

KANTONE
URI, SCHWYZ, OBWALDEN
NIDWALDEN, LUZERN



AUFSICHTSKOMMISSION
VIERWALDSTÄTTERSEE

Wasserknappheitshinweiskarten Einzugsgebiet Vierwaldstättersee

Pilotprojekt – Schlussbericht

17.06.2017

Wasserknappheitshinweiskarten Einzugsgebiet Vierwaldstättersee Pilotprojekt – Schlussbericht

16.06.2017



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Ein Projekt im Rahmen des Pilotprogramms zur Anpassung an den Klimawandel, gefördert durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Für den Inhalt dieses Berichtes sind allein die Autoren verantwortlich.

Herausgeber, Bezugsquelle

Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV)
Kantone Uri, Schwyz, Obwalden, Nidwalden, Luzern
c/o Amt für Umwelt Nidwalden
Stansstadterstrasse 59
Postfach 1251
6371 Stans
Telefon 041 618 75 04
Telefax 041 618 75 28
afu@nw.ch
www.4waldstaettersee.ch

Projektleitung:

Christian Wüthrich, Amt für Umweltschutz des Kantons Uri
Olivier Chaix, INTEGRALIA AG, Bern (externe Projektleitungsunterstützung)

Projektteam:

UR: Christian Wüthrich, Aron Lüthold
SZ: Anna Doberer, Sandro Betschart
NW: Eva Schager, Fidel Hendry
OW: Melanie Hodel
LU: Werner Göggel

Lenkungsgruppe:

Gérald Richner, Sekretär AKV, Vorsteher Amt für Umwelt des Kantons Nidwalden
Alexander Imhof, Vorsteher Amt für Umweltschutz des Kantons Uri
Samuel Zahner, Bundesamt für Umwelt, BAFU

Unterstützung Projektteam und Redaktion:

Olivier Chaix, INTEGRALIA AG, Bern
Marianne Kühnle, CSD Ingenieure

© by AKV 2017

Danksagung

Die AKV bedankt sich beim BAFU für die Unterstützung, bei den Kantonen UR, SZ, NW, OW und LU für die sehr umfangreiche fachliche Hintergrundarbeit sowie bei den übrigen involvierten kantonalen Ämtern und Gemeinden für die Lieferung der notwendigen Daten.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Einleitung und Übersicht	2
1.1 Problemstellung – Ausgangslage	2
1.2 Pilotprojekt Anpassung an den Klimawandel	2
1.3 Ziele	2
1.4 Vorgehen und Resultate	2
2. Vorgehen zur Bewertung der heutigen Situation	3
2.1 Aufteilung des Einzugsgebietes Bilanzierungsräume	3
2.2 Wahl der zu untersuchenden Problemfelder	4
2.3 Vorgehen für die Ermittlung des Handlungsbedarfs	5
2.4 Definition der massgebenden Bewertungsskalen	6
2.5 Zusammentragen der Information	6
3. Zukunftsszenarien	7
3.1 Verwendung von Zukunftsszenarien	7
3.2 Sozio-ökonomisches Szenario	7
3.3 Klimawandel und Gletscherschwund	7
3.4 Weitere Aspekte des Klimawandels	8
3.5 Resultate aus der Anwendung der Zukunftsszenarien	8
4. Handlungsbedarf bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner	9
4.1 Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen	9
4.2 Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen	10
4.3 Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs	11
5. Handlungsbedarf bei kleinen Wasserversorgungen	13
5.1 Kleine Wasserversorgungen unter 100 Einwohner	13
5.2 Temporäre Wasserversorgungen der Alpwirtschaft	14
6. Handlungsbedarf bei der Wasserkraft	15
7. Handlungsbedarf bei weiteren Nutzungen	16
7.1 Beschneidung	17
7.2 Einleitung von gereinigtem Abwasser	18
8. Wasserknappheitshinweiskarte	19
9. Fazit und Empfehlungen	20
9.1 Fazit	20
9.2 Empfehlungen	21
Literaturverzeichnis	23

ANHANG: Karten der Relevanz und der Ausprägung der verschiedenen Problemfelder

→ Der eilige Leser konzentriert sich auf die blau hinterlegten Textabschnitte.

Zusammenfassung

Ausgangslage: Das Siedlungs- und Bevölkerungswachstum sowie der Klimawandel erhöhen den Druck auf die Wasserressourcen für die Wasserversorgung. Weitere Nutzungen nehmen auch zu. In Trockenperioden wird es in Zukunft vermehrt zu lokalen temporären Wasserknappheitsproblemen kommen. Das Problem wurde erkannt und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat 2016 einen Expertenbericht [2] zur Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf publiziert. Dieser Bericht bildet die Ausgangslage für das vorliegende Pilotprojekt, welches im Rahmen des Pilotprogramms Anpassung an den Klimawandel des Bundes durchgeführt wurde.

Ziele: Das Pilotprojekt verfolgt zwei Ziele: (1) Gebiete identifizieren, die Handlungsbedarf für Massnahmen zur langfristigen Sicherstellung der Wasserressourcen aufweisen, und (2) das Vorgehen des obenerwähnten Expertenberichtes austesten.

Vorgehen: Das Vorgehen umfasst

- Die Definition des Projektperimeters (hier das Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees),
- Dessen Aufteilung in 31 Bilanzierungsräume,
- Die Wahl der 8 untersuchten Problemfelder,
- Die Situationsanalyse im Ist-Zustand unter Berücksichtigung der Relevanz und der Ausprägung jeder Problematik, um daraus den heutigen Handlungsbedarf abzuleiten,
- Die Untersuchung der Änderungen dieser Situation gemäss Zukunftsszenarien.

Resultate: Die Resultate sind in den Kapiteln 4 bis 7 in Form von Handlungsbedarfskarten mit Erläuterungen dargestellt. Die Resultate der 6 Problemfelder, betr. Wasserversorgung und Beschneigung sind in der Wasserknappheitshinweiskarte der Abb. 14 zusammengestellt. Der ANHANG enthält zudem die Karten der Relevanz und der Ausprägung und weitergehende Informationen zur Wasserkraft.

Fazit und Empfehlungen (siehe Kapitel 9)

Allgemeine Situation: Das Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees weist im heutigen Zustand kaum Probleme bezüglich Wasserknappheit auf. Probleme treten höchstens lokal auf, dort aber können sie erheblich sein. Auch mit den Auswirkungen des Klimawandels und der Bevölkerungsentwicklung bis 2045 sind gemäss heutigem Kenntnisstand keine grösseren Probleme zu erwarten.

Situation in den Bilanzierungsräumen: etwas anfälliger auf Wasserknappheitsprobleme scheinen v.a. Muotathal (besonders wegen Illgau), Schächental, Lauerz und Oberrickenbach zu sein, was lokale Probleme in anderen Gebieten nicht ausschliesst.

Wasserversorgung: Trotz dieser allgemein positiven Situation sind Massnahmen bei den Wasserversorgungen erforderlich. Hauptsächlich:

- Grund- und Quellwasserfassungen konsequent schützen: Werden die Schutzzonenvorschriften nicht eingehalten, so sind sie entweder durchzusetzen oder es muss eine andere Wasserressource gefasst werden.
- Wasserversorgungen vernetzen: mit der Vernetzung von mindestens zwei unabhängigen Wasserressourcen wird die Versorgungssicherheit deutlich erhöht.
- Kleine Wasserversorgungen an grössere Wasserversorgungen anschliessen: grössere Wasserversorgungen sind finanziell und technisch robuster und weniger anfällig auf Wasserknappheitsprobleme.

Temporäre Wasserversorgungen: in den Sömmerungsgebieten im Karst kann die Situation kritisch sein. Sie wird sich in Zukunft verschärfen.

Wasserkraftnutzung: Durch den Klimawandel verschieben sich die saisonalen Abflüsse sowie Zeitpunkt und Ausprägung der Niedrigwasser. In den Einzugsgebieten der Engelberger Aa und der Reuss in Zukunft mit höheren Restwassermengen zu rechnen, in den Einzugsgebieten von Sarner Aa und Muota hingegen kommt es vermutlich zu einer Verringerung. Eine Restwasserreduktion kann die genutzten Gewässerabschnitte zusätzlich belasten. Den Auswirkungen des Klimawandels ist bei Neukonzessionierungen Rechnung zu tragen.

Beschneigung: sie wird sich in Zukunft auf die höher gelegenen Skigebiete konzentrieren und dort zunehmen. Dies könnte zu einem erhöhten Druck auf bisher ungenutzte Gewässer führen. Aufgrund des Klimawandels wird in den tiefen Lagen längerfristig keine Beschneigung mehr zweckmässig sein.

ARA-Einleitungen: die Wasserqualitätsprobleme in den Gewässern aufgrund von ARA-Einleitungen sind zu beheben. Es sind nur 5 ARA betroffen.

Stand des Wissens zu den Wasserressourcen: Die Kantone verfügen oft nur über Informationen in direktem Zusammenhang mit dem planerischen Grundwasserschutz, Konzessionen und Bewilligungen. Die erwarteten Entwicklungen erfordern einen weiteren und vertieften Wissensstand.

1. Einleitung und Übersicht

1.1 Problemstellung – Ausgangslage

Das Siedlungs- und Bevölkerungswachstum sowie der fortschreitende Klimawandel erhöhen allmählich den Druck auf die zur Verfügung stehenden Wasserressourcen für die Wasserversorgung. Weitere Nutzungen wie z.B. die Wasserkraft, die künstliche Beschneigung oder die thermische Nutzung der Gewässer nehmen tendenziell auch zu. Insbesondere in Trockenperioden, wie im Sommer 2003, im Frühling 2011 oder die Trockenheit 2015, kann es regional zu vorübergehenden Wasserknappheitsproblemen kommen. In Zukunft könnte diese Tendenz zunehmen.

Das Problem wurde erkannt und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat 2010 einen Bericht [1] zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit herausgegeben (siehe Literaturverzeichnis im Anhang). Auf dieser Grundlage wurde 2016 ein Expertenbericht [2] zur Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf publiziert. Dieser Bericht bildet die Ausgangslage für das vorliegende Pilotprojekt.

1.2 Pilotprojekt Anpassung an den Klimawandel

Beim vorliegenden Pilotprojekt *Wasserknappheitshinweiskarten Vierwaldstättersee* handelt es sich um die erste interkantonale Anwendung der Methode des Expertenberichts [2]. Sie wurde im Rahmen des durch das BAFU geförderten Pilotprogramms Anpassung an den Klimawandel durchgeführt.

Mit der Erstellung einfacher Wasserknappheitshinweiskarten sollen Regionen mit potentiellen Wasserressourcenproblemen in Trockenperioden identifiziert werden. Die Triage soll aufgrund einer ersten Situationsanalyse zeigen ob, und falls ja, in welchen Regionen vertiefte Abklärungen und ggf. Massnahmen und Planungen zur Sicherstellung ausreichender Wasserressourcen notwendig sind.

Die konkreten Erfahrungen aus dem Pilotprojekt sind im Bericht [3] dokumentiert.

1.3 Ziele

Ziel des Pilotprojektes

Das Pilotprojekt verfolgt grundsätzlich zwei Ziele:

- Gebiete identifizieren, die **Handlungsbedarf** für Massnahmen zur langfristigen Sicherstellung der Wasserressourcen gemäss Bericht [4] aufweisen (und umgekehrt: Gebiete ausschneiden, in denen keine Probleme erwartet werden)
- Vorgehen des Expertenberichtes [2] in einem interkantonalen Rahmen **einem Test unterziehen** und Optimierungsvorschläge formulieren

Ziel des vorliegenden Berichtes

Der vorliegende Schlussbericht fasst das Vorgehen und die wesentlichen Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt zusammen. Er bildet somit die publikumsorientierte Zusammenfassung des technischen Grundlagenberichtes [5].

Der Bericht richtet sich an kantonale Fachstellen, Politik, Wasserversorgungen, Abwasserzweckverbände und Gemeinden.

1.4 Vorgehen und Resultate

Vorgehen

Das allgemeine Vorgehen entspricht grundsätzlich den Teilen A und B des Expertenberichtes [2]. Es wurde in zwei Schritten vorgegangen:

- Situationsanalyse im Ist-Zustand, mit mehreren Teilschritten (siehe dazu Kapitel 2)
- Änderung dieser Situation gemäss Zukunftsszenarien (Kapitel 3).

Resultate

Die Resultate des Pilotprojektes sind dargestellt in:

- Kapitel 4: Wasserversorgungen über 100 Einwohner
- Kapitel 5: kleine Wasserversorgungen
- Kapitel 6: Wasserkraft
- Kapitel 7: Weitere Nutzungen: Beschneigung und Verdünnung von gereinigtem Abwasser.

Die daraus resultierende Wasserknappheitshinweiskarte ist in Kapitel 8 erläutert.

Das **Fazit** und die **Empfehlungen** aus dem Pilotprojekt sind dem Kapitel 9 zu entnehmen.

2. Vorgehen zur Bewertung der heutigen Situation

Die Abb. 1 zeigt die Bilanzierungsräume; ihre Haupteigenschaften sind in Tabelle 1 aufgelistet.

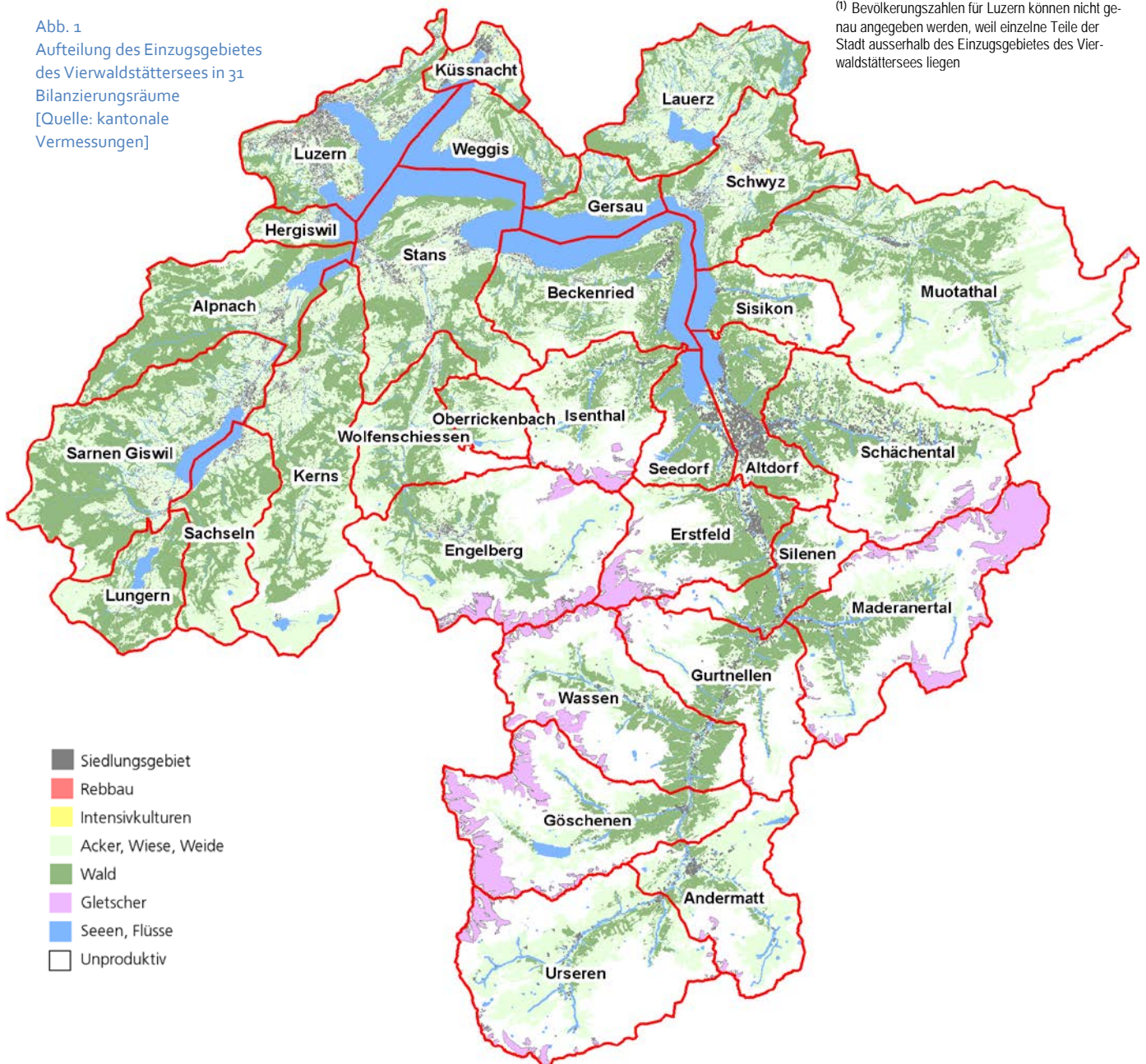
2.1 Aufteilung des Einzugsgebietes in Bilanzierungsräume

Um regional differenzierte Aussagen zu ermöglichen, wurde das Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees in 31 Bilanzierungsräume aufgeteilt. Diese wurden für die Situationsanalyse verwendet. Jedes Bewertungskriterium (z.B. die Qualität des Grundwasserschutzes, die Verfügbarkeit von Wasser etc.) wurde in jedem Bilanzierungsraum gesamthaft ermittelt oder abgeschätzt. Wo mehrere Teil-Informationen vorliegen (z.B. der Vernetzungsgrad mehrerer kleineren Wasserversorgungen), wurden diese Informationen zu einer Gesamtbewertung pro Bilanzierungsraum zusammengefasst.

