

KLIMABEDINGTE RISIKEN UND CHANCEN 2060 REGIONALE FALLSTUDIE KANTON URI

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
Zürich, 27. März 2015

KLIMARISIKOANALYSE_FALLSTUDIE_URI_FINAL .DOCX

EGLI ENGINEERING AG
LERCHENFELDSTRASSE 5
CH-9014 ST. GALLEN
EGLI@NATURGEFAHR.CH

t +41 71 274 09 09
f +41 31 307 09 08

WWW.NATURGEFAHR.CH

INFRAS

Egli Engineering



INFRAS
BINZSTRASSE 23
POSTFACH
CH-8045 ZÜRICH
ZUERICH@INFRAS.CH

t +41 44 205 95 95
f +41 44 205 95 99

WWW.INFRAS.CH

IMPRESSUM

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Abteilung Klima

Sektion Klimaberichterstattung und -anpassung,

3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer

INFRAS AG (Projektverantwortung)

Binzstrasse 23

8045 Zürich

Telefon +41 44 205 95 95 / zuerich@infras.ch / www.infras.ch

Egli Engineering AG

Bogenstrasse 14

9000 St. Gallen

Telefon +41 71 274 09 09 / info@naturgefahr.ch / www.naturgefahr.ch

Autoren

Jürg Füssler, INFRAS (Projektleiter)

Mario Betschart, INFRAS

Bettina Schächli, INFRAS

Kapitel: Gesamtbeurteilung und Synthese, Klimaszenarien, Gefahren und Effekte Teil Intensivniederschläge, Sozioökonomische und demographische Szenarien, Auswirkungsbereiche Gesundheit, Landwirtschaft, Energie exkl. Wasserkraft, Tourismus, Biodiversität

Thomas Egli, Egli Engineering AG (Projektleiter Stellvertreter)

Pierre Vanomsen, Egli Engineering AG

Daniel Sturzenegger, Egli Engineering AG

Luca Mini, Egli Engineering AG

Kapitel: Gefahren und Effekte exkl. Intensivniederschläge, Auswirkungsbereiche Waldwirtschaft, Energie Teil Wasserkraft, Infrastruktur und Gebäude)

Begleitung

Pamela Köllner-Heck, Martina Zoller, Thomas Probst, Roland Hohmann, Paul Filliger

(BAFU), Christian Wüthrich (Kanton Uri)

März 2015

Hinweis

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.

Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.

DANK

Diese multidisziplinäre Studie konnte nur dank der Zusammenarbeit mit verschiedensten Akteuren erarbeitet werden. Wir danken dem Bundesamt für Umwelt BAFU für das Vertrauen und die gute Zusammenarbeit, der kantonalen Verwaltung von Uri für ihre Offenheit und die gute fachliche Unterstützung, MeteoSchweiz für die Bereitstellung von Klimaparametern, dem Interdepartementalen Ausschuss Klima für ihre fachkundigen Inputs sowie allen oben aufgeführten Reviewer für ihr Korreferat des Berichtsentwurfes und ihren wertvollen Hinweise und Kommentare.

Zusätzlich möchten wir den zahlreichen Experten danken, die weitere wertvolle Inputs und Daten lieferten: Adi Arnold (Amt für Raumentwicklung), Alexander Walker (Amt für Energie Uri), Alois Ulrich (Kanton Uri, Abteilung Meliorationen), Andreas Fischer (MeteoSchweiz), Andreas Linsbauer (GIUZ), Beat Annen (Amtsvorsteher Amt für Forst und Jagd Uri), Beat Furger (Abwasser Uri), Charlotte Braun-Fahrländer (Schweizerisches Tropen und Public Health-Institut), Christoph Frei (MeteoSchweiz), Christoph Schär (ETHZ), Elias Zubler (MeteoSchweiz), Erdin Daniel (Schweizerischer Bauernverband), Franz Murbach (Bundesamt für Statistik), Guido Monn (Matterhorn Gotthard Bahn), Guido Scheiber (Baudirektion Uri), Hansueli Lusti (Schweizer Hagel), Ivan Meyer (Abwasser Uri), Jan Rajczak (ETHZ), Jeannette Nötzli (GIUZ), Josef Zwissig (Gemeinde Seelisberg), Jürg Fuhrer (Agroscope), Marcel Jann (Kanton Uri, Amt für Kantonspolizei), Marco Grütter (Schweizerischer Elementarschädenfonds), Marco Tarelli (Gemeinde Altdorf), Mark Liniger (MeteoSchweiz), Martin Weibel (Alpiq), Niklaus Zimmermann (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL), Norina Andres (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL), Peter Brunner (Schweizerischer Versicherungsverband SVV), Philipp Ernst (Abteilungsleiter Wasserbau Uri), Pius Bonetti (Gemeinde Andermatt), Raimund Walker (Gemeinde Göschenen), Remo Infanger (CKW), Richard Püntener (Amt für Nationalstrassen Uri), Silvano Giulliani (Schweizerischer Bauernverband), Simon Scherrer (MeteoSchweiz), Sonja Zraggen (Abteilung Wasserbau Uri), Stefan Bader (MeteoSchweiz), Stefan Flury (Kantonsingenieur Uri), Stefan Margreth (SLF), Stéphane Losey (BAFU), Urs Thali (Ingenieurbüro Göschenen), Yvonne Schaub (GIUZ, NELAK) und weiteren involvierten Personen.

