutung sind.</li> </ul> <p>Die Gewässerschutzkarten sind öffentlich zugänglich. Die Kantone stellen dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und den betroffenen Nachbarkantonen je ein Exemplar der Gewässerschutzkarten (einschliesslich der Änderungen) zu.</p>
GSchV	Art. 36-40	Präzisierungen zu den Angaben für das Inventar der Wasserentnahmen nach Art. 82 GSchG
VTN	Art. 8 (Verordnung der Trinkwasserversorgung in Notlagen)	<p>Wasserversorgungsatlas</p> <p>Die Kantone erstellen Inventare über Wasserversorgungsanlagen, Grundwasservorkommen und Quellen, die sich für die Trinkwasserversorgung in Notlagen eignen. Die Inventare enthalten insbesondere Angaben über:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ergiebigkeit und Qualität der Grundwasservorkommen und Quellen;</li> <li>b. laufende Brunnen;</li> <li>c. See- oder Flusswasserfassungen;</li> <li>d. Grundwasserpumpwerke;</li> <li>e. Grundwassernotbrunnen und -aufschlussbohrungen;</li> <li>f. Reservoir;</li> <li>g. Pumpwerke;</li> <li>h. hydraulische Widder;</li> <li>i. Leitungsnetze.</li> </ul> <p>Die Kantone tragen diese Angaben in die Blätter 1:25 000 der Landeskarte ein und führen die Eintragungen periodisch nach. Sie nummerieren und klassifizieren die Blätter nach den Richtlinien des Bundesamtes für Umwelt und stellen diese dem Bundesamt zu. Dieses leitet die Blätter an die übrigen betroffenen Kantone und an die interessierten Bundesstellen weiter.</p>
WRG	Art 29a	<p>Statistiken und Untersuchungen</p> <p>Der Bund erstellt in Zusammenarbeit mit den Kantonen die für den Vollzug dieses Gesetzes erforderlichen Statistiken. Er erstellt insbesondere Übersichten über bestehende Wasserkraftwerke sowie Wasserentnahmen und -rückgaben.</p>
LGeoIV	Art. 5 Abs. 1 Bst. b (Landesgeologieverordnung)	Die Landesgeologie stellt folgende geologische Daten und Informationen von nationalem Interesse bereit: <ul style="list-style-type: none"> <li>b. Vorkommen und Beschaffenheit von Grundwassergebieten</li> </ul>



## **Anhang d) Karten der Niederschlagsanomalien 1976 – 2015**

Ein Beitrag von MeteoSchweiz

Autoren: Dr. Simon Scherrer, Dr. Christophe Spirig

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs und Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Karten pro Saison und Jahr, für die Jahre 1976 – 2015</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Karten pro Monat, für die Trockenjahre 2003 und 2011</b>	<b>7</b>



## **1 Ziele des Anhangs und Einleitung**

Dieser Anhang wurde im Sinne eines „*Ereigniskatasters Trockenheit Schweiz*“ erstellt.

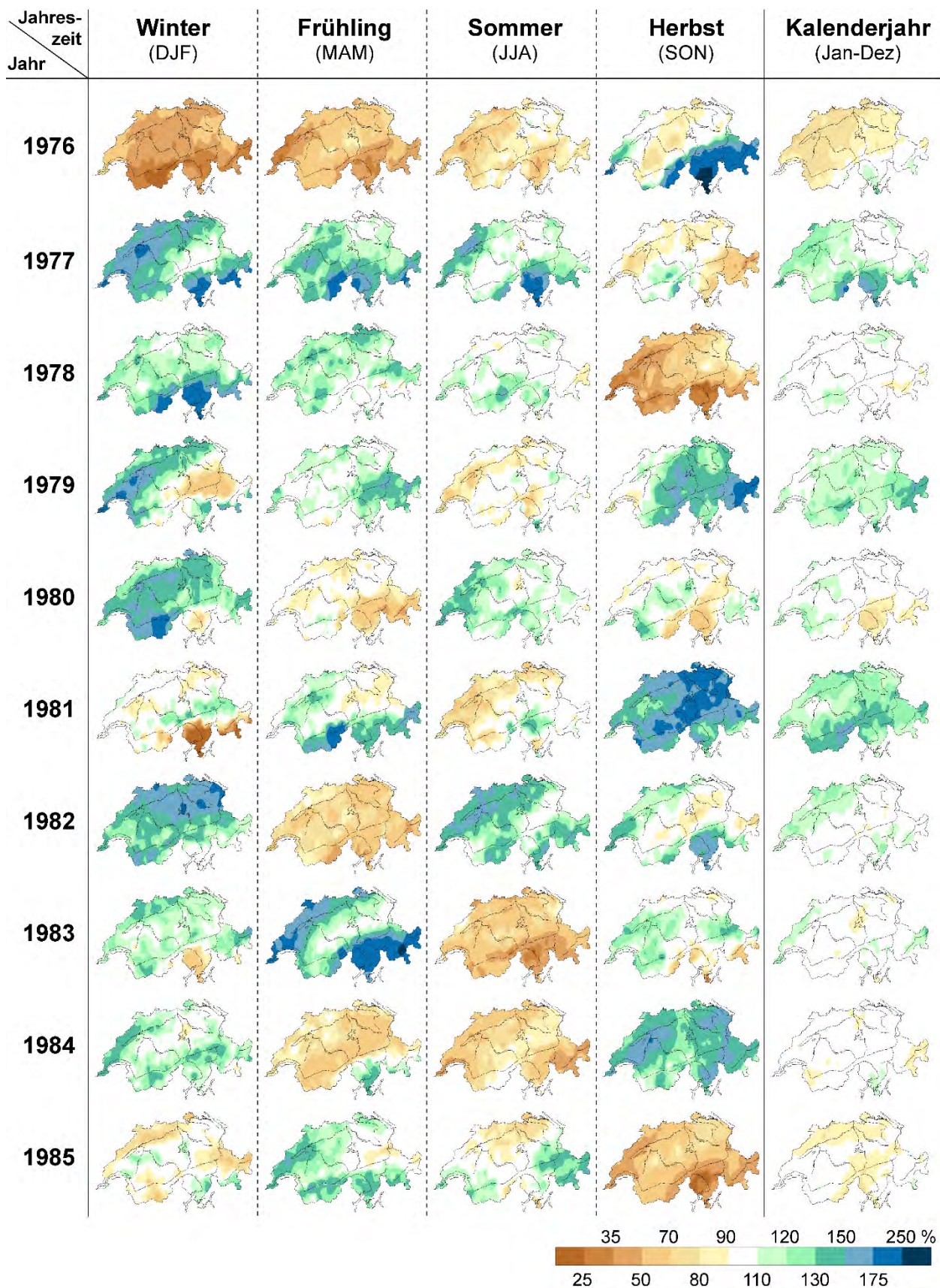
Es kann unter anderem als Unterstützung des Erfahrungs- und Ereignisbasierten Ansatzes dienen, wie er im Kapitel 1.5 des Berichtes vorgeschlagen wird.

Die Karten pro Saison und Jahr zeigen die Abweichungen der saisonalen und jährlichen Niederschläge vom Mittel 1961-1990 (Norm) in Prozent für die Jahre 1976 bis 1985.

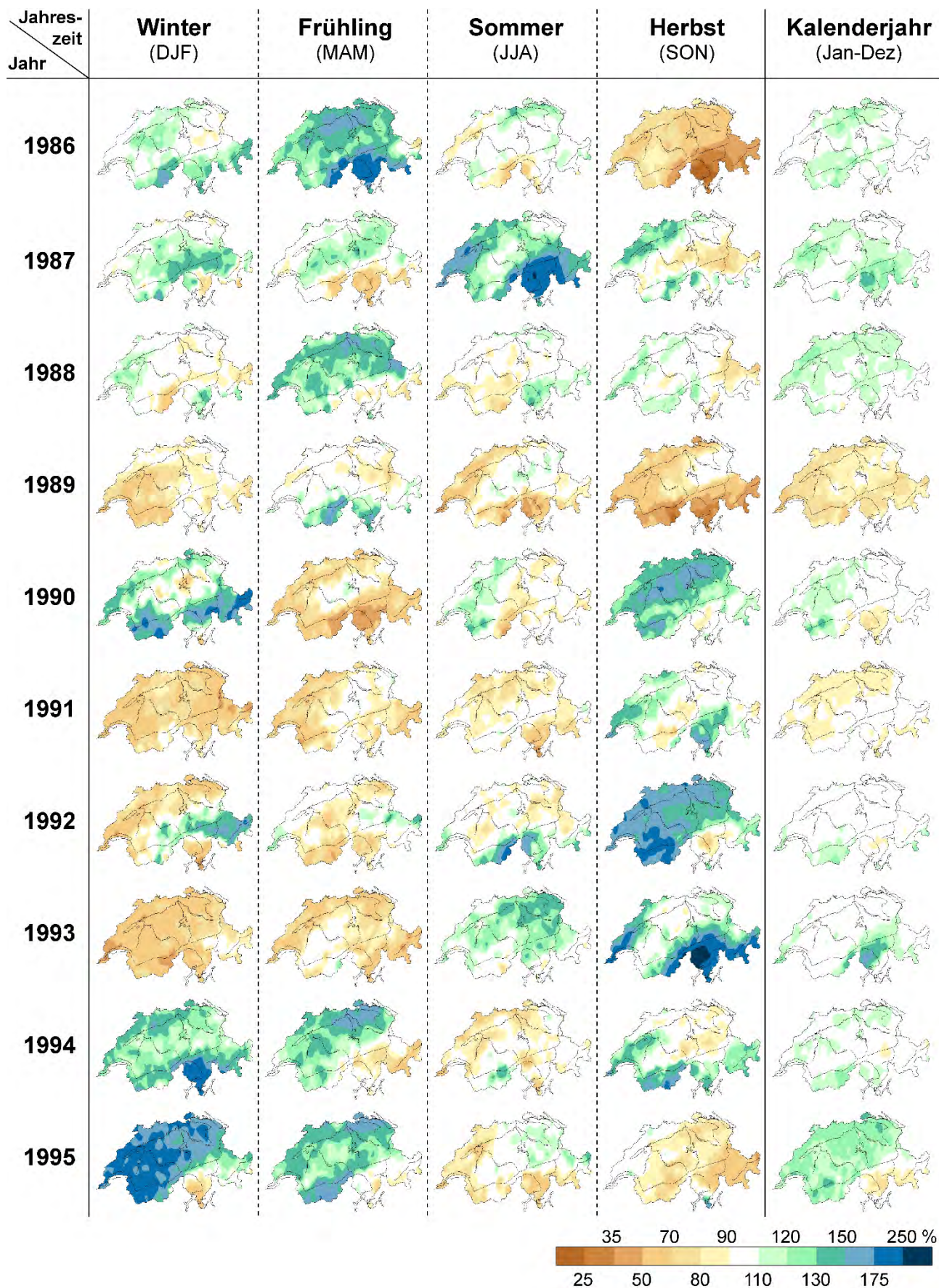
Für die Trockenjahre 2003, 2011 und 2015 werden zusätzlich auf den letzten Karten die einzelnen Monate gegeben.

Die Karten wurden durch MeteoSchweiz auf Anfrage des BAFU erstellt.

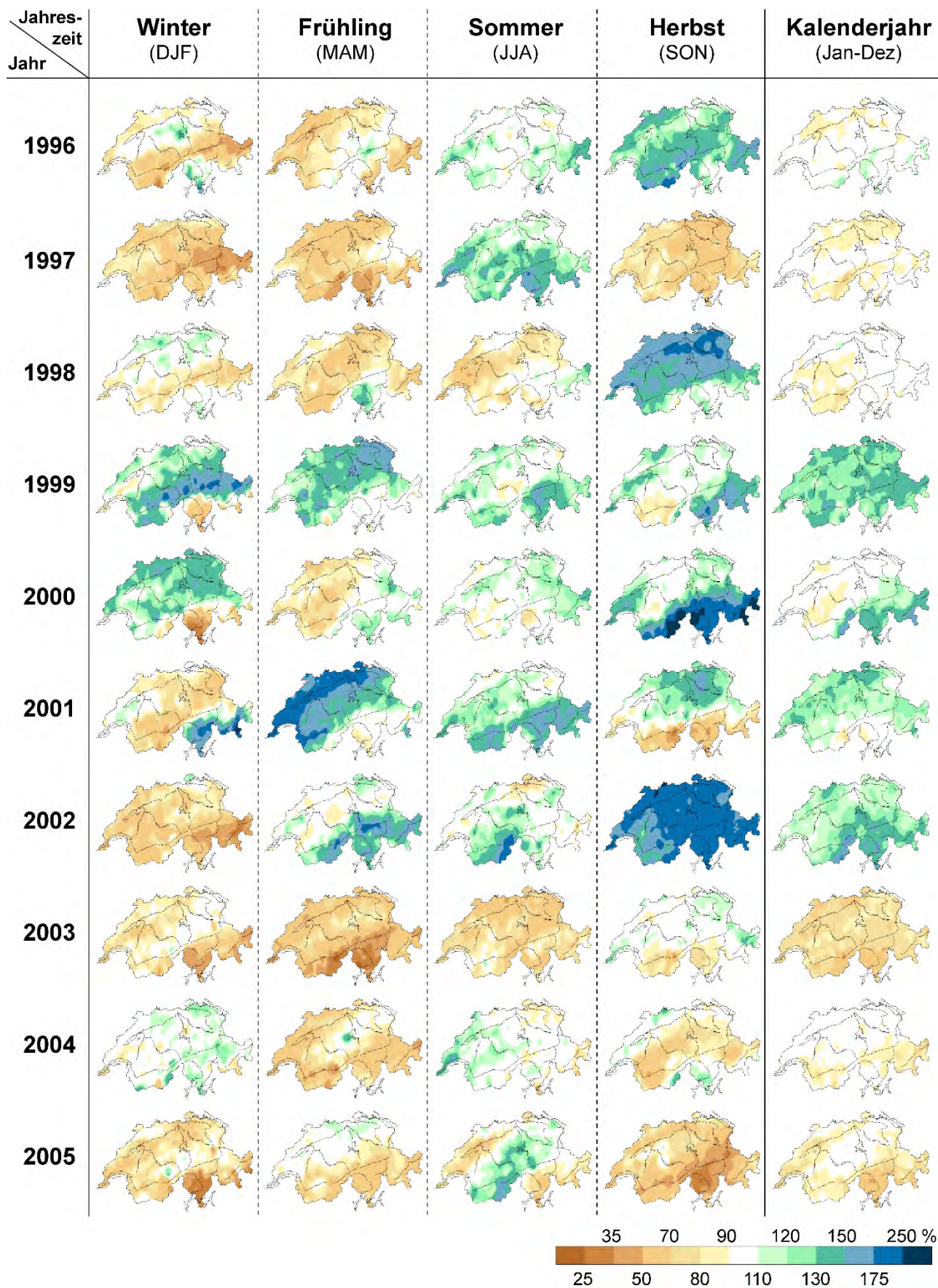
## 2 Karten pro Saison und Jahr, für die Jahre 1976 – 2015



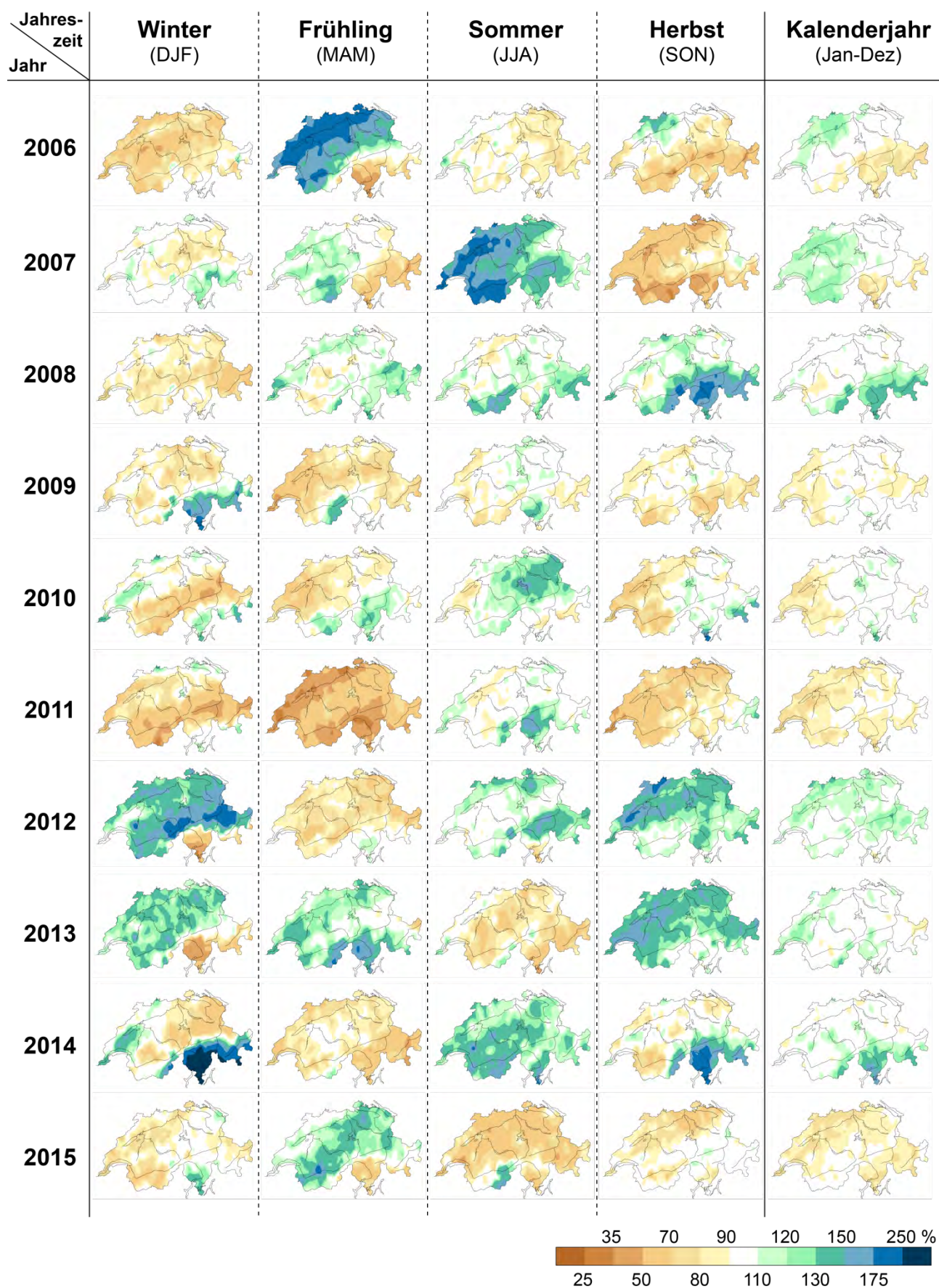






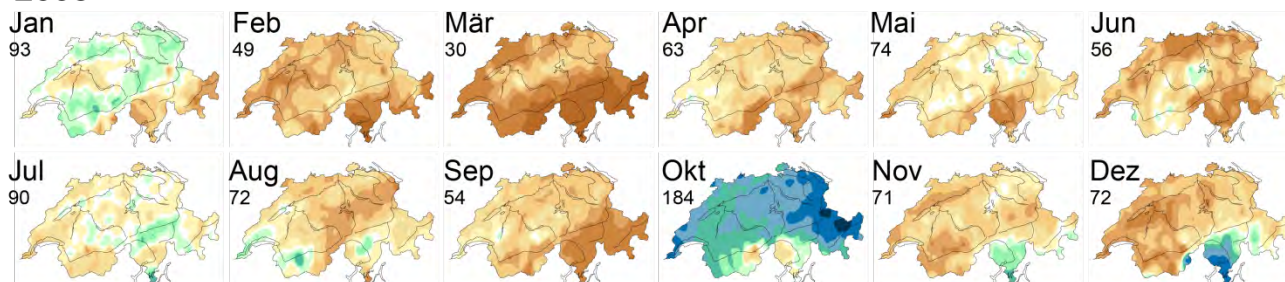




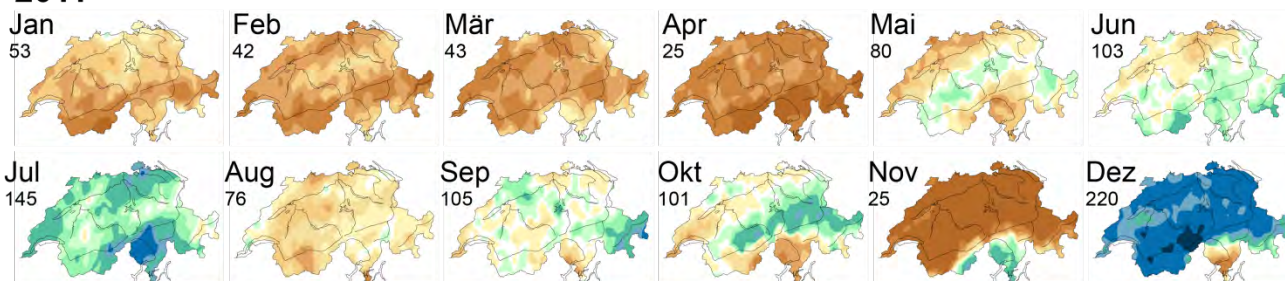


### 3 Karten pro Monat, für die Trockenjahre 2003, 2011 und 2015

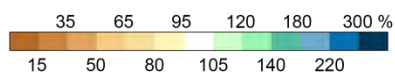
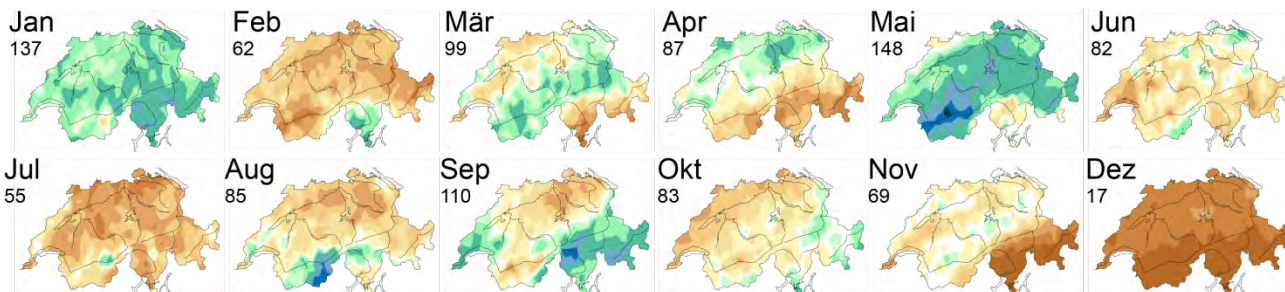
#### 2003



#### 2011



#### 2015







## **ANHANG e)**

### **Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen**

Ein Beitrag der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie SGH

Autoren: Olga Darazs / Eric Di Gioia / Michael Sinreich

Dieser Anhang ist eine Zusammenfassung des separat zur Verfügung gestellten Berichts der Arbeitsgruppe „Grundwasser als Element im integralen Wassermanagement“ der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie SGH: *Bases hydrogéologiques pour une gestion durable des eaux souterraines*, CSD Ingénieurs SA & SGH, 2015.

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Ergebnisse	2
<b>2</b>	<b>Definition von nachhaltiger Nutzung</b>	<b>3</b>
2.1	Nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen	3
2.2	Nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens	3
<b>3</b>	<b>Informationen und Instrumente</b>	<b>4</b>
3.1	Erforderliche Grundlagen	4
3.2	Erstellung Wasserbilanz	4
<b>4</b>	<b>Vorgehen zur Abschätzung einer nachhaltigen Nutzung</b>	<b>6</b>
4.1	Basiserhebung zur Anfälligkeit gegenüber Trockenheit	6
4.2	Detailstudie zur Nutzung bei Trockenheit	8
<b>5</b>	<b>Allgemeine Empfehlungen</b>	<b>10</b>
5.1	Monitoring / Auswertung historischer Daten	10
5.2	Identifizierung von Neubildungsflächen	10
5.3	Konzessionswassermenge für eine nachhaltige Nutzung	10
5.4	Prinzip der zwei Standbeine	10
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>11</b>

# **1 Ziele des Anhangs**

## **1.1 Leitfragen**

Wie ist der Begriff der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Nutzung von Grundwasserressourcen respektive eines Grundwasservorkommens über einen längeren Zeitraum, d.h. inklusive Trockenheitsperioden, zu definieren?

Welche Informationen und Instrumente werden für die Abschätzung des Grundwasserdargebots und als Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung benötigt?

Wie ist vorzugehen, um Grundwasservorkommen, die gegenüber Trockenheit anfällig sind, zu identifizieren und adäquat zu nutzen?

## **1.2 Ergebnisse**

In diesem Anhang werden die für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots relevanten Grundlagen und Instrumente zusammengestellt und beschrieben. Darauf aufbauend wird ein Vorgehen vorgeschlagen, mit dem sich zunächst gegenüber Trockenheit empfindliche Grundwasserressourcen identifizieren und klassieren lassen. Mittels einer zusätzlichen Detailstudie kann dann bestimmt werden, welche Wasserentnahmen zulässig sind, um eine nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens während einer Trockenperiode und längerfristig zu gewährleisten.

## 2 Definition von nachhaltiger Nutzung

### 2.1 Nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen

Eine Definition der nachhaltigen Nutzung von Wasserressourcen findet sich im Synthesebericht Nr. 1 des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 „Nachhaltige Wassernutzung“ [e.1]:

*„Quantitativ betrachtet man in der Schweiz die Wassernutzung als nachhaltig, solange die Nutzung die erneuerbaren Wasserressourcen nicht übersteigt. (...) Ob die Wassernutzung nachhaltig ist, kann allerdings nur unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten bestimmt werden. Für eine nachhaltige Wassernutzung reicht jedoch die ausschliessliche Betrachtung von Wasserverbrauch und -nutzung nicht aus. Neben gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ansprüchen gilt es, auch die ökologischen Ansprüche zu berücksichtigen. Ziel der nachhaltigen Wassernutzung ist die Erhaltung der wesentlichen Eigenschaften der Ressource Wasser, ihrer Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit.“*

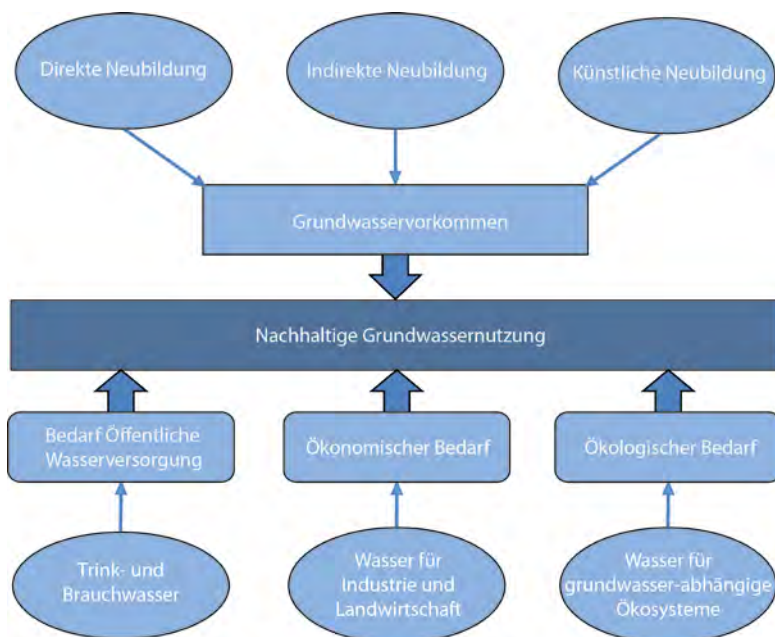
### 2.2 Nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens

Das **Grundwasserdargebot** ist die Wassermenge, die einem Grundwasservorkommen über einen längeren Zeitraum im Mittel entnommen werden kann, ohne dass es zu einer Entleerung des Systems kommt. Es entspricht der Grundwasserneubildung mit den positiven Grössen der Wasserbilanz.

Das **nachhaltig nutzbare Grundwasserdargebot** ist die verfügbare Wassermenge, die dem Vorkommen über einen längeren Zeitraum entzogen werden kann, ohne dass sich dies auf das mittlere Grundwasservolumen und die Ökosysteme, die von den Zuflüssen aus dem betreffenden Grundwasserleiter abhängig sind, negativ auswirkt. In der Praxis wird davon ausgegangen, dass eine Entnahme von bis zu 20% der mittleren Grundwasserneubildung als nachhaltig anzusehen ist [e.2]. Es handelt sich dabei um einen Überschlagswert, der stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängt.

Eine nachhaltige Nutzung von Grundwasserressourcen erfordert

- ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserneubildung und des diversen Wasserbedarfs (Abbildung 1);
- den Erhalt einer guten Grundwasserqualität.



**Abbildung 1: Elemente einer nachhaltigen Nutzung des Grundwassers.**

### 3 Informationen und Instrumente

#### 3.1 Erforderliche Grundlagen

Für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots sind mindestens folgende Grundlageninformationen erforderlich:

- **Abgrenzung des Grundwasserleiters und seines Einzugsgebiets** (das hydrogeologische Einzugsgebiet kann vom topographischen Einzugsgebiet abweichen, insbesondere bei Grundwasservorkommen ausserhalb von Talsohlen);
- **Niederschlagsmengen** innerhalb des Einzugsgebiets;
- **Grundwasserstände** im gesamten Grundwasservorkommen;
- **Entnahmemengen** an Förderbrunnen bzw. **Quellschüttungen**;
- **Volumina von Oberflächenwasser-Infiltration und Grundwasser-Exfiltration**, insbesondere während Trockenheitssituationen;
- **Physikochemische Parameter**;
- **Historische Daten** (z.B. für Trockenjahre wie 2003 und 2011).