Tabelle 1 Eigenschaften der Bilanzierungsräume

Name	Kanton	Einwohner 2015 ca.	km2	Name	Kanton	Einwohner 2015 ca.	km2
Alpnach	OW	5 820	72	Maderanertal	UR	480	118
Aldorf	UR	16 100	44	Muotathal	SZ, UR	4 430	209
Andermatt	UR	1 400	68	Oberrickenbach	NW	150	22
Beckenried	NW, UR	5 770	86	Sachseln	OW	5 000	53
Engelberg	OW, NW, UR	4 100	119	Samen-Giswil	OW	13 700	116
Erstfeld	UR	3 780	63	Schächental	UR	5 510	109
Gersau	SZ	2 200	28	Schwyz	SZ	23 700	63
Göschenen	UR	430	104	Seedorf	UR	3 420	33
Gurtellen	UR	570	73	Silenen	UR	1 600	38
Hergiswil	NW	5 654	13	Sisikon	UR, SZ	400	36
Isenthal	UR	500	60	Stans	NW	27 500	104
Kerns	OW	7 100	115	Urseren	UR, (TI)	340	127
Küssnacht	SZ	12 400	17	Wassen	UR	430	96
Lauerz	SZ	7 000	67	Weggis	LU	6 500	42
Lungern	OW	2 200	39	Wolfenschiessen	NW, OW	2 010	51
Luzern (*)	LU	115 000 ⁽¹⁾	70	total (gerundet)		285 000	2 256

Abb. 1
Aufteilung des Einzugsgebietes
des Vierwaldstättersees in 31
Bilanzierungsräume
[Quelle: kantonale
Vermessungen]



⁽¹⁾ Bevölkerungszahlen für Luzern können nicht genau angegeben werden, weil einzelne Teile der Stadt ausserhalb des Einzugsgebietes des Vierwaldstättersees liegen

2.2 Wahl der zu untersuchenden Problemfelder

Mögliche Problemfelder

Die Problemfelder liegen im **Spannungsfeld** zwischen der **Ressource** Wasser, nämlich:



das Grundwasser (inkl. Quellwasser)



die Oberflächengewässer

und der **Nutzung** dieser Ressourcen für die



(Trink-)Wasserversorgung



künstliche Beschneigung



Wasserkraft



Alpwirtschaft (Viehtränke)



Verdünnung von gereinigtem Abwasser



Wärme und Kühlung



landwirtschaftliche Bewässerung

Die zu untersuchenden Probleme entstehen entweder aus einem Konflikt zwischen dem **Schutz** der Wasserressourcen und deren **Nutzung**, oder durch ein Ungleichgewicht zwischen dem **Dargebot** an verfügbarem Wasser und dem **Bedarf**.

Wahl der Problemfelder

Aus den 14 möglichen Problemfeldern gemäss Expertenbericht [2] wählte das Projektteam für das Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees diejenigen aus, welche aufgrund der lokalen Gegebenheiten am relevantesten erschienen. Sie wurden durch das zusätzliche Problemfeld „Temporäre Wasserversorgungen der Alpwirtschaft“ ergänzt, weil diese Wasserversorgungen in trockenen Sommern z.T. effektiv problematisch sein können.

Als nicht – oder nicht genügend – relevant wurden folgende Problemfelder erachtet:

















- die landwirtschaftliche Bewässerung, heute kaum existent und für welche zukünftig keine bedeutende Entwicklung erwartet wird;
- die heute im Vergleich zu anderen Regionen eher beschränkte thermische Nutzung der Gewässer, welche bis heute keine Probleme verursacht hat;

- Die Restwasserproblematik bei Quelfassungen und Auenschutzgebieten, welche im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees eine nur sehr marginale lokale Bedeutung hat.

Diese Problemfelder wurden nicht untersucht.

Es wurde beschlossen, im Rahmen des Pilotprojekts folgende Problemfelder zu untersuchen:

Untersuchte Problemfelder

Res- source	Nut- zung	Kurzbeschreibung des untersuchten Problemfeldes
 Kap. 4.1		Ungenügender Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen bei Wasserversorgungen mit mehr als 100 versorgten Einwohnern und Touristenbetten
 Kap. 4.2		Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit wegen ungenügender Vernetzung von unabhängigen Wasserressourcen bei WV > 100 E.
 Kap. 4.3		Ungenügende Wasserressourcen Deckung des Wasserbedarfs durch Grund- und Quellwasser in Trockenperioden bei WV > 100 Einw.
 Kap. 5.1		Nicht sichergestellte Versorgungssicherheit bei kleinen Wasserversorgungen
 Kap. 5.2		Ungenügende Wasserressourcen für die temporären WV der Alpwirtschaft (Sömmerungsgebiete)
 Kap. 6		Restwasserprobleme bei Fassung und Ableitung von Wasser für die Energieerzeugung (Wasserkraft)
 Kap. 7.1		Restwasserprobleme aufgrund von Wasserentnahmen für die künstliche Beschneigung von Skipisten
 Kap. 7.2		Wasserqualitätsprobleme wegen der ungenügenden Verdünnung von eingeleitetem Abwasser aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA)

2.3 Vorgehen für die Ermittlung des Handlungsbedarfs

Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf ist die Notwendigkeit, die Wasserknappheitsprobleme in einem Bilanzierungsraum mit geeigneten Massnahmen zu reduzieren oder zu lösen.

Ist der Handlungsbedarf gering, so muss nichts unternommen werden. Ist er jedoch hoch, so wird empfohlen, Massnahmen zu planen und umzusetzen. Der Bericht [4] enthält Anleitungen dazu.

Die Skala des Handlungsbedarfs ist vierstufig:

null - gering	gering - mittel	mittel - hoch	hoch - sehr hoch
---------------	-----------------	---------------	------------------

Bewertung des Handlungsbedarfs

Der Handlungsbedarf wird für jedes Problemfeld anhand zweier Indikatoren bewertet:

- 1) der Relevanz und
- 2) der Ausprägung.

Relevanz

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

Beispiel: Für Trinkwasserprobleme ist ein Bilanzierungsraum mit über 20'000 versorgten Einwohnern und Tourismusbetten wesentlich relevanter als ein Bilanzierungsraum mit nur 100.

Die Relevanz misst sich an einer vierstufigen Skala, die für jedes Problemfeld definiert wurde:

null - gering	gering - mittel	mittel - hoch	hoch - sehr hoch
---------------	-----------------	---------------	------------------

Ausprägung

Die Ausprägung gibt an, wie gravierend das Wasserknappheitsproblem eines Problemfeldes ist.

Beispiel: Das Problem der Versorgungssicherheit ist sehr ausgeprägt, wenn überhaupt keine Vernetzung zwischen unabhängigen Wasserressourcen besteht und auch keine geplant ist. Umgekehrt ist die Ausprägung gering bis null wenn die untersuchte Trinkwasserversorgung mit geeigneten Vernetzungen durch mehrere unabhängige Wasserressourcen gespeist werden kann.

Die Ausprägung misst sich an einer vierstufigen Skala, die für jedes Problemfeld definiert wurde:

keine - gering	geringe - mittlere	mittlere - starke	starke - sehr starke
----------------	--------------------	-------------------	----------------------

Matrizen zur Bewertung des Handlungsbedarfs

Für jedes Problemfeld und jeden Bilanzierungsraum ergibt sich der Handlungsbedarf aus der Relevanz und der Ausprägung. Hierfür wird je nach Problemfeld eine der zwei Matrizen der Abb. 2 verwendet:

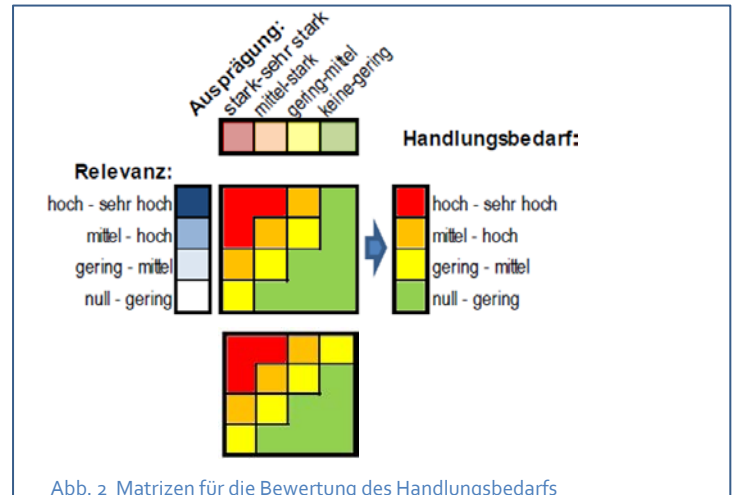


Abb. 2 Matrizen für die Bewertung des Handlungsbedarfs

Beispiel Versorgungssicherheit der Wasserversorgungen über 100 Einwohner

Die Karten der Abb. 3 illustrieren das Vorgehen.

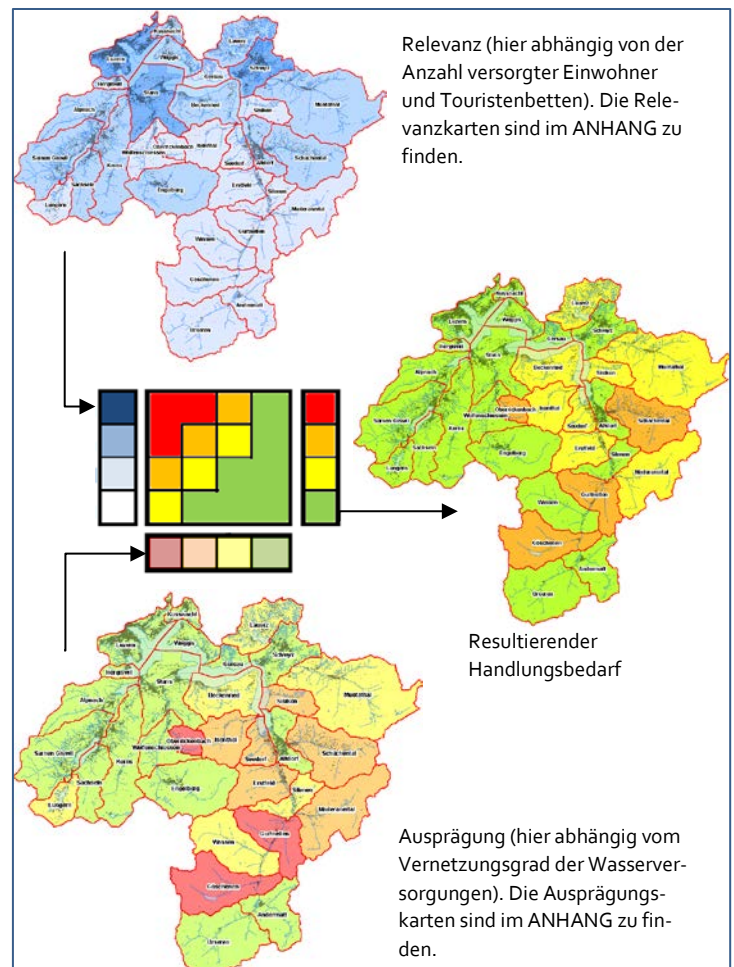


Abb. 3 Bewertung des Handlungsbedarfs am Beispiel der Versorgungssicherheit von Wasserversorgungen über 100 Einwohner mittels Vernetzung unabhängiger Wasserressourcen

2.4 Definition der massgebenden Bewertungsskalen

Vorgehen

Der Expertenbericht [2] enthält keine schweizweit gültigen Bewertungsskalen, denn er geht davon aus, dass die Kantone diese entsprechend ihrer regionalen Gegebenheiten festlegen.

Im Falle der AKV wurden die Bewertungsskalen durch die fünf beteiligten Kantone im Rahmen von Workshops im Konsens gemeinsam festgelegt, spezifisch für jedes Problemfeld.

Insgesamt wurden 6 Skalen für die Relevanz (eine davon gilt für 3 Problemfelder) und 8 für die Ausprägung definiert. Sie sind zusammen mit den Matrizen für die Definition des Handlungsbedarfs im Grundlagenbericht [5] dokumentiert. Sie gelten für das ganze Einzugsgebiet.

Beispiel

Für die Wasserversorgungen mit > 100 Einwohner wurde z.B. die Relevanzskala der Tabelle 2 definiert:

Tabelle 2: Relevanzskala für Wasserversorgungen über 100 Einwohner

Relevanz	Ständige Einwohner [E] + Tourismus-Betten (Hotels, Ferienhäuser, etc.) [B]
hoch – sehr hoch	> 20'000 E+B
mittel – hoch	> 5'000 E+B
gering – mittel	> 100 E+B
null – gering	Es gibt keine Wasserversorgung mit > 100 E+B

Für die Ausprägung der Versorgungssicherheitsproblematik wurde die Skala der Tabelle 3 definiert. Beide Tabellen wurden für die Bewertung des Problemfelds von Kapitel 4.2 verwendet.

Die Tabelle 3 zeigt beispielhaft, wie für mehrere Problemfelder mangels quantifizierbarer Daten die **Expertenmeinung** der kantonalen Fachspezialisten beansprucht wurde, um die Ausprägung zu bewerten. Um die Kohärenz der Resultate sicherzustellen wurde stets darauf geachtet, die Einschätzungsmethoden der Kantone miteinander zu vergleichen und soweit möglich zu vereinheitlichen.

Tabelle 3: Skala zur Bewertung der Ausprägung des Versorgungssicherheitsproblems bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner

Ausprägung	Erschliessung und Vernetzung verschiedener Wasserressourcen (mit unterschiedlicher Vulnerabilität und unterschiedlichem saisonalen Verhalten)
stark – sehr stark	Es wurde bisher keine technisch vertretbare Lösung zur Sicherung der Versorgungssicherheit durch Vernetzung verschiedener Wasserressourcen gefunden. Sie wird noch lange nicht gewährleistet sein.
mittel – stark	Lösungsansätze zur Sicherung der Versorgungssicherheit bestehen, ihre Umsetzung ist aber noch unklar. Die Versorgungssicherheit ist nicht gesichert.
gering – mittel	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 sein.
keine – gering	Die Versorgungssicherheit ist durch ausreichende Erschliessung und eine geeignete Vernetzung der Wasserversorgung sichergestellt.

2.5 Zusammentragen der Information

Datenumfang

Es wurden die notwendigen Daten eingeholt über:

- Stand und Entwicklung der Bevölkerung und des Tourismus in 59 Gemeinden,
- 82 Wasserversorgungen über 100 Einwohner, inkl. deren Schutzzonen und Eigenschaften,
- mehr als 100 kleine Wasserversorgungen,
- 32 künstlich beschneite Skipisten-Areale,
- 22 Abwasserreinigungsanlagen (ARA),
- 39 Wasserkraftwerke und deren Anlagen und Einzugsgebiete,
- temporäre Alpwirtschaft im Einzugsgebiet
- Gletscherschmelze und Klimawandel (in [7]).

Die obige Aufzählung ist nicht abschliessend.

Datenquellen

Wo vorhanden wurde von den bestehenden Daten der kantonalen Fachstellen ausgegangen. Sonst wurden die Daten bei Gemeinden oder Wasserversorgungen eingeholt. Für die Wasserkraft wird auf Kapitel 6 hingewiesen.

3. Zukunftsszenarien

3.1 Verwendung von Zukunftsszenarien

Die in Kap. 2 beschriebene Bewertung des Handlungsbedarfs beruht auf Grundlagen und Informationen zur heutigen Situation (Ist-Zustand 2016).

Die Frage stellt sich, ob, wo und wie sich diese Situation in Zukunft bei den einzelnen Problemfeldern verschärfen wird. Insbesondere aufgrund des Klimawandels, aber auch wegen der stetigen Zunahme der Bevölkerung und des Drucks auf die Wasserressourcen (z.B. wegen der fortschreitenden Urbanisierung, welche den Grundwasserschutz erschwert).