REVIEW

Folgende Personen haben an einer Review eines frühen Berichtsentwurfs teilgenommen:

Alexander Imhof (Amt für Umwelt Kanton Uri), Alexander Walker (Baudirektion Kanton Uri), Anita Canonica (Volkswirtschaftsdirektion Kanton Uri), Annelie Holzkaempfer (AGROSCOPE), Arthur Sandri (BAFU), Basil Gerber (BAFU), Beat Annen (Amt für Forst und Jagd Kanton Uri), Beat Furger (Abwasser Uri), Christian KÜchli (BAFU), Christian Wüthrich (Amt für Umwelt Kanton Uri), Christoph Kull (OcCC), Christoph Schlumpf (SECO), Christoph Werner (BABS), Cyrill Hörler (Landwirtschaftliche Schule Uri), Daniel Felder (BLW), Davide Codoni (SECO), Elias Zubler (MeteoSchweiz), Emil Kälin (Volkswirtschaftsdirektion Kanton Uri), Fabian Riesen (EFV), Fabio Wegmann (BAFU), Gian-Reto Walther (BAFU), Beat Goldstein (BFE), Adrian Grossenbacher (BFE), Hugo Aschwanden (BAFU), Jan Marx (Abteilung Naturgefahren Kanton Uri), Jan Rajczak (ETH Zürich IAC), Jérôme Wider (BAFU), Marco Gruetter (Elementarschadenfonds), Mark Liniger (MeteoSchweiz), Markus Baumann (Amt für Landwirtschaft Kanton Uri), Martin Barben (BAFU), Martin Rösli (THP), Martina Zoller (BAFU), Melanie Butterling (ARE), Paul Filliger (BAFU), Pierluigi Calanca (AGROSCOPE), Richard Püntener (AfBN), Roland Hohmann (BAFU), Ruth Hauser (BVET), Salome von Greyerz (BAG), Sonja Zraggen (Amt für Tiefbau Kanton Uri), Stefan Flury (Baudirektion Kanton Uri), Stéphane Losey (BAFU), Thomas Probst (BAFU), Yuka Greiler (DEZA).

Wir möchten allen Reviewer für die konstruktiven Korrekturvorschläge danken.

INHALT

1.	Gesamtbeurteilung und Synthese	9
1.1.	Zum Ansatz dieser Studie	9
1.2.	Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse	10
1.3.	Zusammenfassung der Risiken und Chancen	12
1.4.	Umgang mit Unsicherheiten und Einordnung der Studienresultate	25
	Literatur Kapitel 1	29
2.	Die Fallstudie Kanton Uri	30
2.1.	Hintergrund der Studie	30
2.2.	Kurzbeschreibung der Fallstudienregion	31
2.3.	Ausgangslage im Kanton Uri	33
	Literatur Kapitel 2	34
3.	Vorgehen und Elemente der Analyse	35
3.1.	Übersicht zum Vorgehen	35
3.2.	Analyse qualitativer und quantitativer Informationen	38
3.3.	Erwartungswerte, Aggregation	39
3.4.	Systematische Berücksichtigung von Unschärfen	40
3.5.	Unterschiede zur Methodik der Fallstudie Aargau	43
	Literatur Kapitel 3	45
4.	Szenarien Uri und resultierende Gefahren und Effekte	46
4.1.	Klima früher, heute und um 2060	46
4.2.	Ableitung von Gefahren/Effekten aus Klimaszenarien 2060	75
4.3.	Sozioökonomisches und demographisches Szenario	116
	Literatur Kapitel 4	119
5.	Risiken und Chancen des Klimawandels 2060 pro Auswirkungsbereich	125
5.1.	Schwerpunkte der Analyse	125
5.2.	Auswirkungsbereich Gesundheit	126
5.3.	Auswirkungsbereich Landwirtschaft	150
5.4.	Auswirkungsbereich Waldwirtschaft	193
5.5.	Auswirkungsbereich Energie	207
5.6.	Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude	224

5.7.	Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft	248
5.8.	Auswirkungsbereich Tourismus	267
5.9.	Auswirkungsbereich Biodiversität	288
5.10.	Überblick der Auswirkungen pro Auswirkungsbereich	300
	Literatur Kapitel 5	303

GLOSSAR

Eistage [Tage]	Anzahl Tage mit einer Maximumtemperatur kleiner als 0° Celsius
Frosttage [Tage]	Anzahl Tage mit einer Minimumtemperatur kleiner als 0° Celsius
Frostwechseltage [Tage]	Anzahl Tage bei der die Minimumtemperatur kleiner als 0°Celsius und die Maximumtemperatur grösser 0°C beträgt
Heizgradtage [Kd]	Summe der Temperaturdifferenzen zwischen der Tagesmitteltemperatur und 20°C, summiert über Tage mit Tagesmitteltemperatur < 12°C.
Heiztage [Tage]	Anzahl Tage mit Mitteltemperatur kleiner als 12°C
Hitzetage [Tage]	Anzahl Tage mit einer Maximumtemperatur grösser oder gleich 30° Celsius
Hitzewelle	Periode von mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen zwischen Mai bis September mit Maximaltemperaturen, welche das 90zigste Perzentil der lokalen Maximaltemperaturen der Referenzperiode (1981-2010) übersteigen.
Hitzewellentage	Anzahl Tage pro Jahr die einer Hitzewelle zugeordnet werden.
Intensivniederschläge	Starkniederschläge oder Dauerregen
Kältewelle	Eine Kältewelle ist eine in relativ kurzer Zeit auftretende starke Abkühlung auf unterdurchschnittliche Werte der Lufttemperatur.
Kühltage [Tage]	Anzahl Tage mit Mitteltemperatur grösser als 18.3°C
Kühlgradtage [Kd]	Summe der Temperaturdifferenzen über 18.3°C in Kelvintagen.
Monatsmitteltemperatur [°C]	Monatsmittel der Temperatur
Niederschlagsmengen [mm]	Niederschlag in Form von Schnee oder Regen in mm
Niederschlagsregime	Das Niederschlagsregime charakterisiert die Niederschläge (Intensität, Dauer, Menge und zeitliche Verteilung) an einem bestimmten Ort
Niederschlagstage [Tage]	Anzahl Tage mit 1mm oder mehr Niederschlag
Neuschneetage [Tage]	Anzahl Tage mit 1 cm oder mehr Neuschnee
Orkan	Starker Sturm von über 117 km/h, bzw. Windstärke 12.