Ein repräsentatives und umfassendes Monitoring, welches das gesamte Grundwasservorkommen und dessen Einzugsgebiet abbildet (Grundwasserstände, Abflüsse, Wasserqualität), ist die Voraussetzung für die Kenntnis und damit adäquate Nutzung der Grundwasserressourcen.

#### 3.2 Erstellung Wasserbilanz

Die Wasserbilanz ist das grundlegende Instrument für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots. Sie entspricht der Differenz aus den Grundwasserzuflüssen (Neubildung) und den Abflüssen (inklusive Entnahmen innerhalb eines bestimmten Raums (Einzugsgebiet) und über eine gegebene Zeitspanne (Abbildung 2).

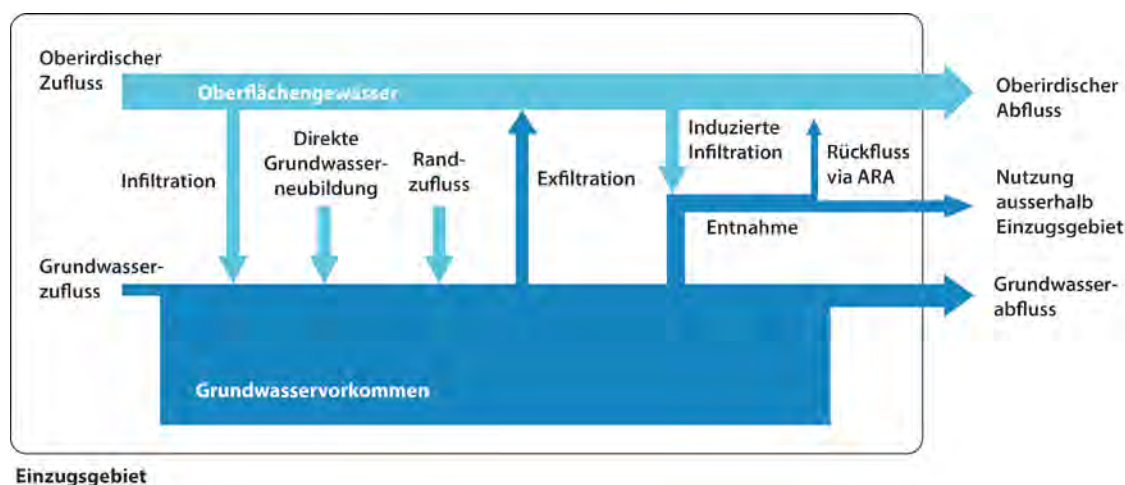


Abbildung 2: Schematische Wasserbilanz eines Lockergesteins-Grundwasserleiters in Interaktion mit einem Fließgewässer [e.3].

Die Wasserbilanz lässt sich in folgender Gleichung ausdrücken:

$$\Delta V = \overbrace{(N - V - A_o - D)}^{\text{Direkte Neubildung}} + \overbrace{(Q_u + Q_R + I_o + I_B + I_K + I_A)}^{\text{Indirekte Neubildung}} - \underbrace{(A_u + Q_o + E)}_{\text{Abflüsse}}$$

*Zuflüsse (Neubildung)*

$\Delta V$  Änderung des Grundwasservolumens

N Niederschlag

V Verdunstung

$A_o$  Oberirdischer Abfluss

D Wasserdefizit im Boden

$Q_u$  Unterirdischer Zufluss (Grundwasserzufluss)

$Q_R$  Randzufluss

$I_o$  Oberflächenwasser-Infiltration

$I_B$  Infiltration aus Bewässerung

$I_K$  Infiltration aus Kanalisationsverlusten

$I_A$  Grundwasseranreicherung (künstliche Neubildung)

$A_u$  Unterirdischer Abfluss (Grundwasserabfluss)

$Q_o$  Grundwasser-Exfiltration in Oberflächengewässer (inkl. Quellen)

E Entnahme

Ein langfristiges Ungleichgewicht zwischen Zu- und Abflüssen, insbesondere die Abnahme des verfügbaren Volumens (Grundwasservorrat), stellt eine Übernutzung des Grundwasservorkommens dar. Eine nachhaltige Nutzung der Grundwasserressource bedingt, dass diese Veränderungen vermieden bzw. minimiert und über einen bestimmten Zeitraum – etwa über das Jahr – ausgeglichen werden.

## 4 Vorgehen zur Abschätzung einer nachhaltigen Nutzung

Bei einer Trockenheit handelt es sich eine längere Periode ohne bzw. mit im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich reduzierten Niederschlägen. In Bezug auf die Grundwasserressourcen hat eine Trockenheit unter natürlichen Bedingungen mehr oder weniger grosse Auswirkungen auf die direkte und indirekte Grundwasserneubildung und führt in der Regel zu einer Zehrung am Grundwasservorrat über diesen Zeitraum.

Demzufolge sind zunächst gegenüber Trockenheit anfällige Grundwasserressourcen zu identifizieren, und die sensiblen Vorkommen dann genauer hinsichtlich Trockenheitsauswirkungen zu untersuchen:

- Klassierung der Grundwasservorkommen nach ihrer Anfälligkeit gegenüber Trockenheit;
- Genauere Charakterisierung der sensiblen Grundwasservorkommen, um Kenntnisse über die Auswirkungen von Trockenheit auf das verfügbare Grundwasservolumen zu erlangen;
- Treffen von Massnahmen, die eine nachhaltige Nutzung dieser Grundwasserleiter auch während einer Trockenheit gewährleisten.

Das Vorgehen zum Erreichen dieser Ziele umfasst mehrere Elemente im Rahmen einer Basiserhebung und einer allfälligen Detailstudie:

### Basiserhebung

- Auswertung historischer Daten zur Anfälligkeit;
- Berücksichtigung der Neubildungs- und Entnahmemengen;
- Festlegung des weiteren Untersuchungsbedarfs.

### Detailstudie

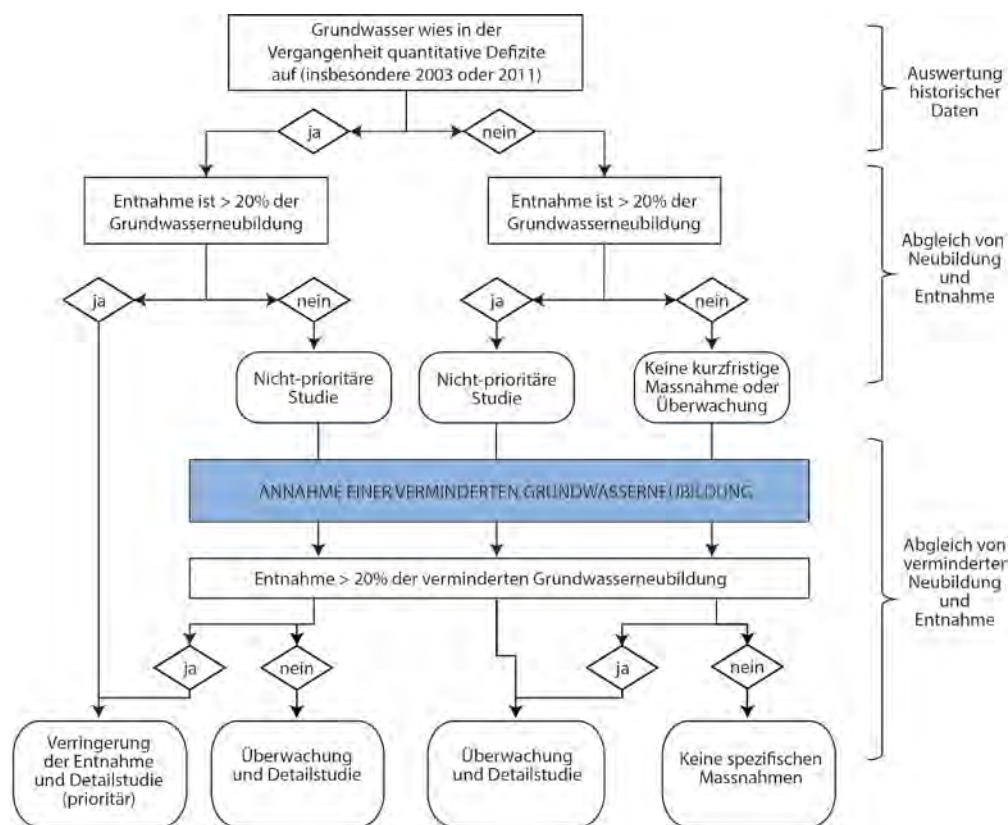
- Erstellung eines konzeptionellen Modells des Grundwasservorkommens und/oder der Wasserbilanz;
- Bestimmung der zulässigen Veränderung des Grundwasservorrats (verfügbares Volumen);
- Einbezug eines Referenzszenarios für Trockenheit;
- Auswertung des hydrogeologischen Ansprechens auf Trockenheit;
- Festlegung geeigneter Massnahmen (z.B. künstliche Neubildung des Grundwassers, Anpassung der Entnahme).

### 4.1 Basiserhebung zur Anfälligkeit gegenüber Trockenheit

Konkret kann die Abschätzung der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens gegenüber Trockenheit in drei aufeinanderfolgenden Schritten erfolgen. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 3 schematisch zusammengefasst.

1. Einteilung der Grundwasservorkommen, welche sich auf die Auswirkungen während Trockenperioden in der Vergangenheit stützt.
2. Mengenmässige Gegenüberstellung des nachhaltig nutzbaren Anteils der Grundwasserneubildung im jeweiligen Vorkommen und der entsprechenden Grundwasserentnahme.
3. Annahme einer während Trockenheit verminderten natürlichen Grundwasserneubildung und abermals Abgleich mit der Entnahmemenge.

Anhand der Ergebnisse dieser Erhebungen kann man die Grundwasserleiter nach Anfälligkeit klassieren und die weitere Vorgehensweise festlegen.



**Abbildung 3: Vorgehen zur Abschätzung der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens auf Basis früherer Beobachtungen und unter Einbezug von Trockenheitsannahmen.**

Die Jahre 2003 und 2011, mittlerweile auch 2015, stellen Referenzsituationen für das Verhalten von Grundwasserressourcen während einer Trockenperiode dar. Entsprechende historische Daten geben einen ersten Hinweis bezüglich der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens, nämlich ob es in solchen Phasen bereits zu quantitativen Defiziten gekommen ist. Dabei sollten neben dem Grundwasservolumen auch allfällige Auswirkungen auf oberirdische Abflüsse und Ökosysteme berücksichtigt werden.

Der zweite Schritt in der Klassierung beinhaltet die Abklärung, in welchem Masse diese Auswirkungen durch die Entnahmemenge aus dem Grundwasservorkommen beeinflusst waren. Dazu wird der überschlagswert von 20% der mittleren Grundwasserneubildung als Entnahmegrenze für eine nachhaltige Nutzung herangezogen. Sind in der Vergangenheit bei Überschreitung dieses Wertes Probleme bei der Wasserverfügbarkeit aufgetreten, ist von einer Übernutzung und der Notwendigkeit von zu ergreifenden Massnahmen auszugehen. Ist es dagegen bereits zu Mangelsituationen gekommen, obwohl die Entnahme < 20% der Neubildung betrug, sind weitere Abklärungen im Hinblick auf Trockenheit notwendig. Ebenso ist dies der Fall, wenn in einem Grundwasservorkommen in den vergangenen Trockenjahren keine Mangelsituation festgestellt wurde.



Die weiteren Abklärungen beziehen sich auf besonders ungünstige Verhältnisse der Grundwasserneubildung, etwa bei zwei aufeinanderfolgenden Trockenjahren. So würde der Effekt der Jahre 2003 und 2011 in seiner Gesamtheit eine um etwa 20% verminderte Grundwasserneubildung bewirken. Insofern liefert ein Abgleich der Entnahmen mit einer so angenommenen verminderten Grundwasserneubildung Hinweise auf mögliche Wassermangelsituationen während künftiger verstärkter Trockenheits-situationen und erlaubt die Beurteilung, ob für die langfristige nachhaltige Nutzung zusätzliche Massnahmen zu treffen sind. Diese umfassen insbesondere eine Überwachung der Grundwasserressource im Sinne eines besonderen Augenmerks auf Trockenheitssituationen sowie die Durchführung einer Detailstudie zur Vertiefung der Kenntnisse über das Grundwasservorkommen und seine Bewirtschaftung.

## 4.2 Detailstudie zur Nutzung bei Trockenheit

In Trockenperioden wird häufig verstärkt Grundwasser entnommen, während sich gleichzeitig die Neubildung vermindert. Dies führt über einen gegebenen Zeitraum unweigerlich zu einer Abnahme des Grundwasservorrats respektive des verfügbaren Volumens. In diesem Zusammenhang ist für jedes anfällige Grundwasservorkommen die zulässige Vorratsabnahme mit Bezug auf ein Referenzszenario für Trockenheit zu bestimmen.

Bewirtschafter und Kanton müssen die Schwelle, welche der zulässigen Abnahme des Grundwasservorrats entspricht, kennen. Dieser Wert bestimmt – eingesetzt in die Trockenheits-Wasserbilanz des Grundwasservorkommens – die Möglichkeiten der Bewirtschaftung im Hinblick auf die beiden beeinflussbaren Gleichungsgrössen, d.h. künstliche Anreicherung und Entnahme.

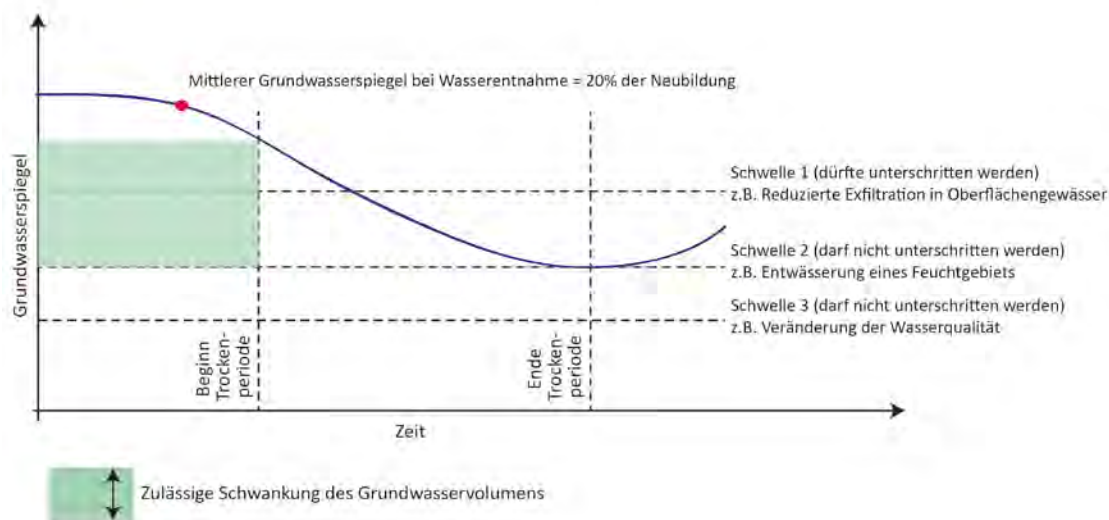
Diese Informationen können im Rahmen der Detailstudie erhoben werden, deren einzelne Schritte sich folgendermassen beschreiben lassen:

- **Erstellung eines konzeptionellen Modells des Grundwasservorkommens und/oder der Wasserbilanz:** Während im Rahmen der Basiserhebung eine Grobabschätzung des Grundwasserdargebots anhand der Ausdehnung des Einzugsgebietes ausreicht, müssen bei der Detailstudie für die zuvor als anfällig eingestuften Grundwasservorkommen die unterschiedlichen Einflussfaktoren soweit quantifiziert werden, dass sie der Erstellung einer Wasserbilanz bzw. eines Grundwassermodells genügen. Dazu gehört auch und insbesondere eine detaillierte Erhebung der Entnahmemengen, welche in der Praxis nicht immer bekannt sind. Tabelle 1 liefert eine Übersicht, inwiefern die Bilanzgrössen die Reaktion eines Grundwasserleiters bei Trockenheit beeinflussen.

Mit einer solchen Studie wird in der Regel ein spezialisiertes Büro beauftragt. In vielen Kantonen kann für die Wasserbilanz der wichtigsten Grundwasserleiter auf bereits existierende numerische Modelle zurückgegriffen werden, da diese heutzutage ein unerlässliches Planungsinstrument in den verschiedensten Bewirtschaftungsbereichen darstellen. Liegen diese Grundlagen also ohnehin vor, können sie auch schon für die Basiserhebung herangezogen werden.

- **Bestimmung der zulässigen Veränderung des Grundwasservorrats (verfügbares Volumen):** Die zulässige Veränderung des Grundwasservorrats wird nach den örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Sie kann ausgedrückt werden als Absenkung des Grundwasserspiegels bis hin zu einem Schwellenwert, der es erlaubt, die verschiedenen an das Grundwasser gebundenen ökologischen Bedarfsansprüche zu erfüllen (Abbildung 4). Zu diesen gehört beispielsweise die Speisung von Oberflächengewässern, um während einer Trockenphase eine bestimmte Restwassermenge sicherzustellen, der Erhalt von grundwasserabhängigen Ökosystemen oder die Aufrechterhaltung einer geforderten Wasserqualität.

Der Kanton muss zusammen mit den lokalen Akteuren vorgängig bestimmen, welche Auswirkungen einer Vorratsänderung zulässig sind. So lassen sich auf die Grundwasserressource bezogene Nutzungskonflikte rechtzeitig erkennen und entschärfen.



**Abbildung 4: Schematische Darstellung der Veränderung des verfügbaren Grundwasservolumens.** Unter normalen Bedingungen gilt eine Entnahme von bis zu 20% der Grundwasserneubildung als zulässig. Während einer Trockenperiode kann zeitlich limitiert durchaus mehr Grundwasser entnommen werden als diesem Kriterium entspricht, solange diese Entnahme keine negativen Auswirkungen zur Folge hat (Absenkung des Grundwasserspiegels bis zu Schwelle 2). Darüber hinausgehend hätten alle zusätzlichen Entnahmen Beeinträchtigungen der Umwelt und/oder der Wasserqualität zur Folge und sind daher zu unterlassen.

- **Einbezug eines Referenzszenarios für Trockenheit:** Auf Grundlage der Wasserbilanz bzw. eines numerischen Modells können verschiedene Szenarien getestet werden, um die Sensitivität der einzelnen Grössen der Wasserbilanz insbesondere hinsichtlich der Veränderungen des verfügbaren Grundwasservolumens abzuschätzen. Das sogenannte Trockenheitsszenario 4014, welches sich aus einer Kombination der beiden Jahre 2003 und 2011 ergibt, kann dabei zur Darstellung besonders ungünstiger Verhältnisse der Grundwasserneubildung herangezogen werden.

Bei der Einbindung dieses Szenarios werden die bekannten in 2003 und 2011 beobachteten Werte in die Wasserbilanz oder das numerische Modell eingefügt. Die relevanten Veränderungen ergeben sich hauptsächlich durch eine Abnahme der direkten Grundwasserneubildung und meist auch eine vorübergehende Erhöhung der Entnahmen in den Fassungsanlagen.

In diesem Zusammenhang sind die Grundwasserressourcen auch hinsichtlich ihrer Wasserqualität zu betrachten.

- **Auswertung des hydrogeologischen Ansprechens auf Trockenheit:** Durch den Einbezug eines Trockenheitsszenarios in die Wasserbilanz oder das Grundwassermodell ist es möglich, die im Verlauf einer Trockenheit zu erwartende Vorratsänderung mit den zulässigen Schwellen abzugleichen. Würde der zulässige Wert für die Abnahme des Grundwasservolumens überschritten, sind vorsorgliche Massnahmen zu treffen.
- **Festlegung geeigneter Massnahmen:** Indem die zulässige Veränderung des verfügbaren Grundwasservolumens festgelegt wurde und die entsprechenden Werte für die einzelnen Grössen der Wasserbilanz bestimmt wurden, hat der Bewirtschafter des Grundwasservorkommens im Zuge einer Trockenheit zwei Steuerungsmöglichkeiten: eine Erhöhung der Grundwasserneubildung (z.B. durch künstliche Anreicherung) oder über die einzelnen Fassungsanlagen eine Einschränkung der Entnahme für den kritischen Zeitraum.

## **5 Allgemeine Empfehlungen**

### **5.1 Monitoring / Auswertung historischer Daten**

Studien haben gezeigt, dass die Reaktion eines Grundwasserleiters auf eine Trockenperiode in Abhängigkeit von zahlreichen Kriterien, insbesondere auch den Eigenschaften des Grundwasserleiters, stark schwanken kann [e.3]. Eine gute Kenntnis der Grundwasserressource sowie ausreichend Daten und Messungen sind für eine nachhaltige Nutzung der Ressource unabdingbar. Bei identifizierter Anfälligkeit sollte das Monitoring auch explizit auf Fragestellungen hinsichtlich Trockenheit ausgelegt sein.

Historische Daten zu beispielsweise Grundwasserständen, Pumpraten und Neubildungsmengen liefern wertvolle Informationen zur Anfälligkeit der Grundwasservorkommen gegenüber Trockenheit. Trockenjahre wie 2003 und 2011 sind in diesem Zusammenhang besonders aufschlussreich. Hier ist auf eine angemessene Archivierung und eine Auswertung unter Berücksichtigung längerer Datenreihen zu achten.

### **5.2 Identifizierung von Neubildungsflächen**

Da das Grundwasserdargebot wesentlich von der Grundwasserneubildung abhängt, müssen diejenigen Flächen identifiziert werden, welche in besonderem Masse zur (direkten und indirekten) Neubildung beitragen. Die wichtigsten davon sind zu erhalten oder zu reaktivieren bzw. idealerweise in die Raumplanung einzubeziehen. Diese Flächen sollten nicht nur in Bezug auf die aktuell genutzten Grundwasservorkommen gesehen werden, sondern im Zusammenhang mit sämtlichen Grundwasserressourcen, die langfristig für die Wasserversorgung in Frage kommen.

### **5.3 Konzessionswassermenge für eine nachhaltige Nutzung**

Die konzessionierten Wassermengen innerhalb eines Grundwasserleiters sollten die maximale Wassermenge, die für eine nachhaltige Nutzung des Vorkommens entnommen werden kann, nicht überschreiten. Die Konzessionswassermenge wird in der Regel auf Grundlage des Grundwasserdargebots im Bereich der jeweiligen Fassung festgelegt. Eine einheitliche und konsequente Praxis hinsichtlich der angestrebten nachhaltigen Nutzung der Grundwasserressourcen wäre wünschenswert.

Gemäss den prognostizierten Klimaszenarien wird die Grundwasserneubildung Ende Sommer und Anfang Herbst stärker zurückgehen, die jährliche Neubildungsrate jedoch unverändert bleiben. Daher sollte die Konzessionswassermenge aufgrund eines im Spätsommer durchzuführenden Pumpversuchs über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 bis 3 Monate) bestimmt werden. Dies entspricht der maximalen Wassermenge, die entnommen werden kann, ohne dass es eine dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels nach sich zieht oder Auswirkungen auf die abhängigen oberirdischen Ökosysteme und Abflüsse hat.

### **5.4 Prinzip der zwei Standbeine**

Wird eine Trockenheitssituation festgestellt, nützt es dem Bewirtschafter der Grundwasserressource relativ wenig, wenn aus einer genauen Wasserbilanz oder einem numerischem Modell hervorgeht, dass ihm ein nachhaltig nutzbares Grundwasservorkommen zur Verfügung steht, er aber nicht über die erforderliche Infrastruktur verfügt, um den Wasserbedarf zu decken. Daher sollten Anlagen und Verteilnetze vorgängig so geplant werden, dass darüber die Grundwasserressourcen möglichst bedarfsgerecht genutzt werden können und gleichzeitig die Versorgungssicherheit gewährleistet ist [e.3].

Die Versorgungssicherheit beruht auch auf dem Grundsatz der zwei Standbeine, d.h. der Nutzung von verschiedenen Typen von Wasserressourcen, die gegenüber Trockenphasen nicht in gleichem Masse

anfällig sind. Beispielsweise könnte der Bewirtschafter eines Lockergesteins-Grundwasserleiters innerhalb der Talsohle nach Möglichkeit auch über eine Quelfassung in einem anderen Grundwasserleiter oder aber alternativ über eine Aufbereitungsanlage von Oberflächenwasser verfügen. Andererseits kann über den Verbund mit einer Fassung in einem weiteren Talgrundwasserleiter, der vielleicht auch noch grösser ist oder aus einem Fließgewässer gespeist wird, die Versorgung mit Grundwasser sichergestellt werden.

## **6 Literatur**

- [e.1] Astrid Björnsen Gurung und Manfred Stähli: NFP 61 Nachhaltige Wassernutzung – Thematische Synthese 1. Wasserressourcen der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen, 2014.
  - [e.2] BAFU: Grundwasserschutzzonen bei Lockergesteinen – Ein Modul der Vollzugshilfe Grundwasserschutz, Umwelt-Vollzug Nr. 1207, 2012.
  - [e.3] D. Hunkeler, C. Möck, D. Käser, und P. Brunner: Klimaeinflüsse auf Grundwassermengen, Aqua & Gas, N° 11/2014, S. 43–49, 2014.
  - [e.4] HOLINGER AG: Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 1 (Arlesheim) - Leitbild und Massnahmenplanung. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung, 2013.
  - [e.5] BAFU: Grundlagen für die Wasserversorgung 2025 – Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen, Umwelt-Wissen Nr. 1404, 2014.
-

**Tabelle 1: Faktoren, welche die Reaktion eines Grundwasserleiters während einer Trockenperiode beeinflussen [e.3].**

Element der Wasserbilanz	Faktor, der Trockenheits-empfindlichkeit beeinflusst	Beschreibung	Beispiel
Infiltration von Flusswasser	Verhältnis von oberirdischem zu unterirdischem Abfluss	Falls während einer Trockenperiode der Niedrigwasserabfluss in einem Fliessgewässer viel höher ist als der Grundwasserabfluss, steht potenziell genügend Wasser zur Grundwasserneubildung zur Verfügung.	In Tälern mit grossen alpinen Flüssen (Rhein, Rhone, Aare, Reuss) sind auch zukünftige Niedrigwasserabflüsse viel grösser als Grundwasserabflüsse/ Entnahmeraten. Die Grundwasserverfügbarkeit ist gewährleistet, solange die Infiltrationsraten genügend hoch bleiben (s. nächster Punkt)
Infiltration von Flusswasser	Abhängigkeit der Infiltrationsrate vom Abfluss	Unter Niedrigwasserbedingungen kann die Infiltrationsrate rasch abnehmen aufgrund der Kolmation des Flussbettes. Selbst wenn der oberirdische Abfluss im Vergleich zum Grundwasserabfluss hoch bleibt, kann die Grundwasserverfügbarkeit stark abnehmen.	Während eines Pumpversuchs im Berner Seeland war die Infiltrationsrate bei Niedrigwasser gering, obwohl der oberirdische Abfluss immer noch 100-mal grösser als der Abfluss durch den Grundwasserleiterquerschnitt und 190-mal grösser als die Pumprate war.
Direkte Grundwasserneubildung	Mächtigkeit von Deckschichten	Aus mächtigen, feinkörnigen Deckschichten kann in Trockenperioden eine grosse Wassermenge durch Evapotranspiration entweichen. Die Grundwasserneubildung setzte im Herbst nur verzögert ein und Grundwasservorkommen erholen sich nur teilweise bei durchschnittlichen Winterniederschlägen.	Der Gäu-Grundwasserleiter erholt sich nach intensiveren und längeren Trockenphasen nicht innerhalb eines Winterhalbjahres.
Direkte Grundwasserneubildung	Mächtigkeit der ungesättigten Zone	Mächtige ungesättigte Zonen dämpfen Variationen in der direkten Grundwasserneubildung. Kurze Trockenperioden werden ausgeglichen. Längere Trockenperioden treten mit Verzögerung auf und dauern länger.	Im Grundwasserleiter von Wohlenschwil übt die 10 m mächtige ungesättigte Zone eine ausgleichende Wirkung auf die Grundwasserstände aus.
Indirekte Grundwasserneubildung	Durchlässigkeit der Umgebung des Hauptgrundwasserleiters	Falls ein Grundwasserleiter in eine wenig durchlässige Umgebung eingebettet ist (z. B. Molasse), tragen Randzuflüsse weniger zur Stabilisierung in Trockenperiode bei als bei besser durchlässigen Einheiten (z. B. geklüftete/verkarsteter Kalkstein, Moräne).	Im obersten Emmental begrenzen steile Hänge und untiefe Böden den Beitrag von Randzuflüssen bei Niedrigwasser. Im Gäu tragen Randzuflüsse aus dem Jura wesentlich zur Wasserbilanz bei Niedrigwasser bei.
Grundwasserneubildung im Allgemeinen	Verhältnis zwischen direkter Neubildung und Infiltration von Flusswasser	Grundwassersysteme mit hauptsächlich direkter Neubildung erholen sich langsamer als solche, die durch Infiltration von Flusswasser dominiert sind. Flüsse konzentrieren Niederschläge, während für direkte Neubildung nur lokale Niederschläge verfügbar sind und Bodenfeuchtedefizite zuerst gedeckt werden müssen.	Nach dem Trockensommer 2003 erholten sich Standorte mit Flusswasserinfiltration oft sehr rasch. Während des Trockenjahres 2011 blieben Grundwasserstände in flussdominierten Grundwassersystemen aufgrund der Sommer-niederschläge hoch, während sie in niederschlagsdominierten Systemen kontinuierlich abnahmen.
Speicherung	Neubildungs- versus Speicher-Limitierung	In gewissen Grundwasserleitern ist die Menge an gespeichertem Wasser durch die Neubildungsrate kontrolliert, in andern durch die Speicherkapazität des Grundwasserleiters. In Ersteren führt eine Abnahme der Neubildung zu einer kleineren gespeicherten Menge, im Letzteren nicht.	