Um diese Entwicklung abzuschätzen wurde mit Zukunftsszenarien gearbeitet: einerseits bezüglich **sozio-ökonomischer** Entwicklung und andererseits bezüglich **Klimawandel**. Anschliessend wurde die Situationsanalyse gemäss Vorgehen von Kapitel 2 mit diesen neuen Annahmen nochmals durchgeführt. Am Schluss wurden die Auswirkungen auf den Handlungsbedarf dokumentiert.

Die Zukunftsszenarien können sich sowohl auf die Relevanz, als auch auf die Ausprägung auswirken.

3.2 Sozio-ökonomisches Szenario

Komponenten des Szenarios

Das sozio-ökonomische Zukunftsszenario umfasst zwei Komponenten:

- Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung bis 2045 aufgrund des mittleren Szenarios des Bundesamtes für Statistik und einer Aufteilung gemäss den kantonalen Prognosen,
- Annahmen zur Entwicklung des Tourismus (für die Touristenbetten), gemäss welchen vermutlich v.a. die höher gelegenen grösseren Skigebiete weiterhin wachsen werden.

Das Szenario in Zahlen

Detaillierte Zahlen sind dem Grundlagenbericht [5] zu entnehmen. Sie wirken sich auf die Wasserversorgung, die Abwasserentsorgung und die Beschneidung aus. Die allgemeine Entwicklung kann wie folgt zusammengefasst werden:

Bis ca. 2045 wird folgende Entwicklung erwartet:

- Bevölkerung: insgesamt etwas weniger als 15% Zunahme, unterschiedlich je nach Bilanzierungsraum;
- Tourismusbetten: rund +15%, konzentriert in Andermatt, Stans (Bürgenstock) und Engelberg;
- Eine Stagnation oder ein leichter Rückgang sowohl der Einwohner als auch der Tourismusbetten wird erwartet in den Bilanzierungsräumen Wolfenschiessen, Oberrickenbach und Schächental.

3.3 Klimawandel und Gletscherschwund

Modellierung der Gletscherentwicklung

Für das Pilotprojekt wurden durch die Universität Freiburg aufgrund von Modellierungen Gletscherszenarien entwickelt. Sie sind im Bericht [7] dargestellt und wurden zur Abschätzung des Einflusses des Gletscherschwunds auf die Verfügbarkeit von Grundwasser bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner und für die Wasserkraft verwendet.

Eine zusammenfassende Übersicht über die modellierte Entwicklung der Gletscher im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees zwischen 1973 und 2090 ist in der Abb. 4 dargestellt.

Mit Ausnahme von Engelberg und Erstfeld (zusammen rund 8'000 Einwohner) betrifft der Gletscherschwund hauptsächlich 6 dünn besiedelte Bilanzierungsräume des Kantons Uri: Maderanertal, Urseren, Göschenen, Wassen, Gurtellen und Isenthal, mit zusammen weniger als 2'500 Einwohner. Andermatt ist sehr marginal betroffen.

Einfluss des Gletscherschwunds

Der erwartete allmähliche Gletscherschwund wirkt sich auf die Gletscherwasser gespeisten Wasservorkommen aus: ihr jährlicher Verlauf (Regime) und ihr Gesamtvolumen werden sich mit der Zeit ändern und es könnte in einzelnen Fällen zu einer Erhöhung der Empfindlichkeit von Wasserversorgungen auf Trockenperioden führen. Diesem Umstand wurde im Kapitel 4.3 Rechnung getragen.

Die Änderung des Abflussregimes hat auch eine Auswirkung auf die Wasserkraft. Diese ist im Bericht [6] beschrieben und wurde im Kapitel 6 berücksichtigt.

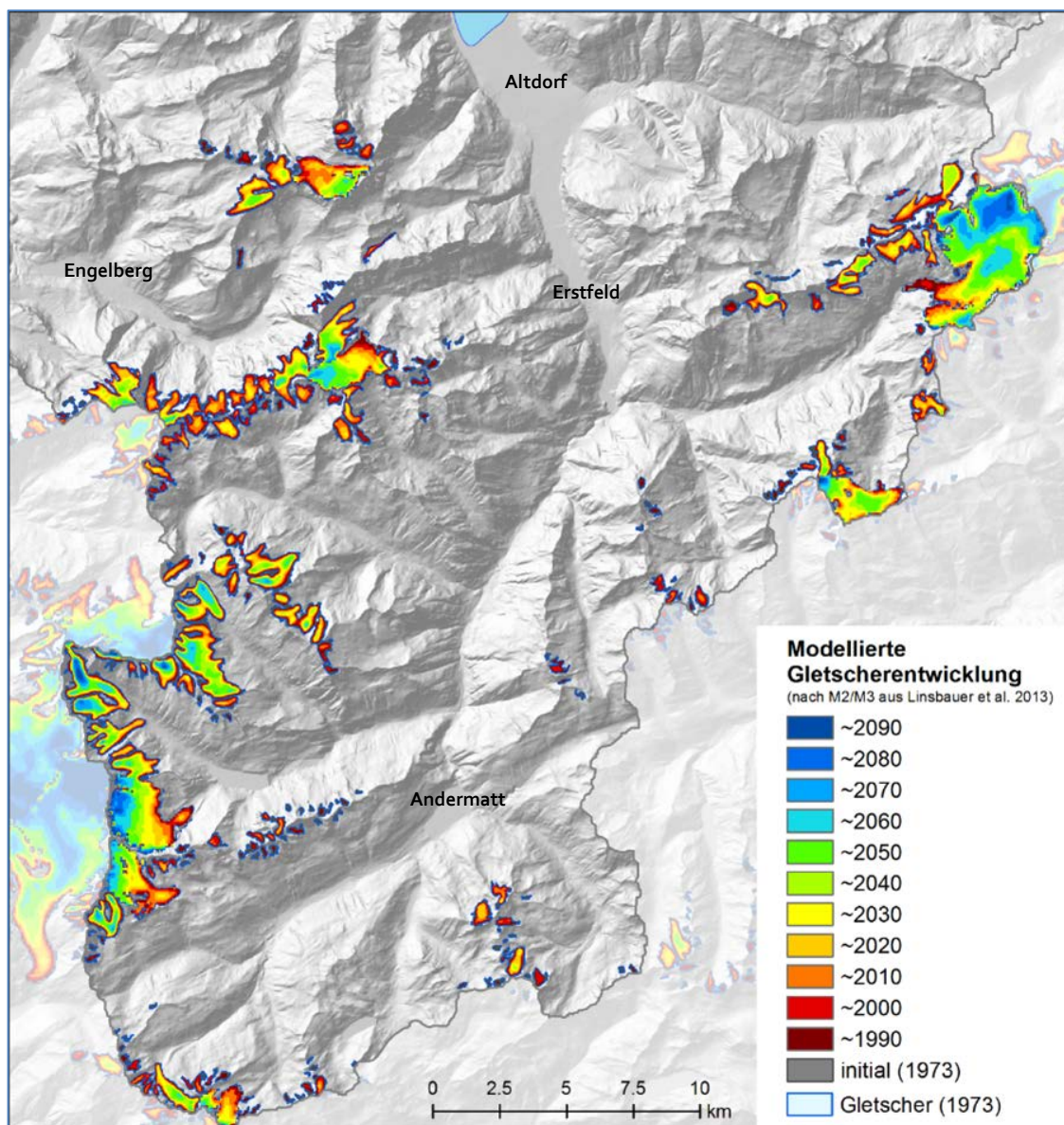


Abb. 4: Auszug aus dem Bericht [7] zum Einfluss des Klimawandels auf die Gletscherentwicklung.

3.4 Weitere Aspekte des Klimawandels

Einfluss auf die Beschneigung

Der Einfluss des Klimawandels wird dazu führen, dass in Zukunft vermutlich nur noch in den höher gelegenen Skigebieten zunehmend beschneit werden kann. Dies gilt für:

- Melchsee-Frutt (Bilanzierungsraum Kerns)
- Engelberg
- Andermatt
- Stoos (Bilanzierungsraum Muotathal)

Für die anderen Skigebiete wird aus klimatischen und ökonomischen Gründen angenommen, dass die Beschneigung wahrscheinlich allmählich aufgegeben wird.

Einfluss auf die Alpwirtschaft

Der Einfluss des Klimawandels auf die Alpwirtschaft ist aufgrund der Rückmeldungen der Landwirtschaftsämter nicht bekannt. Möglicherweise wird die Sömmerung früher abgebrochen, falls keine guten Voraussetzungen für das Vieh gegeben sind. Die Auswirkungen auf die temporären Wasserversorgungen wurden als neutral eingestuft, denn es wird keine Erhöhung des Viehbestands erwartet.

3.5 Resultate aus der Anwendung der Zukunftsszenarien

In den Fällen, wo der Handlungsbedarf gemäss Zukunftsszenario von der Bewertung im Ist-Zustand abweicht, wurde dies in den Karten mit einer andersfarbigen Umrandung der entsprechenden Bilanzierungsräume dargestellt.

4. Handlungsbedarf bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner

4.1 Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen

Worum geht es? Was ist das Problem?

Ungenügend geschützte Wasserfassungen laufen in Gefahr, früher oder später aufgegeben werden zu müssen, weil die Voraussetzungen für ein qualitativ einwandfreies Trinkwasser – bzw. für dessen Schutz – nicht mehr gegeben sind. Damit reduzieren sich die verfügbaren Wasserressourcen, was zu einem erhöhten Risiko von Wasserknappheit führen kann.

Die Problematik und die einzuhaltenden Vorschriften des BAFU sind in der Beilage g) des Expertenberichtes [2] erläutert.

Hinweise zu den Grundlagen und Annahmen

Die Ausprägung wurde für jede Wasserversorgung in Funktion der Ergiebigkeit der Fassungen gewichtet. Dann wurden die Wasserversorgungen in analoger Weise pro Bilanzierungsraum aggregiert.

Die Situationsanalyse erfolgte für den Ist-Zustand (2016) ohne Berücksichtigung allfälliger geplanter oder möglicher Massnahmen.

Resultate

Der Handlungsbedarf ist in Abb. 5 dargestellt. Im Zukunftsszenario steigt er nur in Andermatt.

Der Handlungsbedarf ist ■ null bis gering in 25 von 31 Bilanzierungsräumen. Nirgends ist er ■ hoch. (Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

Stans: Im Bilanzierungsraum Stans werden die Informationen aus mehreren Wasserversorgungen aggregiert. Für den Grossteil der Wasserversorgungen besteht kein Handlungsbedarf, daher ■. Für die Wasserversorgung Ennetbürgen ist dieser jedoch hoch – sehr hoch ■ und für die Wasserversorgung Eggwald AG ist er gering – mittel ■.

Erstfeld: Eine provisorische Schutzzone im Erstfeldertal sollte noch ausgeschieden werden.

Hergiswil: Der Handlungsbedarf für Hergiswil ist mit der erst provisorischen Ausscheidung der Schutzzonen begründet.

Sarnen-Giswil: Nutzungskonflikte in Schutzzone Spitalgarten (Strasse und Bahn im S2).

Schächental: Nur eine Schutzzone ist ■, die anderen sind ■. Die Gesamtbewertung ergibt ■.

Andermatt: Wegen des geplanten Wachstums steigt die Relevanz und dementsprechend auch der Handlungsbedarf von ■ auf ■.

Massnahmen in einzelnen Bilanzierungsräumen

Als Massnahme wird vorgeschlagen, die Empfehlung *Grund- und Quellwasserfassungen konsequent schützen* (s. Kap. 9.2) umzusetzen.

Hierzu folgende Präzisierungen:

Stans: Grundwasserfassung Ennetbürgen verschieben; provisorische Schutzzonen definitiv ausscheiden.

Hergiswil: bislang provisorische Schutzzonen definitiv ausscheiden.

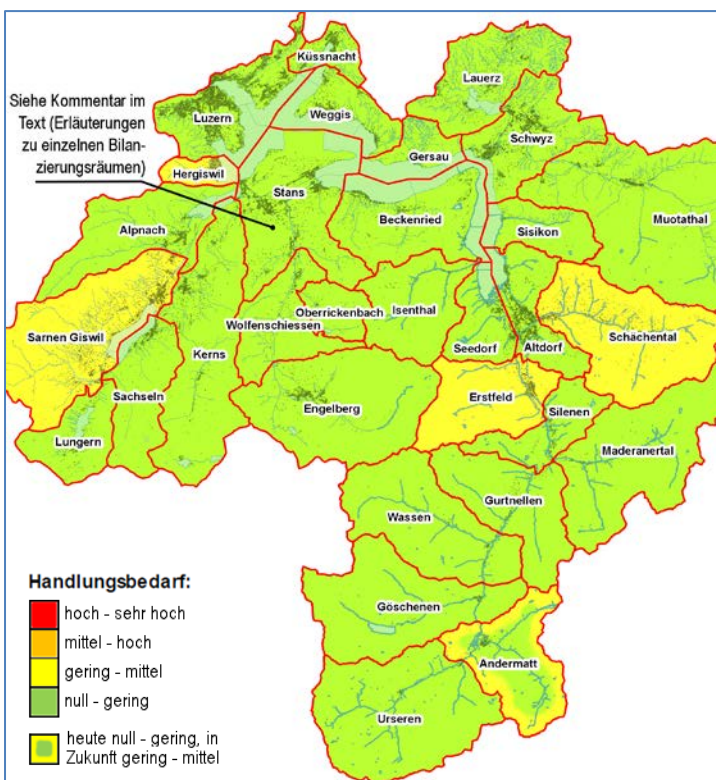
Beckenried: provisorische Schutzzone der Wasserversorgung Emmetten definitiv ausscheiden

Sarnen-Giswil: längerfristig Verschiebung Fassung Spitalgarten prüfen.

Durch die Umsetzung dieser Massnahmen reduziert sich die Ausprägung und somit der Handlungsbedarf der betroffenen Bilanzierungsräume.

Abb. 5

Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen“. Der Handlungsbedarf steigt in Zukunft für Andermatt



4.2 Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen

Worum geht es? Was ist das Problem?

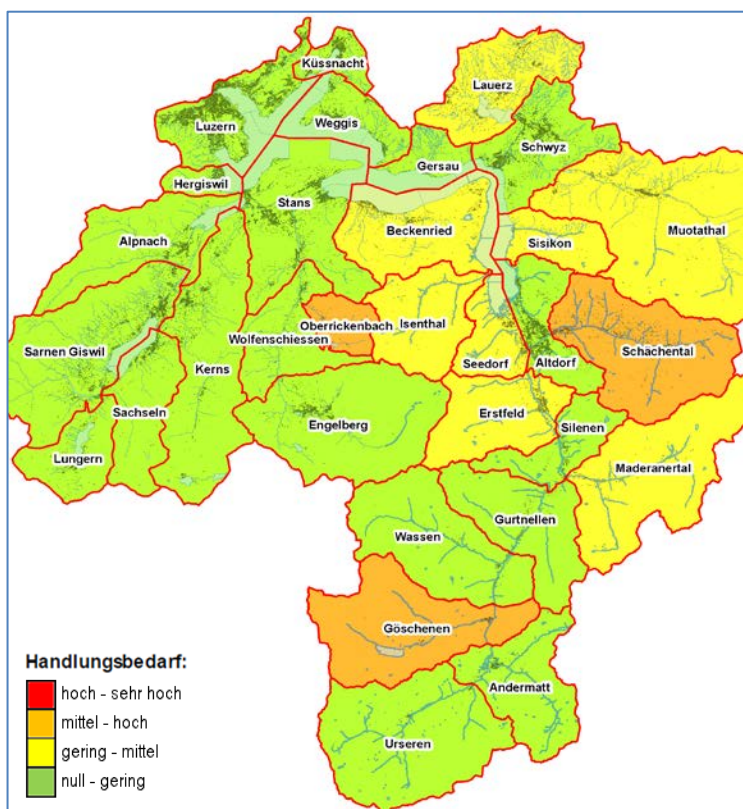
Verfügt eine Wasserversorgung nicht über die vernetzte Erschliessung von mindestens zwei verschiedenen, unabhängigen Wasserressourcen, so besteht ein erhöhtes Risiko von Wasserknappheit, insbesondere in Trockenperioden.

Dieses Kapitel beurteilt, ob die Forderung des sogenannten „zweiten Standbeins“ zur Vermeidung von Versorgungsengpässen eingehalten wird.