Snow water equivalent (SWE)	Der SWE entspricht der Höhe der geschmolzenen Wassersäule des effektiv liegenden Schnees.
Sommertage [Tage]	Anzahl Tage mit einer Maximumtemperatur grösser oder gleich 25°Celsius
Starker Schneefall	Im Flachland der Deutschschweiz: 30-50 cm/24h, in den Bergen: 70-100 cm/24h, 100-140 cm/48h, 140-180 cm/72h
Starkniederschlag	Von Starkregen spricht man bei großen Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit. Typische Schwellwerte sind Niederschlagsmengen $\geq 10\text{mm}/1\text{h}$ oder $\geq 20\text{mm}/6\text{h}$ (gemäss DWD, Wetterlexikon).
Sturm	Starker Wind von über 75 km/h bzw. Windstärke 9.
Tagesniederschläge	Summe aller Niederschläge pro 24 Stunden.
Trockenheit	Trockenheit bezeichnet einen Zustand, bei dem das zur Verfügung stehende Wasser den Bedarf von Pflanzen und Menschen nicht ausreichend decken kann. Der Bedarf ist von Region zu Region sehr verschieden und normalerweise dem langjährigen Angebot angepasst.
Vegetationsperiode [Tage]	Tage pro Kalenderjahr zwischen dem ersten Auftreten einer mindestens 6 Tage langen Periode mit Tagesmitteltemperaturen über 5°C und dem ersten Auftreten einer mindestens 6 Tage langen Periode mit Tagesmitteltemperaturen unter 5°C nach dem 1. Juli.

1. GESAMTBURTEILUNG UND SYNTHESE

1.1. ZUM ANSATZ DIESER STUDIE

Die vorliegende Fallstudie der klimabedingten Risiken und Chancen des Kantons Uri wurde im Rahmen der Schweizweiten Klimarisikoanalysen des BAFUs erarbeitet. Die Studie bildet das Fallbeispiel für die Grossregion Alpen. Die Studie wurde basierend auf den Methodenbericht zu den Klimafallstudien (EBP/SLF/WSL 2013a) erstellt.

Die Methodik definiert verschiedene Auswirkungsbereiche, welche systematisch den klimabedingten Veränderungen einer Vielzahl von Gefahren und Effekten – als Sammelbegriff für auftretende Naturgefahren und direkte klimatische Veränderungen – gegenübergestellt werden. Die Auswirkungen dieser klimabedingten Veränderungen werden dabei sowohl quantitativ als auch qualitativ abgeschätzt. Die Fallstudie hat zum Ziel, die klimabedingten Risiken und Chancen aufzuzeigen und nach Möglichkeit die zu erwartenden zusätzlichen Kosten oder Erträge zu quantifizieren. Qualitative Aspekte und Analysen werden im Rahmen der angewandten Methodik mit Hilfe von Experteneinschätzungen und wissenschaftlicher Literatur in Relation zu den quantifizierten Kosten und Erträgen gebracht. Damit wird ein ganzheitliches Bild der zu erwartenden Risiken und Chancen inklusiver einer Abschätzung der Grössenordnungen der erwarteten monetären Auswirkungen angestrebt.

Der beschriebene Ansatz wird für alle Auswirkungsbereiche gleichermassen angewandt, so dass ein einheitliches Vorgehen und damit eine gewisse Vergleichbarkeit gewährleistet ist.

Zusätzlich wird auch den Unsicherheiten Rechnung getragen, indem diese in der Gesamtbetrachtung in Angaben der aggregierten Unschärfeklassen stets mitberücksichtigt werden.

Die Analyse der klimabedingten Risiken und Chancen des Kantons Uri baut auf einem einheitlichen, systematischen und transparenten Vorgehen auf. Viele Aspekte werden dabei in Form von „best estimates“ in der Studie behandelt, um ein möglichst konsistentes Gesamtbild der zukünftigen Risiken und Chancen anzustreben.

Zusätzlich werden für jeden Auswirkungsbereich auch noch die wichtigsten sozioökonomischen Veränderungen bis 2060 aufgezeigt, um zu verdeutlichen, dass nicht nur der Klimawandel Risiken und Chancen akzentuieren oder gar neue Risiken und Chancen schaffen kann, sondern auch andere Einflüsse zusätzliche zukünftige Herausforderungen mit sich bringen.

Die vorliegende Studie hat somit nicht primär das Ziel die exakten Frankenbeträge für die einzelnen Risiken und Chancen für den Zeithorizont 2060 zu eruieren. Vielmehr sollen die klimabedingten Auswirkungen zwischen den Auswirkungsbereichen in ihrer Grössenordnung kor-

rekt eingeschätzt werden, damit eine solide Grundlage für die Diskussion rund um Anpassungsmassnahmen geliefert werden kann.

Die in Kapitel 1 präsentierten Ergebnisse bauen auf den einführenden Abschnitten zur Fallstudie (Kapitel 2) und zum Vorgehen der Analyse (Kapitel 3) auf. Kapitel 4 und 5 dokumentieren die Einschätzungen der wichtigsten Gefahren und Effekte zu jedem der Auswirkungsbereiche. Weiter werden in diesen Abschnitten die Herleitungen der quantitativen Schätzwerte zukünftiger möglicher Risiken und Chancen aufgezeigt. Die Grundlagen dieses Prozesses werden dabei transparent dargelegt. Risiken und Chancen welche sich nicht quantifizieren lassen, werden einer qualitativen Analyse unterzogen.

1.2. ÜBERSICHT ÜBER DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE

Die Fallstudie Uri untersucht im Sinne einer Übersicht die wichtigsten erwarteten Risiken und Chancen des Klimawandels für den Kanton Uri in rund fünfzig Jahren. Die Resultate geben Hinweise auf die potentielle Wichtigkeit des erwarteten Klimawandels in den betrachteten Auswirkungsbereichen. Die Gesamtbeurteilung der quantitativ wie auch qualitativ erfassten Auswirkungen des Klimawandels auf die verschiedenen Auswirkungsbereiche zeigt ein differenziertes Bild (Figur 1).