---

Speicherung	Distanz zur Exfiltrationszone und deren zeitliche Variation	Bei langen Pfaden zu Exfiltrationszonen bleibt Wasser länger gespeichert. Sinkt der Grundwasserspiegel, kann die Distanz zu Exfiltrationszonen zunehmen, was Speicherzeiten verlängert. Wasser kann auch durch geringere Durchlässigkeiten zurückgehalten werden (statt längere Distanzen zu Exfiltrationszonen). Solche Systeme sind aber weniger produktiv.	Im Seeland und mittleren Emmental dissipiert zusätzlich gespeichertes Wasser rasch via Drainagen und Flusssohlen. Im Gäu oder unteren Wiggertal ist die Speicherwirkung höher aufgrund von langen Fließpfaden (>10 km) bis zu Exfiltrationszonen. Solche Grundwasserleiter eignen sich auch zur künstlichen Anreicherung.
Exfiltration	Bedeutung der Exfiltration	Falls Grundwasser-Exfiltration eine wichtige Funktion erfüllt, hat die starke Nutzung von Grundwasser während Trockenperioden eine grössere Auswirkung.	Seitentäler zu den alpinen Tälern (z.B. Wiggertal) können indirekt von alpinen Tälern profitieren, da die «untere Randbedingung» durch das alpine Tal stabilisiert wird und Grundwasserabfluss ins Haupttal nicht essenziell ist.

---





## **Anhang f) Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern**

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
<b>2</b>	<b>Gesetzliche Rahmenbedingungen</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Weiterführende Kriterien zur Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Ressourcen aus Oberflächengewässern</b>	<b>3</b>
3.1	Restwassermengen	3
3.2	Ökologische Bedürfnisse an die Gewässer	3
3.3	Berücksichtigung der Unterlieger	3
3.4	Überlegungen zur Zukunft	4
<b>4</b>	<b>Methoden und Hinweise zur Umsetzung</b>	<b>4</b>
4.1	Ansatz 1: Eignungskarten des kantonalen Gewässernetzes für Wasserentnahmen am Beispiel des Kantons Luzern	4
4.2	Ansatz 2: Kartierung von Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden am Beispiel Smaragdgebiet Oberaargau	6
4.3	Ansatz 3: Quantifizierte Abschätzung der nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen aus Oberflächengewässern am Beispiel Region Crans-Montana-Sierre	8
<b>5</b>	<b>Referenzen</b>	<b>10</b>

# 1 Ziele des Anhangs

## 1.1 Leitfragen

Welche Oberflächengewässer eignen sich für Wasserentnahmen?

Wo führen Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern oder Trockensituationen zu Beeinträchtigungen der wassergebundenen Biodiversität?

Wie gross sind die nachhaltig verfügbaren Ressourcen der Oberflächengewässer im Bilanzierungsraum?

## 1.2 Resultate

Ansatz 1: Einteilung der Gewässer in Eignungskategorien für Wasserentnahmen

Ansatz 2: Karte der Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden

Ansatz 3: quantifizierte nachhaltig verfügbare Wasserressourcen in einem Bilanzierungsraum

**Alternativen:** Je nach Zielsetzung eignet sich ein anderer der drei beschriebenen Ansätze.

# 2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

- Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20) mit gesetzlichen Grundlagen für die Festsetzung von Restwassermengen, detailliert beschrieben in BUWAL 1997 und BUWAL 2000:
  - Artikel 29: Bewilligung für Wasserentnahmen
  - Artikel 30: Voraussetzungen für die Erteilung der Bewilligung
  - Artikel 31: Mindestrestwassermenge
  - Artikel 32: Ausnahmen von der Mindestrestwassermenge
  - Artikel 33: Erhöhung der Mindestrestwassermenge
  - Artikel 34: Wasserentnahmen aus Seen und Grundwasservorkommen
  - Artikel 59: Ermittlung der Abflussmenge
- Anhang 2 Ziffer 12 Abs. 4 und Anhang 3.3 Ziffer 21 und 22 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) betreffend die Einleitbedingungen zur Nutzung des Gewässers zu Kühl- oder Heizzwecken
- Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG, SR 451):
  - Art. 5: Schutz von Landschaften von nationaler Bedeutung mit gewässergebundenen Schutzzielen
  - Art. 18: Schutz von Uferbereichen und Lebensräumen wie Riedgebieten und Mooren sowie inventarisierten Biotopen und Lebensräumen mit gewässergebundenen Schutzzielen
- Natur und Heimatschutzverordnung (NHV, SR 451.1):
  - Art. 14: Kriterien der Schutzwürdigkeit (bspw. rote Liste Arten, schützenswerte Lebensräume Anhang 1, National Prioritäre Arten, detailliert beschrieben in BAFU 2011)

### **3 Weiterführende Kriterien zur Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Ressourcen aus Oberflächengewässern**

#### **3.1 Restwassermengen**

- Gemäss [f.7] und [f.6] sind die gesetzlichen Restwasserbestimmungen als Kompromiss des BUWAL (heute BAFU) und des Parlaments (somit damaliger Abgleich der ökologischen Ansprüche und der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ansprüche) zu sehen.
- Vorsicht ist vor allem dort geboten, wo Wasserentnahmen vor dem Inkrafttreten der Restwasserbestimmungen am 1. November 1992 bewilligt wurden und noch keine Sanierung gemäss Art. 80 Abs. 1 und 2 GSchG stattgefunden hat.
- Die Abwägung zur Erhöhung der Mindestrestwassermengen gemäss Art. 33 GSchG muss auch im Hinblick auch zukünftige Trockenperioden umsichtig stattfinden, insbesondere dort, wo geschützte Naturwerte bestehen.

#### **3.2 Ökologische Bedürfnisse an die Gewässer**

Die Gewässer müssen je nach Kontext verschiedene ökologische Bedürfnisse zur Erhaltung der gewässergebundenen Biodiversität erfüllen. Diese lassen sich z. B. an den Schutzziele inventarisierten Schutzgebiete (Biotop, Landschaften) oder den Ansprüchen schützenswerter Arten ablesen.

- Verschiedene National Prioritäre Arten (NPA) leben ständig oder zeitweise in oder an Gewässern. Wasserqualität, (Rest)Wassermenge, Ufer- und Sohlenbeschaffenheit und Dynamik sind die wichtigsten Faktoren zur Abdeckung ihrer Bedürfnisse.
- Insbesondere sind Fischwanderung & Laichgebiete (Abflusstiefe in Abhängigkeit der Wanderfischarten) zu beachten.
- Für Amphibien sind insbesondere während der Fortpflanzungszeit genügend Gewässer in ausreichender Qualität wichtig.
- Gewässergebundene Biotop umfassen z.B. Auen, Flachmoore und Amphibienlaichgebiete. Die Qualität der Landlebensräume in diesen Biotopen ist direkt von verschiedenen Aspekten des begleitenden Gewässers abhängig. Hier sind möglichst naturnahe Zustände betreffend Grundwasserstand, Hochwasser- und Geschiebedynamik sowie Wasserqualität entscheidend. Eine auf den Einzelfall bezogene Beurteilung ist unabdingbar.
- In Mooren kann kurzzeitige Trockenheit zum Ab- oder sogar Aussterben typischer Pflanzen- und Tierarten führen.
- Auen können als wechselfeuchte Lebensräume mit einer gewissen Trockenheit umgehen. Dennoch muss ein für die Pflanzen ausreichendes Wasserdargebot während der Vegetationszeit in der Regel sichergestellt sein. Weiter sind periodische Hochwasser unterschiedlicher Intensität notwendig, um Auenlebensräume in ihrer Vielfalt zu erhalten.

#### **3.3 Berücksichtigung der Unterlieger**

Im Sinne des Koordinationsgebots nach Art. 46 GSchV stehen die Oberlieger in der Verantwortung, Nutzungen und ökologische Bedürfnisse im Unterlauf durch eigene Nutzungen nicht zu verunmöglichen.

### 3.4 Überlegungen zur Zukunft

- Die Abflussmenge  $Q_{347}$  verändert sich mit dem Klimawandel
- Naturwerte verändern sich mit dem Klimawandel
- Die vorgesehene Renaturierung der Gewässer (Sanierung Wasserkraft und Revitalisierung) sollte dazu beitragen, die Gewässerqualität zu erhöhen und die Resilienz der Gewässerlebensräume zu verbessern. Dort, wo aktuell grosse Defizite bestehen, wird die Renaturierung möglicherweise eine neue Ausgangslage bezüglich nachhaltig verfügbarer Ressourcen schaffen. Der Kanton muss entsprechend die geplanten Sanierungen und Revitalisierungen in seine Überlegungen einbeziehen.

## 4 Methoden und Hinweise zur Umsetzung

Im Folgenden werden drei mögliche Ansätze aus der Praxis vorgestellt.

### 4.1 Ansatz 1: Eignungskarten des kantonalen Gewässernetzes für Wasserentnahmen am Beispiel des Kantons Luzern

#### Stärken des Ansatzes:

- grossräumig, im ganze Kanton anwendbar
- kann sowohl als Planungsinstrument für den Normalfall als auch hinsichtlich Ausnahmesituationen dienen
- ist in mehreren Kantonen bereits erfolgreich umgesetzt, siehe bspw. Geoportal des Kantons Bern

#### Schwächen des Ansatzes:








- die vorhandenen Wasserressourcen werden nicht zwingend in saisonaler Auflösung quantifiziert

#### Vorgehen:

Die Methode ist für den Kanton Bern im Rahmen des Pegellattensystems detailliert beschrieben [f.5].

Im Kanton Luzern wurde die Einteilung der Gewässer nach folgenden Kriterien vorgenommen:

**Tabelle 1: Einteilung der Gewässer im Kanton Luzern in Eignungsklassen für Wasserentnahmen [f.3].**

Art des Gewässers	Eignung für Wasserentnahmen	Anforderungen bezüglich Restwassermenge	Bewilligungserteilung
 Kleine Fliessgewässer	ungeeignet		In der Regel werden keine Bewilligungen für Wasserentnahmen erteilt.
 Kleinseen			
 Mittलगrosse Fliessgewässer mit erhöhter Mindestrestwassermenge wegen der Einleitung von gereinigtem Abwasser	beschränkt geeignet	Erhöhte Mindestrestwassermengen, damit die Qualitätsziele für Fliessgewässer eingehalten werden.	Bewilligungen für Entnahmen, die nicht auf Trockenzeiten ausgelegt sind. Nachweis der Einhaltung der Restwassermengen. Entnahmen müssen bei Trockenzeiten eingeschränkt oder eingestellt werden.
 Mittलगrosse Seen		Restwassermenge im Seeabfluss ist einzuhalten.	
 Mittलगrosse Fliessgewässer ohne erhöhte Mindestrestwassermengen	geeignet	Einhalten der Mindestrestwassermenge.	Bewilligung für Entnahmen, soweit diese den geltenden Gesetzesvorschriften entsprechen.
 Grosse Seen		Keine Restwassermengen.	
 Abwasserreinigungsanlage			

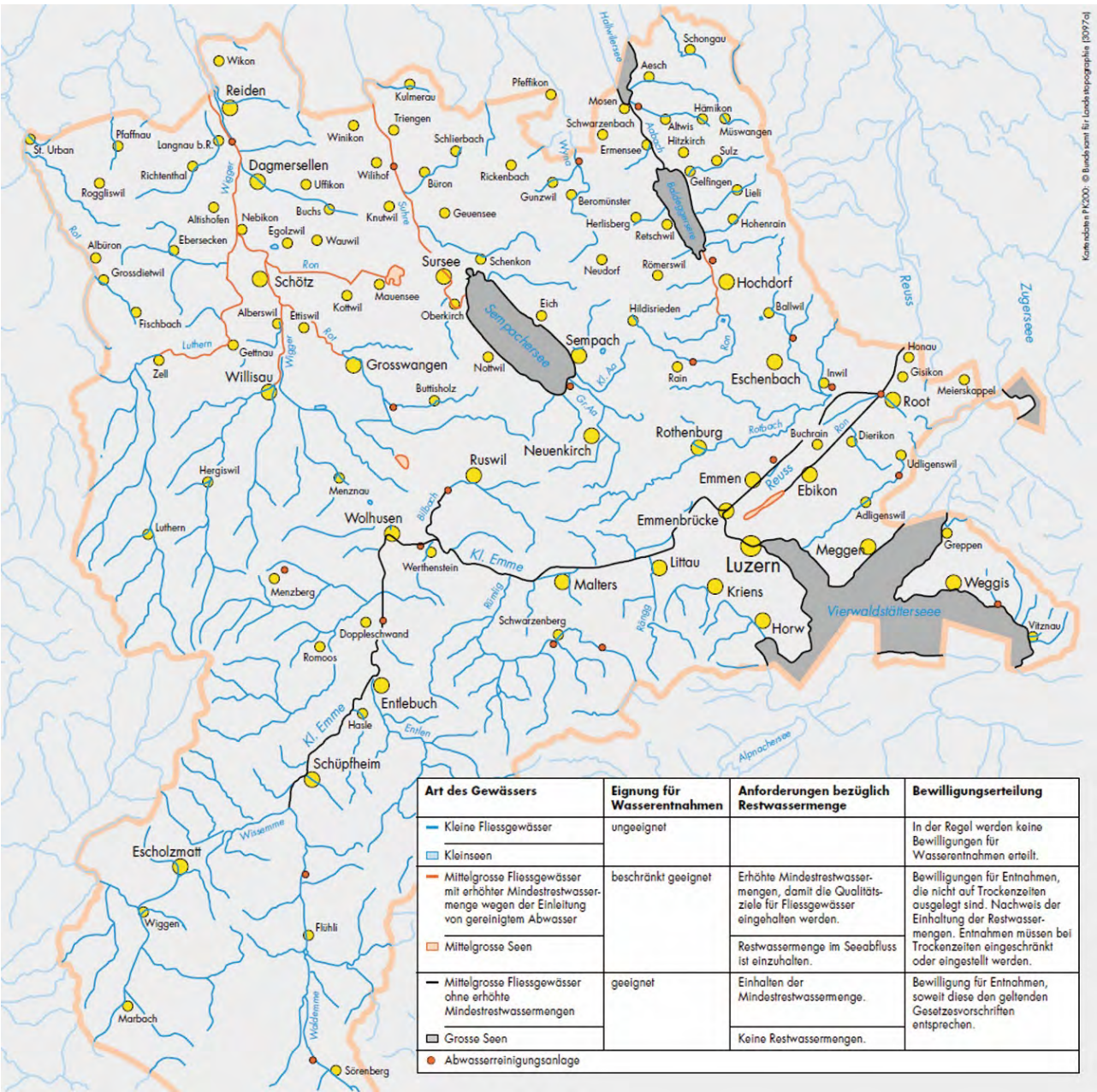


Abbildung 1: Eignung der Luzerner Gewässer für Wasserentnahmen [f.3].

## **4.2    Ansatz 2: Kartierung von Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden am Beispiel Smaragdgebiet Oberaargau**

### **Stärken des Ansatzes:**

- Vertiefte Kenntnisse für ökologisch wertvolle Regionen/Bilanzierungsräume
- Regionale Lokalisierung der wassergebundenen Biodiversität
- Schnell umzusetzende und zielführende Massnahmen zum Schutz der wichtigsten Biodiversitätswerte, Einbezug von Fliess- und Stillgewässern

### **Schwächen des Ansatzes:**

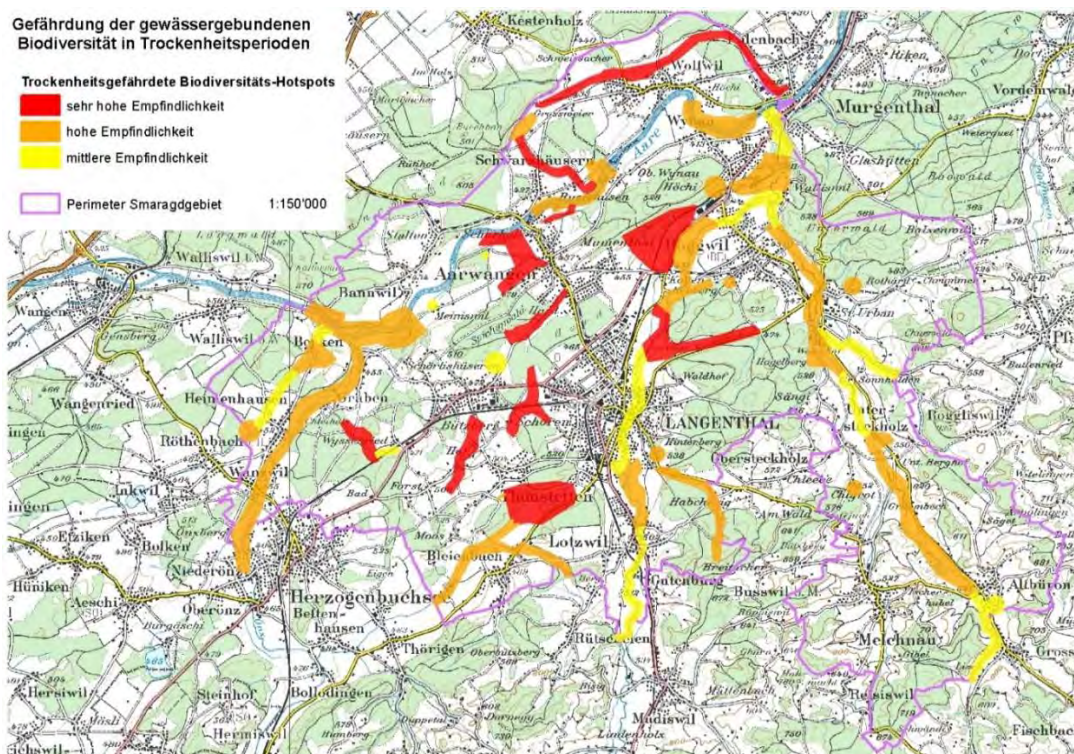
- sehr zeitaufwändig und darum nur in prioritären Gebieten durchführbar
- Abhängig vom Wissenstand von Lokalkennern

### **Vorgehen:**

Für das Untersuchungsgebiet werden die Biodiversitäts-Hotspots der Arten und Lebensräume mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit ermittelt und lokalisiert. Für diese Gebiete sind Wasserentnahmen so weit wie möglich zu vermeiden oder für die Zukunft Verteilregeln zu definieren. Die detaillierte Methodik ist im UNA-Bericht (2014) nachzulesen. Grob kann das Vorgehen wie folgt beschrieben werden:

- Mittels Abfragen der Datenbanken von Infospecies sowie Interviews mit Lokalkennern und Experten werden die im Untersuchungsgebiet vorkommenden National Prioritären Arten ermittelt.
- Nationale, regionale und lokale Inventare und Schutzgebiete sowie Interviews mit Lokalkennern geben Aufschluss über die Vorkommen von schützenswerten Lebensräumen nach NHV.
- Die Abhängigkeit von Wasser und Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit definiert als Teilmenge die Zielarten und Ziellebensräume für die nächsten Schritte. Dabei ist die Bedeutung des Untersuchungsgebietes bezüglich der nationalen Verbreitung der Arten und Lebensräume einzubeziehen.
- Gutachterlich werden die Hotspots (überlagerte Vorkommen der Zielarten und -lebensräume, abgestuft nach der nationalen Priorität 1-4) abgeleitet und lokalisiert. Dabei sind Fliess- und Stillgewässer mit einzubeziehen.





**Abbildung 2: Kartierung Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenheitsperioden im Smaragdgebiet Oberaargau. [f.1].**

Die Bedeutung und Menge der lokal vorkommenden Zielarten und -lebensräume ermöglichen eine verfeinerte Einschätzung der Empfindlichkeit eines Biodiversitäts-Hotspots. Ebenso kann hier eine erste Einschätzung der Gefährdung aufgrund von Prognosen zu künftigem Wasserstand und Wassertemperatur einbezogen werden. Daraus entstehen Biodiversitäts-Hotspots mit folgenden Empfindlichkeitsstufen:

#### **sehr hohe Empfindlichkeit:**

Hier sind schon bei mittlerer Dauer von Trockenheitsperioden zentrale Werte der Biodiversität gefährdet. Es kommen mehrere Zielarten oder -lebensräume vor und es besteht eine Gefährdung durch Austrocknung oder zu hohe Temperaturen des Wassers. Es darf kein Wasser entnommen werden; allenfalls müssen Sofortmassnahmen, wie Zuführen von Wasser, eingeleitet werden, um die Biodiversitätswerte zu erhalten. Beispiele: Wiesengraben mit Vorkommen der Helm-Azurjungfer oder das Gewässernetz in der Brunnamatte bei Wynau.

#### **hohe Empfindlichkeit:**

Bei mittlerer Dauer von Trockenheitsperioden sind bedeutende Arten oder Lebensräume gefährdet. Die Gefährdung der Biodiversität durch Austrocknung oder zu hohen Temperaturen des Wassers kann bei zusätzlicher Wasserentnahme nicht ausgeschlossen werden. Beispiele: Naturschutzgebiet Önzgtäli mit Vorkommen der Sumpfschrecke, Bachabschnitte der Altache mit Vorkommen des Bachneunauges oder Tümpelgruppen als Gelbbauchunken-Laichgewässer entlang der Rot.

#### **mittlere Empfindlichkeit:**

Vor allem bei länger andauernden Trockenheitsperioden sind einzelne Arten oder Lebensräume gefährdet. Dann müssen Wasserentnahmen mit grosser Vorsicht und unter Beobachtung ausgeführt werden. Beispiel: Abschnitte der Fliessgewässer von Rot und Önz mit Vorkommen der Äsche.



#### **4.3    Ansatz 3: Quantifizierte Abschätzung der nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen aus Oberflächengewässern am Beispiel Region Crans-Montana-Sierre**

##### **Stärken des Ansatzes:**

- Quantifizierte Abschätzung der in der Zukunft verfügbaren Ressourcen
- Betrachtung unterschiedlicher Szenarien und Jahreszeiten

##### **Schwächen des Ansatzes:**

- nur bei sehr guten Datenlage durchführbar, ansonsten sehr aufwändig

##### **Vorgehen:**

Bei guter Datenlage im Bilanzierungsraum werden:

- a) die heutigen Abflüsse wichtiger Messstationen in saisonaler/monatlicher Auflösung zusammengetragen.
- b) Abschätzungen des Abflussverhaltens für die Zukunft gemacht. Dabei kann mit Wasserhaushaltsmodellierungen unter Berücksichtigung der Klimaszenarien gearbeitet werden (sehr aufwändig). Alternativ kann mit ereignisbasierten Szenarien aus der Vergangenheit gearbeitet werden, was wesentlich weniger Aufwand verursacht (siehe Kapitel 5.1.2 im Bericht).

Für die Anwendung dieses Ansatzes wird zwingend empfohlen, mit unterschiedlichen Szenarien und in genügend hoher zeitlicher Auflösung zu arbeiten. Wichtig ist zudem, dass die Kriterien zur Beurteilung der Nachhaltigkeit (siehe Kap. 2 dieser Beilage) genügend berücksichtigt werden. Im vorliegenden Beispiel werden dazu einerseits das gesamte Dargebot und andererseits das Dargebot abzüglich der Restwassermenge dargestellt (siehe Abb. 3).

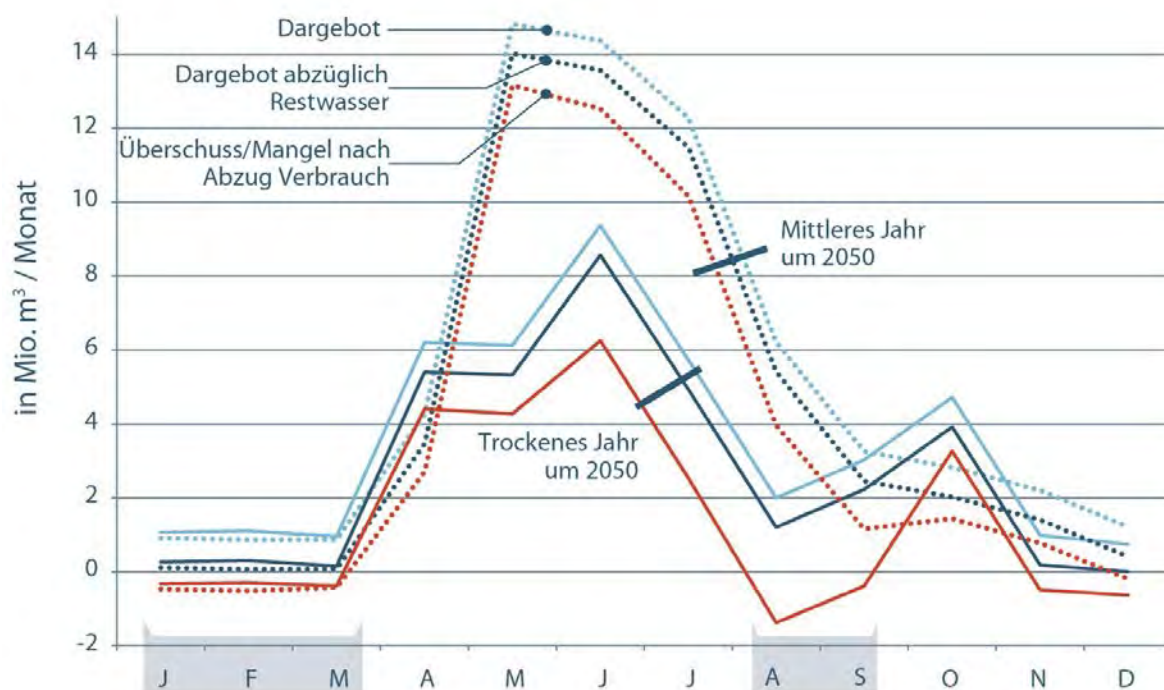
##### **Hinweise zu den Datengrundlagen, siehe auch Anhang c):**

- Abfluss- & Pegelmessstationen der Kantone und des Bundes
- viele Modellierungen zum künftigen Abflussverhalten bestehen bereits, wo keine Modellierungen vorhanden sind, können evtl. qualitative Aussagen von ähnlichen Einzugsgebieten übernommen werden (siehe dazu auch CH2014 oder CC-Hydro in Anhang c)

### Beispiel Crans-Montana-Sierre

Im Rahmen des NFP61 Projekts MontanAqua wurden für die Region Crans-Montana-Sierre, die zukünftig zur Verfügung stehenden Wasserressourcen abgeschätzt. Dabei wurden unter Berücksichtigung verschiedenster sozioökonomischer- und Klimaszenarien das zur Verfügung stehende Wasserdargebot für den saisonalen Verlauf modelliert.

Abbildung 3 zeigt die modellierten Wasserressourcen der Region Crans-Montana-Sierre in normalen und trockenen Jahren nach 2050. Durch den Abzug der Restwassermengen und Wasserentnahmen werden die Monate mit Wasserknappheit identifiziert.



**Abbildung 3: Wasserdargebot der Region Crans-Montana-Sierre in normalen und trockenen Jahren nach 2050. [3.1]**

## 5 Referenzen

- [3.1] Björnsen Gurung, A.; Stähli, M. (2014): Wasserressourcen in der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen. Thematische Synthese 1 im Rahmen des NFP61.
- [f.1] UNA, Atelier für Naturschutz und Umweltfragen (in Erarbeitung): *Gefährdung der gewässergebundenen Biodiversität in Trockenheitsperioden. IST-Zustand und Tendaussagen für das Smaragdgebiet Oberrhein*.
- [f.2] Reynard, E.; Graefe, O.; Rist, S.; Schaedler, B.; Schneider, F.; Weingartner, R. (2013): MONTANAQUA. Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l’eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais). Résultats finaux et recommandations. Publikation Gewässerkunde 600, Bern. (provisorische Abb. Aus Teilsynthese 1 NFP 61  
[http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61\\_thematische\\_synthese\\_1\\_d.pdf](http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_1_d.pdf)) (25.11.2015)
- [f.3] Umwelt und Energie Kanton Luzern (2013): *Wasserentnahmen aus Gewässern ohne feste Einbauten*. Merkblatt.
- [f.4] BUWAL (2004): *Restwassermengen – Was nützen sie dem Fliessgewässer?* Schriftenreihe Umwelt Nr. 358.
- [f.5] Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern Hrsg. (2004): Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern. Sicherung der Mindestrestwassermengen.  
[http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wassernutzung/wasserentnahmen/landwirtschaftlichebewaesserung.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Brosch%C3%BCre\\_Wasserentnahme%20Oberfl%C3%A4chengew.pdf](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wassernutzung/wasserentnahmen/landwirtschaftlichebewaesserung.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Brosch%C3%BCre_Wasserentnahme%20Oberfl%C3%A4chengew.pdf) (25.11.2015)
- [f.6] BUWAL (2000): *Wegleitung Angemessenen Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?* Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00402/?lang=de> (25.11.2015)
- [f.7] BUWAL (1997): *Restwassermengen in Fliessgewässern. Wasserentnahmen, die insbesondere der Bewässerung dienen*. Mitteilungen zum Gewässerschutz. Nr. 24. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00362/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [f.8] Geoportal des Kantons Bern: Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern.  
[http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com\\_easysdi\\_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cfe4&lang=de](http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com_easysdi_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cfe4&lang=de)
- [f.9] BAFU 2011: Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01607/index.html?lang=de>

## **Anhang g)**

### **Inventar der Trinkwasserfassungen als Grundlage regionaler Planung**

Ein Beitrag des Bundesamts für Umwelt BAFU

Autor: Frédéric Guhl

Dieser Anhang zeigt auf, welche Grundlageninformationen für die Erarbeitung einer regionalen Wasserversorgungsplanung benötigt werden. Zudem legt er dar, wie bei Konflikten zwischen Grundwasserschutzzonen und bestehenden Anlagen in einer Zone S2 vorzugehen ist. Die Überwindung derartiger Konflikte ist eine unverzichtbare Voraussetzung, um die Grundwasservorkommen langfristig nutzen zu können.

## **Inhalt**

<b>1. Leitfragen</b> .....	2
<b>2. Ausgangslage</b> .....	2
<b>3. Interessenkonflikte</b> .....	4
<b>4. Inventar</b> .....	5
<b>5. Literatur</b> .....	6

## 1. Leitfragen

Welche Grundwasserfassungen können gesetzeskonform geschützt werden?