Hinweise zu den Grundlagen

Die erschlossenen Wasserressourcen müssen unabhängig sein, d.h. nicht zum gleichen hydrogeologischen Vorkommen gehören: Wasserversorgungen mit mehreren Quellen aus dem gleichen Wasserträger gelten nicht als unabhängig.

Es wurde deshalb überprüft, (a) ob mehrere Ressourcen vernetzt sind (Stand 2016) und (b) ob diese unabhängig sind. Hierzu wurden die hydrogeologischen Daten und das Expertenwissen der Fachspezialisten des Kantons herangezogen. Dabei wurde festgestellt, dass den Kantonen ohne regionale Wasserversorgungsplanung die Information zur Vernetzung oft fehlt. Die Bewertungen der einzelnen Wasserversorgungen wurden wie im Kap. 4.1 aggregiert.



Resultate

Der Handlungsbedarf im Ist-Zustand ist in Abb. 6 dargestellt. Er bleibt im Zukunftsszenario gleich.

In 20 von 31 Bilanzierungsräumen gibt es bezüglich Vernetzung der Wasserressourcen ■ keinen Handlungsbedarf. Auch ist er nirgends ■ hoch. (Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

In den folgenden 3 Bilanzierungsräumen ist der Handlungsbedarf ■ mittel bis hoch:

Oberriedenbach: Alle Quellwasserfassungen liegen am gleichen Ort. Ein Verbund mit einer anderen Wasserversorgung scheint technisch schwierig.

Göschenen: Es sind keine Vernetzungsprojekte bekannt.

Schächental: Die Wasserversorgungen in den einzelnen Gemeinden sind nicht vernetzt.

In 8 Bilanzierungsräumen ist der Handlungsbedarf ■ gering bis mittel, Vernetzungen sind möglich:

Beckenried: Vernetzungen zwischen Emmeten und Seelisberg sowie zwischen Bauen und Seedorf sind angedacht. Beckenried ist vernetzt.

Isenthal: Es ist unklar, ob Vernetzungsprojekte angedacht sind.

Lauerz: Lauerz hat eine Verbindung zu Arth, jedoch ist deren Kapazität zu gering, um den Spitzenbedarf zu decken.

Maderanertal: Für die drei Gemeinden sind keine Vernetzungsprojekte bekannt, sie wären aber möglich: Bürglen mit dem Wasserverband Unteres Reusstal (WUR), und Spirigen mit Unterschächen.

Muotathal: Die Wasserversorgung Illgau ist aus topographischen Gründen nicht vernetzt.

Seedorf (Attinghausen) und **Erstfeld:** es sind keine Vernetzungsprojekte bekannt, aber ein Anschluss an den WUR ist technisch machbar.

Sisikon: Vernetzungsprojekte sind unklar. Denkbar wären Flüelen oder das Axenstrasseprojekt.

Massnahmen

Als Massnahme wird vorgeschlagen, die Empfehlung *Wasserversorgungen mit unabhängigen Wasserressourcen vernetzen* von Kapitel 9.2 systematisch umzusetzen.

Dies wird die Versorgungssicherheit in Trockenperioden – wie auch bei auftretenden Qualitätsproblemen oder in Notfällen – deutlich verbessern.

Abb. 6 Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen“.

4.3 Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs

Worum geht es? Was ist das Problem?

Während langanhaltender Trockenperioden sinkt das verfügbare Wasserdargebot (die Quellen versiegen, der Grundwasserpegel sinkt), während der Bedarf mindestens gleichbleibt oder sogar steigt. Es gilt deshalb sicherzustellen, dass die erschlossenen Wasserressourcen diesen Bedarf decken können. Zusammen mit dem zweiten Standbein (siehe Kapitel 4.2) bildet dies die Basis für eine gute Versorgungssicherheit.

Übermäßige Grundwasserentnahmen können die nachhaltige Nutzung des Grundwassers in Trockenzeiten gefährden.

Vorgehen in zwei Schritten

In einem ersten Schritt wurde mittels der vorhandenen hydrogeologischen Grundlagen und Expertenwissen des Kantons abgeschätzt, wie weit die verfügbaren Wasserressourcen jeder Wasserversorgung über 100 Einwohner heute und im sozio-ökonomischen Zukunftsszenario (ohne Klimawandel) genügen. Bei einzelnen Wasserversorgungen mussten teilweise Annahmen getroffen werden.

Die Bewertungen der einzelnen Wasserversorgungen wurden dann wie im Kap. 4.1 aggregiert.

In einem zweiten Schritt wurde die Klimasensitivität der erschlossenen Wasserressourcen abgeschätzt, d.h. ihre Empfindlichkeit auf künftige Trockenperioden oder auf Gletscherschwund-verursachte Änderungen im Regime (siehe Kapitel 3.3).

Hierfür wurde für das Pilotprojekt eine neue Bewertungsmethode entwickelt: die Klimasensitivität jeder erschlossenen Wasserressource kann damit mittels aufeinanderfolgender Fragen durch die Fachspezialisten der Kantone abgeschätzt werden. Die Methode ist im Grundlagenbericht [5] erläutert.

Die Bewertung jeder Wasserversorgung wurde in Funktion der Quellschüttungen bzw. der Grundwasserergiebigkeiten pro Wasserversorgung aggregiert. Auf eine weitere Aggregation pro Bilanzierungsraum wurde verzichtet. Das resultierende Bild zeigt, wie empfindlich die Wasserversorgungen auf eine zukünftige, klimabedingte Änderung des Regimes reagieren könnten, bzw. wie problematisch sie sein werden.

Resultate des ersten Schritts : Heutige Situation und sozio-ökonomisches Zukunftsszenario

Die heutige Situation ist in der Abb. 7 dargestellt. Im Zukunftsszenario bleibt der Handlungsbedarf gleich.

Fast überall scheinen die verfügbaren Wasserressourcen zu genügen: der Handlungsbedarf ist null bis gering in 29 Bilanzierungsräumen, in den restlichen 2 ist er gering bis mittel. (Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

Lauerz: Die Wasserversorgung Lauerz-Buosigen musste im Sommer 2015 zum Wassersparen aufrufen und die Gartenbewässerung verbieten.

Muotathal: Die Quellwasserfassungen der Wasserversorgung Illgau sind anfällig auf Trockenheiten.

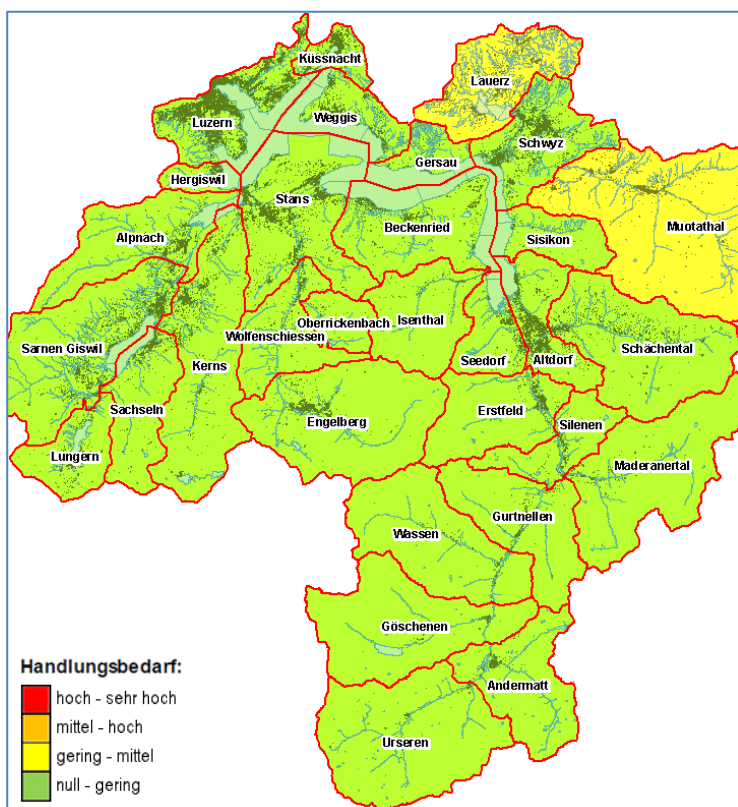
Massnahmen

Die im Kapitel 4.2. vorgeschlagen Vernetzungsmassnahmen können zielführend sein. Als Alternative müssen neue Wasserressourcen erschlossen werden.

Vorgängig ist eine regionale Planung zur Sicherung der optimalsten Lösung durchzuführen.

Abb. 7

Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs“.



Resultate des zweiten Schritts: Klimasensitivität der Wasserressourcen

Die Resultate der Anwendung der neuen Methodik für die Bewertung der Klimasensitivität der Wasserressourcen sind in der Abb. 8 dargestellt. Jeder Kreis stellt eine Wasserversorgung dar.

Bei 2/3 der Wasserversorgungen werden keine ■ oder eher keine ■ Probleme mit dem Klimawandel erwartet. In diese zwei Kategorien fallen alle grösseren Versorgungsungen. Der Rest ist noch ungewiss ■, abgesehen von 4 mittleren bis kleinen Wasserversorgungen, wo mit fortschreitendem Klimawandel Probleme erwartet ■ werden.

Erläuterungen zu einzelnen Wasserversorgungen

Alpnach: Wasserversorgung Pilatus-Kulm

Engelberg: Wasserversorgungen Trübsee (aufgrund der Gletschnähe müssen Probleme im Zusammenhang mit dem Klimawandel erwartet werden) und Eienwäldli

Stans: Bei der Wasserversorgung Dallenwil müssen Probleme im Zusammenhang mit dem Klimawandel erwartet werden (sinkender Grundwasserspiegel).

Massnahmen

Es gelten die gleichen Massnahmenvorschläge wie für Abb. 7: Vernetzung oder, alternativ, Erschliessung neuer Wasserressourcen.

Bevor die Massnahmen in Angriff genommen werden, wird die Problematik gezielt vertieft werden müssen, um die Ungewissheiten ■ zu beheben.

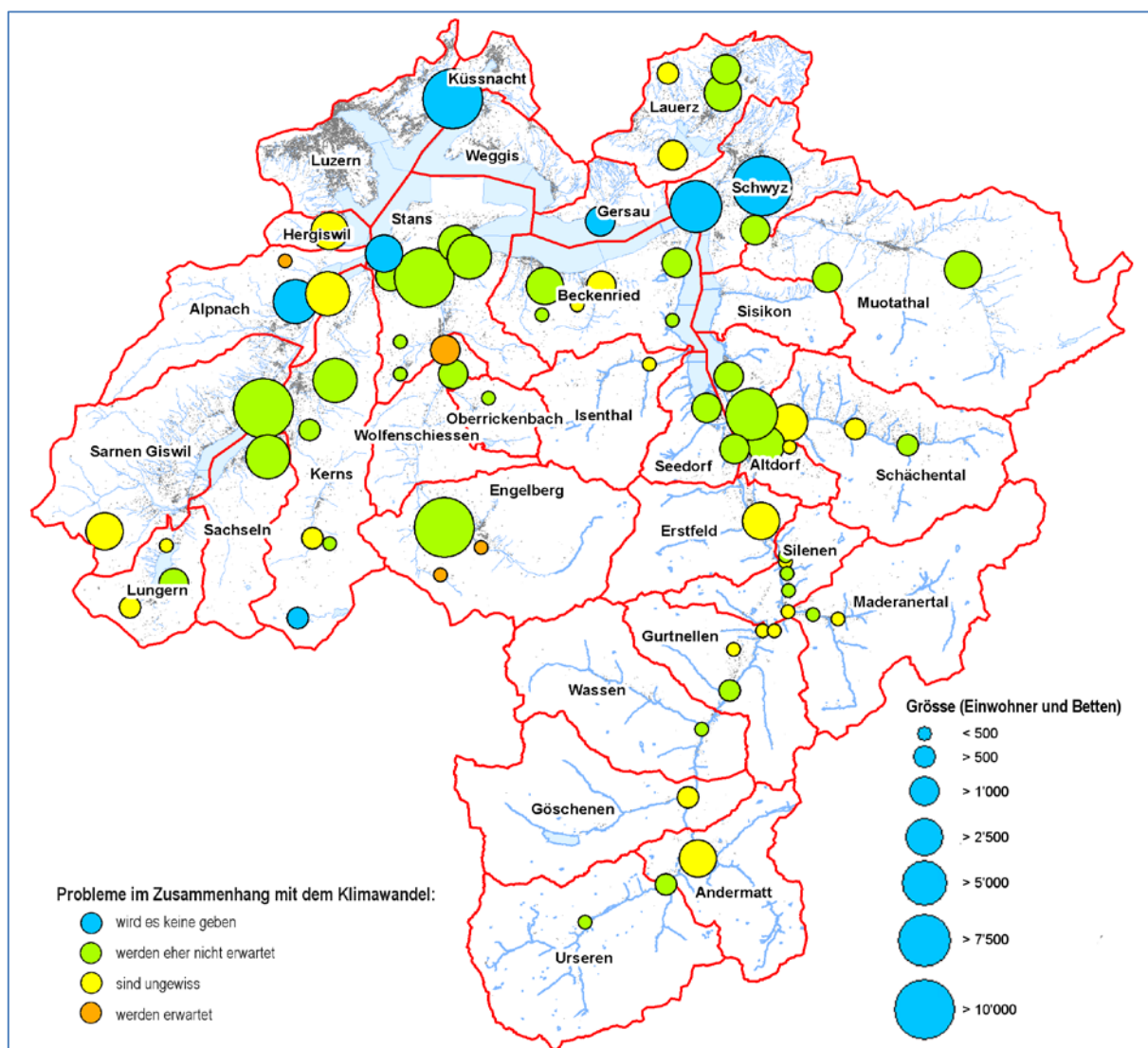


Abb. 8 Bewertung der Klimasensitivität der Wasserfassungen, pro Wasserversorgung zusammengefasst, als ergänzende Information zum Problemfeld „Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs“.

5. Handlungsbedarf bei kleinen Wasserversorgungen

5.1 Kleine Wasserversorgungen unter 100 Einwohner

Worum geht es? Was ist das Problem?

Die Versorgungssicherheit kleiner privater und öffentlicher Wasserversorgungen (unter 100 versorgte Einwohner und Touristenbetten) ist möglicherweise nicht sichergestellt. Die Gründe sind grundsätzlich die gleichen wie für die Wasserversorgungen über 100 Einwohner (siehe Kap. 4).

Die Versorgungsengpässe der kleinen Wasserversorgungen werden hier gesamthaft abgeschätzt und nicht strukturiert nach Grundwasserschutz, Vernetzung und Wasserressourcen wie für die Wasserversorgungen über 100 Einwohner.

Hinweise zu den Grundlagen

Informationen zur Versorgungssicherheit von kleinen Wasserversorgungen sind grösstenteils nicht verfügbar. Generell kann jedoch nicht daraus abgeleitet werden, dass deshalb keinerlei Probleme diesbezüglich vorliegen.

Die Bewertung wurde für 98 identifizierte kleine Wasserversorgungen oder Gruppen privater Wasserversorgungen einer Gemeinde durchgeführt.

Die Informationen wurden anschliessend pro Bilanzierungsgebiet aggregiert.

Die Angaben beruhen auf Einschätzungen der kantonalen Fachstellen.

Resultate

Die Resultate sind in der Abb. 9 dargestellt.

Im Grossteil der Bilanzierungsräume ist – zumindest auf der betrachteten Flughöhe – kein klarer Handlungsbedarf bei den privaten bzw. kleinen Wasserversorgungen feststellbar.

(Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Inwieweit diese Resultate die realen Verhältnisse abbilden, bleibt aufgrund der fehlenden Datengrundlagen zurzeit noch offen.

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

Oberriickenbach: Die Einstufung des Handlungsbedarfs auf gering – mittel ist mit dem relativ grossen Anteil versorgter Einwohner bzw. Touristenbetten über private/kleine Wasserversorgungen begründet.

Sachseln: Die Wasserversorgung Äggi hat zeitweise quantitative wie auch qualitative Probleme.

Gurtellen, Wassen: Es wird davon ausgegangen, dass sich die Situation der kleinen Wasserversorgungen in diesen Bilanzierungsräumen in Zukunft aufgrund des Rückgangs der Schüttungen und der fehlenden Vernetzung verschlechtern wird.

Massnahmen

Oft können die Versorgungssicherheitsprobleme kleiner Wasserversorgungen dadurch gelöst werden, dass sie an grössere Gemeindewasserversorgungen angeschlossen werden (siehe Kap. 9.2).

Im Übrigen gelten die gleichen Lösungsansätze wie für Wasserversorgungen über 100 Einwohner.