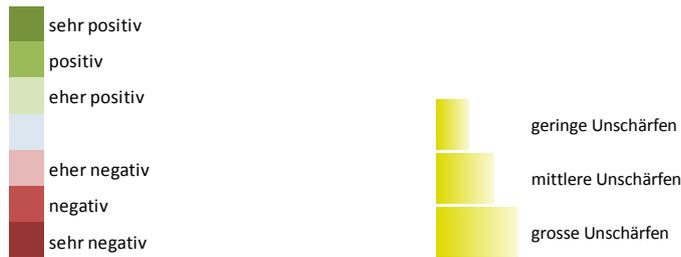
Zunächst weisen die Resultate darauf hin, dass der Klimawandel für den Kanton Uri sowohl erhöhte Risiken bergen könnte, beispielsweise in den Bereichen Gesundheit, Biodiversität und Infrastrukturen, aber auch Chancen bieten kann, so etwa im Energiebereich durch eine Reduktion des Heizbedarfes.

Im weiteren wird der Unterschied in betrachteten Klimaszenarien offensichtlich: Im Szenario eines *schwachen* Klimawandels, bei dem sich die internationale Staatengemeinschaft auf einen ambitionierten Mitigationpfad einigt und die globalen Treibhausgasemissionen rasch und dauerhaft reduziert würden, käme es zu signifikant geringeren Risiken in allen betrachteten Auswirkungsbereichen im Vergleich zu einem Business-as-usual-Klimaszenario *stark*.

Das Kapitel geht im Folgenden kurz auf die wichtigsten Resultate der Studie in den betrachteten Auswirkungsbereichen ein (Abschnitt 1.2) und schliesst mit einer Betrachtung zu den Unsicherheiten und der Einordnung der Studienresultate (Abschnitt 1.4).

	2060 - schwach				2060 - stark			
	Chancen [Mio. CHF]	Risiken [Mio. CHF]	Gesamtbilanz [Mio. CHF]	relative Unschärfe	Chancen [Mio. CHF]	Risiken [Mio. CHF]	Gesamtbilanz [Mio. CHF]	relative Unschärfe
Gesundheit								
Landwirtschaft								
Wald/Waldwirtschaft								
Energie								
Infrastrukturen und Gebäude								
Wasserwirtschaft								
Tourismus								
Biodiversität								

Legende:



Figur 1 Erwartete klimabedingte Veränderung der Risiken und Chancen der verschiedenen Auswirkungsbereiche¹ mit relativen Unschärfebereichen². Für die rein qualitative Analyse siehe auch Abschnitt 5.10.2.

¹ Klassifizierung der gesamthaften Auswirkungen: sehr positiv >5Mio. CHF, positiv 2 bis 5 Mio. CHF, eher positiv 0.5 bis 2 Mio. CHF, sehr negativ <-5 Mio. CHF, negativ -5 bis -2 Mio. CHF, eher negativ -2 bis -0.5 Mio. CHF.

² Klassifizierung der gesamthaften Unschärfen: geringe Unschärfen 0-30%, mittlere Unschärfen 30-100%, grosse Unschärfen >100%

1.3. ZUSAMMENFASSUNG DER RISIKEN UND CHANCEN

Auswirkungsbereich Gesundheit

Im Auswirkungsbereich Gesundheit wurden die Abnahme der Anzahl Todesopfer und verletzter Personen im Strassenverkehr aufgrund einer Reduktion der starken Schneefälle sowie die Einbussen der Bruttowertschöpfung infolge Arbeitsleistungsverminderung durch die Zunahme der Anzahl Hitzetage quantifiziert und deren Kosten abgeschätzt. Qualitativ beschrieben wurden mögliche Veränderungen von Personenunfällen aufgrund der Veränderung der Lawinenaktivitäten (nur tiefe Lagen) und eine geringere Anzahl Personenunfälle während Freizeitaktivitäten aufgrund des abnehmenden Schneefalls. Weiter wurde die Veränderung von Personenschäden infolge Hochwasser, Murgängen, Steinschlag, Fels- und Bergsturz qualitativ betrachtet. Die gesundheitlichen Belastungen aufgrund einer Veränderung der Ozonkonzentration sowie der Anzahl vorzeitiger Todesopfer durch häufigere und intensivere Hitzewellen konnten darüber hinaus qualitativ untersucht werden. Zusätzlich wurden über Lebensmittel und Wasser übertragene Infektionskrankheiten aufgrund höherer Mitteltemperaturen sowie die Veränderung des Allergierisikos aufgrund neuer allergener Pflanzen einer qualitativen Analyse unterzogen. Die durch Zecken übertragene Ausbreitung von FSME sowie weitere durch verschiedene Stechmücken und Fliegenarten übertragenen Infektionskrankheiten runden die qualitativen Betrachtungen ab.

Der wichtigste Effekt der klimabedingten Veränderung im Bereich Gesundheit ist in der vorliegenden Analyse die Zunahme der Anzahl Hitzetage und die daraus folgende Beeinträchtigung der Arbeitsleistungsfähigkeit der Bevölkerung. Damit verbunden ist eine Reduktion der Wertschöpfung der Urner Wirtschaft (Verminderung der Wertschöpfung um 2.1 Mio. für das *schwache* resp. 6.4 Mio. CHF für das *starke Szenario*). Diese Beeinträchtigung wird nur leicht gemildert durch eine Reduktion der Kosten für schneebedingte Verkehrsunfälle.

Zieht man zur quantitativen Betrachtung noch die oben erwähnten qualitativen Betrachtungen hinzu, werden die zu erwartenden zusätzlichen Kosten und Ertragseinbussen gar noch grösser. Die Summe aller qualitativ analysierten Auswirkungen ist im Vergleich zu den quantitativ analysierten Auswirkungen als vergleichbar negativ einzustufen.

Im Kanton Uri muss deshalb auf der Basis heutiger Informationen, ohne Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen, mit klimabedingten jährlichen Kosten oder Wertschöpfungseinbussen im Bereich Gesundheit von total rund 3.6 bis 11.4 Mio. CHF ausgegangen werden, abhängig davon, welches Klimaszenario bis ins Jahr 2060 eintreten wird. Die Zahlen sind jedoch

mit grossen Unsicherheiten behaftet, so dass die Veränderung auch geringer oder um einiges grösser ausfallen könnte.