Welche Menge an Grundwasser ist in einer bestimmten Region für die Wasserversorgung verfügbar? Reicht diese Menge aus, um den Bedarf der Bevölkerung jederzeit zu decken?

Welches sind die vulnerablen Regionen?

## 2. Ausgangslage

80 % des Trinkwassers werden aus Grundwasser gewonnen (Brunnen und Quellen). Rund 41 % davon können ohne jegliche Aufbereitung ins Versorgungsnetz eingespeist werden. Bei weiteren 31 % reicht eine einfache Aufbereitung aus (z. B. UV-Behandlung) [1].

Das Grundwasser ist ein äusserst wertvolles öffentliches Gut. Für die Erhaltung einer derart hohen Wasserqualität ist ein wirksamer Schutz des Grundwassers unerlässlich. Leider kommt es in den Grundwasserschutzzonen immer häufiger zu Interessenkonflikten. Der Zustand gewisser Zonen ist bereits sehr kritisch, da zahlreiche Vorschriften zum Schutz des Grundwassers nicht eingehalten werden. Andere Zonen wiederum sind bis jetzt vor Konflikten verschont geblieben, sind aber durch Bauvorhaben oder andere geplante Tätigkeiten gefährdet. Zu häufig wird beispielsweise die Errichtung von Anlagen in einer Zone S2 ohne ausreichende Begründung bewilligt (wichtige Gründe im Sinne von Anh. 4 Ziff. 222 Abs. 1 Bst. a und d GSchV).

Damit die Wasserversorgung auch in Zukunft gewährleistet werden kann, ist eine regionale Planung unverzichtbar (**Abbildung 1**). Diese Planung muss sich auf die nachhaltig genutzten oder nutzbaren Ressourcen abstützen, sprich auf jene Ressourcen, die gesetzeskonform geschützt werden können.

Dazu müssen nicht nur der gegenwärtige und künftige Bedarf genau bekannt sein, sondern auch die verfügbaren Fassungen, die bestehenden Vernetzungen sowie die potenziell noch verfügbaren Ressourcen. Dieses Inventar sollte eine Gesamtübersicht über die verfügbaren Fassungen vermitteln und aufzeigen, welche davon für die Region strategisch unverzichtbar sind. Ausgehend von der daraus resultierenden Bilanz müssen neue Lösungen gesucht werden.

---

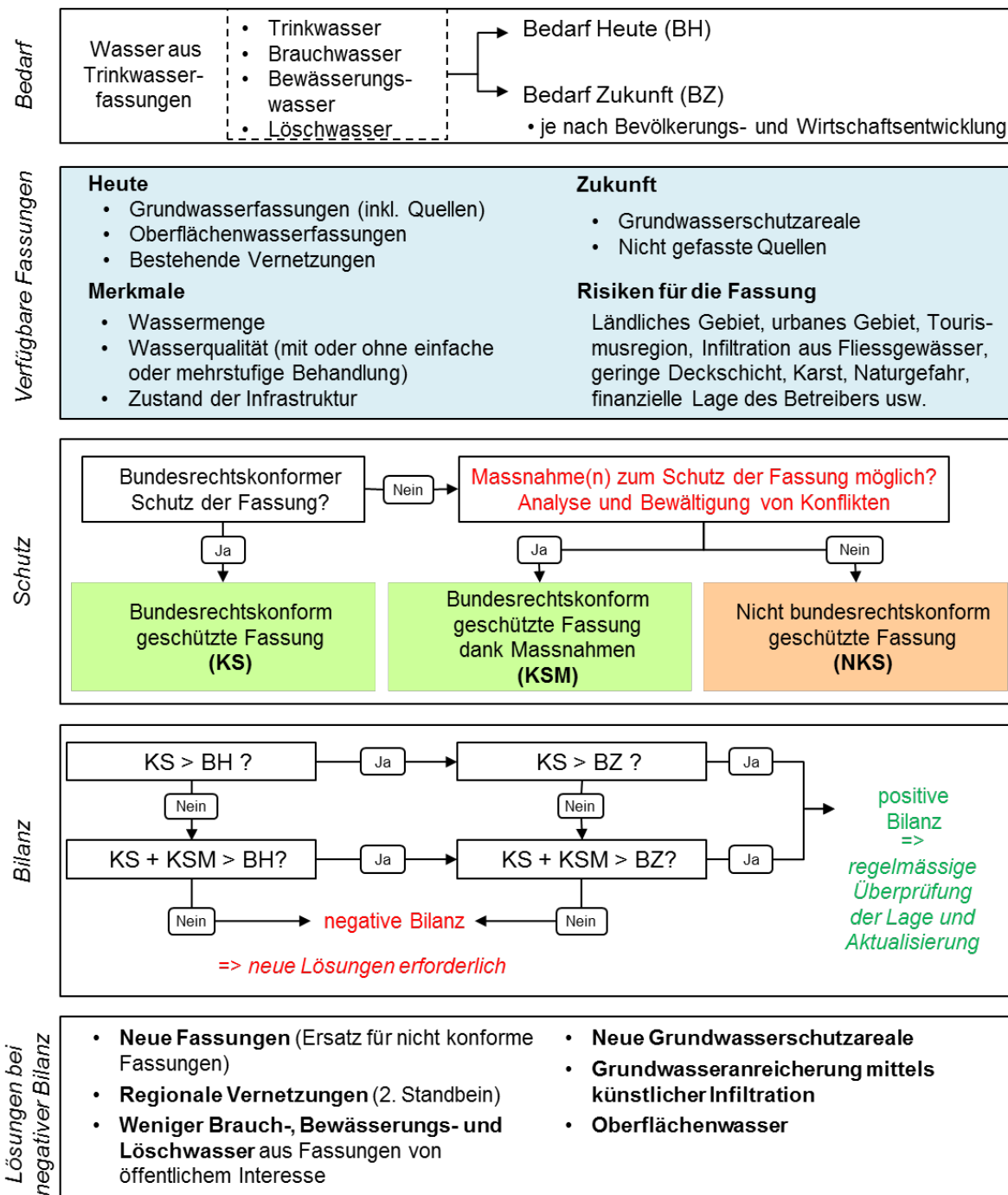


Abbildung 1: Vorgehen bei der regionalen Wasserressourcenplanung

### 3. Interessenkonflikte

Befindet sich eine Anlage im Sinne von Anhang 4 Ziffer 222 Buchstabe a GSchV in einer Grundwasserschutzzone S2, so muss die zuständige Behörde prüfen, ob sowohl die Fassung als auch die Anlage weiterbestehen können oder ob eine davon ausser Betrieb gesetzt werden muss. Das Schema in Abbildung 2 illustriert, wie bei dieser Prüfung vorzugehen ist, und bildet einen integrierenden Bestandteil jeder regionalen Wasserversorgungsplanung.

Bei diesem Vorgehen untersucht die zuständige Behörde, ob eine Fassung aufrechterhalten und nachhaltig betrieben werden kann, sprich: ob jegliche Gefährdung der Trinkwassernutzung ausgeschlossen werden kann. Ist dies nicht der Fall, muss die Anlage innert angemessener Frist beseitigt werden. Bis zur Beseitigung der Anlage hat die Behörde dafür zu sorgen, dass andere Massnahmen zum Schutz des Trinkwassers, insbesondere Entkeimung oder Filtration, getroffen werden (Art. 31 Abs. 2 Bst. b GSchV). Kann die Anlage nicht beseitigt werden, bleibt letztlich nichts anderes übrig, als die Fassung als Trinkwasserressource aufzugeben. Das Wasser könnte dann beispielsweise zur Bewässerung genutzt werden.

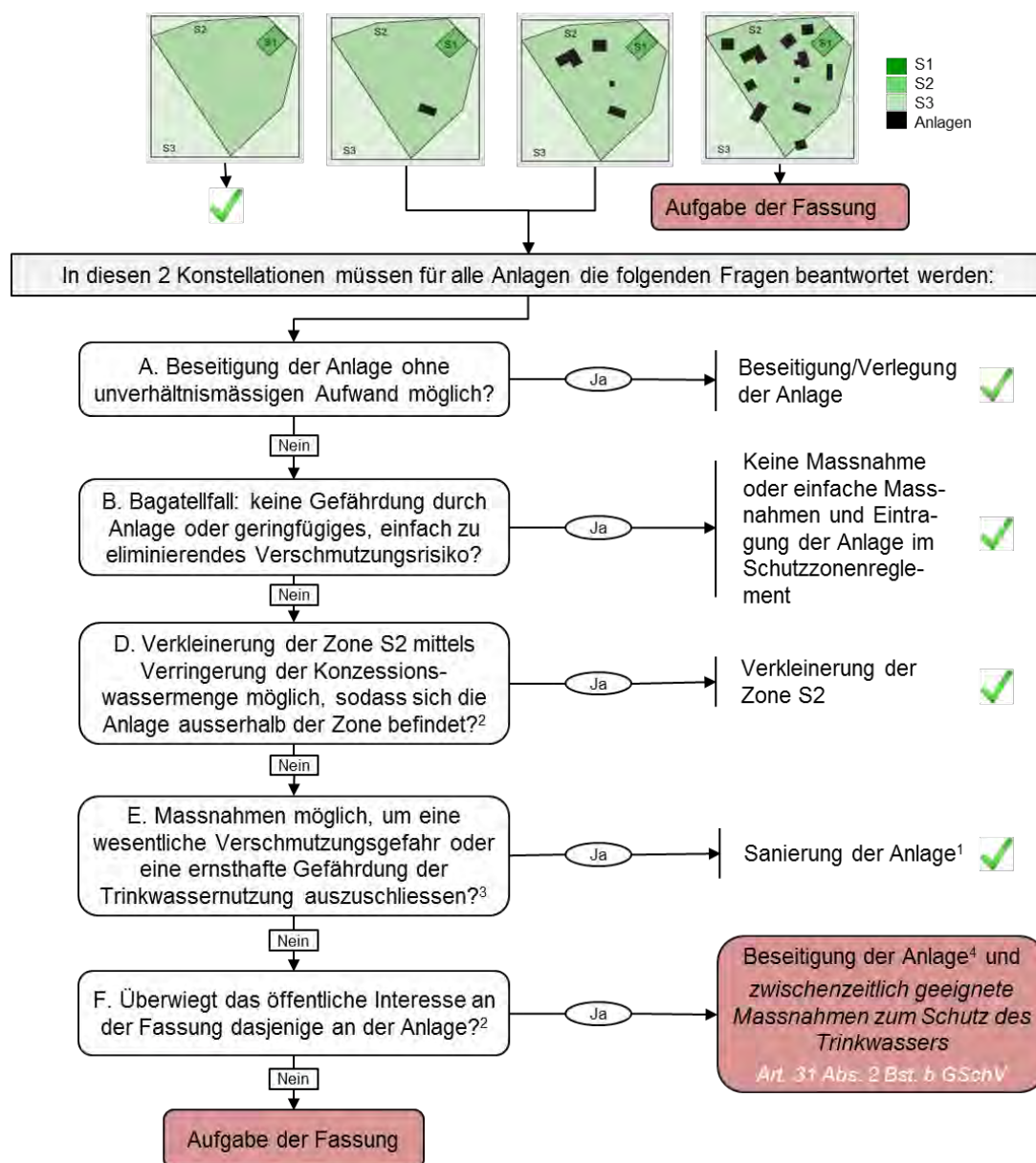


Abbildung 2: Vorgehen bei Konflikten zwischen bestehenden Anlagen und Grundwasserschutz.

Fussnoten zur Abbildung 2:

<sup>1</sup> *Muss eine Fassung zwingend erhalten bleiben, sind in der Zone S2 das Erstellen neuer Anlagen sowie die Erweiterung oder die Tätigkeitsänderung bestehender Anlagen, welche eine Erhöhung der Gefährdung der Trinkwassernutzung zur Folge hat, verboten (Anh. 4 Ziff. 222 Abs. 1 Bst. a GSchV).*

<sup>2</sup> *Im Rahmen der regionalen Wasserversorgungsplanung muss geprüft werden, ob die Konzessionswassermenge reduziert werden kann.*

<sup>3</sup> *Eine Gefährdung kann dann ausgeschlossen werden, wenn eine sorgfältige, der Problematik angepasste Abklärung ergibt, dass eine projektbedingte Beeinträchtigung der Wasserfassung ausgeschlossen werden kann. Es müssen nicht nur alle dem Stand der Technik entsprechenden, sondern auch alle objektiv in Frage kommenden und erforderlichen Massnahmen ergriffen werden, die eine Grundwasserverschmutzung nach praktischer Erfahrung ausschliessen. Eine grobe Abschätzung, die zum Schluss kommt, dass eine Gefährdung unwahrscheinlich sei, genügt nicht [2].*

<sup>4</sup> *Ist die Beseitigung der Anlage einer Enteignung oder einer materiellen Enteignung gleichzusetzen, so geht die fällige Entschädigung zu Lasten des Eigentümers der Fassung (Art. 20 GSchG).*

## 4. Inventar

Um die (Trink-)Wasserversorgung auf regionaler Ebene planen zu können, benötigt die zuständige Behörde ein Inventar, in welchem namentlich die folgenden Informationen enthalten sind:

- Name des Wasserversorgers
- Name und Art der Fassung(en)
- Qualität des Schutzes (KS = konformer Schutz, KSM = konformer Schutz dank Massnahmen, NKS = nicht konformer Schutz)
- Verfügbare Wassermenge
- Wassernutzung (Trinkwasser, Brauchwasser, ...)
- Anzahl versorgte Einwohner/innen
- Bestehende Vernetzung(en)
- Vorhandene(s) oder geplante(s) Grundwasserschutzareal(e)
- Künftig verfügbare Wassermenge

Auf der Grundlage dieser Angaben sowie der Informationen gemäss Anhang h (Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung der Wasserressourcen) können die Fassungen von regionaler Bedeutung definiert (z. B. hohe Konzessionswassermenge oder derzeit nur ein Standbein) und eine Vulnerabilitätskarte erstellt werden. Letzte ermöglicht es, im Rahmen des Moduls 2 Lösungen zu suchen, die die (Trink-)Wasserversorgung der betroffenen Region jederzeit gewährleisten.

---



## 5. Literatur

- [0.1] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (in Erarbeitung): Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Expertenbericht zur regionalen Bewirtschaftung der Wasserressourcen.
  - [g.1] Freiburghaus, M. (2012): Aufbereitung von Trinkwasser in der Schweiz: Auswertung der SVGW-Statistik 2005 und 2010, Aqua & Gas 9: 78–81
  - [g.2] BUWAL (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, VU-2508. 133 S.  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00378/index.html?lang=de>
-

## Anhang h)

### Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung der Wasserressourcen

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufbereitung von Konzessionsdaten</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Darstellungsbeispiele Erschliessung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>6</b>

## 1 Ziele des Anhangs

Dieser Anhang verfolgt zwei Ziele:

In dieser Beilage werden Beispiele aufgezeigt, wie Konzessionsdaten so aufbereitet werden können, dass sie als Grundlage für die REB-Diagramme dienen.

Es sollen Beispiele gezeigt werden, wie die Erschliessung von Wasserressourcen schematisch oder kartographisch dargestellt werden kann, um einen Überblick über die Erschliessung der Ressourcen für die verschiedenen Nutzungen zu erhalten.

## 2 Aufbereitung von Konzessionsdaten

**Tabelle 1: Mengenangaben zu den konzessionierten und geförderten Grundwassermengen für den privaten und industriellen Bereich. Beispiel aus [h.1]**

GWPW	Art	Konzess. Menge [l/min]	Fördermengen 2003 [m <sup>3</sup> ]	2004 [m <sup>3</sup> ]	2005 [m <sup>3</sup> ]
Beringen, Bienengarten	Heizen	185	43'653	42'539	49'957
Beringen, Kies AG	Brauchwasser	300	71'879	73'552	54'287
Beringen, Simplex	Kühlen	720	0	0	0
Neunkirch, Privat-EFH	Heizen	60	---	---	---
Neunkirch, Sonneck	Heizen	60	10'610	11'834	12'235
Hallau, Privat-EFH	Heizen	80	13'871	13'651	13'244
Neunkirch, Privat-EFH	Heizen	70	---	11'920	9'240
Trasadingen, Privat	Tropfbewässerung	100	0	2'387	3'079
Wilchingen, Hablützel	Brauch	800	71'407	70'836	92'241
<b>Total Klettgaurinne</b>		<b>2'375</b> <b>(= 40 l/s)</b>	<b>211'420</b> <b>(= 7 l/s)**</b>	<b>226'719</b> <b>(= 7 l/s)**</b>	<b>234'283</b> <b>(= 7 l/s)**</b>

\* keine Zahlen erhoben \*\* berechnet unter der Annahme, dass ohne Unterbruch gefördert wird

Ausschnitt aus [h.1]: Kt. Schaffhausen Hrsg. (2009): *Wasserwirtschaftsplan Teil Klettgau*

In Tabelle 1 findet sich ein Beispiel von Konzessionsdaten und effektiv genutzten Mengen. In Abbildung 1 wurden diese Zahlen verwendet, um einen Teil des REB-Diagramms zu erstellen.

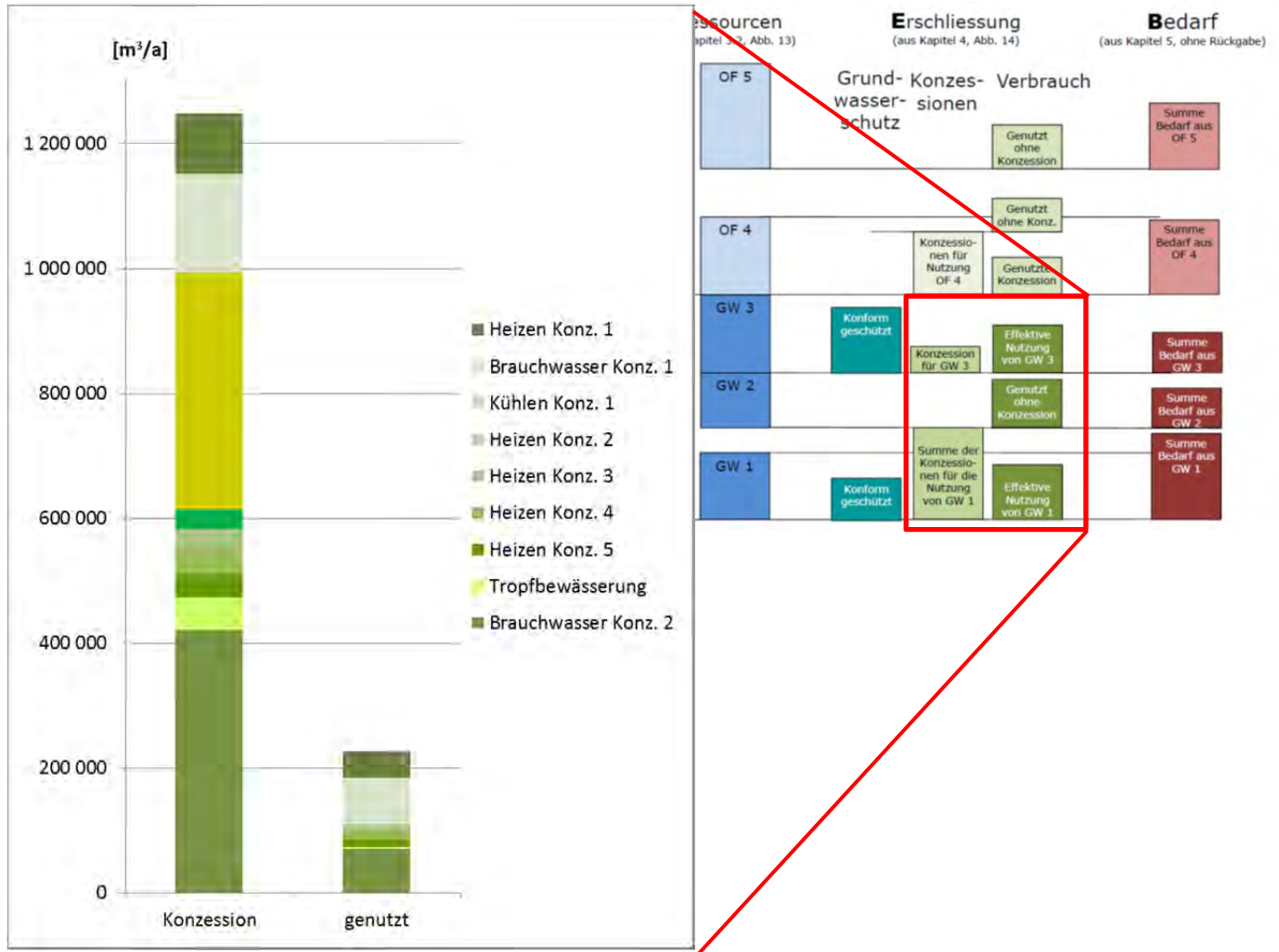


Abbildung 1: Graphische Darstellung der erteilten und genutzten Konzessionsmengen des Beispiels aus dem Kt. Schaffhausen. Zahlen aus [h.1] (OF: Ressource aus Oberflächengewässer; GW: Grundwasserressource)

### 3 Darstellungsbeispiele Erschliessung

In Abbildung 2 findet sich ein Darstellungsbeispiel zu den thermischen Wassernutzungen im Kanton Bern. Rot umrahmt sind die für den Kanton Bern gewählten Bilanzierungsräume.

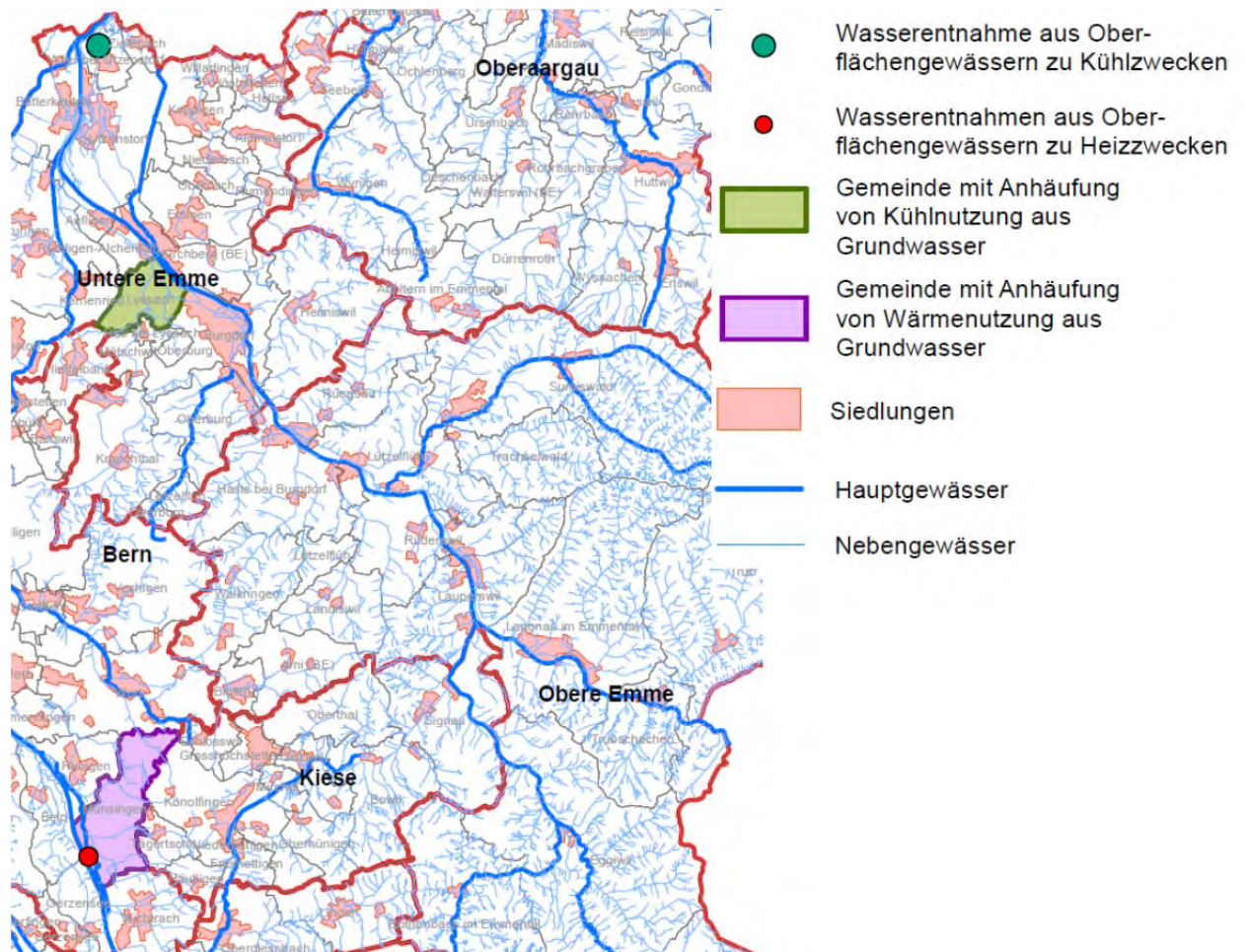


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Plan Thermische Nutzungen im Rahmen des Projektes „Situationsanalyse und Wasserbilanz in Trockenperioden - Pilotanwendung im Kanton Bern“ (unveröffentlicht)

In Abbildung 3 sind die verschiedenen Konzessionen nach Art der Wassernutzung geographisch aufgezeichnet.

Schliesslich ist in Abbildung 4 die bestehende und geplante Erschliessung im Bereich der Wasserversorgung dargestellt.



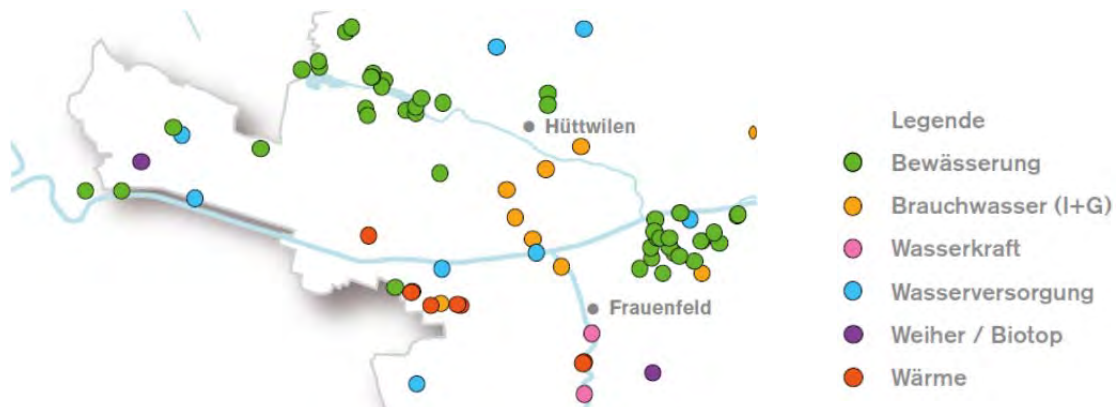


Abbildung 3: Konzessionen im Kanton Thurgau Ausschnitt aus [h.2]

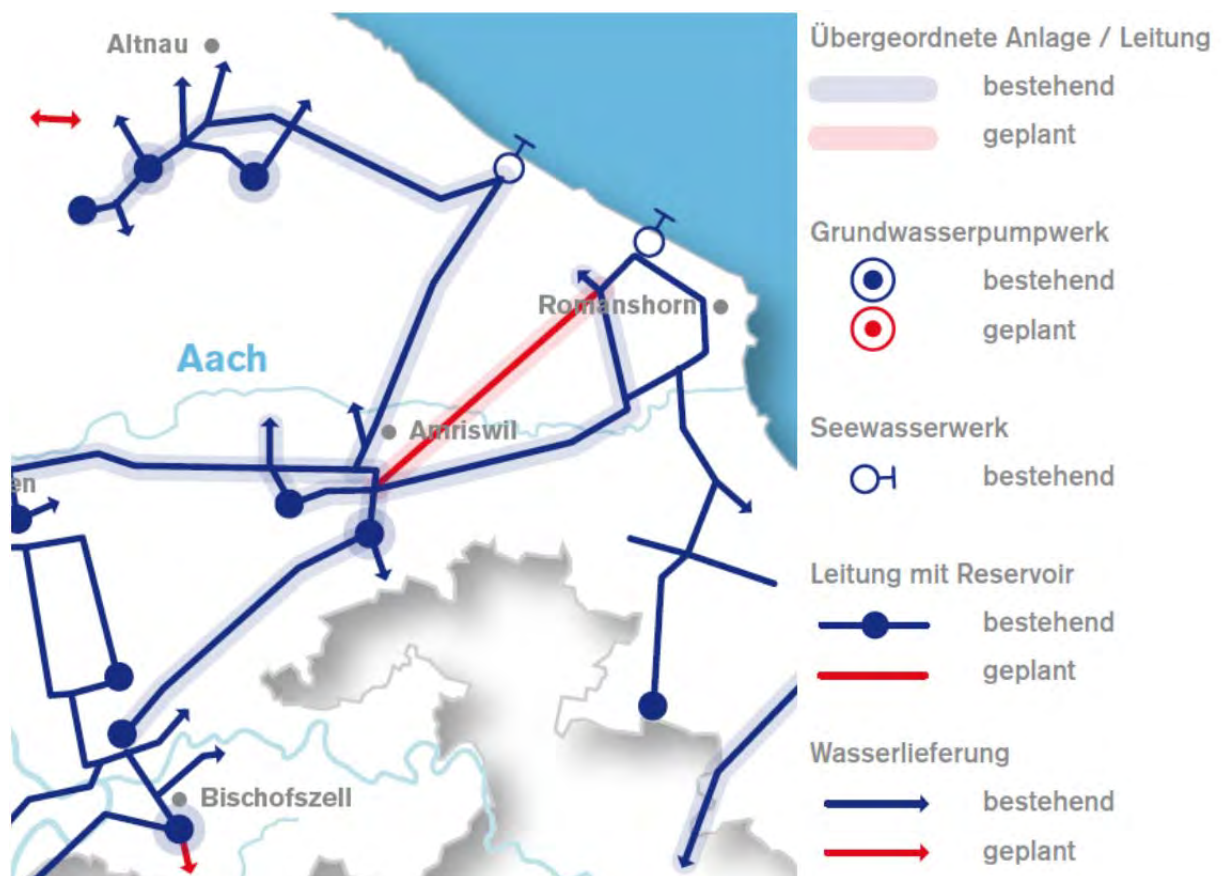


Abbildung 4: Erschliessung durch öffentliche Wasserversorgung Kanton Thurgau (Ausschnitt aus [h.3])

## 4 Referenzen

- [h.1] Kt. Schaffhausen Hrsg. (2009): *Wasserwirtschaftsplan Teil Klettgau*  
[http://www.interkantlab.ch/fileadmin/files/sharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP\\_Klettgau.PDF](http://www.interkantlab.ch/fileadmin/files/sharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP_Klettgau.PDF)  
(25.11.2015)
- [h.2] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2012): *Wassernutzung im Thurgau*  
[http://www.umwelt.tg.ch/xml\\_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm](http://www.umwelt.tg.ch/xml_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm) (25.11.2015)
- [h.3] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2011): *Trinkwasser im Thurgau*  
[http://www.umwelt.tg.ch/xml\\_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm](http://www.umwelt.tg.ch/xml_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm) (25.11.2015)

## Anhang i)

### Ermittlung des Trinkwasserbedarfs aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen

<b>1</b>	<b>Ziel des Anhangs i)</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	3
<b>2</b>	<b>Methodik</b>	<b>4</b>
2.1	Effektiv genutzte Mengen aus der öffentlichen Wasserversorgung	4
2.2	Hochrechnung des Wasserbedarfs aus der öffentlichen Wasserversorgung	5
2.2.1	Durchschnittliche Wassernutzung	5
2.2.2	Saisonale Variabilität in der Wassernutzung	5
2.2.3	Tagesspitzenbedarf	6
2.2.4	Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung während einer Trockenperiode	6
2.3	Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung in den festgelegten Szenarien	6
2.3.1	Durchschnittliche Wassernutzung	7
2.3.2	Saisonale Variabilität in der Wassernutzung	7
2.3.3	Tagesspitzenbedarf	8
2.4	Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit	8
<b>3</b>	<b>Hinweise zur Umsetzung</b>	<b>9</b>
3.1	Beispiel-Berechnungen für effektiv genutzte Mengen	9
3.2	Beispiele für Hochrechnungen der genutzten Mengen	11
<b>4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>13</b>



# 1 Ziel des Anhangs i)

## 1.1 Leitfragen

Wie gross ist der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung im Bilanzierungsraum:  
 Heute in einem Durchschnittsjahr?  
 In einem Trockenjahr?  
 Saisonal?  
 Welche Veränderungen werden für die Zukunft erwartet?