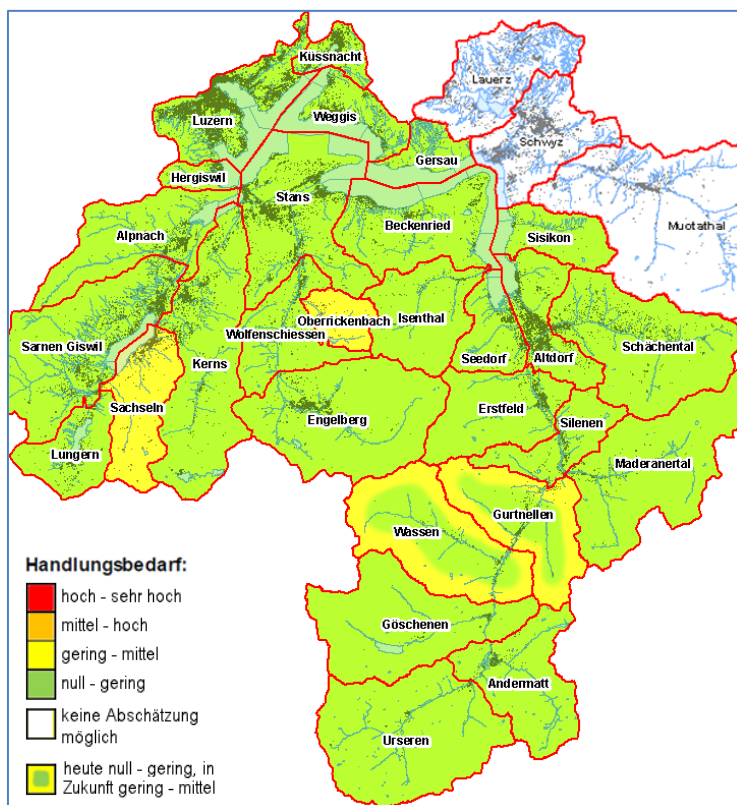


Abb. 9 Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „kleine Wasserversorgungen (unter 100 Einwohner)“

5.2 Temporäre Wasserversorgungen der Alpwirtschaft

Worum geht es? Was ist das Problem?

Die Verfügbarkeit von Wasser für die temporären Wasserversorgungen in den Sömmerungsgebieten (Alpwirtschaft) kann in Trockenperioden problematisch sein.

Diese Problematik ist nicht Bestandteil der Methodik des Expertenberichtes [2]. Sie wurde aber verschiedentlich in heissen trockenen Sommern in der Zentralschweizer Presse thematisiert. Deshalb wurde versucht, das Ausmass der Probleme abzuschätzen.

Hinweise zu den Grundlagen

Die Angaben der kantonalen Landwirtschaftsämter zur Alpbestossung wurden mit einer Abschätzung der Verfügbarkeit von Wasser kombiniert. In einzelnen Kantonen war es relativ umständlich, zu den Informationen zu kommen.

Bei den verwendeten Informationen handelt es sich zu einem grossen Teil um Einschätzungen der kantonalen Fachspezialisten.

Resultate

Die Resultate sind in der Abb. 10 dargestellt.

Abgesehen von den Bilanzierungsräumen Kerns, Muotathal und Schächental erscheint der Handlungsbedarf überall als gering ■.

(Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Es scheint also, dass diese Problematik einen eher lokalen Charakter aufweist und nicht sehr verbreitet ist. Sie tritt vor allem in verkarsteten Gebieten auf, wo sie generell durch den Klimawandel wegen dem beschränkten Speichervolumen in Zukunft zunehmen wird.

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

Muotathal: Die verfügbare Menge ist im Sommer 2015 etwas zurückgegangen, aber es hat grundsätzlich genug Wasser. Vereinzelt gibt es Wassertransport und provisorische Leitungen. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Handlungsbedarf von heute gering – mittel ■ in Zukunft zu mittel – hoch ■ verschlechtern wird.

Schächental: Es wird von einem Rückgang der Quellschüttungen in den Sommermonaten ausgegangen. Tendenz in Zukunft wie in Muotathal, von heute gering – mittel ■ in Zukunft zu mittel – hoch ■.

Kerns: Alp Arvi lebt praktisch nur von Dachwasser, Alpen Heufrutt, Nünalp und Wolfisalp sind auch problematisch (der Bilanzierungsraum ist von Karst geprägt).

Massnahmen

Als Massnahme wird vorgeschlagen, die Empfehlung „künftige Wasserknappheitsprobleme in Alpwirtschaftsbetrieben antizipieren“ (s. Kap. 9.2) umzusetzen.

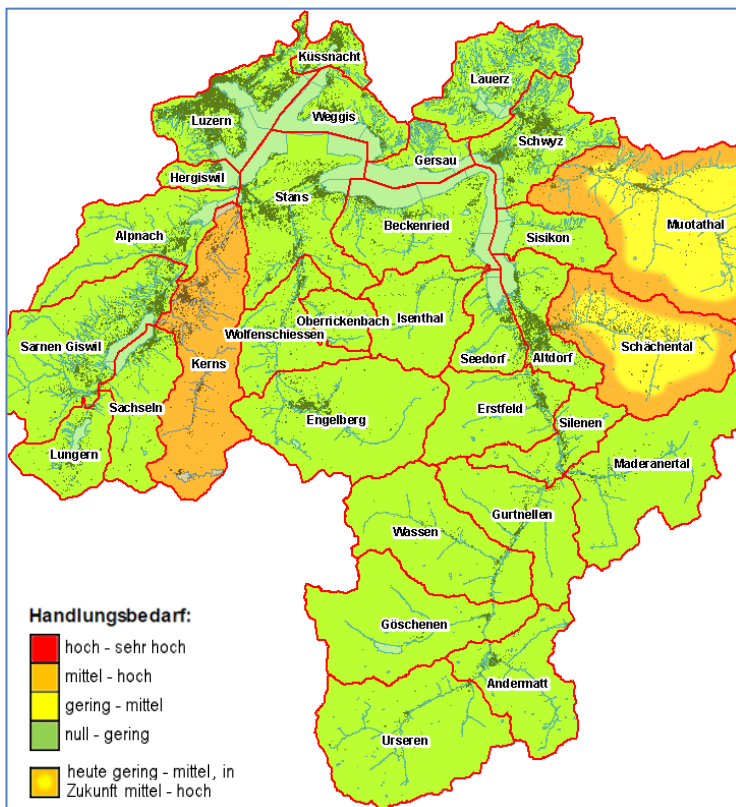


Abb. 10 Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Temporäre Wasserversorgungen der Alpwirtschaft“.

6. Handlungsbedarf bei der Wasserkraft

Worum geht es? Was ist das Problem?

Durch die Ausleitung von Wasser aus Gewässern zur Stromproduktion entstehen Restwasserstrecken. In Niedrigwasserperioden sind die Abflussmengen in den Restwasserstrecken besonders gering, da die Kraftwerke die maximal zulässige Wassermenge für die Stromproduktion nutzen. Insbesondere wenn zusätzlich zum Hauptgewässer seitlichen Zuflüssen Wasser entnommen wird, ist die Beeinträchtigung der Restwasserstrecken hoch.

Zu den gewässerökologischen Auswirkungen der Ausleitung von Wasser aus Fließgewässern zur Energieproduktion gehören eine verringerte Geschiebeumlagerung, ein Verlust der Gewässerdynamik, Einschränkungen in der Fischgängigkeit, die Anreicherung von Algen und Moosen sowie eine Abnahme von typischen Auenhabitaten und -gemeinschaften.

Das Gewässerschutzgesetz verpflichtet die Wasserkraftwerksbetreiber, eine gewisse Restwassermenge einzuhalten, welche primär auf Basis der Niedrigwasserkenngrosse Q_{347} (Abfluss, der an 347 Tagen im Jahr erreicht bzw. überschritten wird) bestimmt wird. Durch die Einhaltung angemessener Restwassermengen sollen die Gewässer als natürliche Lebensräume, Fischgewässer und Landschaftselemente erhalten werden.

Der Klimawandel, insbesondere der Anstieg der Schneefallgrenze, die Abnahme der sommerlichen Niederschlagsmengen und der Gletscherschwund, bewirkt eine Verschiebung der Jahreszeiten, in welchen besonders viel bzw. besonders wenig Wasser in den Fließgewässern abfließt. Veränderungen können somit im Zeitpunkt und in der Ausprägung von Niedrigwasserperioden auftreten.

Hinweise zu den Grundlagen

Grundlage für die weiteren Erläuterungen bildet die Masterarbeit [6].

Beurteilung Ist-Zustand: Vorgehen

Zur Erfassung des heutigen Handlungsbedarfs wurden Angaben zu Wasserentnahmen und -rückgaben der Kraftwerke aus dem hydrologischen Atlas der Schweiz [8], die verfügbaren Restwassermengen, die ökomorphologische Kartierung der Fließgewässer [9] sowie Angaben der Swisstopo zu

Schutzgebieten verwendet. Es wurden alle Kraftwerksanlagen mit einer installierten Leistung über 300 kW (Stand 2017).

Die Relevanz (siehe Karte im ANHANG) wurde durch den ökologischen und ökomorphologischen Wert der Restwasserstrecken und die Bedeutung der Wasserkraftnutzung im jeweiligen Bilanzierungsraum ermittelt.

Die Ausprägung (siehe Karte im ANHANG) zum heutigen Zeitpunkt ergibt sich aus dem Grad der Beeinflussung der natürlichen Abflüsse in Restwasserstrecken, sowie dem Anteil der Länge der Restwasserstrecken an der gesamten Länge der Fließgewässer in jedem Bilanzierungsraum.

Beurteilung Ist-Zustand: Resultate

Der Handlungsbedarf für den heutigen Zustand ist in Abb. 11 dargestellt.

Die Bilanzierungsräume mit erhöhtem heutigem Handlungsbedarf ■ weisen eine starke Nutzung der Gewässer für die Energieproduktion auf. Einerseits sind in diesen Räumen bereits grosse Anteile der Gewässerstrecken durch Wasserentnahmen beeinflusst und das Wasser wird teilweise über lange Strecken ausserhalb des Gewässers geführt. Andererseits wird besonders in Niedrigwasserperioden bei jeder Entnahmestelle nur die vorgeschriebene Dotierwassermenge abgegeben, was zu minimalen Abflüssen führt.

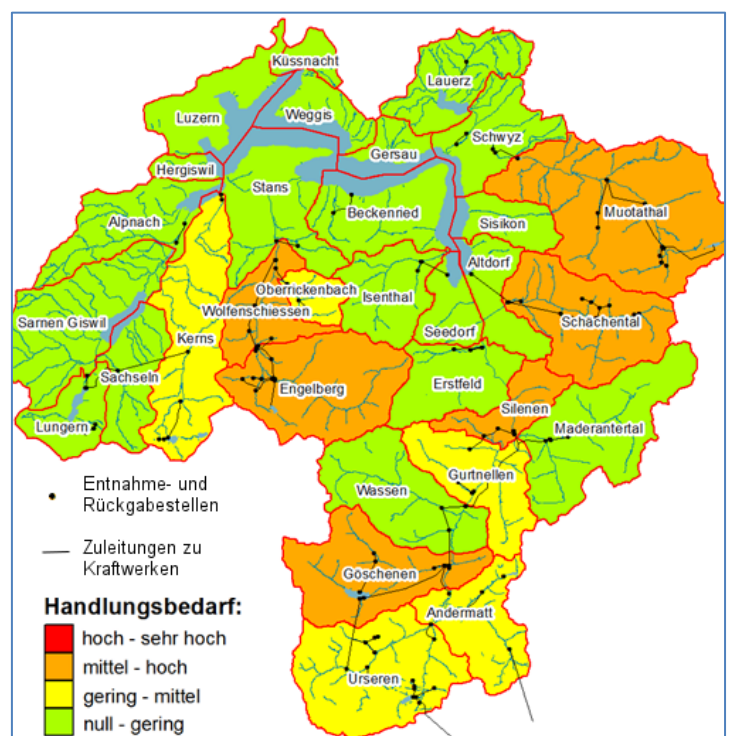


Abb. 11 Bewertung des Handlungsbedarfs im Ist-Zustand für das Problemfeld „Restwasserproblematik bei der Wasserkraft“.

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

Die Situation in den 6 Bilanzierungsräumen mit mittlerem bis hohem Handlungsbedarf ■ kann wie folgt erläutert werden:

Göschenen: Natürliches Abflussregime der Gewässer ist stark beeinflusst durch den Göscheneralpeee, zwei Wasserfassungen in der Voralpreuss und eine in der Göschenerreuss. Restwasserstrecken sind in einem naturnahen ökomorphologischen Zustand. Kleines regionales Flachmoor unterhalb des Stausees an der Göschenerreuss.

Silenen: Nutzung des Leitschachbachs und Rückgabe des Wassers der Reusskaskade in die Reuss.

Schächental: Nutzung des Schächens und mehrerer Seitengewässer. Auengebiet von nationaler Bedeutung in der Restwasserstrecke unterhalb der Fassung Unterschächen.

Engelberg: Wasser wird an 11 Stellen gefasst, teilweise mehrmals pro Gewässer. Restwasserstrecken sind in nur wenig beeinträchtigtem ökomorphologischem Zustand.

Wolfenschiessen: Fassung der Engelberger Aa sowie mehrerer seitlicher Zuflüsse, starke Beeinflussung der natürlichen Abflüsse.

Muotathal: Stark genutzte Gewässer, lange Restwasserstrecken. Restwasserstrecken sind in einem naturnahen ökomorphologischen Zustand.

Es ist zu beachten, dass auch in Bilanzierungsräumen mit ■ geringem bis mittlerem Handlungsbedarf nach wie vor Gewässer mit unzureichenden Restwassermengen vorhanden sind.

Auswirkungen des Klimawandels: Vorgehen

Um die Veränderung der Abflüsse unter zukünftigen klimatischen Bedingungen zu ermitteln, wurden hydrologische Modellierungen [10], mit den zu erwartenden Klimasignalen des Abflusses nach [11] verrechnet. Aus den Simulationen wurde der zukünftige Q_{347} und der zukünftige für die Kraftwerke nutzbare Abfluss nach [12] bestimmt.

Auswirkungen des Klimawandels: Resultate

In allen Einzugsgebieten wird der Anteil der Schneeschmelze am Abfluss in Zukunft geringer sein, da der jährliche Anteil des Niederschlags, der als Schnee fällt, geringer wird. Dies bedeutet grössere Abflussmengen in den Wintermonaten, und geringere Abflüsse in den Frühsommermonaten. Im Sommer wird es aufgrund geringeren Niederschlags generell zu einem Abflussrückgang kommen. (Siehe auch Karten im ANHANG.)

In den Gebieten, wo die Gletscher- und Schneeschmelze dominiert (primär Kt. Uri und Einzugsgebiet der Engelberger Aa), wird sich Q_{347} aufgrund der über das Jahr gesehen ausgeglicheneren Abflüsse signifikant erhöhen, was bei Neukonzessionierungen, welche für den Grossteil der Kraftwerke um 2040 anstehen, zu einer Erhöhung der Restwassermengen gemäss Gewässerschutzgesetz Art. 31 führen wird. Die ökologische Problemausprägung wird in diesen Bilanzierungsräumen daher in Zukunft nicht höher sein als heute.

In den tiefer gelegenen Gebieten (primär Einzugsgebiet der Sarner Aa und der Muota), deren Abflüsse bereits heute auch im Winter durch eine Kombination aus Regen und Schneeschmelze geprägt sind, wird vermutlich eine neue Niedrigwasserperiode in den Monaten August/September auftreten. Dies kann in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts zu einer Verringerung der Abflussmenge Q_{347} und damit bei Neukonzessionierungen zu geringeren Restwassermengen führen. Eine solche Entwicklung verstärkt die Problemausprägung dieser Bilanzierungsräume in Zukunft.

Der klimabedingte Wandel der Abflüsse hat nebst einer Veränderung der Restwassermengen auch eine Veränderung des Wasserdargebots für die Kraftwerke zur Folge: Diese ist in den Karten im ANHANG dokumentiert. Durch die Verschiebung der Abflussregime kann für die höher gelegenen Bilanzierungsräume mit einer leichten Erhöhung der nutzbaren Wassermenge gerechnet werden. In den tiefer gelegenen Gebieten verändern sich die Verhältnisse bis 2050 nicht in einem signifikanten Mass, danach kommt es aber zu einem Rückgang des nutzbaren Abflusses.

Massnahmen

Für die Gewässer, welche heute ein durch Regen und Schneeschmelze geprägtes Abflussregime aufweisen, wird empfohlen, bei einer Neukonzessionierung den Spielraum des Gewässerschutzgesetzes zugunsten der Gewässerökologie zu nutzen.