Ob und wie sich die Veränderung einzelner Naturgefahren auf das menschliche Wohlergehen auswirken, hängt stark vom individuellen Verhalten der betroffenen Personen sowie der frühzeitigen Erkennung von verschiedenen Gefahren durch Experten ab. Dennoch können durch gezielte Massnahmen die klimabedingten Risiken minimiert werden.

Werden in einem weiteren Analyseschritt mögliche Anpassungsmassnahmen wie der vermehrte Einsatz von Kühlgeräten sowie bauliche Massnahmen, z.B. zur Abschattung grosser Fensterflächen, mitberücksichtigt, so scheint es, dass die Beeinträchtigung der Arbeitsleistungsfähigkeit insbesondere bei Arbeitsplätzen in geschlossenen Gebäuden durch diese Anpassungen stark reduziert werden kann. Zu beachten ist jedoch in diesem Fall ein Anstieg des Kühlenergiebedarfs (siehe auch Abschnitt Energie).

Im Bereich Gesundheit wird empfohlen, im Zusammenhang mit den Erkenntnissen des AWB Energie, den Kühlbedarf von Wohn- und Gewerbeflächen genauer abzuklären und insbesondere bei verschiedenen präventiven Massnahmen im Sinne von Informationskampagnen anzusetzen. Das Risiko der hitzebedingten Verminderung der Arbeitsleistung oder gar des Hitzetodes von vulnerablen Bevölkerungsgruppen darf nicht unterschätzt werden.

Sozioökonomische Aspekte wurden bei der Gesamtbilanzierung der Kosten in einem ersten Schritt ausgeschlossen. Dennoch dürfen diese in einem zweiten Schritt als Gesamtbetrachtung nicht einfach ignoriert werden, da der Klimawandel bis 2060 nicht ohne eine sozioökonomische Veränderung einhergehen wird. Im Kanton Uri dürften im Bereich Gesundheit grosse Herausforderungen zu meistern sein. Insbesondere die Entwicklung der Überalterung dürfte die oben erwähnten gesundheitsbedingten Risiken der Hitzewellen zusätzlich verstärken. Insgesamt kann im Kontext dieser Studie davon ausgegangen werden, dass die sozioökonomischen Veränderungen im Kanton Uri, wie sie im Kapitel 0 ergänzend hergeleitet und mit den klimabedingten Veränderungen in Relation gebracht wurden, im Vergleich zu den klimabedingten Veränderungen geringer oder gleich bedeutend sein dürften.

Auswirkungsbereich Landwirtschaft

Die Urner Landwirtschaft wird sich bis ins Jahr 2060 verschiedenen Herausforderungen stellen müssen. Diese betreffen in erster Linie sozioökonomische Veränderungen, aber auch die Anpassung an klimabedingte Veränderungen wird zum Teil nötig sein.

In dieser Studie wurde versucht, die klimabedingten Risiken und Chancen um 2060 für die Urner Landwirtschaft wo möglich quantitativ oder zumindest qualitativ abzuschätzen. Es wurden die Veränderungen und die daraus resultierenden Auswirkungen der Lawinenaktivitäten, des starken Schneefalls, der Hochwasser, der Murgänge, der allgemeinen Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen, der Steinschläge, der Fels- und Bergstürze und die Veränderung der Mitteltemperatur analysiert. Um die Veränderung der Mitteltemperatur zu quantifizieren, wurde für die Fallstudie Uri die Ertragssteigerungen des Futterbaus analysiert. Die Veränderungen der Erträge der landwirtschaftlichen Produktionsflächen wurden auch für die Abschätzungen der zunehmenden Trockenheitsproblematik verwendet. Für die übrigen Gefahren und Effekte wurden Schadendaten vergangener Ereignisse mit Hilfe der hergeleiteten klimabedingten Veränderungen verschiedener Naturgefahren in Verbindung gebracht. Als Folge davon liessen sich die zukünftigen Kosten und Erträge für den Zeithorizont 2060 ableiten.

Auswirkungen welche nicht quantitativ betrachtet werden konnten oder von denen sich nur ein Teil quantitativ analysieren lies, wurden soweit möglich mit qualitativen Methoden beschrieben und abgeschätzt. Dazu zählen Auswirkungen im Zusammenhang der Änderungen im Niederschlagsregime und die Reduktion der Frosttage. Zusätzlich wurde neben den quantitativ vorgenommenen Abschätzungen zur Zunahme der Hitzewellen auch die Beeinträchtigung des Tierwohls qualitativ analysiert. Die möglichen Veränderungen von Gewitter- und Hagelaktivitäten, sowie von Sturmereignissen können für die Periode um 2060 nicht verlässlich vorhergesagt werden. Hierzu wurden die möglichen Kosten der Auswirkungen in Form von Sensitivitätsanalysen beurteilt.

Die vorliegende quantitative Analyse ergab, dass durch die Veränderung der Lawinenaktivität in tiefen Lagen, des starken Schneefalls und der Steinschläge/Felsstürze Kosteneinsparungen im Bereich von 24'000 bis 48'000 CHF pro Jahr bis 2060 zu erwarten sind, je nach Betrachtung des *Klimaszenarios schwach oder stark*. Zusätzlich positiv dürfte sich die Veränderung der Mitteltemperatur auf die Produktion der landwirtschaftlichen Flächen auswirken. So wurde eine Zunahme der Erträge pro Jahr von 0.7 bis 1.4 Mio. CHF (*Klimaszenario schwach und stark*) abgeschätzt.

Negativ auswirken dürfte sich jedoch die Veränderung der Hochwasser, Murgänge und der allgemeinen Trockenheit. Zusammen sind hier zusätzliche Kosten von rund 110'000 CHF bei

Eintreten des *Klimaszenarios schwach* und gar 400'000 CHF beim *Klimaszenario stark* zu erwarten.

Werden die qualitativen Betrachtungen (abnehmenden Forstereignisse, die Änderung des Niederschlagsregimes und die Beeinträchtigung des Tierwohls) hinzugezogen dürfen zusätzliche Einsparungen von rund 0.2 Mio. CHF (*Klimaszenario schwach*) bis 0.3 Mio. CHF (*Klimaszenario stark*) erwartet werden.