### Abgrenzung:

Abschätzungen des Wasserbedarfs für die öffentliche Wasserversorgung werden im Normalfall im Rahmen einer Generellen Wasserversorgungsplanung (GWP) gemacht, wozu es zahlreiche Beispiele gibt. Für die Anwendung im Rahmen dieses Berichtes wird beispielhaft auf die Wegleitung GWP aus dem Kanton Bern [i.1] oder auf die Regionalen Wasserversorgungsplanungen im Kanton Basel-Landschaft [i.6] verwiesen.

Die Standardverfahren einer GWP werden in diesem Bericht nicht ausführlich behandelt, der Fokus wird auf die Aspekte sommerliche Trockenheit und eine regionale Planung gelegt. Der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung ist seit mehreren Jahrzehnten rückläufig. Für den Normalfall haben darum kaum Wasserversorgungen Mühe, den Bedarf zu decken. Doch führt der Klimawandel zu häufigeren Trocken- und Hitzeereignissen. Im Sommer 2003 war der Wasserbedarf beispielsweise in vielen Gemeinden deutlich höher. Für künftige Abschätzungen des Wasserbedarfs sollten darum vermehrt solche extreme Szenarien berücksichtigt werden.

In diesem Anhang wird nur behandelt, wie der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung bestimmt werden kann.

Für die Wassernutzung aus privaten Versorgungen können folgende Hinweise gegeben werden:

b) Grössere Industriebetriebe: Diese verfügen häufig über eigene private Versorgungsanlagen, mit welchen sie grössere Wassermengen fördern. Da diese Entnahmen konzessioniert sein sollten, müssten in der Regel beim Kanton die entsprechenden Daten zu den Wasserentnahmen vorhanden sein. Wichtig ist zwischen der konzessionierten und der effektiv genutzten Menge zu unterscheiden. Im Optimalfall sind Angaben zu beiden Mengen (konzessioniert und effektiv genutzt) beim Kanton vorhanden. Ansonsten muss der genutzte Anteil durch den Kanton abgeschätzt oder bei sehr grossen Verbrauchern angefragt werden.

a) Trinkwasser in abgelegenen Regionen ohne öffentliches Trinkwassernetz oder Trinkwasser für einzelne Landwirtschaftsbetriebe: Es handelt sich meist um private Quellen, welche oft nicht konzessioniert sind. Falls beim Kanton keine Angaben zu diesen Nutzungen bestehen und grössere Regionen über private Trinkwassernetze versorgt werden, sollte der Kanton die genutzte Menge aus diesen Vorkommen über die Anzahl angeschlossener Einwohner abschätzen. In den meisten Fällen wird dies jedoch vernachlässigbar sein, da es sich um eine sehr geringe Anzahl Haushalte handelt.

### Annahme:

Für die nachfolgenden Erhebungen wird davon ausgegangen, dass die Wassernutzung nicht eingeschränkt wird, d.h. dass beispielsweise während einer Trockenperiode keine Verbote der Nutzung für Gartenbewässerung oder Autowäsche durch die Wasserversorgungen ausgesprochen werden.

## 1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschritts werden folgende Zahlen erhoben sein:

- jährlicher Wasserverbrauch
- Tagesspitzenverbrauch
- Angaben zu saisonalen Spitzen (z.B. maximaler Monatsverbrauch) für ein Trocken/Hitzejahr

Alle Zahlen jeweils für heute sowie für die definierten Szenarien.

Beispiele von Darstellungsmöglichkeiten (Graphiken, Tabellen) finden sich im Kapitel 3.

## 2 Methodik

Für den Ist-Zustand kann die genutzte Wassermenge grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten eruiert werden.

**Erhebung der effektiv genutzten Mengen (siehe Kapitel 2.1):** Die im Bilanzierungsraum genutzte Wassermenge aus öffentlicher Wasserversorgung wird direkt bei den Wasserversorgungen angefragt.

**Hochrechnungen (siehe Kapitel 2.2):** Falls der Aufwand für eine Erhebung zu gross ist (z.B. sehr viele verschiedene Wasserversorgungen), kann die genutzte Menge durch Hochrechnung (z.B. über die Anzahl Einwohner oder die Anzahl Arbeitsplätze in einer Arbeitszone) eruiert werden.

Für die Abschätzung der genutzten Wassermenge **bei verschiedenen Szenarien** werden die aufgrund Kapitel 2.1 oder 2.2 erhobenen Daten mit Gewichtungen oder spezifischen Faktoren für die Zukunft multipliziert. Die Methodik hierzu findet sich in **Kapitel 2.3**.

### 2.1 Effektiv genutzte Mengen aus der öffentlichen Wasserversorgung

Hinweise: Die Wasserversorgungen im Bilanzierungsraum sollen angefragt werden, Angaben zu machen

Bemerkungen	
zur abgegebenen Trinkwassermenge (Summe in einem durchschnittlichen Jahr)	
aus welchen Ressourcen (einzelne Quellen und Grundwasserträger) diese stammen	
zur abgegebenen Trinkwassermenge (Summe in einem trockenen Jahr)	Es können die effektiv genutzten Mengen in einem Trockenjahr (z.B. 2003 oder 2011) angefragt werden.
zur saisonalen Variabilität der abgegebenen Trinkwassermenge	Falls von den Wasserversorgungen Angaben zu effektiv genutzten Mengen vorliegen, ist abzuklären, ob diese möglicherweise sogar monatlich differenziert zur Verfügung gestellt werden können.
zum Tagesspitzenbedarf	Viele grössere Wasserversorgungen erheben für den SVGW die maximalen Tageswasserabgaben. Für die kleineren Wasserversorgungen muss die Methodik gemäss Kapitel 2.2.3 gewählt werden

Ein Beispiel hierzu findet sich im Kapitel 3.

## 2.2 Hochrechnung des Wasserbedarfs aus der öffentlichen Wasserversorgung

### 2.2.1 Durchschnittliche Wassernutzung

Die Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung (inkl. Gewerbe und Industrie, Verluste, etc.) beträgt im Durchschnitt **309 l/E/d** [5.1]). Sie variiert jedoch stark. In sehr ländlichen Gemeinden kann sie unter 100 l/E/d liegen, in touristischen Regionen über 1000 l/E/d.

Um die Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung differenzierter zu erheben, sollte deshalb zwischen „Haushalten und Kleingewerbe“, „Grossbezüglern“ und „Landwirtschaft“ unterschieden werden.

- Die Wassernutzung aus Haushalten und Kleingewerbe beträgt zwischen **160 und 170 l/E/d** [5.1].
- Angaben zu Grossbezüglern finden sich oft in GWP oder GEP.
- Landwirtschaft: Die Wegleitung GWP des AWA Kt. Bern [i.1] rechnet mit 100 l/GVE/d.

Wenn möglich sollten am Schluss die hochgerechneten Daten mittels Stichproben plausibilisiert werden.

### 2.2.2 Saisonale Variabilität in der Wassernutzung

Falls keine Daten zur effektiv genutzten monatlichen Mengen vorliegen, kann der saisonal variierende Anteil der gesamten Nutzung abgeschätzt werden. Dazu können die folgenden Hinweise gemacht werden:

Zur saisonalen Variabilität in der Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung tragen vor allem zwei Faktoren bei:

1. der Tourismus
2. die Gartenbewässerung

#### Hochrechnung des touristischen Verbrauchs:

In touristischen Regionen variiert der Wasserbedarf aus öffentlicher Wasserversorgung vor allem je nach Belegung der Hotels und Ferienwohnungen. In touristischen Regionen sollten deshalb Informationen über die Anzahl Übernachtungen in den verschiedenen Monaten vorhanden sein (beispielsweise über die Kurtaxen).

Kennzahlen:

In einer Literaturstudie aus Österreich [i.2] wurden verschiedenste Studien, Normen und Fachliteratur zusammengefasst. Gemäss dieser Studie beträgt die Wassernutzung **pro Gast und Tag 290 l** (Median). Die Wassernutzung pro Gast ist stark abhängig von der Art des Hotels: Die Spannweite beträgt ca. 150 l bis 600 l pro Tag und Gast bzw. Angestellten (vom einfacheren Hotel bis zum Luxushotel).

#### Abschätzung des Verbrauchs für Gartenbewässerung:

Über die Gartenbewässerung bestehen leider nur grobe Abschätzungen, da die genutzte Menge in den Haushalten nicht nach Ort der Nutzung (Bad, Küche, Aussenwasserhahn) sondern nur als Gesamtes gemessen wird. Es gibt jedoch (relativ alte) Abschätzungen über den Anteil der Wassernutzung für die Gartenbewässerung. Diese liegen bei rund 4% der Wassernutzung durch Haushalte (inkl. Kleingewerbe) [i.3]. Je nach Region verteilen sich diese 4% vermutlich auf 2 bis 6 Monate, in welchen Gartenbewässerung aus öffentlicher Versorgung stattfindet. Die Gartenbewässerung variiert sehr stark mit dem Wettergeschehen und steigt stark an bei Trockenperioden. Es ist darum zu empfehlen mit einem ereignisbasierten Szenario für Trockenheit zu arbeiten (siehe 2.2.4)

### 2.2.3 Tagesspitzenbedarf

Falls keine maximalen Tageswasserabgaben für den untersuchten Bilanzierungsraum vorliegen, kann für den Tagesspitzenbedarf ein Faktor verwendet werden (z.B. Tagesspitzenfaktor nach DVGW W410 [i.4]).

$$\frac{Qd_{max}}{Qd_{mittel}}$$

Der Tagesspitzenfaktor ist das Verhältnis von Spitzentag zu durchschnittlichem Tag und ist von der Grösse des Versorgungsgebiets abhängig. Siehe Tabelle 1.

**Tabelle 1: Tagesspitzenfaktor nach DVGW W 410; berechnet Tabelle aus [i.2]**

Einwohner im Versorgungsgebiet	nach DVGW W 410 berechnet [-]
bis 1 500	bis 2.3
1 501 bis 5 000	2.3 bis 2.1
5 001 bis 20 000	2.1 bis 1.9
20 001 bis 50 000	1.9 bis 1.7
über 50 000	1.7 bis 1.3

### 2.2.4 Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung während einer Trockenperiode

Aus früheren Ereignissen ist bekannt, dass der Wasserbedarf während Trockenzeiten stark zunehmen kann (Gartenbewässerung, Swimmingpools, landwirtschaftliche Bewässerung etc.). Mit dem häufiger erwarteten Auftreten solcher Ereignisse im Rahmen des Klimawandels wird empfohlen, den Wasserbedarf für ein Trocken- /Hitzeszenario abzuschätzen. Kapitel 1.5 des Berichtes zeigt verschiedene Möglichkeiten auf. Am einfachsten wird der saisonale Spitzenwasserbedarf aus einem früheren Ereignis (z.B. 2003) als Referenz verwendet.

## 2.3 Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung in den festgelegten Szenarien

Die schweizweiten Szenarien (siehe Kapitel 1.5 des Berichtes) sollen für den betreffenden Bilanzierungsraum interpretiert werden, so dass die für den Wasserverbrauch aus öffentlicher Wasserversorgung nötigen Kenngrössen abgeschätzt werden können.

Dies sind:

	Bemerkungen	hat Einfluss auf
die Anzahl Einwohner	absolut oder Veränderung in Prozent gegenüber heute	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø Wassernutzung</li> <li>• saisonale Variabilität</li> </ul>
die Entwicklung von Gewerbe und Industrie	Welche Industriezweige nehmen im Bilanzierungsraum zu oder ab? Nutzen diese Wasser aus der öffentlichen Versorgung?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø Wassernutzung</li> <li>• evtl. saisonale Variabilität</li> </ul>
die Entwicklung des Tourismus	Zunahme oder Abnahme von Übernachtungen? In welchen Jahreszeiten?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø Wassernutzung</li> <li>• saisonale Variabilität</li> <li>• Tagesspitzenbedarf</li> </ul>
die klimatische Entwicklung (saisonale Extreme)	Abnahme der Niederschläge, Zunahme der Verdunstung und Erhöhte Temperaturen können zu einem erhöhten Bewässerungsbedarf in privaten Gärten führen. Ob sich erhöhte Temperaturen auch nebst der Gartenbewässerung auf den spezifischen Bedarf auswirken (z.B. vermehrtes Duschen) ist für die Schweiz nicht untersucht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø Wassernutzung</li> <li>• saisonale Variabilität</li> <li>• Tagesspitzenbedarf</li> </ul>

### 2.3.1 Durchschnittliche Wassernutzung

Die durchschnittliche Wassernutzung setzt sich wie folgt zusammen:

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = \text{WN}_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} + \text{WN}_{\text{Grossverbraucher}} + \text{WN}_{\text{Tourismus}}$$

Die durchschnittliche Wassernutzung in einem bestimmten Szenario ist deshalb abhängig von:

- Anzahl Einwohner
- Entwicklung der Industrie (Grossverbraucher)
- Entwicklung des Tourismus.

### 2.3.2 Saisonale Variabilität in der Wassernutzung

Die saisonale Variabilität in der Wassernutzung setzt sich wie folgt zusammen:

$$\Delta \text{ Wassernutzung} = \Delta \text{WN}_{\text{Tourismus}} + \Delta \text{WN}_{\text{Gartenbewässerung}}$$

$\Delta \text{WN}_{\text{Tourismus}}$  und  $\Delta \text{WN}_{\text{Gartenbewässerung}}$  müssen deshalb für das gewählte Szenario abgeschätzt werden können, um die gesamte saisonale Variabilität zu erhalten.



### 2.3.3 Tagesspitzenbedarf

Die GWP Wegleitung des Kantons Bern [i.1] verwendet den sogenannten Spitzenfaktor  $S$ . Dieser ist definiert als

$$S = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{mittel}}}$$

wobei  $Q_{\max}$  dem Durchschnitt der zehn höchsten Tageswerte pro Jahr entspricht, wenn möglich gemittelt über die letzten Jahre.

Mit diesem Wert kann dann der Tagesspitzenbedarf zum Beispiel für gewisse Szenarien berechnet werden unter der Annahme, dass der Spitzenfaktor  $S$  konstant bleibt.

## 2.4 Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit

Die gesamte genutzte Menge aus der öffentlichen Wasserversorgung muss die Bestimmungen gemäss Lebensmittelgesetzgebung<sup>1</sup> erfüllen, auch wenn nicht für alle Zwecke auch wirklich diese Qualität nötig wäre (Bsp. Autowäsche, Rasenbewässerung).

<sup>1</sup> Lebensmittelgesetz LMG, Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV), Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) sowie Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser

### 3 Hinweise zur Umsetzung

#### 3.1 Beispiel-Berechnungen für effektiv genutzte Mengen

Zur Verfügung stehende Daten / Angaben:

Folgende Angaben wurden von den Wasserversorgungen im Bilanzierungsraum zur Verfügung gestellt:

**Tabelle 2: Beispiel Angaben für die jährliche Nutzung in einem Bilanzierungsraum (orange hinterlegt, wo Angaben fehlen)**

Wasserversorgung	Versorgte Einwohner im eigenen Versorgungsgebiet	aus Quelle in Gemeinde A	Aus Grundwasserträger Mustertal	aus Quelle in Gemeinde D	Versorgte Einwohner	durchschn. Tagesverbrauch l/E/d	max. Tagesverbrauch l/E/d	Tages Spitzenfaktor	Juli m³/Mt	August m³/Mt
		1000 m³/a	1000 m³/a	1000 m³/a						
Gemeinde-Wasserversorgung A	3 000	900	0	0	3 000	822	1 000	k.A.	90 000	85 000
Wasserverbund B	12 000	300	1 200	0	12 000	342	k.A.	2.0	150 000	150 000
Wasserverbund C	7 000	0	1 500	0	7 000	587	800	k.A.	k.A.	k.A.
Gemeinde-Wasserversorgung D	650	0	10	30	650	169	k.A.	2.3	4 000	k.A.

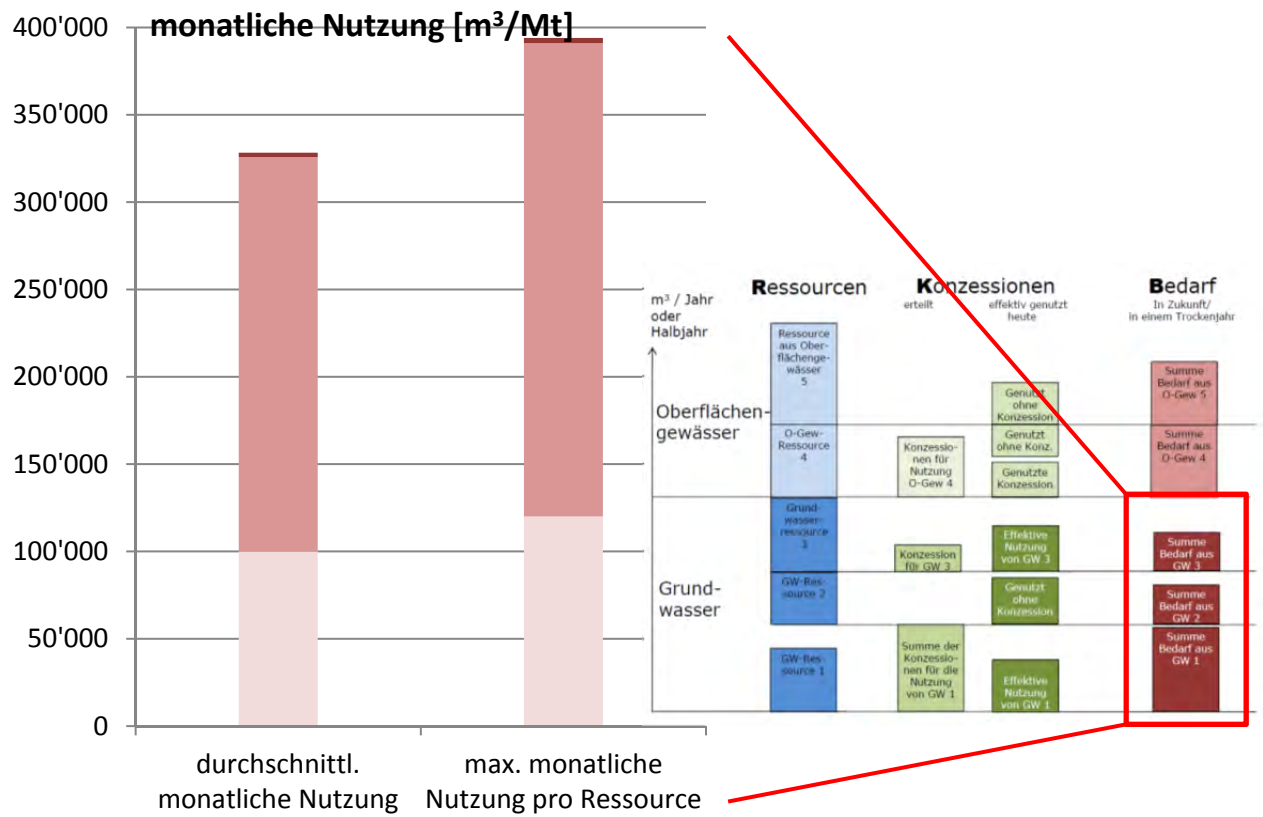
Ergänzung der Daten und Auswertungen:

Wo Angaben fehlen, müssen diese mittels Abschätzungen ergänzt werden, z.B. bei den Angaben zur saisonalen Variabilität. Wo mehrere Angaben zur monatlichen Nutzung vorliegen, wird der Maximalwert gewählt. Wo gar keine Angaben vorliegen, werden diese aufgrund der vorhandenen durchschnittlichen Monatsnutzung abgeschätzt (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3: Beispiel Angaben für die monatliche Nutzung in einem Bilanzierungsraum (orange hinterlegt, wo Angaben fehlen, grün hinterlegt, wo diese ergänzt wurden)**

Wasserversorgung	Versorgte Einwohner im eigenen Versorgungsgebiet	Juli oder August	durchschnittlicher Monat	Juli bzw. August/ durchschn. Monat
		m³/Mt	m³/Mt	-
Gemeinde-Wasserversorgung A	3 000	90 000	75 000	1.2
Wasserverbund B	12 000	150 000	125 000	1.2
Wasserverbund C	7 000	k.A.	125 000	1.2
Gemeinde-Wasserversorgung D	650	4 000	3 333	1.2

Damit kann dann folgende Grafik erstellt werden, welche Hinweise auf die saisonale Variabilität der Wassernutzung liefert.



**Abbildung 1:** Mögliche Darstellung der monatlichen Nutzung in einem durchschnittlichen Monat und einem Monat mit hohem Verbrauch (im Beispiel Juli oder August). Die Abbildung liefert einen Teil des REB-Diagramms (siehe rechte Abbildung).

### 3.2 Beispiele für Hochrechnungen der genutzten Mengen

#### Zur Verfügung stehende Daten / Angaben:

Folgende Angaben stehen für den Bilanzierungsraum zur Verfügung:

#### Angaben Ist-Zustand

- Einwohnerzahl im Bilanzierungsraum: 50 000
- Von den 3 grössten Wasserversorgungen ist bekannt, aus welchen Ressourcen sie das Wasser beziehen. Diese 3 Wasserversorgungen beliefern zusammen 35 000 der 50 000 Einwohner im Bilanzierungsraum.
- Angaben von insgesamt 15 Grossbezügern: Diese haben zusammen einen Verbrauch von durchschnittlich 680 000 m<sup>3</sup>/a. Die Grossbezüger beziehen ihr Wasser von den 3 Wasserversorgungen, von welchen bekannt ist, aus welchen Ressourcen sie ihr Wasser beziehen.
- Tourismus: Im Bilanzierungsraum gab es im vergangenen Jahr 250 000 Logiernächte, davon zwei Drittel im Winter.

#### Angaben „Kantonsszenario“

Das vom Kanton festgelegte Szenario führt im Bilanzierungsraum gemäss Experteneinschätzung zu

- einer Zunahme der Bevölkerung auf 55 000
- einer Stabilisierung im Tourismusbereich, wobei der Wintertourismus eher rückläufig ist
- einer stabilen Entwicklung des Verbrauchs der Grossbezüger (Industrie)
- einer Abnahme des Niederschlags im Sommer um 10%.

#### Auswertungen Ist-Zustand: Durchschnittliche Wassernutzung

$$WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} = 50\,000 \cdot 190 \text{ l/E/d} = 3.47 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

$$WN_{\text{Grossverbraucher}} = 0.68 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

$$WN_{\text{Tourismus}} = 250\,000 \text{ Logiernächte} \cdot 290 \text{ l} = 72\,500 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} + WN_{\text{Grossverbraucher}} + WN_{\text{Tourismus}}$$

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = 3.47 \text{ Mio. m}^3/\text{a} + 0.68 \text{ Mio. m}^3/\text{a} + 72\,500 \text{ m}^3/\text{a} = 4.22 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

#### Auswertungen Ist-Zustand: Saisonale Variabilität

$$WN_{\text{Gartenbewässerung}} = 4\% \text{ von } 190 \text{ l/E/d} = 365 \cdot 190 \text{ l} \cdot 4\% = 2\,774 \text{ l/E/a.}$$

Annahme: diese ca. 2.8 m<sup>3</sup>/E fallen in den Monaten Juni, Juli, August an.

$$\text{monatl. } WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung}}^2 = 30\text{d} \cdot 190 \text{ l} \cdot 96\% \cdot 50\,000 \text{ E} = 273\,600 \text{ m}^3/\text{Mt.}$$

$$\text{monatl. } WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung}}^3 =$$

$$WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung}} + 2.8 \text{ m}^3/\text{E/a} \cdot 50\,000 \text{ E} / 3 \text{ Mt.} =$$

$$273\,600 \text{ m}^3/\text{Mt} + 46\,700 \text{ m}^3/\text{Mt.} = 320\,300 \text{ m}^3/\text{Mt.}$$

<sup>2</sup> alle Monate ausser Juni, Juli, August

<sup>3</sup> Monate Juni, Juli, August

#### **WN** Tourismus

Annahme: von den 72 500 m<sup>3</sup> entfallen  $\frac{1}{3}$  auf die 6 Sommermonate und  $\frac{2}{3}$  auf die 6 Wintermonate:

monatl. WN Tourismus Sommer =  $\frac{1}{3} * 72\,500\text{ m}^3 / 6\text{ Mt.} = \text{ca. } 4\,000\text{ m}^3/\text{Mt.}$  (April bis September)

monatl. WN Tourismus Winter =  $\frac{2}{3} * 72\,500\text{ m}^3 / 6\text{ Mt.} = \text{ca. } 8\,050\text{ m}^3/\text{Mt.}$  (Oktober bis März)  
 $72\,500 / 3 / 6 = \text{ca. } 4\,000\text{ m}^3 / \text{Sommermonat}$   
 und  $2/3 = \text{ca. } 8\,050\text{ m}^3 / \text{Wintermonat auf die Wintermonate.}$

#### **WN** monatlich

Wassernutzung April, Mai, September

= WN Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung + WN Grossverbraucher + WN Tourismus Sommer  
 = 273 600 m<sup>3</sup>/Mt. + 56 700 m<sup>3</sup>/Mt. + 4 000 m<sup>3</sup>/Mt.  
 = 334 300 m<sup>3</sup>/Mt.

Wassernutzung Oktober bis März

= WN Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung + WN Grossverbraucher + WN Tourismus Winter  
 = 273 600 m<sup>3</sup>/Mt. + 56 700 m<sup>3</sup>/Mt. + 8 050 m<sup>3</sup>/Mt.  
 = 338 350 m<sup>3</sup>/Mt.

Wassernutzung Juni, Juli, August

= WN Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung + WN Grossverbraucher + WN Tourismus Sommer  
 = 320 300 m<sup>3</sup>/Mt. + 56 700 m<sup>3</sup>/Mt. + 4 000 m<sup>3</sup>/Mt.  
 = 381 000 m<sup>3</sup>/Mt.

#### **Auswertungen „Kantons-Szenario“:**

Annahme zur Gartenbewässerung: Die Abnahme der Niederschläge um 10% führt zu einer Verdopplung der Gartenbewässerung auf durchschnittlich 15 l/E/d.

Dadurch erhöht sich die WN Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung auf 198 l/E/d.

WN Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung = 55 000 \* 198 l/E/d = 3.97 Mio. m<sup>3</sup>/a

WN Grossverbraucher = 0.68 Mio. m<sup>3</sup>.

WN Tourismus = 250 000 \* 290 l: 72 500 m<sup>3</sup>.

Gesamte Nutzung: WN Total = WN Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung + WN Grossverbraucher + WN Tourismus =  
 3.97 Mio. m<sup>3</sup>/a + 0.68 Mio. m<sup>3</sup>/a + 72 500 m<sup>3</sup>/a = ca. 4.72 Mio. m<sup>3</sup> /a.

Von 70% der Nutzung der Haushalte und von 100 % der Nutzung der Grossbezüger können Angaben zur Herkunft der Ressource gemacht werden.