Um auf zukünftige klimatische Veränderungen besser reagieren zu können, kann es zudem sinnvoll sein, die Dauer von neuen Konzessionen nicht auf das Maximum von 80 Jahren festzulegen.

Um Restwasserstrecken im Hinblick auf sommerliche Trockenperioden besser zu schützen, könnte gezielt zusätzliches Wasser aus Speicherseen abgegeben werden (= multifunktionale Nutzung).

7. Handlungsbedarf bei weiteren Nutzungen

7.1 Beschneigung

Worum geht es? Was ist das Problem?

Wenn Wasser für die künstliche Beschneigung der Skipisten und Loipen aus einem Gewässer entnommen wird, kann dies zu einer Beeinträchtigung des Gewässers führen. Das Problem wird akuter wenn der Winter trocken ist und wenn viel beschneit wird. Letzteres könnte in Zukunft in den oberen Höhenlagen zunehmen.

Zur Sicherung angemessener Restwassermengen ist für Entnahmen aus Gewässern grundsätzlich eine Gewässerschutzbewilligung erforderlich (Art. 29ff GSchG; SR 814.20). Es kann also nicht beliebig viel Wasser aus dem Gewässer entnommen werden. Der Druck auf bisher ungenutzte Gewässer könnte jedoch künftig zunehmen.

Hinweise zu den Grundlagen

Für die Ermittlung der Relevanz wurden Angaben zur Länge der beschneiten Skipisten und Loipen eingeholt (siehe Tabelle 4). Der ökologische Zustand der Gewässer nach der Entnahme für die Beschneigung (Ausprägung, siehe ANHANG) ist grösstenteils nicht bekannt und basiert auf Annahmen.

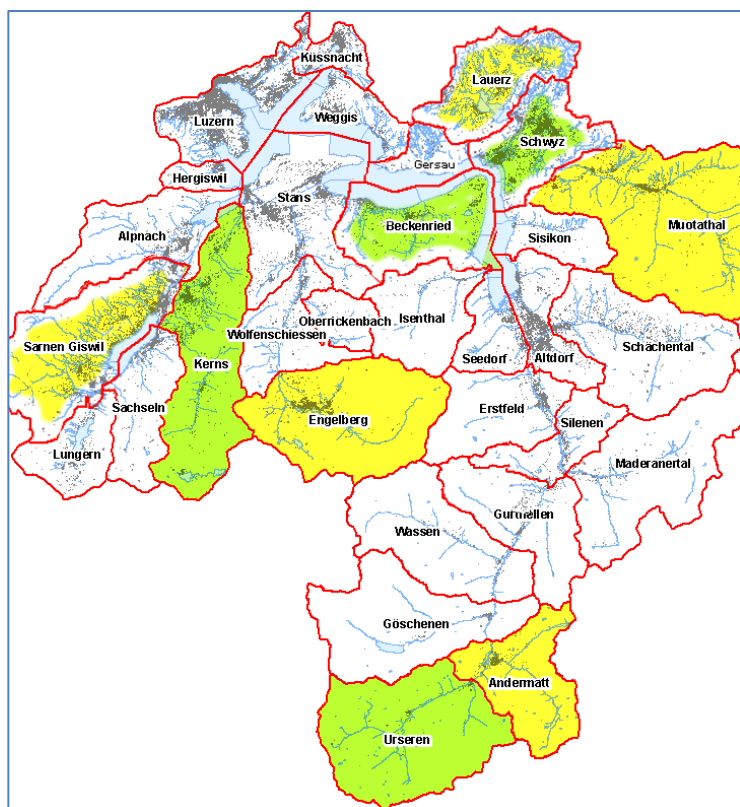


Abb. 12 Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Beschneigung“.

Tabelle 4: Angaben zur Beschneigung (Auszug aus [5])

	Skigebiet	beschneit
Engelberg	Titlis / Bruni	27 km
Muotathal	Stoos	15 km
Andermatt	Gemsstock	9 km
Kerns	Melchsee-Frutt	9 km
Sarnen-Gis.	Mörlialp	ca. 9 km
Schwyz	Handgruobi	2 km
Lauerz	Hochstuckli	ca. 2 km
Urseren	Realp	ev. 1 km
Beckenried	Klewenalp-Stockhütte	> 0 km

Resultate

Der Handlungsbedarf ist in der Abb. 12 dargestellt

Der Handlungsbedarf ist in 4 Bilanzierungsräumen null–gering ■, in den 5 übrigen gering–mittel ■. Ist-Zustand und Zukunftsszenarien sind gleich, wobei es aus ökonomischen bzw. klimatischen Gründen in den 4 weniger hoch gelegenen Skigebieten keine Beschneigung mehr geben wird (Bilanzierungsräume mit weissem Rand in Abb. 13). (Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Erläuterungen zu einzelnen Bilanzierungsräumen

In den zwei grössten Skigebieten Engelberg und Muotathal (Stoos) sind heute keine Fliessgewässer direkt durch Entnahmen für die Beschneigung betroffen. Das benötigte Wasser stammt hauptsächlich aus Seen und Reservoiren, die in erster Linie für die Wasserkraftnutzung gestaut werden. Die Situation ist aber wegen der hohen Relevanz (Grösse) dieser Gebiete in Zukunft zu beobachten.

Dies gilt auch für Andermatt, besonders weil das Skigebiet ausgebaut werden soll und ein Teil des Wassers aus Fliessgewässern entnommen wird.

In Lauerz (Hochstuckli) wird Wasser teilweise aus Beschneigungsweihern bezogen, weitere Weiher sind geplant. Zu Problemen kann es eventuell mit der Steineraa kommen, obwohl die Entnahme konzessioniert ist.

In Sarnen-Giswil (Mörlialp) sind die Probleme heute praktisch unbedeutend.

Massnahmen

Die Wasserentnahmen sind konsequent zu regeln. Der Wasserverbrauch für Beschneigungszwecke ist wenig bekannt und sollte ermittelt werden.

Die potentiellen Konflikte zwischen der Wasserentnahme für die Beschneigung und andere Zwecke (Wasserkraft, Trinkwasserproduktion) sowie mit dem Gewässerschutz sind zu antizipieren.

7.2 Einleitung von gereinigtem Abwasser

Worum geht es? Was ist das Problem?

In Trockenperioden, wenn kleine Gewässer wenig Wasser führen, kann die Einleitung von gereinigtem Abwasser problematisch werden: bei geringer Verdünnung können diese Einleitungen die Ökologie der Gewässer beeinträchtigen.

Als Mass für eine tiefe Wasserführung im Gewässer wird Q_{347} verwendet, d.h. der Abfluss, welcher jährlich während nur 5% der Zeit unterschritten wird.

Hinweise zu den Grundlagen

Die erforderlichen Grundlagendaten zu den ARA und zur Wasserführung der Vorfluter liegen grösstenteils bei den kantonalen Gewässerschutzstellen vor.

Resultate

Die Resultate sind in der Abb. 13 dargestellt.

Von insgesamt 22 ARA ist der Handlungsbedarf nur bei 3 ARA hoch – sehr hoch ■, bei 2 ARA ist er mittel – hoch ■ und bei 1 ARA gering – mittel ■.

Bei den 16 übrigen ist er gering bis null bis gering ■.

(Relevanz und Ausprägung: siehe ANHANG)

Erläuterungen zu einzelnen ARA

Bei folgenden Abwasserreinigungsanlagen mit mittlerem – hohem ■ oder hohem – sehr hohem ■ Handlungsbedarf ist das Verhältnis zwischen eingeleitetem gereinigtem Abwasser und Niederwasserabfluss des Gewässers ungenügend:

Die ARA Schwyz ■ leitet in die Seewern statt in die 300m nahe gelegenen abflussstärkeren Muota ein.

Die ARA Engelberg ■ hat einen hohen Fremdwasseranteil (Grundwassereinbrüche in die Kanalisation).

Bei der ARA Rotzwinkel ■ in Stans wird aktuell die biologische Stufe erneuert. Damit ändert sich zwar das Verdünnungsverhältnis nicht, die Anforderungen an die Wasserqualität gemäss GSchV sollten künftig jedoch eingehalten werden können.

Die ARA Sarneraatal ■ leitet in den Alpnachersee ein, der einen Anteil von 5% Abwasser aufweist.

Die ARA Melchtal ■ leitet in den kleinen Diesselbach statt in die 50m nahe gelegene Melchaa.

Massnahmen bei einzelnen ARA

Als Massnahmen wird vorgeschlagen, die Empfehlungen *Wasserqualitätsprobleme aufgrund von ARA-Einleitungen beheben* (s. Kap. 9.2) gezielt umzusetzen.

Hierzu folgende Präzisierungen:

Bei den ARA Schwyz und Melchtal genügt die Verlegung der Einleitstelle um 300m bzw. 50m in das nächstgelegene Gewässer.

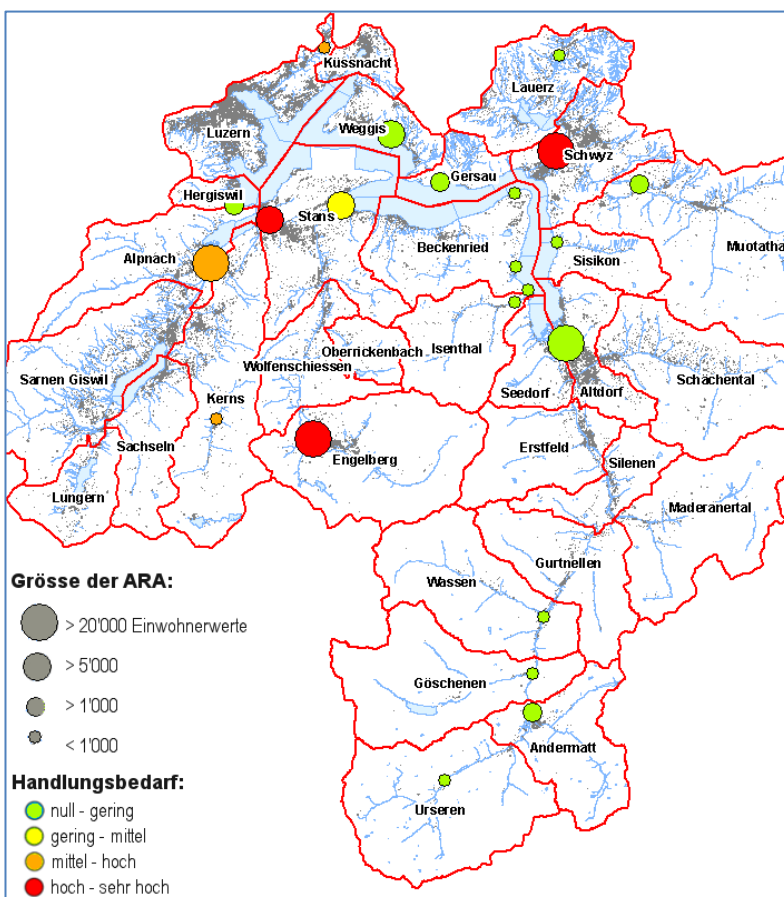
Bei der ARA Engelberg ist zuerst der Fremdwasseranteil zu reduzieren. In fernerer Zukunft kann die Machbarkeit eines Zusammenschlusses weiter unten im Tal geprüft werden.

Die ARA Rotzwinkel wird zurzeit ausgebaut. Es wird sich zeigen, ob die Einleitbedingungen erfüllt werden können.

Auf der ARA Sarneraatal ist die 4. Reinigungsstufe (Elimination der Mikroverunreinigungen) geplant. Weitere Massnahmen sind kaum möglich.

Abb. 13

Bewertung des Handlungsbedarfs für das Problemfeld „Einleitung von gereinigtem Abwasser“.



8. Wasserknappheitshinweiskarte

Aus den verschiedenen Handlungsbedarfskarten der Kapitel 4 bis 7 wurde eine gesamte Wasserknappheitshinweiskarte erstellt (Abb. 14), welche folgende Problemfelder darstellt:

- Die 3 Problemfelder der Wasserversorgungen über 100 Einwohner (siehe Kap. 4),
- Die 2 Problemfelder der kleinen Wasserversorgungen unter 100 Einwohner und der temporären Wasserversorgungen der Alpwirtschaft (Kap. 5),
- die Beschneigung (Kap. 7.1).

Nicht dargestellt sind diejenigen Problemfelder, welche keinen direkten Zusammenhang mit der Wasserversorgung oder die Beschneigung haben (d.h. relativ losgelöst von den 6 oben dargestellten Problemfeldern behandelt werden können), nämlich:

- die Wasserkraft: es wird auf Kap. 6 verwiesen
- die Einleitung von gereinigtem Abwasser: es wird auf Kap. 7.2 verwiesen.

4 Bilanzierungsräume scheinen insgesamt etwas problematischer zu sein als die meisten anderen: Muotathal (besonders wegen Illgau), Schächental, Lauerz und Oberrickenbach.

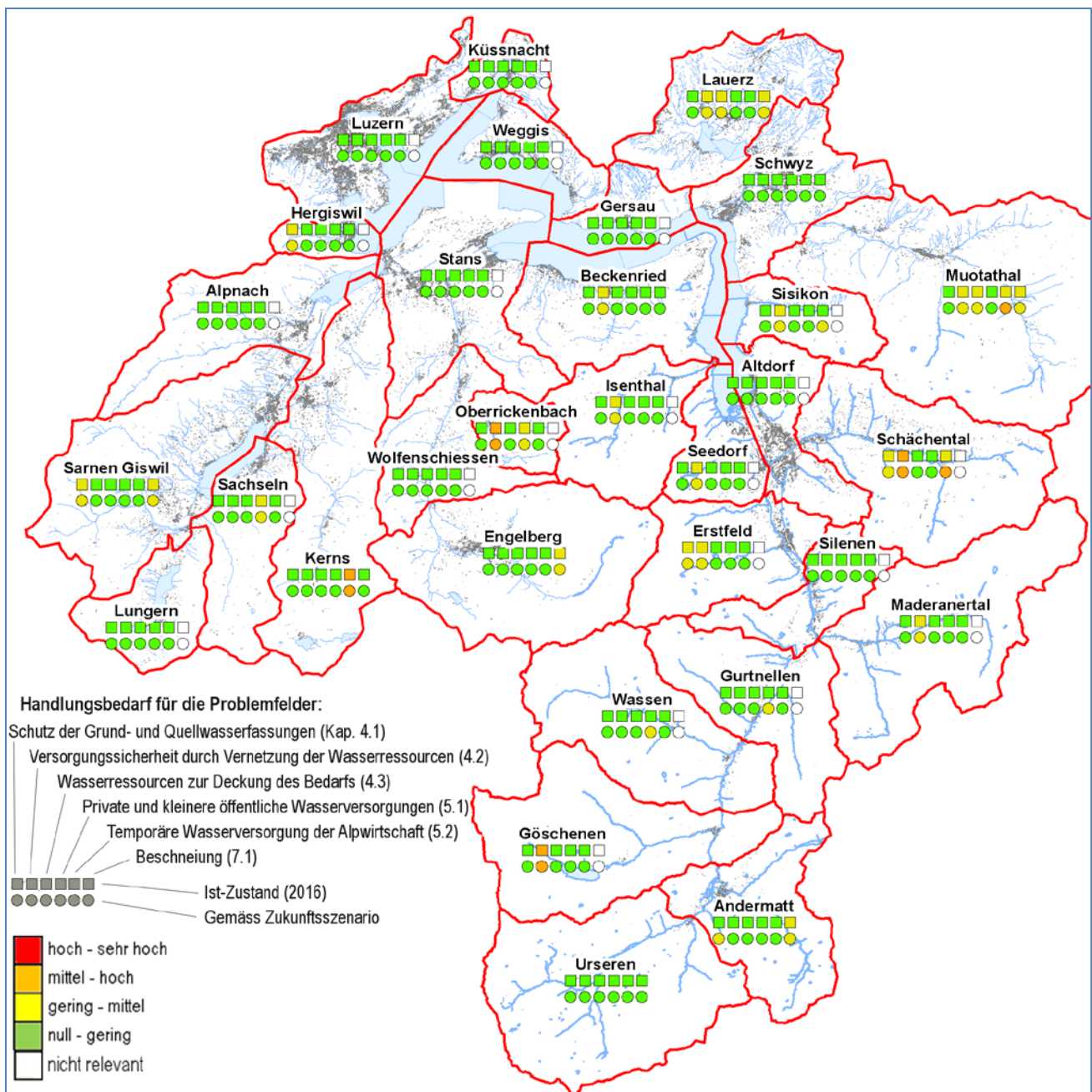


Abb. 14 Wasserknappheitshinweiskarte im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees mit der Darstellung der 6 Problemfelder, welche die Wasserversorgung betreffen

9. Fazit und Empfehlungen

9.1 Fazit

Bei den nachfolgenden Schlussfolgerungen handelt es sich um Aussagen, welche mit der angewendeten Bearbeitungstiefe des Pilotprojektes gemacht werden können. Es ist nicht auszuschliessen, dass bei Vorliegen vertiefter Untersuchungen (z.B. Grundwassermodellierungen) in Zukunft Anpassungen erforderlich sein werden. Heute gilt gemäss aktuellem Wissensstand:

Heute sind Wasserknappheitsprobleme seltene lokale Ausnahmen

Das Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees weist allgemein gesehen im heutigen Zustand kaum Probleme bezüglich Wasserknappheit auf. Probleme treten höchstens lokal auf: Dort können sie aber nicht zu unterschätzende Folgen haben.