Für den Kanton Uri können unter dem Strich deshalb gemäss den quantitativen Schätzungen aus heutiger Sicht, ohne Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen, jährliche Kosteneinsparungen resp. Ertragssteigerungen von rund 0.6 bis 1.1 Mio. CHF erwartet werden.

Bei den vorgenommenen Betrachtungen und Kostenabschätzungen wurde die sozioökonomische Veränderung (z.B. Änderungen in der Landwirtschaftspolitik) stets ausgeklammert, um lediglich die Auswirkungen des Klimawandels zu erfassen. In der Realität dürften die sozioökonomischen Veränderungen für die Urner Landwirtschaft weit bedeutender sein als die klimabedingten Veränderungen, was nicht heissen mag, dass nicht entsprechend auf die Thematik Klimawandel reagiert werden muss.

Die Urner Landwirtschaft sollte nach Möglichkeit frühzeitig auf das Thema Klimawandel reagieren, um die Risiken weiter zu minimieren und die sich bietenden Chancen besser nutzen zu können. Das sich wandelnde Klima sollte die sich abzeichnenden sozioökonomischen Veränderungen nicht zusätzlich erschweren. Es gibt eine breite Palette von Massnahmen, mit welchen die Risiken teilweise reduziert werden können. So könnte der Einsatz von Bewässerungssystemen die Folgen zukünftiger Hitzewellen und Trockenperioden deutlich minimieren. Weiter gilt es zu prüfen, wie angemessen auf Auswirkungen des Tierwohls reagiert werden kann.

Auswirkungsbereich Wald/Waldwirtschaft

Im Auswirkungsbereich Wald werden die Gefahren und Effekte Trockenheit und die Veränderung der Mitteltemperatur qualitativ untersucht. Quantifiziert wurden hingegen die Schäden am Wald, welche bei einem Sturm/Orkan entstehen. Aspekte im Zusammenhang mit einer Sturmbedingten Verjüngung oder Auswirkungen eines Sturmereignisses auf den Schutzwald wurden zusätzlich qualitativ betrachtet.

Die Trockenheit hat eine Veränderung der Baumartenzusammensetzung zur Folge, wie wissenschaftlichen Untersuchungen (z.B. Zimmermann et al. 2013, 2008) zeigen. Diese Änderung auf Grund der Trockenheit dürfte im Kanton Uri beim *Klimaszenario stark* gering ausfallen, beim *Klimaszenario schwach* geht das Autorenteam von keiner nennenswerten Änderung aus. Die Trockenheit fördert auch die Waldbrandgefahr, vorausgesetzt die prädisponierenden Faktoren sind, wie es im Kanton Uri der Fall ist, vorhanden. Im Weiteren ist der betrachtete Zeitraum bis 2060 aus waldwirtschaftlicher Sicht relativ kurz und kann mögliche längerfristige Veränderungen der Baumartenzusammensetzung nicht abbilden.

Der Holzzuwachs wird, insbesondere in tieferen Lagen, durch Trockenheit gebremst, wie Untersuchungen von Dobbertin et al. (2006) zeigen. In Lagen über 1200 m ü. M. war dieser Effekt jedoch im Trockenjahr 2003 statistisch nicht nachzuweisen. Da im Kanton Uri der Wald sich hauptsächlich über 1000 m ü. M. befindet, geht das Autorenteam davon aus, dass weder im *Klimaszenario stark* noch *schwach* der Holzzuwachs bedingt durch die Trockenheit verringert wird.

Die veränderte Mitteltemperatur lässt die Baumgrenze ansteigen; dieser Effekt ist bereits heute zu beobachten (Nicolussi et al. 2006). Gemäss den wissenschaftlichen Untersuchungen nehmen die potentiellen, waldfähigen Standorte aufgrund der günstigen klimatischen Faktoren im Kanton Uri zu. Dieser Effekt wird einerseits leicht unterstützt durch die Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, vor allem aber durch eine mögliche Aufgabe von landwirtschaftlichen Flächen im Kanton Uri. Das Autorenteam geht aufgrund der Zunahme der potentiellen Bewuchsgebiete davon aus, dass bis 2060 die Waldflächen zunehmen dürften. Daraus könnten bei günstigen Voraussetzungen (Kosten für Holznutzung, Ernte sowie Verkaufspreis) Chancen entstehen. Diese Entwicklung ist jedoch heute nicht vorhersehbar.

Der Faktor Zwangsnutzung wurde im Rahmen der Fallstudie unter dem Aspekt der Gefahr „Sturm / Orkan“ beurteilt. Das Autorenteam geht in diesem Zusammenhang von jährlichen Kosten von 600'000 bis 1'350'000 CHF aus. Für das Jahr 2060 wird dieser Parameter eher als Risiko durch das Autorenteam abgeschätzt. Dies aufgrund der höheren Erntekosten sowie der Mehr-

aufwendungen in Bezug auf die Schädlingsbekämpfung. Wie sich die Sturm/Orkan-Ereignisse in Zukunft entwickeln ist jedoch unklar.

Eine wichtige Funktion des Urner Waldes wird dem Schutzwald zugewiesen. Gemäss Aussage von Herrn Annen (Forst, Kanton Uri) ist die wichtigste Aufgabe des Forstbetriebes primär die Erhaltung des Schutzwaldes und nicht die Produktion von Nutzholz. Gerade in diesem Bereich könnte auf den Kanton Uri im Jahr 2060 grössere Aufwendungen zukommen, damit aufgrund der obengenannten Gefahren und Effekten die Schutzfunktion erhalten werden kann.

Im Allgemeinen (mit Ausnahmen Holzzuwachs – Unsicherheit in Preisentwicklung) ist jedoch zu erwarten, dass die qualitativen Ergebnisse im Vergleich zum Risiko der Sturm/Orkanschäden unbedeutend klein sind.

Im Bereich Waldwirtschaft sollte wie bis anhin das Hauptaugenmerk auf den Bemühungen zum Erhalt der Schutzwaldfunktion bleiben.