## 4 Referenzen

- [5.1] Freiburghaus, M. (2015): *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt*. AQUA & GAS N°3  
[http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW\\_Wasserverbrauch\\_Haushalt\\_AeG\\_3\\_2015.pdf](http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf) (25.11.2015)
- [i.1] AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern Hrsg. (2011): *Generelle Wasserversorgungsplanung GWP - Wegleitung 2011*.  
[http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung\\_gwp.assetref/content/dam/documents/BVE/AWA/de/SWW\\_WV/2011\\_GWP\\_Leitfaden\\_dt.pdf](http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung_gwp.assetref/content/dam/documents/BVE/AWA/de/SWW_WV/2011_GWP_Leitfaden_dt.pdf) (25.11.2015)
- [i.2] Lebensmittelministerium Österreich (2010): *Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.  
[http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft\\_wasserpolitik/wasserverbrauch\\_und\\_wasserbedarf.html](http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasserverbrauch_und_wasserbedarf.html) (25.11.2015)
- [i.3] Scheele, U.; Malz S. (2004): *Wassernutzung und Eingriffe des Menschen in den Wasserhaushalt*. in: Lozán J. L., Graßl H., Huper P., Menzel L., Schönwiese C.-D. (Hrsg.) 2004, Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?, S. 91-95.  
[http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user\\_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf](http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf) (25.11.2015)
- [i.4] DVGW (Hrsg.) 2008: *Arbeitsblatt W410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen*.
- [i.5] Lebensmittelgesetzgebung: Relevant bzgl. Trinkwasserversorgung:  
Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (817.0)  
Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung vom 23. November 2005 (LGV) (817.02)  
Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (817.021.23)  
Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über Trink-, Quell- und Mineralwasser (817.022.102)
- [i.6] Holinger (2014): *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 3 (Sissach)*. Situationsanalyse. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung.  
[http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung\\_region-3\\_situationsanalyse.pdf](http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung_region-3_situationsanalyse.pdf) (25.11.2015)





## **Anhang j)**

### **Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft**

Ein Beitrag von Agroscope Reckenholz

Autoren: Dr. Pascale Smith, Prof. Dr. Jürg Fuhrer

Dieser Anhang beschreibt, wie mittels separat zur Verfügung gestellten Tabellen der Bewässerungsbedarf (im Sinne von Pflanzen-Zusatzwasserbedarf) pro angepflanzte Kultur und ausgewählte Wetterstation in Abhängigkeit von Klimaszenarien und Bodentypen auf monatlicher Skala abgeschätzt und, darauf basierend, der Bewässerungsbedarf (im Sinne von Nachfrage an Wasserressource) in einem Bilanzierungsraum hochgerechnet werden kann.

<b>1</b>	<b>Ziele des Anhangs</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
<b>2</b>	<b>Methodik Modellrechnungen Agroscope</b>	<b>3</b>
2.1	Ausgewählte Regionen/Stationen	3
2.2	Herleitung der Klimaszenarien	4
2.3	Berechnungsansatz	5
2.4	Tabellen und Lesehilfe	6
<b>3</b>	<b>Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs auf den Bilanzierungsraum</b>	<b>7</b>
3.1	Darstellungsbeispiel	7
3.2	Hochrechnungsbeispiel	7
<b>4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>9</b>

# 1 Ziele des Anhangs

## 1.1 Leitfragen

Dieser Anhang gibt Antwort auf folgende Leitfragen:

- Wie gross ist der Bewässerungsbedarf im Bilanzierungsraum:
  - Heute in einem Durchschnittsjahr? In einem Trockenjahr?
  - Saisonal? Kultur- und bodenspezifisch?
- Welche Veränderungen ergeben sich aufgrund von Klimaszenarien für die Zukunft?

### Abgrenzung:

Zur Sicherung von Ertrag und Qualität landwirtschaftlicher Kulturen ist in vielen Fällen eine Bewässerung unumgänglich. Die dafür nutzbare Wassermenge ist aber oft begrenzt. Besonders während längerer Trockenperioden kann es zu Wasserknappheit kommen. Mit dem Klimawandel könnten solche kritischen Situationen künftig häufiger werden. Um diese Situationen zu entschärfen und sich auf künftige Bedingungen vorzubereiten, braucht es eine gute Planung der Wasserreserven und des Wasserverbrauchs verschiedener Nutzer, einschliesslich der Landwirtschaft.

Der Bewässerungsbedarf ist abhängig von Kulturart, Entwicklungszustand, Witterung und Boden und ist deshalb räumlich und zeitlich variabel. Er kann mit dynamischen Modellen zeitlich fein aufgelöst und räumlich präzise berechnet werden. Die Anforderungen an solche Modellrechnungen sind allerdings sehr hoch. Für die Praxis bietet sich deshalb eine vereinfachte Methode an, welche es erlaubt, für wichtige Kulturen und Bodentypen eine zeitlich grob aufgelöste Angabe zum Bewässerungsbedarf zu machen, sowohl für ‚normale‘ Jahre, wie auch für Extremjahre oder Klimabedingungen der Zukunft (Klimaszenarien).

## 1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschrittes ist der Bewässerungsbedarf für eine Region in m<sup>3</sup> hochgerechnet. Mit Hilfe der Faktoren gemäss Tabelle 1 können unterschiedliche Szenarien der Bewirtschaftung und des Klimas berücksichtigt werden.

**Tab. 1: Faktoren zur Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs mit der vorliegenden Methode**

<b>Wetterstation</b>	14 Stationen in verschiedenen grossen Klimaregionen, in welche die Schweizer Ackerbau- und Grünlandnutzungsgebiete unterteilt werden können (siehe 2.1).
<b>Kultur</b>	Ohne voralpine und alpine Hanglagen: Beeren (Erdbeere), Gemüse (Randen frisch und Lager und Zwiebel), Kartoffel, Zuckerrübe, Obst (Kirsche, Zwetschge und Apfel; begrünt), Reben, Mais, Weizen, Grünland (gemäht und beweidet). Wo angebracht, Unterscheidung zwischen 3 Durchwurzelungstiefen (30, 60 oder 110 cm).
<b>Boden</b>	3 Werte der nutzbaren Feldkapazität (rundwasserfern), die einen Teil der breiten Spanne möglicher Bodeneigenschaften (Körnung, Gründigkeit, Skelettgehalt u.s.w.) decken.
<b>Klimaszenario</b>	3 Klimaszenario-Typen unter Einbezug der Daten entsprechender Wetterstationen (siehe 2.2): -Mittleres Klima: Referenzperiode 1981-2010 -Verändertes Klima Zeithorizont 2060: Zukunftsperiode 2045-2074 -Extrem-Szenario „4014“: Kombination der Jahre 2011 und 2003

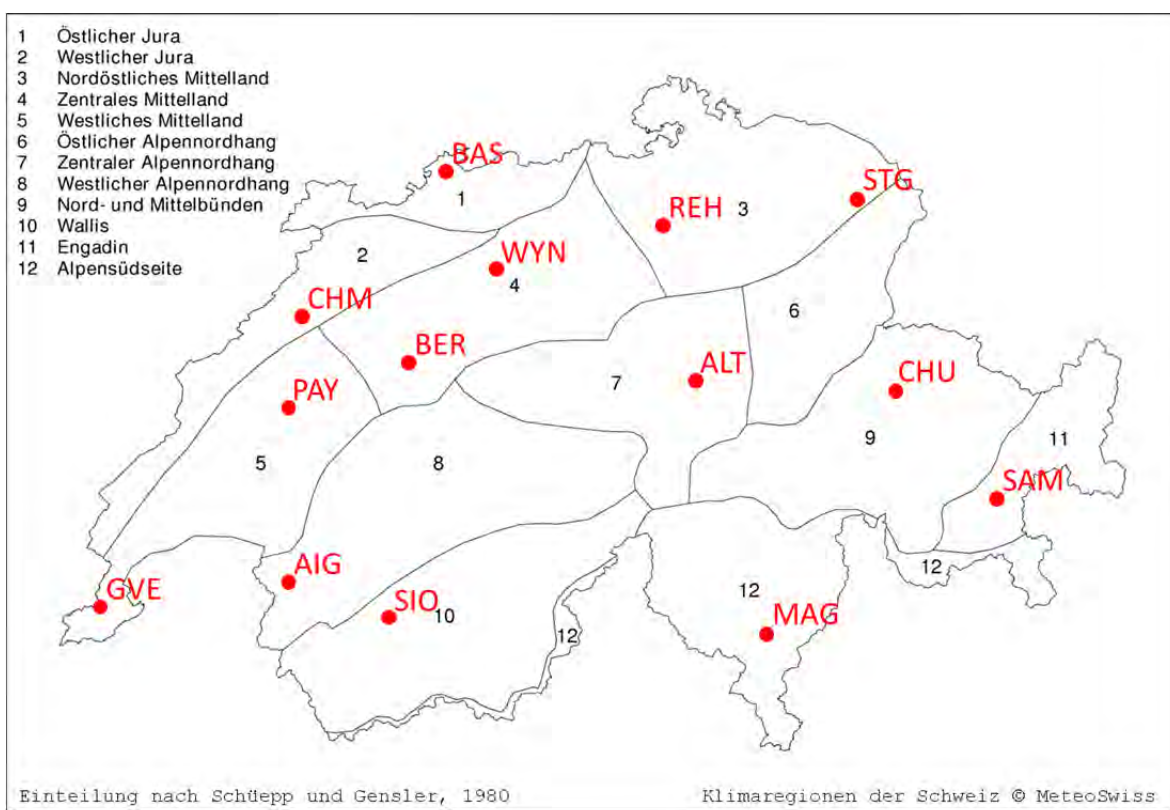
## 2 Methodik Modellrechnungen Agroscope

### 2.1 Ausgewählte Regionen/Stationen

Die Auswahl der Stationen richtete sich nach (a) der Lage in wichtigen Anbaugebieten, (b) der Verfügbarkeit der Wetterdaten (1981-2013, täglich), die in der Datenbank von MeteoSchweiz abrufbar sind (Ausnahme: Chaumont, Daten der NABEL Station), und (c) unterhalb 1000 m ü.M. liegen (Ausnahmen: Samedan und Chaumont).

**Tab. 2:** Liste der grossen Klimaregionen und ausgewählten Stationen mit ihren Namencode und m ü.M

Grosse Klimaregion (nach Schüepp und Gensler, 1980)	Stationen (siehe Abb. 1)	Höhe (m ü.M.)
Östlicher Jura	Basel-Binningen, BAS	316
Westlicher Jura	Chaumont, CHM	1136
Nordöstliches Mittelland	Zürich-Affoltern, REH; St. Gallen, STG	444, 776
Zentrales Mittelland	Wynau, WYN; Bern-Zollikofen, BER	422, 553
Westliches Mittelland	Payerne, PAY; Genève-Cointrin, GVE	490, 420
Zentraler Alpennordhang /Tallagen	Altdorf, ALT	438
Nord- und Mittelbünden /Tallagen	Chur, CHU	556
Engadin /Tallagen	Samedan, SAM	1709
Wallis /Tallagen	Aigle, AIG (feuchter); Sion SIO (trockener)	381, 482
Alpensüdseite /Tallagen	Magadino, MAG	203



**Abb. 1:** Lage der ausgewählten Stationen in den grossen Klimaregionen der Schweiz

## 2.2 Herleitung der Klimaszenarien

Die Klimadaten für heutige mittlere Bedingungen (Temperatur, Strahlung und Niederschlag) stammen von repräsentativen Wetterstationen (siehe 2.1). Als Referenzperiode wurden die Jahre 1981-2010 verwendet. Das ‚Normaljahr‘ (**Ref**) entspricht dem Mittelwert dieser Periode. Als fiktives künftiges Extremjahr („4014“) wurde eine Kombination aus den Jahren 2003 (warm-trockener Sommer) und 2011 (trockenes Frühjahr) verwendet (**Extrem**). Dazu wurde jeweils der Monat mit der tiefsten kumulierten atmosphärischen Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung: P-ETo) gewählt. Die Werte für ETo wurden aus täglichen Strahlungs- und Temperatur-Daten aufgrund der Formel von Turc berechnet. In der folgenden Tabelle ist für die ausgewählten Stationen dargestellt, welches Jahr für den jeweiligen Monat berücksichtigt wurde:

**Tab. 3: Auswahl des Jahres 2003 oder 2011 für jeden Monat und Station in der Kombination „4014“**

Station	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
<b>AIG</b>	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>ALT</b>	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
<b>BAS</b>	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>BER</b>	2011	2003	2011	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>CHM</b>	2011	2003	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>CHU</b>	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
<b>GVE</b>	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2011	2011	2011	2003
<b>MAG</b>	2003	2003	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2011
<b>PAY</b>	2011	2011	2011	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>REH</b>	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>SAM</b>	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>SIO</b>	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
<b>STG</b>	2011	2003	2003	2011	2011	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
<b>WYN</b>	2011	2011	2011	2011	2011	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003

Als Klimaszenarien für den Zeithorizont 2060 (2045-2074) wurden basierend auf dem A1B Emissionsszenario (das A2 Szenario ist bis 2060 unwesentlich anders) die Ergebnisse aus zwei Klimamodellketten verwendet: SMHI-RCA-BCM als mildes (**CC min**) und ETHZ-HadCM3Q0-CLM als starkes (**CC max**) Klimaszenario. Die beiden Szenarien stellen, besonders in Bezug auf die Änderung der Temperatur, einen unteren und oberen Bereich aller verfügbaren Projektionen für A1B dar. Mögliche Veränderungen der Strahlung wurden vorderhand nicht berücksichtigt. Für diese Szenarien (und nur A1B) liefert das Projekt CH2011 ([www.ch2011.ch/de](http://www.ch2011.ch/de)) tägliche Werte für die Abweichungen der Temperatur (absolut) und des Niederschlags (%) im Durchschnittsjahr der Zukunftsperiode relativ zum Mittel der Referenzperiode (sog. Delta-Werte) für die ausgewählten Stationen [1].

Für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs wurden diese täglichen Inputdaten über die 30-Jahre Perioden (oder 1 Jahr im Falle des Extremjahres) verwendet. Die Simulationsergebnisse wurden auf der Outputdaten-Ebene pro Monat aggregiert und über die entsprechenden Zeitperioden gemittelt (Referenz, Zukunft). Der gesamte saisonale Bewässerungsbedarf entspricht schliesslich der Summe der monatlichen Werte für die Periode März bis Oktober.

## 2.3 Berechnungsansatz

Eine ausführlichere Beschreibung des Berechnungsansatzes (der nicht für Tropfbewässerung gilt, ausser es handelt sich um Mikro-Sprinkler, die mindestens 50% der gesamten Oberfläche benetzen, <http://www.agrometeo.ch/de>) ist im Bericht „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft“ am Beispiel der Station Basel-Binningen zu finden [4].

Die Berechnung des täglichen Bewässerungsbedarfs unter einem bestimmten Klima, für eine ausgewählte Kultur und auf einem gegebenen Boden, beruht auf der Arbeit von Smith et al. [2a Abschnitt 3.3, 2b Abschnitt 2.4] und orientiert sich an der Methode des FAO-Berichts zur Bewässerung [3]. Die Darstellung der Wasserflüsse im System Boden-Pflanze-Atmosphäre, die von Klima, Kultur und Boden beeinflusst werden, basiert auf den Konzepten der Verdunstung (Evapotranspiration) ETo einer Referenz-Kultur und der vertikalen Wasserbilanz nach dem Bucket-Ansatz in einer angenommen homogenen grundwasserfernen Bodenschicht (Wurzelbereich).

Die angepasste, sog. aktuelle Evapotranspiration ETa wurde ausgehend von der täglichen ETo für die gewählte Station und Anbau-„Situation“ berechnet, wobei die spezifischen Bedürfnisse der Kultur (über den Verlauf des Kulturkoeffizienten für Hauptentwicklungsstadien) und die variierende Bodenwasserverfügbarkeit im Wurzelbereich (über den Trockenstresskoeffizienten) berücksichtigt wurden. Für die einzelnen Kulturen wurden typische Saat- und Erntezeitpunkte festgelegt und die wichtigen Kenngrössen wie Durchwurzelungstiefe und spezifische Toleranz der Kultur gegenüber Bodenwasserdefiziten aus der Literatur verwendet, wobei das Wasserdefizit von der nutzbaren Feldkapazität (nFK) der einzelnen Böden und der täglichen Bodenwasserbilanz abhängt (Niederschläge, ETa und andere Wasserverluste inkl.).

Fällt die ETa unter 80% ihres Kultur-spezifischen potentiellen Niveaus, so wird die minimale Bodenspezifische Menge Wasser berechnet, die zusätzlich zu den Niederschlägen gebracht wird, um das potentielle Niveau wieder herzustellen. Die so berechneten täglichen Werte für den Bewässerungsbedarf wurden monatlich aggregiert.

## 2.4 Tabellen und Lesehilfe

Pro Station werden bis zu 20 Tabellen zu Verfügung gestellt (je eine pro Kultur und Durchwurzelungstiefe), welche die berechneten Daten des Bewässerungsbedarfs (für alle Kombinationen aus Boden und Klimaszenarien in 12 Zeilen) und für die Monate von März bis Oktober sowie die Jahressumme (9 Spalten) zusammenfassen. Der Bewässerungsbedarf wird in mm (= l/m<sup>2</sup> oder 10 m<sup>3</sup>/ha), gerundet auf 5 mm, angegeben. Die Tabellen für alle Stationen sind in einer separaten Beilage, zusammen mit einer Zusammenfassung des Klimas jeder Station zusammengestellt.

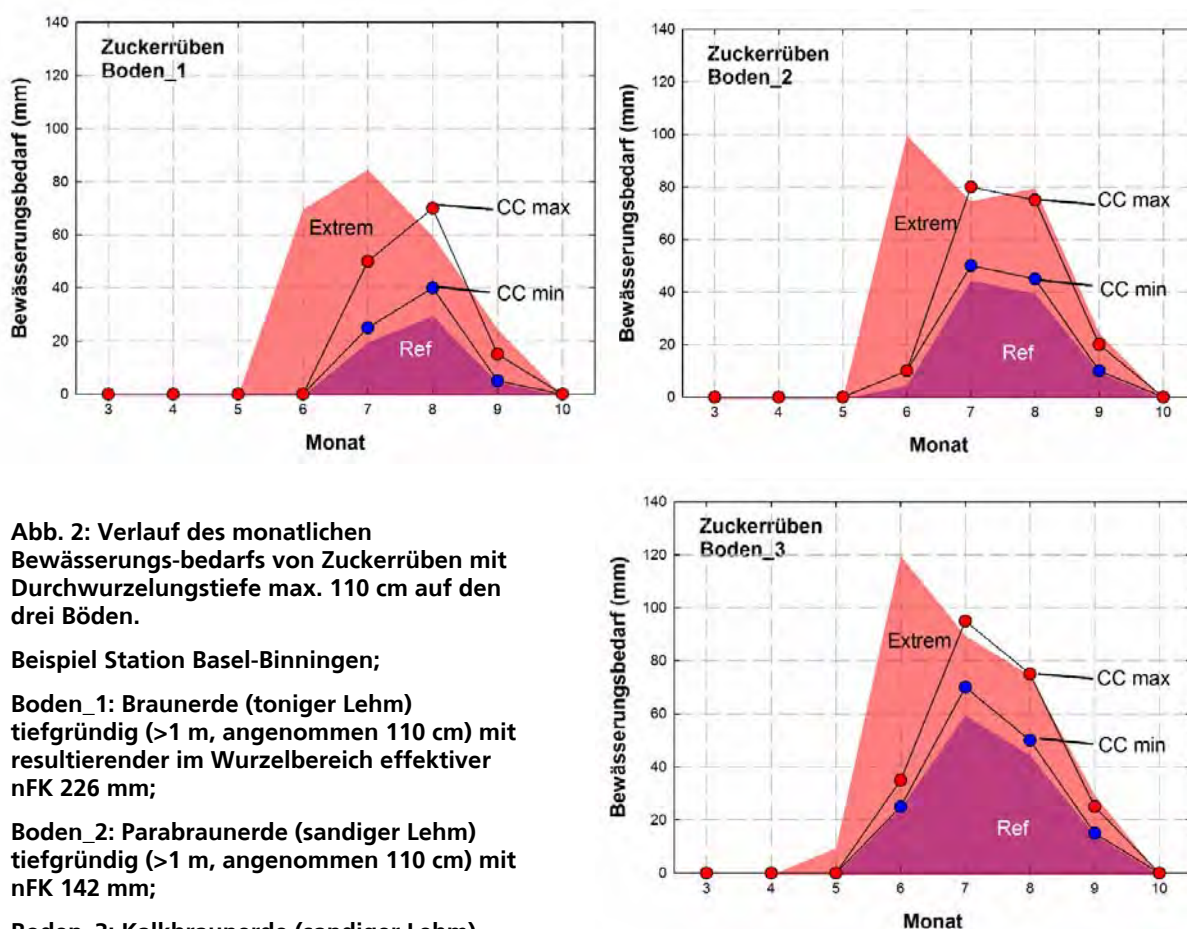
**Tab. 4: Beispiel Bewässerungsbedarf-Tabelle (Bewässerungsbedarf in mm) für Zuckerrüben (mit Durchwurzelungstiefe max. 110 cm) aufgrund der Klimadaten der Station Basel-Binningen. Boden 1: Braunerde tiefgründig; Boden 2: Parabraunerde tiefgründig; Boden 3: Kalkbraunerde mässig tiefgründig (für mehr Details siehe Abb. 2).**

Boden	Klima	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Total
1	Ref	0	0	0	0	20	30	5	0	55
1	CC min	0	0	0	0	25	40	5	0	70
1	CC max	0	0	0	0	50	70	15	0	135
1	Extrem	0	0	0	70	85	60	25	0	235
2	Ref	0	0	0	5	45	40	10	0	100
2	CC min	0	0	0	10	50	45	10	0	115
2	CC max	0	0	0	10	80	75	20	0	185
2	Extrem	0	0	0	100	75	80	25	0	275
3	Ref	0	0	0	25	60	45	15	0	145
3	CC min	0	0	0	25	70	50	15	0	160
3	CC max	0	0	0	35	95	75	25	0	225
3	Extrem	0	0	10	120	90	75	30	0	325

### 3 Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs auf den Bilanzierungsraum

#### 3.1 Darstellungsbeispiel

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf des monatlichen Bewässerungsbedarfs am Beispiel Zuckerrüben für die Station Basel-Binningen (in der Region 1 'Östlicher Jura') dargestellt (Daten gemäss Tab. 4). Dabei kann der saisonale Verlauf des monatlichen Bewässerungsbedarfs zwischen den verschiedenen Klimaszenarien verglichen sowie die Auswirkung verschiedener Böden dargestellt werden.



#### 3.2 Hochrechnungsbeispiel

Für die praktische Umsetzung der beigelegten Tabellen für eine oder mehrere ausgewählte Station(en) können die tabellarischen Angaben für den monatlichen Bewässerungsbedarf in mm mit statistischen Angaben zu Landnutzung und Boden in den repräsentierten Regionen kombiniert (d.h. mit den betroffenen Flächen multipliziert und räumlich aggregiert) werden. Der kultur- und bodenspezifische Bewässerungsbedarf pro Flächeneinheit (z.B. Hektare, ha) und Monat (oder Saison) unter einem bestimmten Klimaszenario kann so für einen ausgewählten Raum mit vielfältigen Anbaubedingungen hochgerechnet werden.



Bei der Hochrechnung muss der Bewässerungsbedarf aufgrund der bei der Vereinfachung getroffenen Annahmen je nach vorliegenden Gegebenheiten korrigiert werden. Die vorliegenden Zahlen gehen von einer Bewässerungseffizienz von 100% aus, d.h. dass keine System- und Verdunstungsverluste auftreten (z.B. auf 70% Effizienz für Beregnungsanlagen korrigieren).

Kultur: A (mit Beregnungsanlage)

Anbaufläche auf Boden\_1: b1 (ha)

Anbaufläche auf Boden\_2: b2 (ha)

Bewässerungsbedarf W (mm) pro Monat m wird für Boden\_1 bzw. Boden\_2 aus der Tabelle für Kultur A gelesen

Beispiel-Berechnung des korrigierten Bewässerungsbedarfs über die ausgewählten Monate m1-mx für das Referenzklima der Station Basel-Binningen:  $W_{BAS,Ref,A}$

$$W_{BAS,Ref,A} = [(W_{m1,b1} + \dots W_{mx,b1}) \times b1 + (W_{m1,b2} + \dots W_{mx,b2}) \times b2] / 0.7 / 10 \quad (m^3)$$

Ähnliche Berechnung für Kultur B

$$W_{BAS,Ref} = W_{BAS,Ref,A} + W_{BAS,Ref,B}$$

Ähnliche Berechnung für andere Stationen, z.B: Chaumont

$$W_{Ref} = W_{BAS,Ref} + W_{CHM,Ref}$$

$W_{Ref}$  liefert am Ende den Bewässerungsbedarf ( $m^3$ ) über ausgewählte Monate. In diesem Beispiel für das Referenzklima und für den Raum Jura, wo die Kulturen A und B je auf den Böden 1 und 2 im westlichen und östlichen Teil angebaut werden und die Anbauflächen der verschiedenen Kombinationen bekannt sind.

Mit der Verwendung des Extremszenarios wird ein sehr hoher Wasserbedarf berechnet. Es wird davon abgeraten, die Bewässerungsplanung auf dieses Extremszenario auszurichten, viel mehr zeigt es eine potentielle Ausnahmesituation für das künftige Klima auf.

Unsicherheiten (bez. Repräsentativität der Stationen, Kultursorten, Bodenheterogenität, statistischen Daten usw., zusätzlich zu den Unsicherheiten der Modellparameter und Klimaprojektionen) können bei einer Anwendung der vereinfacht dargestellten Modellierungsergebnisse durch zusammenfassende Tabellen leider nicht vermieden werden.

## 4 Referenzen

- [j.1] C2SM; MeteoSwiss; ETH; NCCR Climate; OcCC (2011): *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*, Zürich. 88 S.
- [5.3] Smith, P.C. ; Calanca, P. ; Fuhrer, J. (2012): *A simple scheme for modeling irrigation water requirements at the regional scale applied to an alpine river catchment*. Water, 4, S. 869-886.
- [j.2] Smith P.C., Heinrich G., Suklitsch M., Gobiet A., Stoffel M., Fuhrer J. (2014): *Station-scale bias correction and uncertainty analysis for the estimation of irrigation water requirements in the Swiss Rhone catchment under climate change*. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-014-1263-4.
- [j.3] Allen, R.G. ; Pereira, L.S. ; Raes, D. ; Smith, M. (1998): *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rom. 300 S.
- [j.4] Fuhrer, J.; Smith, P.C. (2015): *Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft*: Agroscope im Auftrag des Kantons Basel-Landschaft, 28 S.



## Anhang k)

### Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneigung

<b>1</b>	<b>Ziele der Beilage</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
<b>2</b>	<b>Methodik</b>	<b>3</b>
2.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen	3
2.2	Effektiver Wasserbedarf für die Beschneigung	3
2.3	Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung	3
2.3.1	Grundlagen für die Extrapolation	4
<b>3</b>	<b>Hinweise zur Umsetzung</b>	<b>6</b>
3.1	Beispiel Darstellung für effektiven Wasserbedarf	6
3.2	Beispiel für Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung	6
<b>4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>7</b>

# 1 Ziele der Beilage

## 1.1 Leitfragen

- Wie gross ist der Wasserbedarf für die technische Beschneigung im Bilanzierungsraum?
- Wie ist der Trend der letzten Dekade?
- Was ist die Ressource des Wassers für die technische Beschneigung?

### Abgrenzung:

In dieser Beilage wird aufgezeigt, wie der Wasserbedarf für die technische Beschneigung in den Bilanzierungsräumen eruiert werden kann.

## 1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschritts werden folgende Daten erhoben sein:

- Wasserbedarf für Beschneigungsanlagen pro Wintersaison
- Herkunft des Wassers für die Beschneigung
- Grundlagedaten für eine Schätzung des Wasserbedarfs (durch Extrapolation)

## 2 Methodik

Der Wasserbedarf für die technische Beschneigung kann auf mehrere Arten eruiert werden:

- Effektiver Wasserbedarf direkt vom Betreiber der Anlage (Kapitel 2.2)
- Wasserbedarf ermitteln durch Extrapolation und Annahmen (Kapitel 2.3)

Das Wasser für die technische Beschneigung stammt in der Regel aus Oberflächengewässern, Quellwasser oder in viel geringerem Masse aus der Trinkwasserversorgung. Am ehesten wissen die Anlagebetreiber darüber Bescheid. Falls für die Beschneigung Trinkwasser benötigt wird, können oft auch die Gemeinden Auskunft über die Wassermenge geben.

### 2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die gesetzlichen Grundlagen für Wasserentnahmen aus Fliessgewässern finden sich in Art. 29 -34 GSchG. Diese regeln die Bewilligungen und Konzessionierung von Entnahmen und deren Voraussetzungen. Für den Einzelfall bestimmen die Behörden die Dotierwassermenge und die Massnahmen, die für den Schutz der Gewässer unterhalb der Entnahmestelle notwendig sind. Die Behörde kann die Dotierwassermenge zeitlich unterschiedlich festlegen.

### 2.2 Effektiver Wasserbedarf für die Beschneigung

Um Angaben über das Wassermanagement der Beschneigungsanlagen machen zu können, sollten die Anlagebetreiber angefragt werden. Folgende Daten und Angaben sind von Interesse:

Daten	Bemerkungen
Wassermenge für Beschneigung pro Wintersaison	Wassermenge z.B. in m <sup>3</sup>
Ressourcen für das Beschneigungswasser	Oberflächenwasser, Quellwasser, Grundwasser, Regenwasser, Trinkwasser
Betriebszeit der Beschneigungsanlagen	z.B. Einschneiphase Anfangs Winter (Nov., Dez.); eventuelle Nachbeschneigung Mitte Winter (Jan., Feb.)