Auch in Zukunft ist nicht mit grundsätzlichen Wasserknappheitsproblemen zu rechnen

Auch mit den absehbaren Auswirkungen des Klimawandels und der erwarteten Bevölkerungsentwicklung bis 2045 sind gemäss heutigem Kenntnisstand keine grösseren Probleme zu erwarten.

Lokal gesehen gibt es vereinzelt Handlungsbedarf und es sind Massnahmen erforderlich.

Für einzelne Problemfelder wird lokal oder regional ein gewisser Handlungsbedarf aufgezeigt. Hier sind einzelne Massnahmenabklärungen und –umsetzungen erforderlich. Diese sind insbesondere:

- Grund- und Quellwasserfassungen konsequent schützen
- Wasserversorgungen vernetzen
- kleine Wasserversorgungen an grössere öffentliche Wasserversorgungen anschliessen
- Wasserqualitätsprobleme aufgrund von ARA-Einleitungen beheben

Einzelne temporäre Wasserversorgungen auf den Alpen könnten kritisch werden.

Die temporäre Wasserversorgung im Sommer in den Sömmerungsgebieten kann teilweise insbesondere in den Karstgebieten kritisch sein. Dort wird sich die Situation in Zukunft voraussichtlich verschärfen. Wasserwirtschaftliche Lösungen sind kaum sinnvoll. Massnahmen sind bei der Landwirtschaft gefragt.

Der Klimawandel verändert die saisonalen Abflüsse

Der klimabedingte Temperaturanstieg führt im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees zu einem Anstieg der Schneefallgrenze und zu einer Abnahme der Anzahl Frosttage. Die winterlichen Schneereserven nehmen ab, gleichzeitig schwinden die Gletscher. Die Sommerniederschläge werden ab 2060 um 6-20% abnehmen [7,13].

Im Jahresmittel kann es aufgrund des Niederschlagsrückgangs zu einem leichten Rückgang der Abflüsse kommen. Markanter sind die von der Einzugsgebietshöhe abhängigen saisonalen Abflussverschiebungen aufgrund der Temperaturänderungen. Wegen des grösseren Regenanteils am Niederschlag werden die Winterabflüsse überall zunehmen. Gleichzeitig gehen die aus der Schneeschmelze gespeisten Frühlings- und Sommerabflüsse zurück und die abflussreichsten Perioden verschieben sich gegen Frühling.

In Einzugsgebieten, die in Zukunft nur noch über wenige Schneereserven verfügen, dürfte eine neue Niedrigwasserperiode im Spätsommer entstehen. Die gletschergespeisten Sommerabflüsse können aufgrund der negativen Wasserbilanz der Gletscher vorübergehend zunehmen, spätestens in der 2. Hälfte des 21. Jahrhunderts jedoch rückläufig sein [14].

Der Klimawandel verändert die Grundlagen zur Bestimmung der Restwassermengen

Heute werden in vielen Gebieten die Gewässer mehrfach für die Wasserkraft genutzt und über lange Strecken wird Wasser aus den Gewässern ausgeleitet. Besonders während Niedrigwasserperioden finden dadurch in den Restwasserstrecken gewässerökologische Beeinträchtigungen statt. Aufgrund des klimabedingten Rückgangs des Niedrigwasserabflusses Q_{347} in tiefer gelegenen Einzugsgebieten ist in den betroffenen Restwasserstrecken in Zukunft mit einer Verringerung der vorgeschriebenen Restwassermenge zu rechnen. Eine solche Entwicklung kann diese Gewässerabschnitte zusätzlich belasten.

Der Klimawandel wird das verfügbare Wasserdargebot für die Kraftwerke verändern

Für die höher gelegenen Einzugsgebiete kann in Zukunft mit einer leichten Erhöhung der nutzbaren Wassermenge gerechnet werden. In den tiefer gelegenen Gebieten verändern sich die Verhältnisse bis 2050 nicht signifikant, danach kommt es aber zu einem Rückgang des nutzbaren Abflusses.

Die Beschneigung wird sich in Zukunft stark wandeln.

Es wird davon ausgegangen, dass die Beschneigung sich in Zukunft auf die höher gelegenen Skigebiete konzentrieren und dort zunehmen wird. Solange die dafür notwendige Wasserentnahme wie bisher mehrheitlich aus Seen erfolgt, halten sich die ökologischen Auswirkungen auf die Fliessgewässer in Grenzen. Ein erhöhter Wasserbedarf sowie die Konkurrenz mit der Wasserkraftnutzung könnten jedoch zu einem erhöhten Druck auf bisher ungenutzte Gewässer führen. Umgekehrt wird aufgrund der globalen Erwärmung in den tiefen Lagen längerfristig keine Beschneigung mehr zweckmässig sein.

Die Entwicklung der Wasserressourcen und allfälliger Nutzungskonflikte ist zu beobachten.

Im längerfristigen Kontext des Klimawandels könnten sich einzelne Probleme und Herausforderungen akzentuieren und den Handlungsbedarf erhöhen. Die Konkurrenzsituation um das Wasser kann sich lokal verschärfen.

Es sind zurzeit keine zusätzlichen Abklärungen notwendig

Die Anwendung der Teile A (Vorarbeiten) und B (Situationsanalyse) des Vorgehens gemäss Expertenbericht [2] haben zur Vertiefung zweier Problemfelder geführt:

- Restwasserproblematik bei der Wasserkraft
- Einfluss des Klimawandels auf die Gletscher im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees.

Aufgrund der vorliegenden Resultate erachtet es das Projektteam nicht als erforderlich, das vertiefte Vorgehen gemäss Teil C des Expertenberichtes anzuwenden, weder für einen einzelnen Bilanzierungsraum, noch für ein besonderes Problemfeld. Detailliertere Untersuchungen werden lediglich im Rahmen der Umsetzung lokaler oder regionaler Massnahmen erforderlich sein: siehe dazu Kapitel 9.2.

Verglichen mit anderen Schweizer Kantonen wurden im Rahmen des Pilotprojekts folgende weitere zwei Eigenheiten der Wasserwirtschaft in den Zentralschweizer Kantonen festgestellt:

Die Wasserversorgungen sind extrem fragmentiert und kleinräumig.

Die Wasserversorgungen im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees sind topografisch bedingt

sehr kleinräumig strukturiert. Viele versorgen nur wenige 100 Einwohner und sind als unabhängige Genossenschaften oder Gesellschaften organisiert. Nur die grössten Wasserversorgungen gehören den Gemeinden. Diese Fragmentierung ist nachteilig für die finanzielle und technische Robustheit der Wasserversorgung in der Region. Dies macht sie anfälliger auf Wasserknappheitsprobleme.

Wasserwirtschaftliche Informationen sind oft schwer zugänglich oder nicht vorhanden

Die Kantone verfügen oft nur über wasserwirtschaftliche Informationen in direktem Zusammenhang mit dem planerischen Grundwasserschutz, Konzessionen und Bewilligungen. Eine Übersicht über wasserwirtschaftliche Probleme wird dadurch erschwert oder teilweise verunmöglicht.

9.2 Empfehlungen

Die nachfolgenden Empfehlungen richten sich an die zuständigen Stellen der Kantone im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees: in erster Linie die kantonalen Fachstellen, aber auch Gemeinden, Wasserversorgungen, etc.. Ihre Aufgabe ist es, die für sie relevanten Empfehlungen entsprechend ihrer kantonalen Gesetzgebung und ihrer Aufgaben stufengerecht als **Massnahmen** zu formulieren und umzusetzen oder umsetzen zu lassen. Es werden folgende Empfehlungen gemacht:

Grund- und Quellwasserfassungen konsequent schützen

Trinkwasser ist ein sehr wertvolles und schützenswertes Gut. Deshalb ist die Ausscheidung rechtsgültiger Grundwasserschutzzonen nach Gewässerschutzgesetz umzusetzen, auch bei kleinen Wasserversorgungen. Provisorische Schutzzone sind – nach kantonalen Prioritäten – rechtsgültig auszuschneiden. Werden die Schutzzonevorschriften nicht eingehalten, so sind sie entweder durchzusetzen oder die Fassung muss aufgegeben und eine andere Wasserressource gefunden werden.

Künftige Grund- und Quellwasserfassungen vorsorglich schützen

Um dem wachsenden Siedlungsdruck entgegenwirken zu können, sind für mögliche zukünftige Wasserversorgungen Grundwasserschutzareale auszuschneiden.

Wasserversorgungen mit unabhängigen Wasserressourcen vernetzen

Ziel der Vernetzung ist es, die Versorgungssicherheit durch eine breitere Abstützung auf mehrere unabhängige Wasserbezugsorte zu erhöhen und dadurch die Problemanfälligkeit zu reduzieren. Dies wird am effektivsten regional oder überregional geplant. Eine regionale Planung empfiehlt sich v.a. in folgenden Situationen:

- wenn mehrheitlich Quellen mit schwankenden Schüttungsmengen genutzt werden, welche bei Trockenheit schnell an ihre Grenzen stossen,
- wenn eine Wasserversorgung nur über ein wichtiges Standbein verfügt und bei einem Störfall den Wasserbedarf nicht decken kann,
- umgekehrt, wenn eine Wasserversorgung mit ergiebigen Grundwasserträger oder Seewasser Nachbargemeinden mitversorgen kann.

Kleine private Wasserversorgungen an grössere Gemeindewasserversorgungen anschliessen

Durch den Anschluss von einzelnen privaten Wasserversorgungen an grössere Wasserversorgungen wird die Robustheit der Wasserversorgung erhöht. Kann kein Anschluss bewerkstelligt werden, muss nach Alternativlösungen gesucht werden, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Wasserqualitätsprobleme aufgrund von ARA-Einleitungen beheben

Bei Abwasserreinigungsanlagen mit ungünstigem Verhältnis zwischen eingeleitetem gereinigtem Abwasser und Niederwasserabfluss des Gewässers sind die Einleitwerte im Rahmen von Sanierungen oder Erneuerung so zu verbessern, dass die Anforderungen gemäss GSchV eingehalten werden. Als Alternative kann die Einleitstelle in ein abflussstärkeres Gewässer oder See verlegt oder die ARA an eine unterliegende grössere ARA angeschlossen werden.

Künftige Wasserknappheitsprobleme in Alpwirtschaftsbetrieben antizipieren

Insbesondere Alpwirtschaftsbetriebe in Karstgebieten sollten längerfristig Lösungen für Trockenjahre entwickeln.

Klimabedingte Abflussänderungen bei Neukonzessionierungen der Wasserkraft mitbedenken

Der kleine Handlungsspielraum, welchen das Gewässerschutzgesetz den Behörden bei der Festlegung der Restwassermengen gewährt, soll bei Neukonzessionierungen zugunsten der Gewässer

genutzt werden. Zudem ist es ratsam, bei der Vergabe der Konzessionsdauern zu beachten, dass sich sowohl Niedrigwasserabflüsse wie auch mittlere Abflüsse in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts aufgrund des Klimawandels verändern werden.

Künftige Wassernutzungskonflikte vorbeugen und auftretende Konflikte lösen

In Zukunft könnte es zu Konflikten zwischen verschiedenen Nutzungen kommen wie z. B. Beschneigung, Wasserkraft und Trinkwasserversorgung, da diese teilweise dieselben Ressourcen verwenden. Am meisten exponiert scheinen die Bilanzierungsräume Engelberg und Andermatt zu sein. Dort ist die Situation aktiv zu beobachten um allfällige Konflikte zu antizipieren und entsprechende Lösungsansätze zu entwickeln.

Organisatorische Vereinfachung der Wasserwirtschaft anstreben

Bei jeder Gelegenheit, wie Änderungen der Gesetzgebung, Erarbeitung von (Muster-) Reglementen, Erlass von Weisungen, direkter Kontakt mit lokalen Behörden etc., ist die organisatorische Vereinfachung der Wasserwirtschaft und insbesondere die Regionalisierung der Wasserversorgung anzustreben. Durch gezielte Regionalisierungsvorhaben auf organisatorischer und / oder operativer Ebene wird das System robuster und weniger anfällig auf Probleme. Ein gutes Beispiel dafür ist die Organisation der Abwasserentsorgung im Kanton Uri.

Wissensstand über die Wasserressourcen und ihre Nutzung erhöhen

Bei folgenden Themen, welche in Zukunft eine grössere Rolle einnehmen werden, ist der Wissensstand zu erhöhen (nicht abschliessende Aufzählung):

- quantitative Informationen zwecks Bilanzierung (Schüttungsmenge und Entwicklung des Verbrauchs) bei sensiblen Wasserversorgungen,
- Einfluss des Klimawandels und des Gletscherschwunds auf die Grundwasserressourcen (z.B. mittels Grundwassermodellierungen),
- Wasserverbrauch für Beschneigungszwecke

Entwicklung von Massnahmen

Bei der Entwicklung der Massnahmen kann als Hilfsmittel der Bericht [4] herangezogen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU Hrsg. (2012). Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz, Bericht des Bundesrates zum Postulat „Wasser und Landwirtschaft. Zukünftige Herausforderungen“ (Postulat 10.53533 von Nationalrat Hansjörg Walter vom 17. Juni 2010). Bern. 88 S.
- [2] Chaix O., Wehse H., Gander Y., Zahner S. (2016). Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit. Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Bern. 51 S. + 100 S. Anhänge
- [3] Aufsichtskommission Vierwaldstättersee AKV. Wasserknappheitshinweiskarten. Pilotprojekt Einzugsgebiet Vierwaldstättersee. Erfahrungsbericht zum Pilotprojekt. CSD Ingenieure. Altdorf, 2017
- [4] Wehse H., Chaix O. et al. (2017). Erarbeitung von Massnahmen zur langfristigen Sicherstellung der Wasserressourcen. Ein Vorgehen gestützt auf bestehende Planungsinstrumente. Bern. 28 S. + 55 S. Anhänge
- [5] Aufsichtskommission Vierwaldstättersee AKV. Wasserknappheitshinweiskarten Einzugsgebiet Vierwaldstättersee. Pilotprojekt Grundlagenbericht. INTEGRALIA AG, 2017
- [6] Noack J. (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf Restwasser und Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet des Vierwaldstättersees. Masterarbeit, Geographisches Institut der Universität Bern.
- [7] Linsbauer A., Huss M. (2017). Teilprojekt Gletscherszenarien EZG Reuss/Vierwaldstättersee. Schlussbericht in Auftrag der AKV. Universität Freiburg, März-Mai 2017
- [8] Weingartner R., Spreafico M. (Hrsg.): Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES). Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [9] Bundesamt für Umwelt (2009): Strukturen der Fliessgewässer in der Schweiz. Zustand von Sohle, Ufer und Umland (Ökomorphologie): Ergebnisse der ökomorphologischen Kartierung. Stand: April 2009..
- [10] Viviroli, D. (2007): Ein prozessorientiertes Modellsystem zur Ermittlung seltener Hochwasserabflüsse für ungemessene Einzugsgebiete der Schweiz. Weiterentwicklung und Anwendung des hydrologischen Modellsystems PREVAH. Dissertation, Geographisches Institut der Universität Bern.
- [11] Köplin, N. et al. (2012): Relating climate change signals and physiographic catchment properties to clustered hydrological response types, in: Hydrology and Earth System Sciences 16, 2267-2283.
- [12] Hänggi, P. (2011): Auswirkungen der hydroklimatischen Variabilität auf die Wasserkraftnutzung in der Schweiz. Dissertation, Geographisches Institut der Universität Bern.
- [13] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz (2013): Klimabericht Ur-schweiz 2013. Bern.
- [14] Bundesamt für Umwelt (2012): Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt „Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz“ (CCHydro). Bern.