Bezüglich sozioökonomischen Szenarios muss berücksichtigt werden, dass eine mögliche Extensivierung der Landwirtschaftsflächen (bspw. im Schächen- oder Isenthal) die Waldflächen zusätzlich wachsen können. Dies könnte einen positiven Einfluss auf die Erträge in der Holzgewinnung haben – auch wenn diese neben der Schutzwaldproduktion nur ein Randgeschäft ist. Allerdings könnte dieser Faktor günstige Auswirkungen im Zusammenhang mit einer möglichen, steigenden Nachfrage an Brennholz zur Energiegewinnung haben. Diese Entwicklung ist jedoch heute nur schwer einzuschätzen.

Auswirkungsbereich Energie

Bei der Energieproduktion dominiert in Uri klar die Wasserkraft. Andere Energieträger könnten in Zukunft zunehmen, trotzdem wird die Wasserkraft dominant bleiben. Auf Basis des heutigen Wissens dürften sich die Bedingungen für die Stromproduktion im betrachteten Zeitraum durch den Klimawandel nur marginal ändern. Die Jahresstromproduktion dürfte etwa gleich bleiben wie heute, es könnte jedoch durch die Veränderung der Abflussregimes zu saisonalen Veränderungen kommen. Wie sich dies finanziell auswirkt, ist jedoch sehr stark von anderen klimaunabhängigen sozio-ökonomischen Faktoren wie der Strompreisentwicklung abhängig.

Aufgrund des Anstiegs der mittleren Temperaturen und der Abnahme von Kältewellen kann von einer starken Reduktion des Heizenergieverbrauchs ausgegangen werden. Je nach Szenario ist eine Abnahme der jährlichen Heizkosten um 5 Mio. CHF (*Klimaszenario schwach*) bis 10 Mio. CHF (*Klimaszenario stark*) zu erwarten. Risiken sind durch die erwartete Zunahme der einzusetzenden Kühlenergie (aufgrund der Zunahme der Anzahl Kühlgradtage) im Bereich der Gebäude zu erwarten. Da eine entsprechende Datengrundlage für die heutige Situation fehlt, wurde diese Auswirkung nur qualitativ untersucht. Um das Risiko des zunehmenden Kühlenergieverbrauchs zu mindern, sind vor allem bauliche und planerische Massnahmen wie beispielsweise die Entwicklung von Beschattungskonzepten zu empfehlen. Insgesamt fällt hauptsächlich der abnehmende Heizenergieverbrauch ins Gewicht und daher sind aufgrund der klimatischen Veränderung gesamthaft Chancen in der Höhe von 5 bis 10 Mio. CHF pro Jahr zu erwarten.

Neben den klimatischen Veränderungen hat die sozioökonomische Entwicklung einen sehr grossen Einfluss auf den Energieverbrauch und die Energieproduktion. So ist zum Beispiel ein Ausbau der Wasserkraftproduktion geplant und dementsprechend sind auch in diesem Bereich Veränderungen zu erwarten. Ausserdem ist die Energieproduktion eine sehr wichtige Einnahmequelle für die Region. Würde sich herausstellen, dass sich die Abflussregimes aufgrund des Klimawandels doch wesentlich ändern würden, wäre damit ein direkter Handlungsbedarf im Bereich Energie für den Kanton Uri gegeben. Ansonsten sind im Bereich der Energieproduktion auf Grund des Klimawandels keine zwingenden Massnahmen erforderlich. Da die Entwicklung des Abflussregimes zum heutigen Zeitpunkt noch nicht genau abgeschätzt werden kann, ist es empfehlenswert, in der langfristigen Planung unterschiedliche Szenarien zu berücksichtigen.

Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

Im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude wurden Schäden an Strassen, Bahninfrastruktur, Gebäude, Fahrhabe sowie Kosten an Schutzmassnahmen für die Gefahren und Effekte Lawinen, Starker Schneefall, Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure sowie Stein-schlag/Fels-, Bergsturz (exkl. Bahn) quantifiziert. Für Hochwasser wurde zusätzlich Produktionsausfälle von Industrie und Gewerbe quantifiziert. Für Gewitter/Hagel wurden Schäden an Gebäude und Fahrhabe quantifiziert. Für Sturm/Orkan wurden neben den Schäden an Gebäuden und Fahrhabe auch Schäden an Hochspannungsübertragungsleitungen quantifiziert.

Qualitativ wurde die Sperrung von Bahn und Strasse für die Gefahren und Effekte Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure, Steinschlag/Fels-, Bergsturz sowie Sturm/Orkan betrachtet. Für Gewitter/Hagel wird eine qualitative Aussage zu den Schäden an Fahrzeugen gemacht.

Die weitaus grössten quantifizierten Risiken gehen mit durchschnittlichen jährlichen Kosten von 22.6 (*Szenario schwach*) bis 25.8 Mio. CHF (*Szenario stark*) von Hochwassern aus. Bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis wird heute mit Schäden von rund 500 Mio. CHF gerechnet. Auch Lawinen können bei ausserordentlichen Schneefällen sehr hohe Schäden (100 Mio. CHF) verursachen. Bei den gravitativen Naturgefahren entstehen mehr als die Hälfte der jährlichen Kosten durch Investitionen in Schutzmassnahmen.

Die quantifizierten Risiken (Schäden an Gebäude und Fahrhabe, National- und Kantonstrassen, der Infrastruktur der Matterhorn Gotthard Bahn sowie der SBB und Bergbahnen) bleiben bis 2060 im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude beim *Szenario schwach* ähnlich wie heute (Zunahme von 0.5 Mio. CHF) oder nehmen beim *Szenario stark* um 3.2 Mio. CHF zu. Dies entspricht (ohne Berücksichtigung der Unsicherheiten) einer Zunahme der Mittelwerte von 1 bis 8% gegenüber heute. Auf Grund der Unsicherheiten könnten die Risiken auch grösser sein oder sogar zu Chancen werden.