### 2.3 Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung

Bei fehlenden Daten oder bei grosser Anzahl von Betrieben mit technischer Beschneigung kann der Wasserbedarf auch durch Schätzung ermittelt werden. Dies gelingt umso besser, je mehr Daten als Grundlage für eine Extrapolation vorhanden sind.

Wenn keine genaueren Angaben vorhanden sind, können folgende allgemeingültigen Angaben verwendet werden.

### 2.3.1 Grundlagen für die Extrapolation

In der folgenden Tabelle 1 finden sich weitere Angaben, welche für die Extrapolation wichtig sind. Die Informationen sollten bei den Skigebieten vorhanden sein.

**Tabelle 1: Angaben aus Bericht von SLF [B].**

	Bemerkungen
Pistenfläche	Totale Fläche, wenn möglich mit Angaben über Beschneigungsanteil
Wasserbedarf pro Pistenfläche	600 – 1500 m <sup>3</sup> pro ha und Schneedecke von 30 cm
Beschneigungsphasen	Hängen oft von Klimafaktoren und meteorologischen Schwankungen ab
Pistenlänge	Totale oder beschneite Länge der Piste. Falls die Fläche unbekannt ist, kann sie über die Pistenlänge abgeschätzt werden.

Wenn die zu beschneidende Pistenfläche und die Beschneigungsphasen bekannt sind, können Angaben über den Wasserbedarf gemacht werden. Dabei wird angenommen, dass für einen Hektar Piste mit einer Mächtigkeit von 30 cm 600 – 1500 m<sup>3</sup> Wasser benötigt wird.

Für den Fall, dass die beschneite Pistenfläche nicht bekannt ist, müssen zusätzliche Annahmen getroffen werden. Eine Möglichkeit ist, den schweizerischen Durchschnittswert für den Anteil der beschneiten Pistenfläche für den konkreten Fall zu übernehmen. In Abbildung 1 ist dieser Anteil der technisch beschneiten Pistenfläche im Vergleich zur gesamten Pistenfläche in der Schweiz der letzten 23 Jahren dargestellt. Im Winter 2012/13 wurde in der Schweiz 92 km<sup>2</sup> (41 %) Piste technisch beschneit [SBS]. Der Trend in den letzten Jahren ist stark steigend.

Oft sind die Pistenflächen der Skiegebiete nicht bekannt, sondern nur die Pistenlänge. Das hat zu Folge, dass man auch für die Ermittlung der Pistenfläche Annahmen treffen muss, wodurch sich die Unsicherheit des Resultats für den Wasserbedarf weiter vergrössert. In Tabelle 2 ist die Pistenbreite mit einem ziemlich grossen Spielraum angegeben. Je nach Topographie des Skigebiets kann hierfür ein kleinerer oder grösserer Wert angenommen werden.



**Abbildung 1: Prozentualer Anteil der künstlich beschneiten Pistenflächen von 1990 - 2013**



Neben der Beschneigungsfläche sind die Beschneigungsphasen ein wichtiger Faktor. Dieser variiert je nach lokalem Klima von Skipiste zu Skipiste und in Abhängigkeit der Wetterverhältnisse. Wenn die meteorologischen Bedingungen zu starker Schneeschmelze oder Windverfrachtung im Verlauf des Winters führen, kann es sinnvoll sein, die Pistenbedingungen durch eine Nachbeschneigung zu verbessern. Dadurch nimmt der Wasserbedarf für die Beschneigung in einem Skigebiet stark zu, obwohl die beschneite Fläche gleich bleibt.

**Tabelle 2: Angaben aus Berichte von der SBS [A] und SLF [B]**

		Bemerkungen
Pistenfläche Total CH	22440 ha	
Beschneite Pistenfläche	9200 ha (41 %)	Für den Winter 2012/13, Tendenz steigend
Wassermenge für 1 ha Schnee (Mächtigkeit: 30 cm)	600-1500 m <sup>3</sup>	
Pistenbreite	15 – 40 m	Falls geschätzt werden muss

### 3 Hinweise zur Umsetzung

#### 3.1 Beispiel Darstellung für effektiven Wasserbedarf

Folgende Angaben stehen zur Verfügung. Sie wurden durch Anfragen bei den Beschneigungsbetreibern eruiert:

**Tabelle 3: Resultate aus Nachfragen bei Betreibern der Skigebiete und/oder Gemeinden**

Skigebiet	Wasserbedarf (m <sup>3</sup> )	Ressourcenherkunft	Beschneigungsphasen	
			1. Phase	2. Phase
Skigebiet A	500 000	OW und QW	3. Dez. – 10. Dez.	15. Feb. – 19. Feb.
Skigebiet B	65 000	GW und TW	15. Dez. – 18. Dez.	-
Skigebiet C	650 000	OW und GW	2. Dez. – 8. Dez.	27. Jan. – 3. Feb.

#### 3.2 Beispiel für Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung

Grundlage für die folgende Berechnung sind die Angaben aus den vorherigen Tabellen und der Abbildung 1 dieses Anhangs. Falls keine weiteren Angaben vorhanden sind, müssen die Pistenflächen und die Beschneigungsdauer geschätzt werden. Minimale Angaben für die Abschätzung der Pistenfläche ist die Pistenlänge, welche von den Skigebieten zur Verfügung gestellt werden sollte. Je nach Skigebiet kann eine andere Pistenbreite als Annahme getroffen werden. (vgl. Tabelle 1).

## 4 Referenzen

- [k.1] BFE Bundesamt für Energie Hrsg. (2009). Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und Potentiale für Energieoptimierung. Schlussbericht.  
<http://www.seilbahnen.org/de/index.php?section=downloads&category=68> (25.11.2015)
  
- [k.2] Teich, M.; Lardelli, C.; Bebi, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 S.  
[www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf](http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf) (25.11.2015)
  
- [k.3] Weingartner, R.; Schädler, B. Reynard, E.; Bonriposi, M. Graefe, O.; Herweg, K.; Homewood, C.; Huss, M.; Kauzlaric, M.; Liniger, H.; Rey, E.; Rist, St.; Schneider, F.: (2013). MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, Bern.  
[http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014\\_MontanAqua\\_Forschungsbericht\\_NFP-61\\_D.pdf](http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014_MontanAqua_Forschungsbericht_NFP-61_D.pdf) (25.11.2015)



## ANHANG I)

### Einfache kantonale Anwendungsbeispiele

<b>1</b>	<b>Einleitung zum Anhang I)</b>	<b>2</b>
1.1	Leitfragen	2
1.2	Kurzvorstellung der zwei Fallbeispiele	2
1.2.1	Kantonales Beispiel (Bern)	2
1.2.2	Interkantonales Beispiel (AKV)	3
1.2.3	Vergleich der zwei Fallbeispiele	4
1.2.4	Hinweis zu den zwei Fallbeispielen	4
<b>2</b>	<b>Untersuchte Problemfelder</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Verwendete Bilanzierungsräume</b>	<b>6</b>
3.1	Kanton Bern	6
3.2	Vierwaldstättersee (AKV)	7
<b>4</b>	<b>Definition der Relevanz und Ausprägung</b>	<b>8</b>
4.1	Kanton Bern	8
4.2	Vierwaldstättersee (AKV)	11
<b>5</b>	<b>Ermittlung des Handlungsbedarfs</b>	<b>14</b>
5.1	Beispiel: Problemfeld 6 „Landwirtschaftliche Bewässerung“	14
5.2	Handlungsbedarfskarten	15
<b>6</b>	<b>Wasserknappheitshinweiskarten</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Dokumentationsquellen</b>	<b>17</b>

# 1 Einleitung zum Anhang I)

## 1.1 Leitfragen

Wie kann in der Praxis eine einfache Anwendung der Teile A und B der Methode aussehen:

- an einem kantonalen Beispiel?
- an einem kantonsübergreifenden Beispiel?

Wie wurde vorgegangen?

Was sind die per Ende 2015 vorliegenden provisorischen Resultate?

## 1.2 Kurzvorstellung der zwei Fallbeispiele

### 1.2.1 Kantoniales Beispiel (Bern)

Im **Kanton Bern** ist das Amt für Wasser und Abfall (AWA) die zuständige Behörde für den Vollzug der Gewässerschutzgesetzgebung. Im Hinblick auf die künftige Aktualisierung seiner kantonalen Wasserstrategie hat das AWA die Erarbeitung des vorliegenden Expertenberichtes als Gelegenheit ergriffen, die Situation im Kanton Bern bezüglich Trockenheitsmanagement grob abzuschätzen.

Die Untersuchungen verfolgten grundsätzlich zwei **Ziele**:

- 1) einen ersten Gesamtüberblick über die Wasserknappheitsproblematik im Kanton erhalten, um diejenigen Regionen zu identifizieren, wo allenfalls ein Bedarf für weitergehende Abklärungen besteht;
- 2) die bestehenden Informationen und Kenntnisse der Fachspezialisten des AWA zu dieser Problematik zentralisieren und dokumentieren.

Es wurde ein pragmatisches, Experten-basiertes Vorgehen gewählt, welches grundsätzlich den **Teilen A und B** des vorliegenden Expertenberichtes entspricht und auf den **bisherigen Erfahrungen mit Trockenperioden** beruht. Es wurden nur die als prioritär erachteten Problemfelder behandelt und **keine Zukunftsszenarien** erarbeitet oder angewendet.

Mit der Unterstützung eines externen Auftragnehmers wurden die Informationen mittels gezielter Abfragen der AWA-Mitarbeiter anlässlich von vier Workshops abgeholt und dokumentiert. Anschliessend wurde das Informationsmaterial nach der Methodik des vorliegenden Expertenberichtes zu einer Synthese mit Tabellen und Karten verarbeitet.

Die Resultate der Grenzgewässer sind mit den Nachbarkantonen nicht abgestimmt.

Das Beispiel zeigt, dass die Methode der Teile A und B des vorliegenden Expertenberichtes bei gutem Informationsstand der kantonalen Fachspezialisten pragmatisch und ohne Erhebung zusätzlicher Daten erfolgreich angewendet werden kann.

Die Untersuchungen wurden im Bericht [I.1] im November 2015 dokumentiert. In den Schlussfolgerungen wird empfohlen, einzelne Problemfelder gezielt zu vertiefen, Zukunftsszenarien in Erwägung zu ziehen und den Bedarf nach einer Wasserressourcenplanung in den drei Bilanzierungsräumen mit dem höchsten Handlungsbedarf abzuklären.

## 1.2.2 Interkantonales Beispiel (AKV)

Die **Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV)** gruppiert die fünf Innerschweizer Kantone Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden und Luzern. Im Rahmen des Pilotprogramms Anpassung an den Klimawandel des Bundes hat die AKV beschlossen, Wasserknappheitshinweiskarten im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees zu erarbeiten.

Das Projekt verfolgt grundsätzlich zwei **Ziele**:

- 1) Das Risiko zukünftiger lokaler Wasserknappheit in den Teileinzugsgebieten des Vierwaldstättersees evaluieren, um sich auf die neuen Herausforderungen des Klimawandels vorzubereiten;
- 2) Die Methode gemäss vorliegendem Expertenbericht im Sinne eines Pilotprojektes interkantonale anwenden, um sie in der Praxis auszutesten und ggf. methodische Optimierungen vorzuschlagen. (Diese Anwendung wird dann für ähnliche Projekte in anderen Gebieten der Schweiz als mögliche Vorlage zur Verfügung stehen.)

Der effektive Start des Projektes erfolgte im August 2015 anlässlich eines moderierten Workshops mit je 1-2 Vertretern jedes Kantons, wo man sich auf die Projektziele, die allgemeine Methodik und das operative Projektteam für die weiteren Arbeiten einigte. Die zu untersuchenden Problemfelder und die Festlegung der Bilanzierungsräume wurden andiskutiert.

An einem zweiten moderierten Workshop im September 2015 wurden die zu untersuchenden Problemfelder und die Bilanzierungsräume aufgrund von zwischenzeitlich erarbeiteten konkreten Vorschlägen festgelegt und die Relevanz- und Ausprägungsskalen definiert.

Nach diesen Aufbauarbeiten sollen 2016 sämtliche Bilanzierungsräume unter gezieltem Einbezug externer Auftragnehmer bewertet werden, wobei das interkantonale Projektteam nicht nur die Federführung des Projektes behält, sondern auch aktiv bei der Erarbeitung mitwirkt.

Nachfolgend werden die **provisorischen Ergebnisse** der zwei ersten Workshops gezeigt. Die als Beispiel angegebenen Resultate stammen aus der Workshop-Dokumentation [I.2] vom September 2015. Weitere Resultate liegen zurzeit nicht vor.



### 1.2.3 Vergleich der zwei Fallbeispiele

Die zwei Fallbeispiele sind, wie der Name sagt, als *Beispiele* und nicht als Anwendungsleitfaden zu verstehen. Jeder Fall ist anders, wie der Vergleich beider Fälle zeigt:

**Tabelle 1: Vergleich ausgewählter Merkmale der zwei Fallbeispiele**

	<b>Kanton Bern (AWA)</b>	<b>Vierwaldstättersee (AKV)</b>
<b>Perimeter:</b>	1 Kanton	See-Einzugsgebiet (5 Kantone oder Teile davon)
<b>Grossregionen:</b>	Alpen, Voralpen, Mittelland und Jura	Nur Alpen und Voralpen
<b>Spezifitäten:</b>	Intensiver Gemüsebau im Seeland, z.T. grossräumige Wasserverbunde (Bern)	Wasserkraft-genutzte Einzugsgebiete mit kleinen Gletschern; keine intensive Landwirtschaft; kleinstrukturierte Täler und viel Alpwirtschaft
<b>Interkantonale Koordination:</b>	Keine	Zwischen den 5 Kantonen
<b>Intersektorale Koordination:</b>	Innerhalb des AWA, aber nicht mit anderen Ämtern	Innerhalb der Ämter für Umweltschutz, aber nicht mit anderen Ämtern
<b>Allgemeines Vorgehen:</b>	Rein Experten-basiert (mit operativer Unterstützung eines externen Auftragnehmers)	Experten-basiert und mit vertiefenden Untersuchungen durch externe Auftragnehmer
<b>Bilanzierungsräume (BR)</b>		
Anzahl BR:	21 - 23, je nach Problemfeld	31
Grösse der BR (km <sup>2</sup> ):	70 km <sup>2</sup> – 527 km <sup>2</sup>	ca. 25 km <sup>2</sup> – ca. 250 km <sup>2</sup>
Einwohner pro BR:	1'200 bis 342'000 Einwohner	150 – 27'300 Einwohner (+ BR Luzern 115'100 Einw.)
<b>Anzahl untersuchter Problemfelder (von insgesamt 14):</b>	6 wurden untersucht 3 wurden kurz abgehandelt 6 wurden nicht untersucht	5 werden prioritär untersucht 4 werden eventuell untersucht 5 werden nicht untersucht
<b>Zukunftsszenarien:</b>	Keine	Vorgesehen für Klimawandel und sozio-ökonomische Entwicklung (v.a. Bevölkerung)
<b>Angewendete Teile der Methode:</b>	Teile A und B	Teile A und B, anschliessend gezielte Anwendung von Teil C
<b>Budget:</b>	CHF 30'000.- für die externe Unterstützung	CHF 140'000.- für die externen Aufträge
<b>Termine:</b>	2015	2015-2017

### 1.2.4 Hinweis zu den zwei Fallbeispielen

Die meisten nachfolgenden Informationen zu den zwei Fallbeispielen stammen direkt aus Kopien des Schlussberichts [I.1] bzw. der Workshop-Dokumentation [I.2] der entsprechenden Projekte und haben **provisorischen** Charakter. Für die AKV handelt es sich um „**Work in Progress**“!

## 2 Untersuchte Problemfelder

Folgende Problemfelder wurden untersucht bzw. sind zur Untersuchung vorgesehen:

**Tabelle 2: Liste der Problemfelder gemäss Kapitel 1.2 des Expertenberichtes und Vertiefungsgrad der Bearbeitung in den zwei Anwendungsbeispielen Bern und AKV**

Problemfeld gemäss Expertenbericht, Abbildung 5:	Bern	AKV
1 Ungenügend geschützte Grundwasserfassungen	Nein	Evtl.
2a Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit (öffentliche Wasserversorgung)	Ja	Ja
2b Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit (private Wasserversorgung)	Nein	Ja
3a Übermässige Grundwasserentnahmen der öffentlichen Wasserversorgungen	Ja	Evtl.
3b Übermässige Grundwasserentnahmen der privaten Wasserversorgungen	Nein	Nein
4 Übermässige Grundwasserentnahmen zu Bewässerungszwecken	Nein	Nein
5a Restwasserproblematik bei Quellen und Auenschutzgebieten (öffentl. WV)	Kurz	Evtl.
5b Restwasserproblematik bei Quellen und Auenschutzgebieten (private WV)	Nein	Nein
6 Restwasserproblematik in Oberflächengewässer wegen Bewässerung	Ja	Nein
7 Restwasserproblematik in Oberflächengewässer wegen Beschneigung	Ja	Ja
8 Übermässige klimatisch od. anthropogen bedingte Erwärmung Grundwasser	Kurz	Nein
9 Übermässige klimatisch/anthropogen bedingte Erwärmung Oberflächengew.	Nein	Evtl.
10 Restwasserproblematik bei Fassungen / Ableitungen für die Wasserkraft	Kurz	Ja
11 Ungenügende Verdünnung des eingeleiteten Abwassers	Ja	Ja

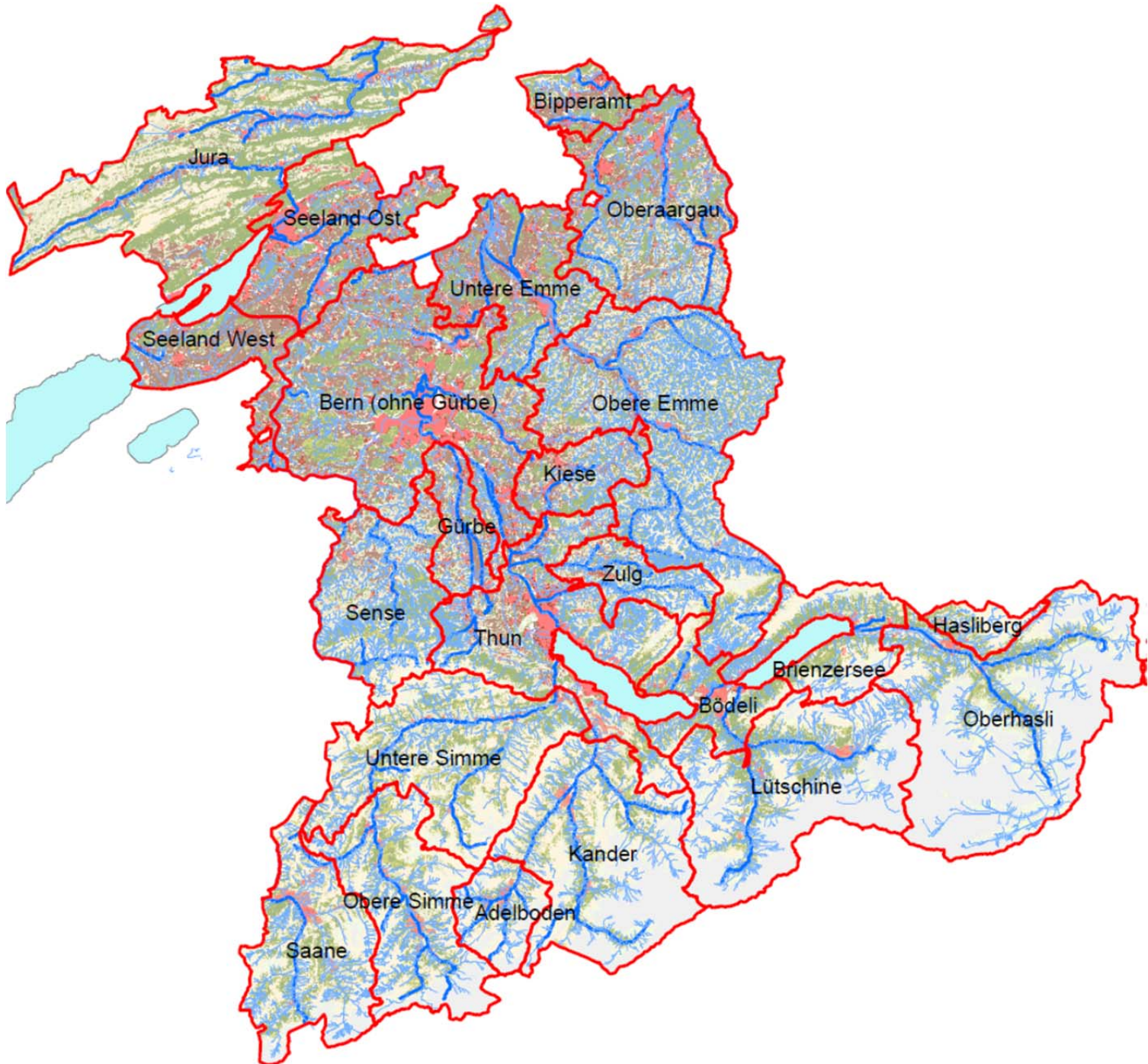
### Legende:

Wurde untersucht / Wird prioritär untersucht	ja
Wurde nur kurz abgehandelt / Wird eventuell untersucht	
Wurde nicht untersucht / Wird nicht untersucht	nein

### 3 Verwendete Bilanzierungsräume

#### 3.1 Kanton Bern

Die 23 Bilanzierungsräume des Kantons Bern sind unten dargestellt:



**Abbildung 1:** Aufteilung des Kantons in 23 Bilanzierungsräume mit Darstellung der Gewässer und der Landnutzung (grau = Ödland, grün = Wald, gelb = Weiden, rosa = Siedlung, braun = Ackerland).  
 Verwendete Daten: Gewässernetz der Kantons Bern GN5; Siedlungsgebiete und Landnutzung: Arealstatistik.



### 3.2 Vierwaldstättersee (AKV)

Die 31 Bilanzierungsräume der AKV sind unten dargestellt, ungefähr im gleichen Massstab wie die Karte der Bilanzierungsräume des Kantons Bern:

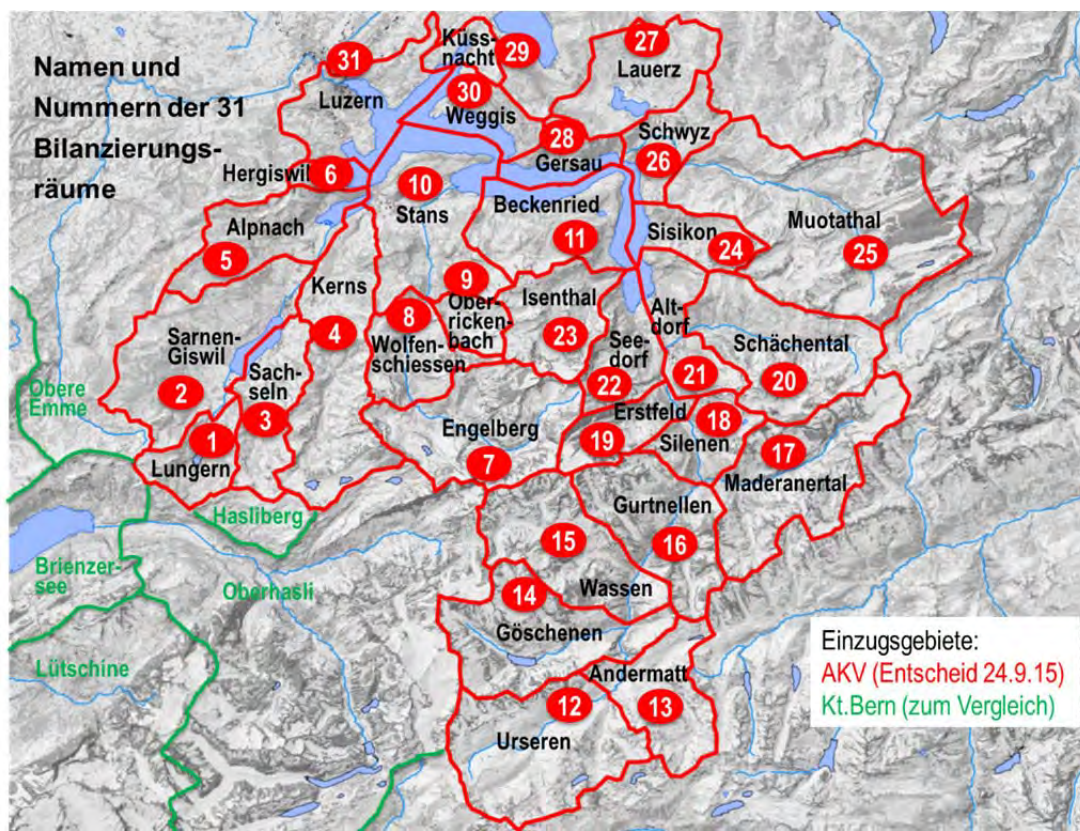


Abbildung 2: Aufteilung des Einzugsgebietes des Vierwaldstättersees in 31 Bilanzierungsräume (in rot) und Vergleich mit den Einzugsgebieten des Kantons Bern (in grün, siehe auch Karte der Abbildung 1)

Nr	Name	Kantone	Einwohner
1	Lungern		2'200
2	Sarnen-Giswil		13'700
3	Sachslen		5'000
4	Kerns		7'100
5	Alpnach		5'820
6	Hergiswil		5'600
7	Engelberg		4'100
8	Wolfenschiessen		2'000
9	Oberriickenbach		150
10	Stans		27'300
11	Beckenried		5'700
12	Urseren		340
13	Andermatt		1'400
15	Göschenen		430
16	Wassern		430

Nr	Name	Kantone	Einwohner
17	Gurtnellen		570
17	Maderanertal		480
18	Silenen		1'600
19	Erstfeld		3'780
20	Schächenal		5'510
21	Altdorf		16'100
22	Seedorf		3'420
23	Isenthal		500
24	Sisikon		400
25	Muotathal		1'370
26	Schwyz		23'700
27	Lauerz		7'000
28	Gersau		2'200
29	Küssnacht		12'400
30	Weggis		6'500
31	Luzern		115'100




Tabelle 3:  
Aufteilung der  
Bilanzierungs-  
räume  
zwischen den  
Kantonen









## 4 Definition der Relevanz und Ausprägung




### 4.1 Kanton Bern

Die Relevanz- und Ausprägungsskalen, welche bei den 6 untersuchten Problemfeldern im Kanton Bern zur Anwendung kamen, sind nachfolgend dargestellt:




<b>Problemfeld:</b>    <b>2a</b> Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit der öffentlichen Versorgungsungen		
<b>Kriterium:</b>	Anzahl durch öffentliche Wasserversorgungen versorgte Einwohner	
<b>Relevanz:</b>	<b>Wertebereich:</b>	<b>1. Ansatz</b>
hoch – sehr hoch	Über 50'000	2. Ansatz
mittel – hoch	5'000 – 50'000	10'000 – 50'000
gering – mittel	bis 5'000	bis 10'000
null – gering	Nur private Wasserversorgungen	
<b>Kriterium:</b>	Erschliessung der Wasserressourcen durch Vernetzung zwischen Wasserversorgungen	
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
stark – sehr stark	Es gibt keine sinnvollen Lösungen zur Verbesserung der Erschliessung der vorhandenen Ressourcen.	
mittel – stark	Es bestehen Lösungsansätze zur Verbesserung der Versorgungssicherheit, es ist jedoch unklar, ob und wann diese Projekte ausgelöst und umgesetzt werden.	
gering – mittel	Die Umsetzung bereits geplanter Vernetzungsprojekte ist nur noch eine Frage der Zeit, die Umsetzung ist absehbar.	
keine – gering	Die Versorgungssicherheit ist durch ausreichende Erschliessung und Vernetzung gewährleistet.	




<b>Problemfeld:</b>    <b>3a</b> Übermässige Grundwasserentnahmen der öffentlichen Wasserversorgung		
<b>Relevanz:</b>	Gleiche Skala wie für Problemfeld 2a oben.	
<b>Kriterium:</b>	Nachhaltig verfügbares Wasserdargebot in Trockenperioden, wobei das Dargebot aus „Konfliktfassungen“ (z.B. wo ein Konflikt mit dem Auenschutz besteht oder wo der planerische Grundwasserschutz z.B. aufgrund von hohem Siedlungsdruck nicht gesichert ist) bereits vom gesamthaft verfügbaren Dargebot abgezogen ist.	
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
stark – sehr stark	Das nachhaltig verfügbare Dargebot reicht bei Trockenheit wiederkehrend nicht aus, was zu akuten Problemen führt.	
mittel – stark	Das nachhaltig verfügbare Dargebot reicht bei Trockenheit gelegentlich nicht aus.	
gering – mittel	Es kam schon vor, dass das nachhaltig verfügbare Dargebot bei Trockenheit nicht ausreichte. Die Probleme sind jedoch selten.	
keine – gering	Das Dargebot ist auch bei Trockenperioden ausreichend.	

<b>Problemfeld:</b>    <b>6</b> Restwasserproblematik aufgrund von Wasserentnahmen für die Bewässerung		
<b>Kriterium:</b>	Anteil der bewässerungsbedürftigen Kulturen im Bilanzierungsraum	
<b>Relevanz:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
	<b>1. Ansatz:</b> „beschreibend“	<b>2. Ansatz:</b> Anteil Ackerbaufläche im Bilanzierungsraum gemäss Arealstatistik <sup>2</sup>
hoch – sehr hoch	Gemüsebau dominiert	> 50% Ackerbau
mittel – hoch	intensiver Ackerbau mit Gemüsebau	30% - 50%
gering – mittel	v.a. Ackerbau und Viehwirtschaft	10% - 30% Ackerbau
null – gering	Viehwirtschaft ist dominant	< 10% Ackerbau
<b>Kriterium:</b>	Auftreten ökologischer Probleme in natürliche oder künstliche Oberflächengewässer im Zusammenhang mit der Bewässerung während Trockenperioden.	
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
stark – sehr stark	Gravierendes, bei Trockenheit immer wiederkehrendes Problem.	
mittel – stark	Das Problem ist relativ verbreitet und kommt wiederkehrend vor.	
gering – mittel	Das Problem kann lokal oder regional vorkommen, bzw. ist in der Vergangenheit ab und zu aufgetreten.	
keine – gering	Der Konflikt Bewässerung – Ökologie der Oberflächengewässer kommt nicht vor.	