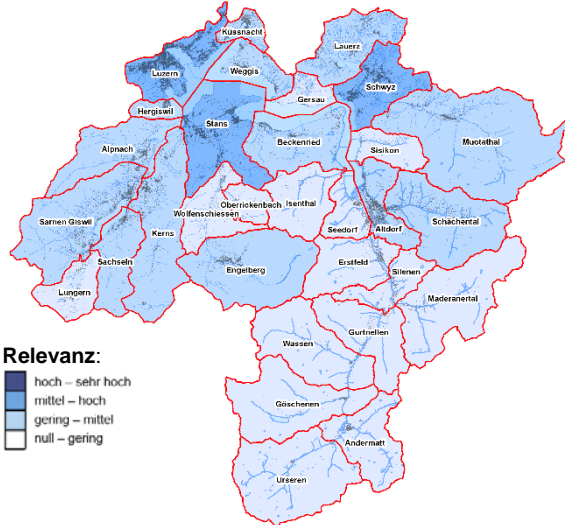
Die Berichte [2] und [4] sind abrufbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/uebergeordnete-instrumente/wasserressourcenmanagement.html>

ANHANG

Karten der **Relevanz** und der **Ausprägung im Ist-Zustand** für die Themen der Kapitel:

- 4.1** Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner
- 4.2** Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen bei Wasserversorgungen über 100 Einwohner
- 4.3** Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs von Wasserversorgungen über 100 Einwohner
- 5.1** Kleine Wasserversorgungen unter 100 Einwohner
- 5.2** Temporäre Wasserversorgungen der Alpwirtschaft
- 6** Wasserkraft (inklusive Angaben zur Veränderung des Niedrigwasserabflusses Q347 und des nutzbaren Abflusses)
- 7.1** Beschneidung
- 7.2** Einleitung von gereinigtem Abwasser

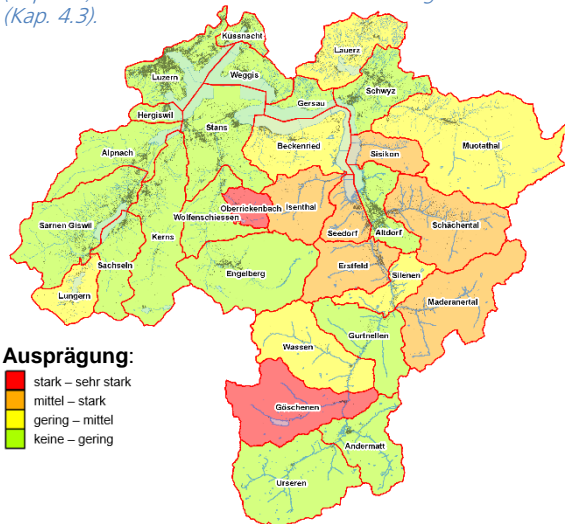
ANHANG – Ergänzende Karten



Bewertung der Relevanz für die Problemfelder «Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen» (Kap. 4.1), «Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen» (Kap. 4.2) und «Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs» (Kap. 4.3).



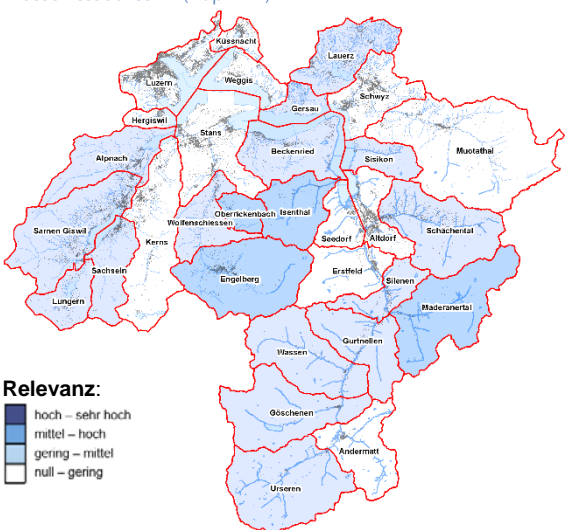
Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Schutz der Grund- und Quellwasserfassungen» (Kap. 4.1).



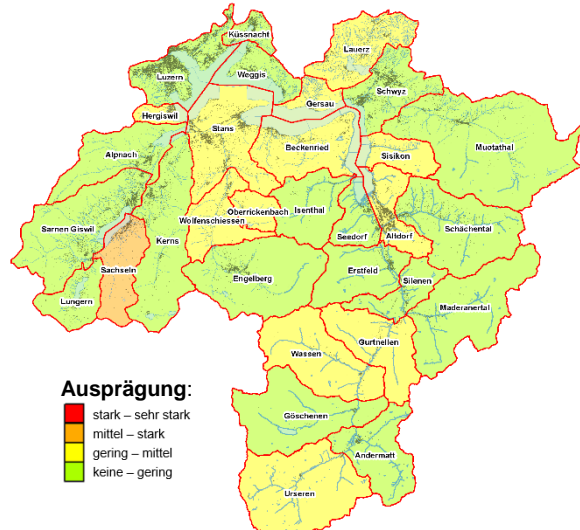
Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Versorgungssicherheit durch Vernetzung der Wasserressourcen» (Kap. 4.2).



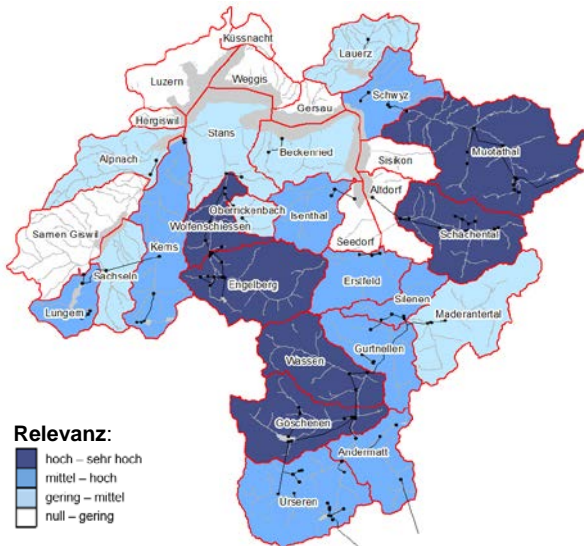
Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Wasserressourcen zur Deckung des Bedarfs» (Kap. 4.3).



Bewertung der Relevanz für das Problemfeld «Versorgungssicherheit bei Wasserversorgungen unter 100 Einwohner» (Kap. 5.1).



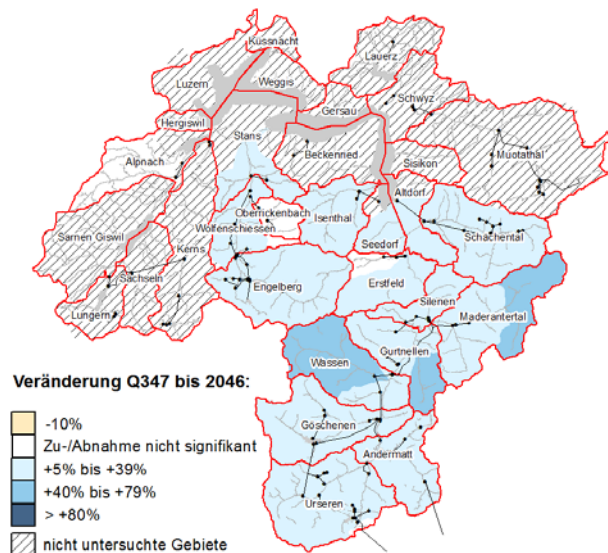
Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Versorgungssicherheit bei Wasserversorgungen unter 100 Einwohner» (Kap. 5.1)



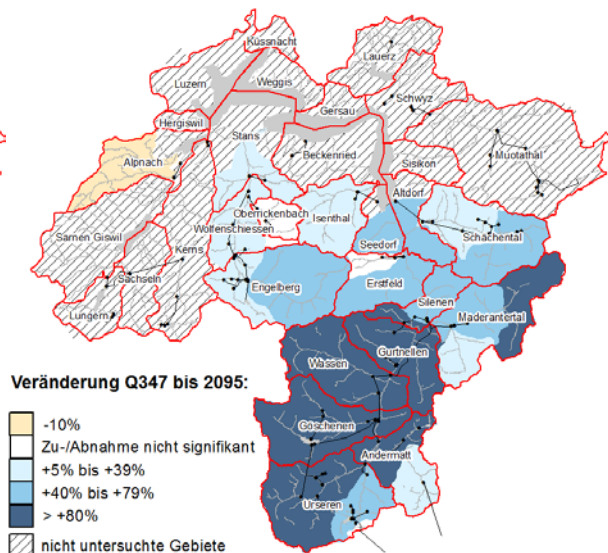
Bewertung der Relevanz für das Problemfeld «Wasserkraft» (Kap. 6).



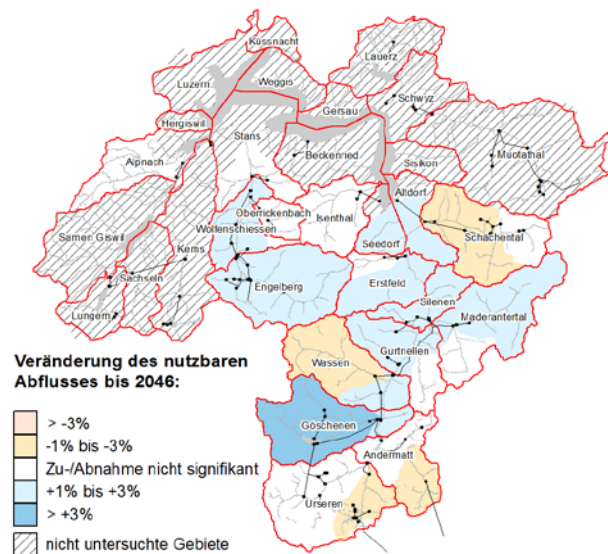
Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Wasserkraft» (Kap. 6).



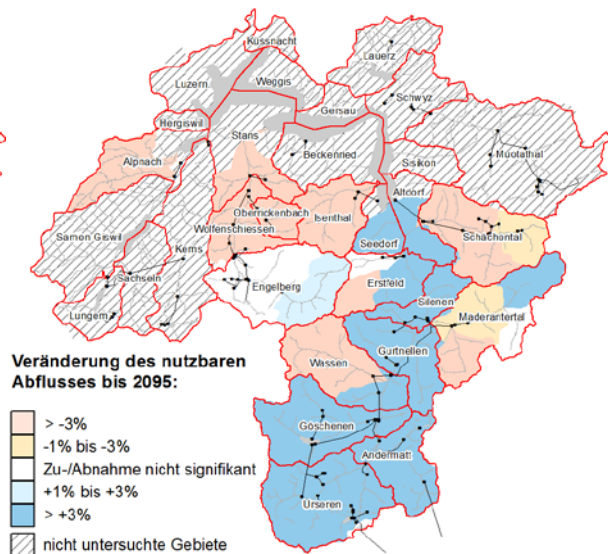
Veränderung des Q347 bis 2046



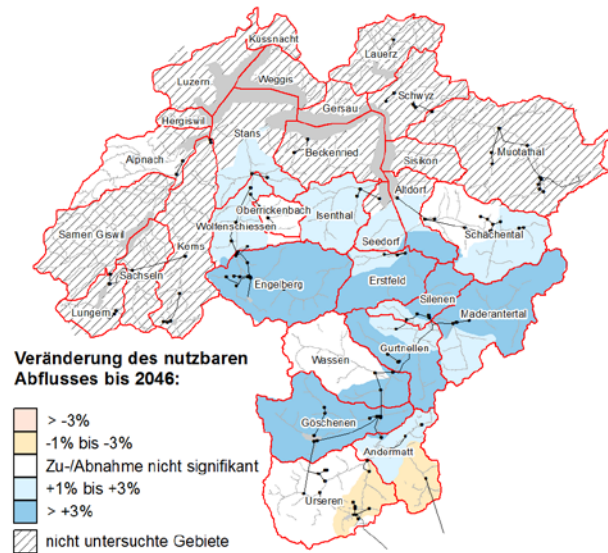
Veränderung des Q347 bis 2095



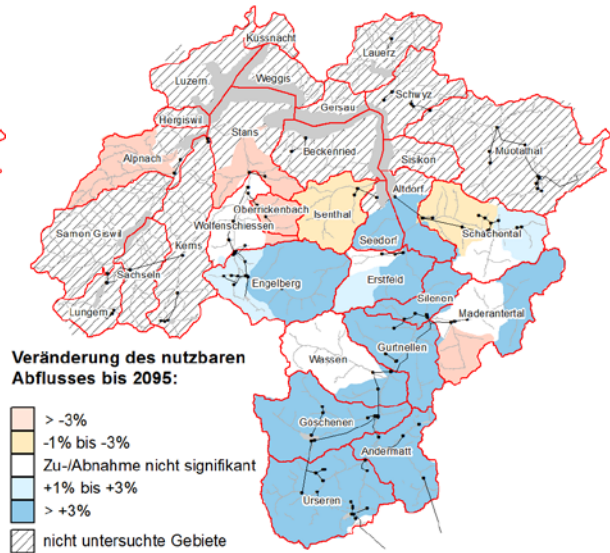
Veränderung des nutzbaren Abflusses bis 2046 (bei angepassten Mindestrestwassermengen)



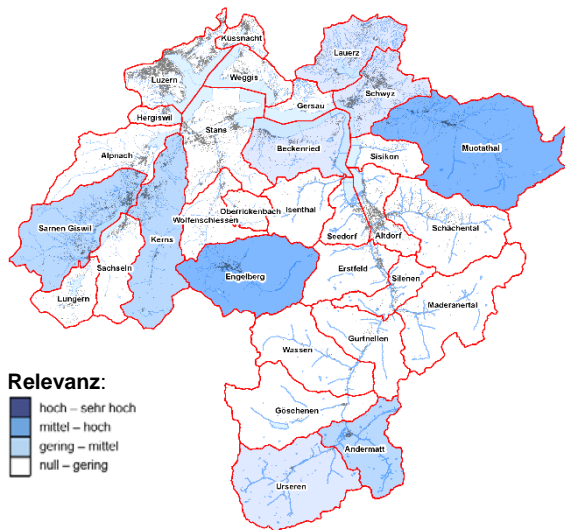
Veränderung des nutzbaren Abflusses bis 2095 (bei angepassten Mindestrestwassermengen)



Veränderung des nutzbaren Abflusses bis 2046 (bei heutigen Mindestrestwassermengen)



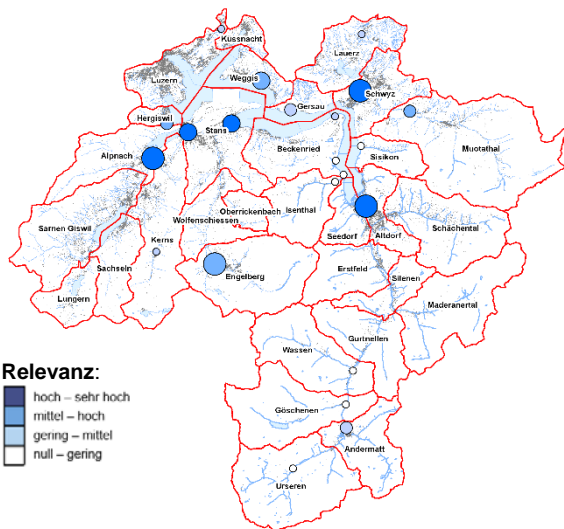
Veränderung des nutzbaren Abflusses bis 2046 (bei heutigen Mindestrestwassermengen)



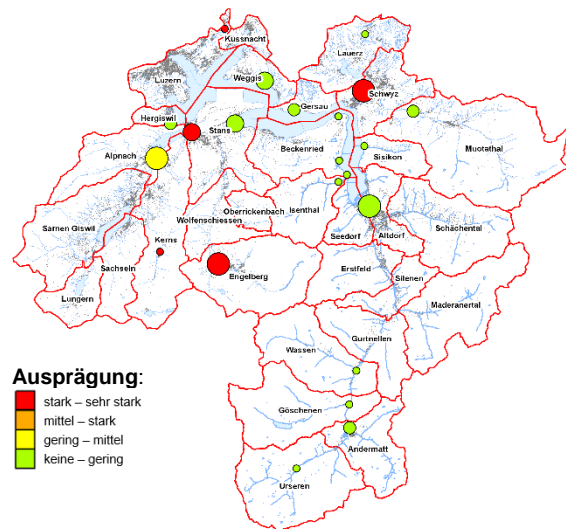
Bewertung der Relevanz für das Problemfeld «Beschneigung» (Kap. 7.1).



Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Beschneigung» (Kap. 7.1).



Bewertung der Relevanz für das Problemfeld «Einleitung von gereinigtem Abwasser» (Kap. 7.2).



Bewertung der Ausprägung für das Problemfeld «Einleitung von gereinigtem Abwasser» (Kap. 7.2).