<b>Problemfeld:</b>    <b>7</b> Restwasserproblematik aufgrund von Wasserentnahmen für die Beschneidung		
<b>Kriterium:</b>	Anteil der Zone für beschneite Pistenflächen gemäss Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) an der Gesamtfläche des Bilanzierungsraums	
<b>Relevanz:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
hoch – sehr hoch	> 0.5%	
mittel – hoch	0.1% - 0.5%	
gering – mittel	0.01% - 0.1%	
null – gering	Keine beschneite Pistenfläche	
<b>Kriterium:</b>	Wurde nicht definiert	
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich:</b>	
stark – sehr stark	Zurzeit fehlt das Wissen, um die Ausprägung des Problemfeldes Beschneidung zu definieren und zu klassieren (siehe Seite 5 der Aktennotiz vom 08.04.2015 im ANHANG).	
mittel – stark		
gering – mittel		
keine – gering		



<b>Problemfeld:</b>    Übermässige klimatisch und anthropogen bedingte Erwärmung der Oberflächengewässer	
<b>Kriterium:</b>	Anzahl der durch das AWA konzessionierten grösseren Wasserentnahmen in den Gewässern zu Kühlzwecken im Bilanzierungsraum („grosse thermische Nutzungen“)
<b>Relevanz:</b>	<b>Wertebereich</b> (im Nachhinein durch die Autoren vorgeschlagen):
hoch – sehr hoch	4 und mehr, wovon einzelne grössere
mittel – hoch	2-3 und/oder mindestens 1 grössere
gering – mittel	1
null – gering	0
<b>Kriterium:</b>	Erhöhung der Wassertemperatur und absolute Wassertemperatur im Gewässer
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich:</b> (Siehe auch Kapitel 2 der Aktennotiz vom 08.04.2015 im <b>Anhang 2.4</b> )
stark – sehr stark	Sollte im Prinzip gemäss AWA nicht vorkommen, denn die Konzessionierung berücksichtigt die gesetzlichen Vorgaben bezüglich Temperatur.
mittel – stark	
gering – mittel	Sollte die Regel sein.
keine – gering	

<b>Problemfeld:</b>    Ungenügende Verdünnung des durch Abwasserreinigungsanlagen eingeleiteten Abwassers	
<b>Kriterium:</b>	Angeschlossene Einwohnerwerte EW (CSB) pro Kläranlage
<b>Relevanz:</b>	<b>Wertebereich:</b>
hoch – sehr hoch	> 50'000 EW <sub>CSB</sub>
mittel – hoch	10'000 – 50'000 EW <sub>CSB</sub>
gering – mittel	2'000 – 10'000 EW <sub>CSB</sub>
null – gering	< 2'000 EW <sub>CSB</sub>
<b>Kriterium:</b>	<b>Ansatz 1:</b> Anteil Abwasser im Gewässer pro ARA [%] ( $Q_{TW} / Q_{347}$ oberhalb ARA) <b>Ansatz 2:</b> Dito, aber kumuliert [%] ( $Q_{TW\text{ kumuliert}} / Q_{347}$ oberhalb ARA)
<b>Ausprägung:</b>	<b>Wertebereich</b> (gültig für Ansatz 1 und 2):
stark – sehr stark	> 20%
mittel – stark	10% - 20%
gering – mittel	5% - 20%
keine – gering	> 5%



## 4.2 Vierwaldstättersee (AKV)

Die Relevanz- und Ausprägungsskalen, welche beim AKV-Projekt zur Anwendung vorgesehen sind, sind nachfolgend dargestellt, inklusive der in Erwägung gezogenen Varianten und die Beschlüsse der Arbeitsgruppe.

**Wichtiger Hinweis:** Es handelt sich bei den nachfolgenden Angaben um vorläufige provisorische Arbeitsergebnisse, welche im Sinne von Beispielen gegeben sind und keinen definitiven Charakter aufweisen. Die rot markierten Beschlüsse beziehen sich auf den 2. Workshop der Arbeitsgruppe und sind auch nicht als definitiv zu erachten.

### 2a Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit (öffentliche Wasserversorgung)

Relevanz des Problemfeldes	sehr hoch	Variante 1) Ständige Einwohner	Beschluss: Variante 2) Ständige Einwohner + Tourismus-Betten
	hoch	20'000	20'000
	mittel	5'000	5'000
	gering	0	0
	null		

Ausprägung des Wasserknappheitsproblems im betrachteten Problemfeld	sehr stark	<b>Beschluss</b> in Anlehnung an den vorliegenden Expertenbericht / Kt. Bern: Charakterisierung in Zusammenhang mit der Erschliessung und der Vernetzung aufgrund der <b>generellen Wasserversorgungsplanungen</b>
	stark	Es wurde bisher keine gute Lösung zur Sicherung der Versorgungssicherheit gefunden. Sie wird noch lange nicht gewässerleitet sein.
	mittel	Lösungsansätze zur Sicherung der Versorgungssicherheit bestehen, ihre Umsetzung ist aber noch unklar. Die Versorgungssicherheit ist nicht gesichert.
	gering	Es bestehen Vernetzungsprojekte und es ist NUR eine Frage der Zeit, bis sie umgesetzt sind und dadurch die Versorgungssicherheit sichergestellt werden kann. Sie wird also bald gesichert.
	keine	Die Versorgungssicherheit ist durch ausreichende Erschliessung und eine geeignete Vernetzung der Wasserversorgung sichergestellt.

## 2b Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit (private Wasserversorgung)

		Variante 1) Durch private WV versorgte Einwohner im Bilanzierungsraum (temporär oder permanent)	Beschluss: Variante 2)
Relevanz des Problemfeldes	sehr hoch		Private WV sind in den grössten Teilen des Bilanzierungsraums die einzige Art der WV
	hoch	1'000	In über die Hälfte des Bilanzierungsraums gibt es vorwiegend private WV
	mittel	500	Eine Minderheit der Einwohner im Bilanzierungsraum wird durch private WV versorgt.
	gering	0	Es gibt keine – oder fast keine – privaten WV im Bilanzierungsraum
	null		

		Beschluss in Anlehnung an vorliegenden Expertenbericht, Problem Charakterisierung der Verfügbarkeit von Wasser in Trockenperioden	3a
Ausprägung des Wasserknappheits- problems im betrachteten Problemfeld	sehr stark	Das verfügbare Dargebot an Wasser der privaten Wasserversorgungen reicht in <b>Quantität und/ oder in Qualität</b> wiederkehrend nicht aus und führt regelmässig zu Problemen	
	stark	Das Dargebot reicht bei Trockenheit in <b>Quantität und/ oder in Qualität</b> gelegentlich nicht aus.	
	mittel	Es kam in der Vergangenheit schon vor, dass das Dargebot in <b>Quantität und/</b> <b>oder in Qualität</b> nicht ausreichte. Die Probleme sind jedoch sehr selten.	
	gering		
	keine	Das Dargebot ist immer ausreichend.	

## 5a Restwasserproblematik bei Quellen und Auenschutzgebieten (öffentliche Wasservers.)

		Problem: versiegen von Quellen, d.h. zu wenig Wasser in den Gewässern (kein Restwasser bei gefassten Quellen). <b>Beschluss:</b>
Relevanz des Problemfeldes	sehr hoch	Mehrere ökologisch wertvolle Gewässer fallen wegen dieses Problems im Bilanzierungsraum zeitweise trocken
	hoch	Mehrere Gewässer können oder ein ökologisch besonders wertvolles Gewässer kann wegen dieses Problems im Bilanzierungsraum trockenfallen
	mittel	Ein Gewässer kann wegen dieses Problems im Bilanzierungsraum trockenfallen
	gering	
	null	Keine Gewässer unterhalb der gefassten Quellen
		Problem: versiegen von Quellen, d.h. zu wenig Wasser in den Gewässern (kein Restwasser bei gefassten Quellen). <b>Beschluss:</b>
Ausprägung des Wasserknappheits- problems im betrachteten Problemfeld	sehr stark	Das Trockenfallen des Gewässers kann zu schweren ökologischen Folgen führen und der lokalen Biodiversität dauerhafte Schäden zufügen.
	stark	Das Trockenfallen des Gewässers hat negative ökologische Folgen, die nach ein paar Jahren noch spürbar sein können.
	mittel	Es kam in der Vergangenheit vor, dass das Gewässer trockengelegt wurde, es hat sich aber rasch erholt.
	gering	
	keine	Die Gewässer wurden nie trockengelegt oder eine Trockenlegung hätte keine spürbare negative ökologische Folgen.

## 7 Restwasserproblematik in Oberflächengewässer wegen Beschneigung

Relevanz des Problemfeldes	sehr hoch	<b>Beschluss: Variante 1)</b> Kilometer Skipisten im Bilanzierungsraum	<b>Variante 2)</b> Anteil der beschneiten Ski-Pisten an der Gesamtfläche des Bilanzierungsraums gemäss Raumplanung o.ä.
	hoch	60 km	0.5%
	mittel	10 km	0.1%
	gering	0 km	0%
	null		
Beurteilung aufgrund des Zustands der Oberflächengewässer im Vergleich zu natürlichen Verhältnissen (ohne Beschneigung)			
Ausprägung des Wasserknappheitsproblems im betrachteten Problemfeld	sehr stark	Der Zustand ist schwer beeinträchtigt und es treten dauerhafte Schäden in der Gewässerökologie auf.	
	stark	Der Zustand ist bis in den Sommer hinein beeinträchtigt.	
	mittel	Der Zustand kann lokal und/oder zeitlich begrenzt beeinträchtigt sein. Das Gewässer erholt sich aber rasch.	
	gering	Der Zustand ist weitestgehend unbeeinflusst.	
	keine		

## 11 Ungenügende Verdünnung des eingeleiteten Abwassers

Relevanz des Problemfeldes	sehr hoch	<b>Beschluss: Variante 1)</b> Mittlere Belastung der ARA in Einwohnerwerte (EW nach VSA)	<b>Variante 2)</b> An die ARA angeschlossene Einwohnerwerte
	hoch	20'000	20'000
	mittel	5'000	5'000
	gering	1'000	1'000
	null	Einleitung in einen See	Einleitung in einen See
Ausprägung des Wasserknappheitsproblems im betrachteten Problemfeld	sehr stark	<b>Variante 1)</b> Anteil Abwasser bei $Q_{347}$ (1) im Gewässer pro ARA ( $Q_{TW} \text{ ARA} / Q_{347} \text{ oberhalb ARA}$ )	<b>Beschluss: Variante 2)</b> Anteil Abwasser bei $Q_{347}$ (1) im Gewässer, kumuliert ( $\sum Q_{TW} \text{ ARAs} / Q_{347} \text{ oberhalb ARA}$ )
	stark	20%	20%
	mittel	10%	10%
	gering	5%	5%
	keine	Einleitung in einen See	Einleitung in einen See

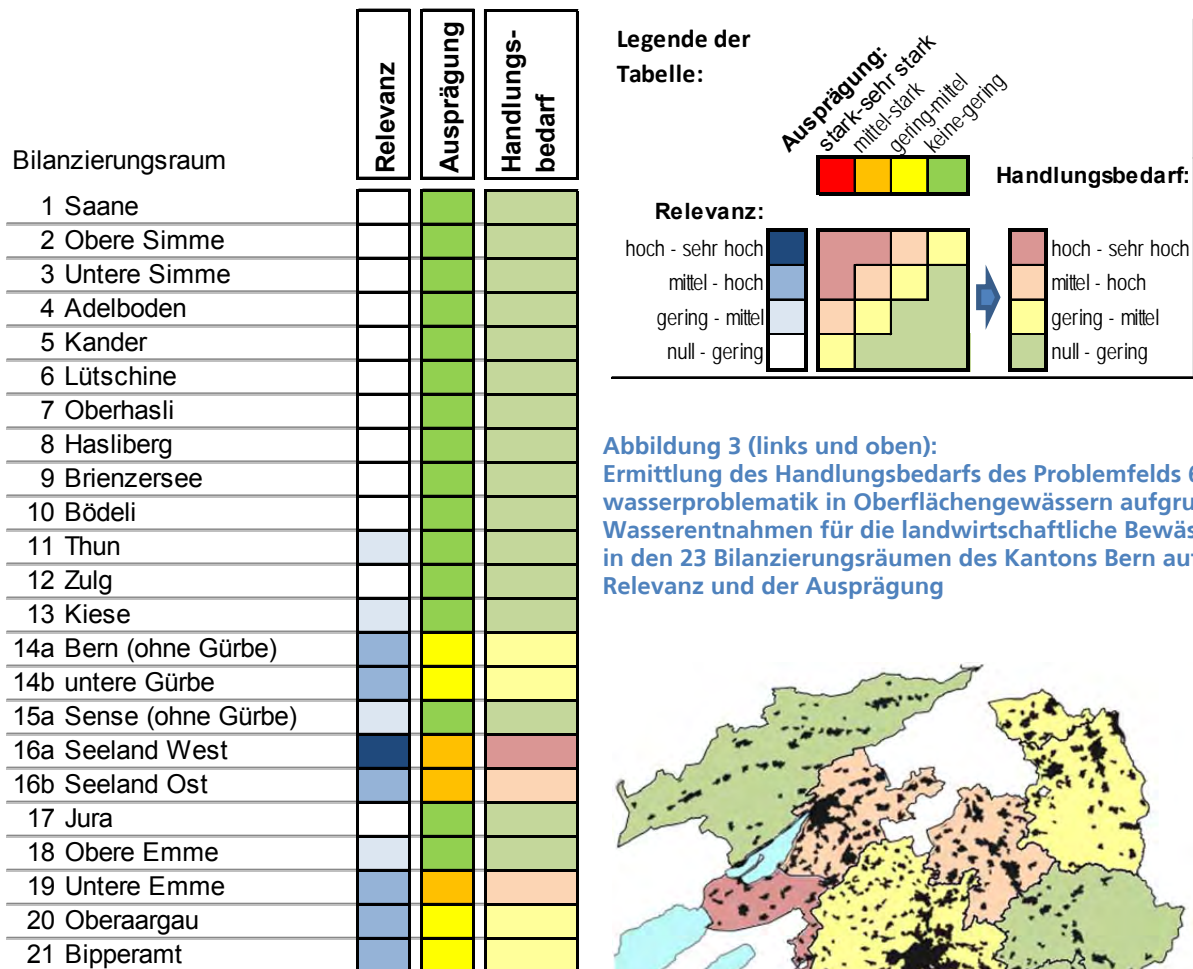
(1)  $Q_{347}$  oder Restwasser in Restwasserstrecken, falls dieser Wert tiefer liegt.



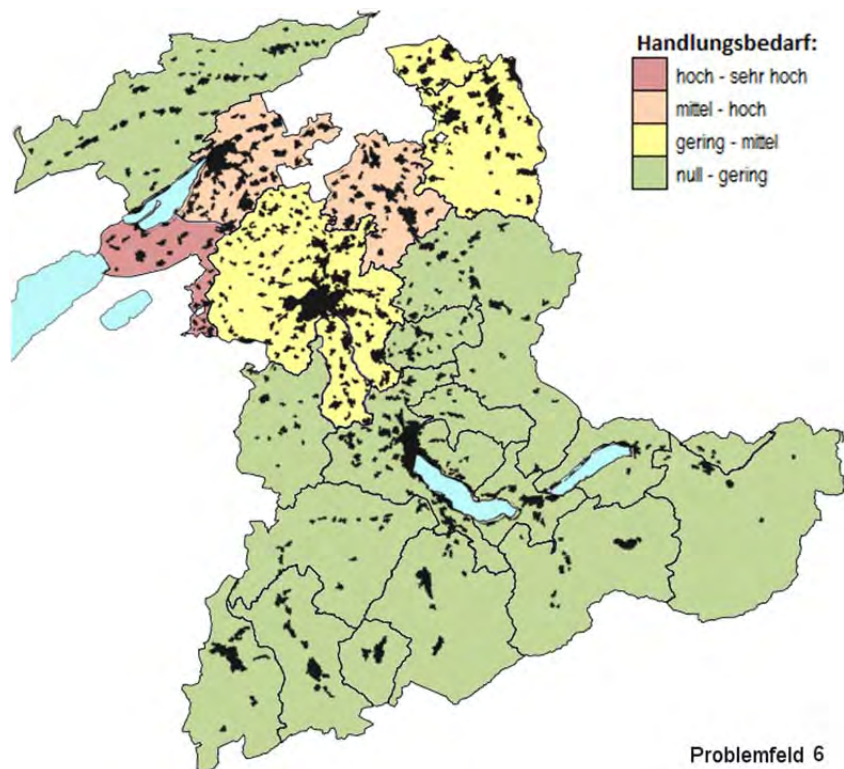
## 5 Ermittlung des Handlungsbedarfs

### 5.1 Beispiel: Problemfeld 6 „Landwirtschaftliche Bewässerung“

Die Ermittlung des Handlungsbedarfs nach der Methode des vorliegenden Expertenberichtes ist nachfolgend am Beispiel des Problemfelds 6 „Restwasserproblematik in Oberflächengewässern aufgrund von Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung“ illustriert:



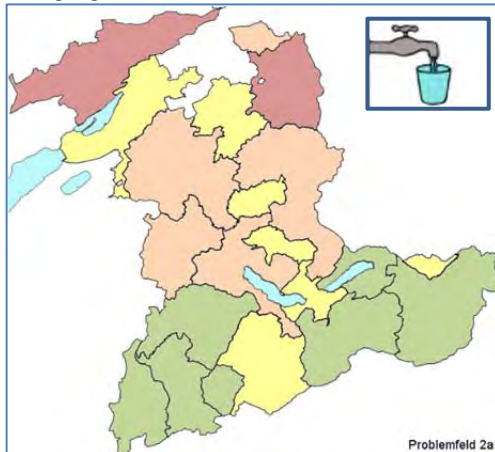
**Abbildung 3 (links und oben):**  
Ermittlung des Handlungsbedarfs des Problemfelds 6 „Restwasserproblematik in Oberflächengewässern aufgrund von Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung“ in den 23 Bilanzierungsräumen des Kantons Bern aufgrund der Relevanz und der Ausprägung



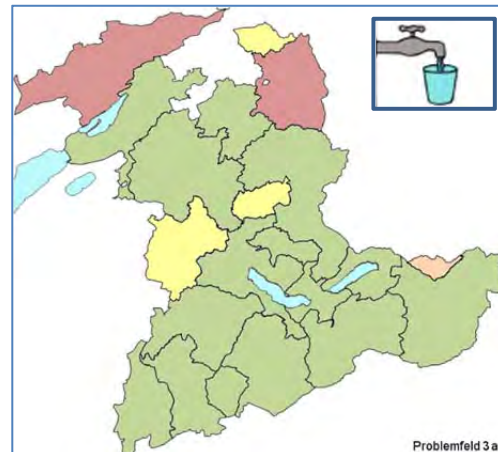
**Abbildung 4 (rechts):**  
Kartographische Darstellung des Handlungsbedarfs

## 5.2 Handlungsbedarfskarten

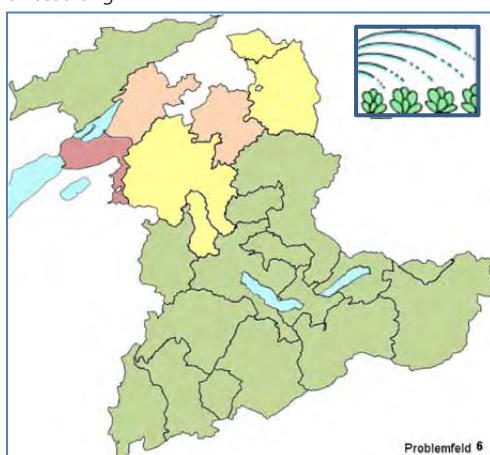
2a) Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit [wegen ungenügender Vernetzung] der öffentlichen Wasserversorgungen



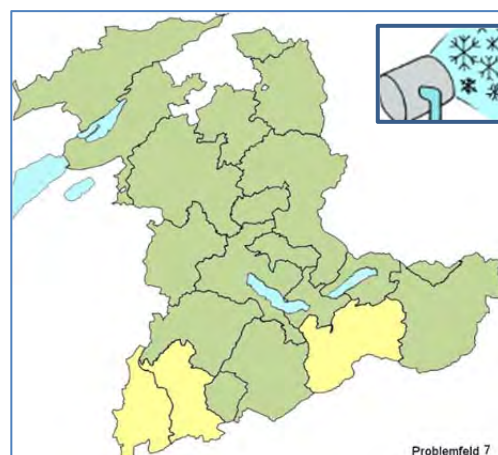
3a) Übermässige Grundwasserentnahmen der öffentlichen Wasserversorgung [bzw. ungenügende Grundwasserressourcen]



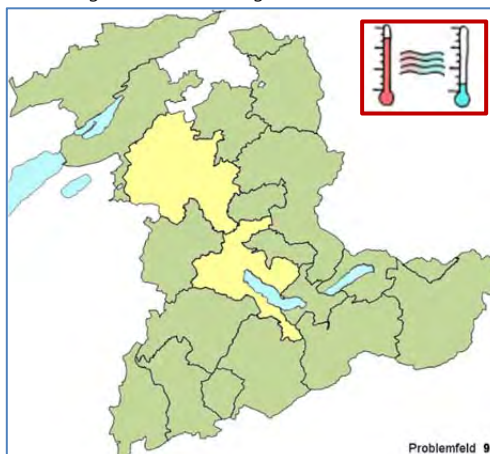
6) Restwasserproblematik in Oberflächengewässern aufgrund von Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung



7) Restwasserproblematik in Oberflächengewässern aufgrund von Wasserentnahmen für die Beschneidung



9) Übermässige [klimatisch und] anthropogen bedingte Erwärmung der Oberflächengewässer



11) Ungenügende Verdünnung des durch ARA eingeleiteten Abwassers

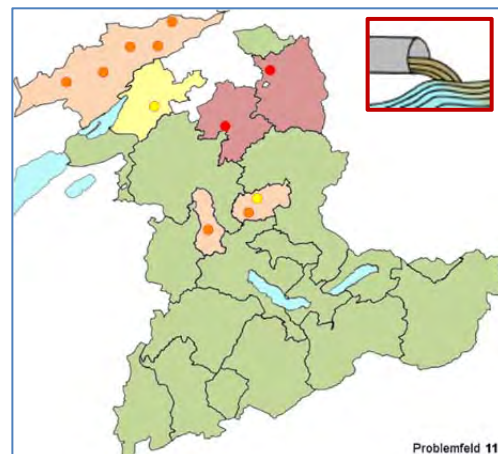


Abbildung 5 : Provisorische Karten des Handlungsbedarfs für die 6 untersuchten Problemfelder



## 6 Wasserknappheitshinweiskarten

Abbildung 6: Gesamthandlungsbedarf pro Bilanzierungsraum. Annahme für die Erstellung der Karte: Gesamthandlungsbedarf = höchster Handlungsbedarf aller Problemfelder in einem Bilanzierungsraum

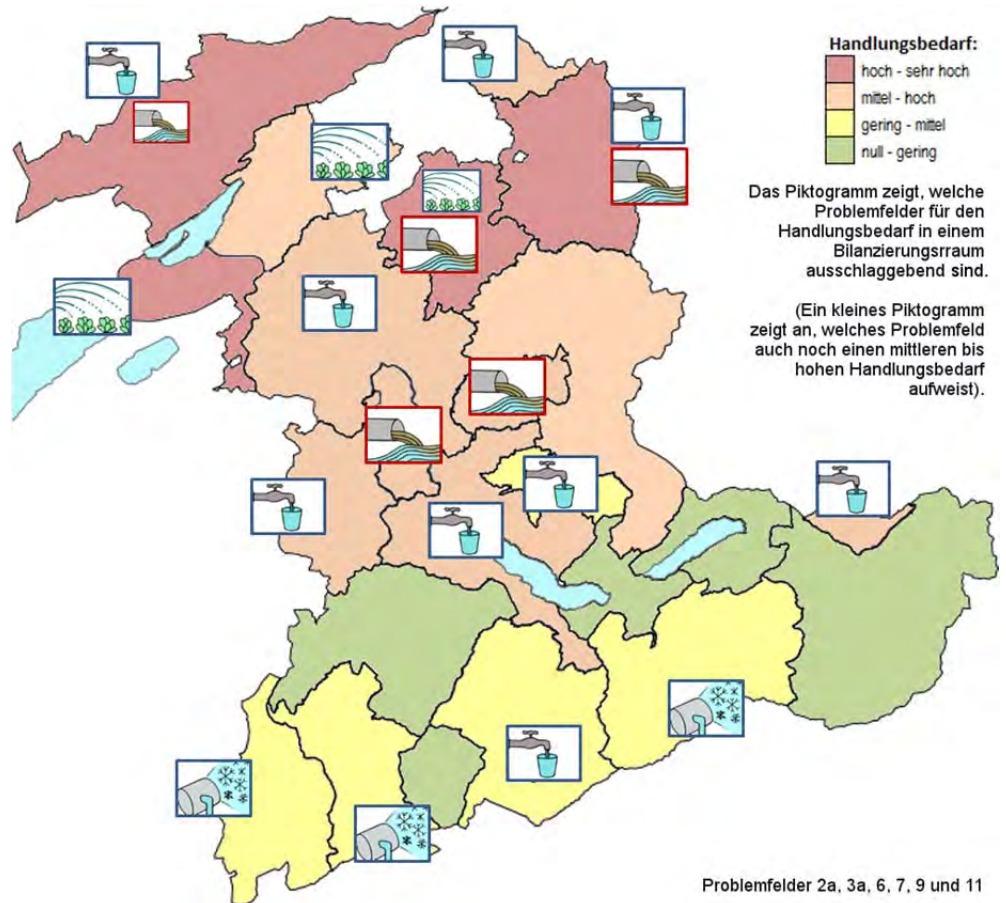
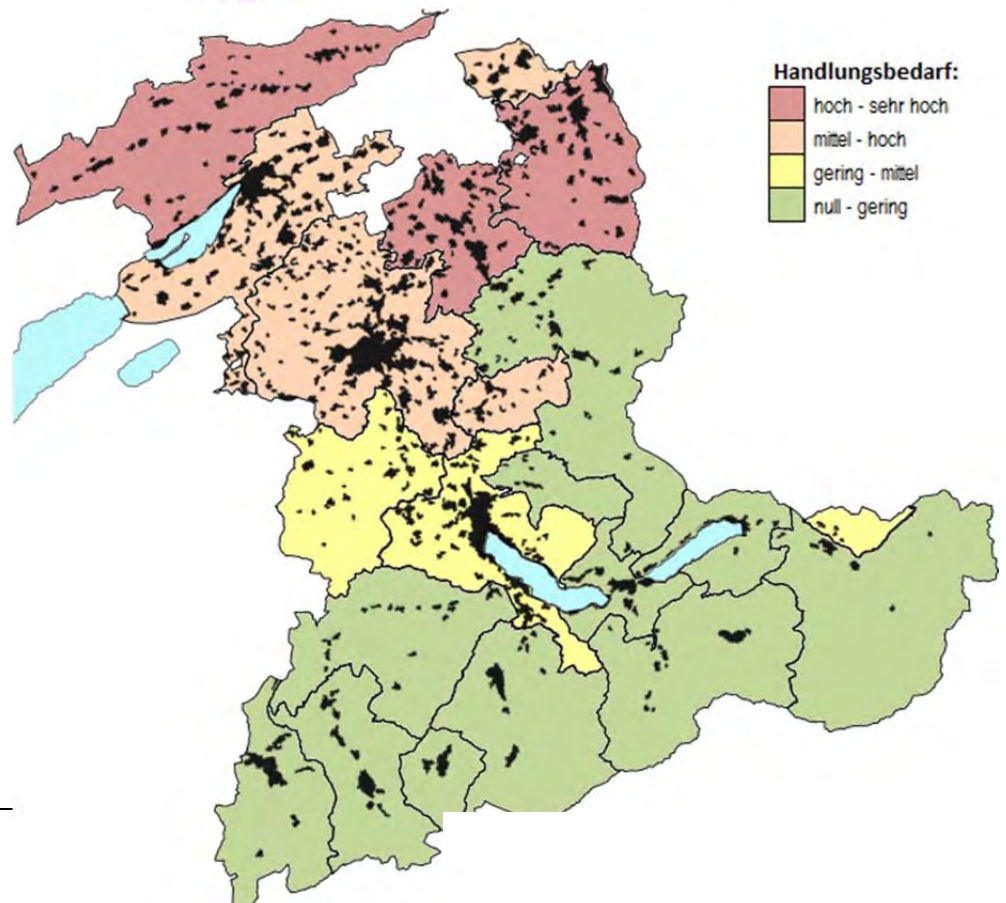


Abbildung 7: Gesamthandlungsbedarf pro Bilanzierungsraum. Annahme für die Erstellung der Karte: Gesamthandlungsbedarf = Mittel aus dem Handlungsbedarf aller Problemfelder im Bilanzierungsraum



Die gezeigten Karten sind als provisorisch zu erachten.

## 7 Dokumentationsquellen

- [I.1] INTEGRALIA und Hunziker Betatech (2015). Wasserknappheit im Kanton Bern bei Trockenheit, Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf, Pilotanwendung des Expertenberichtes zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz [...]. Bericht im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA). Bern. 34 S. + 56 S. Anhang. Unveröffentlichter Bericht
- [I.2] INTEGRALIA (2015). Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV), Projekt Wasserknappheitskarten Vierwaldstättersee, Dokumentation des 2. Workshops. Bern. 9 S. + 24 S. Beilagen. Unveröffentlichtes Arbeitsdokument