Gemäss Schätzung des Autorenteam führen die qualitativen Auswirkungen zu Schäden in einer vergleichbaren Grössenordnung wie die quantifizierten Auswirkungen. Unterbrüche von Strasse und Bahn stellen dabei die grössten qualitativen Risiken dar. Insbesondere Sturzereignisse könnten bei extremen Vorkommnissen zu Unterbrüchen von mehreren Wochen bis Monaten und zu Todesopfer führen. Zusätzlich entstehen durch die Sperrung grosse Volkswirtschaftliche Schäden, welche weit über die Kantonsgrenze hinweg anfallen dürften. Künftig wird diesbezüglich der Gotthard-Basistunnel die Verletzlichkeit für die Bahn senken. Gemäss Methodik wurden nur die Schäden im Kanton Uri quantifiziert, entsprechend wird das Volkswirtschaftliche Risiko durch Unterbrüche gegenüber einer schweizweiten Betrachtung unterschätzt.

Das Autorenteam geht davon aus, dass der Einfluss von Schutzmassnahmen und die sozio-ökonomische Entwicklung für den betrachteten Zeithorizont einen bedeutend stärkeren Einfluss auf die Auswirkungen der betrachteten Gefahren und Effekte haben wird als die Klimaänderung. Insbesondere die steigende Verletzlichkeit von Gebäuden steigert die Risiken.

Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft

Im Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft wurde das Augenmerk auf die Entwicklung im Bereich der Trinkwasserversorgung sowie der Schmutzwasserentsorgung gelegt. Quantitativ analysierte Auswirkungen wurden auf die Einrichtungen der Wasserversorgung /-entsorgung sowie zur Aufrechterhaltung der Trinkwasserqualität durch die Gefahren und Effekte Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure, Gewitter sowie allgemeine Trockenheit untersucht. Qualitativ analysierte Auswirkungen wurden zur Veränderung der Grundwasserqualität und Vorkommen, zur Aufrechterhaltung der Trinkwasser- und allgemeinen Wasserversorgung im Zusammenhang mit den Gefahren und Effekten Hochwasser, Änderung im Niederschlagsregime, allgemeine Trockenheit, Hitzewelle sowie zur Reduktion Schneedecke/Gletscherschmelze beschrieben.

Die wichtigsten Gefahren und Effekt der klimabedingten Veränderung im Bereich Wasserwirtschaft sind in der vorliegenden Analyse die Entwicklung der Hochwasser- und Murgangergebnisse für die Wasserver- und Schmutzwasserentsorgung. Jährliche Hochwasserereignisse können im Jahr 2060 Schäden an der obengenannten Infrastruktur von rund 600'000 CHF auslösen (Szenario *stark*, Unschärfefaktor 2) während hundertjährige Ereignisse Schäden von rund 6.6 Mio. CHF ergeben können (Szenario *stark*, Unschärfefaktor 2). Die jährlichen Murgangergebnisse ergeben Schäden von rund 220'000 CHF (Szenario *stark*, Unschärfefaktor 2). Die hundertjährigen Ereignisse fallen jedoch mit Schäden von rund 9.1 Mio. CHF stark ins Gewicht (Szenario *stark*, Unschärfefaktor 2).

Nur qualitativ betrachtet werden konnten im Rahmen dieser Studie mögliche Engpässe bei Grundwasservorkommen und der Wasserversorgung aufgrund eines durch den Klimawandel veränderten Wasserdargebotes. Hierbei könnten Konflikte in der Wasserversorgung bezüglich dem Grundwasservorkommen und den Restwassermengen (aus der Wasserkraftnutzung) zu erwarten sein. Ein weiteres Problem könnte ein möglicher Anstieg der Gewässertemperaturen in Bezug auf die Qualität der Trink-Wasserversorgung sowie die Diversität der Gewässerfauna und -flora sein. Der positive (nur qualitativ beurteilte) Effekt der Veränderung der Hitzewellen auf die Wasserentsorgung (Zunahme der Bakterienaktivität in der Schmutzwasseraufbereitung) kann die obengenannten Risiken nicht im Geringsten kompensieren.

Gesamthaft gesehen überwiegen im Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft die erwarteten Risiken (Schäden an Einrichtung der Wasserver- und Schmutzwasserentsorgung, Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und deren Qualität: Primär durch Hochwasser und Murgänge ausgelöst) also die Chancen für die Periode um das Jahr 2060. Im Kanton Uri ist deshalb mit klimabedingten Kosten von rund 900'000 CHF (bei jährlichen Ereignissen) auszugehen.

Es empfiehlt sich gemäss den oben gemachten Ausführungen für den Kanton Uri vor allem die Lagebeurteilung in Punkto Hochwasserschutz (Hochwasser- und Murganggefahren) weiterhin und permanent durchzuführen sowie geeignete Massnahmen zum Schutz der Trinkwasser- und Schmutzwasserentsorgung zu treffen.

Die mögliche Zunahme des Wasserverbrauches (Bevölkerungszuwachs als gering erwartet, mögliche Zunahme der Industriefläche) sowie eine mögliche Diversifikation der Nutzung der „Wasserarten“ würden einen beträchtlichen Einfluss auf die Entwicklung der Wasserwirtschaft ausüben, sind in deren Effekt jedoch heute nicht quantifizierbar.

Auswirkungsbereich Tourismus

In der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen der erwarteten klimatischen Veränderungen auf den Urner Winter- wie Sommertourismus untersucht, ohne allfällige Anpassungsmassnahmen zu berücksichtigen. Für den Tourismussektor relevant sind hauptsächlich die erwartete Zunahme der Anzahl Kühlgradtage und die Reduktion der Schneedecke, welche in engem Zusammenhang stehen mit der Veränderung der Mitteltemperatur und der Änderung des Niederschlagsregimes. Dementsprechend sind für den Sommer- und Wintertourismus sehr unterschiedliche Auswirkungen zu erwarten.

Durch die erwartete Zunahme der Anzahl Kühlgradtage und die entsprechend höhere Zahl an erholungssuchenden Touristen sind im Sommer etwas höhere Erträge im Bereich der Logiernächte und im Bereich der Seilbahnfahrten zu erwarten. Basierend auf den verfügbaren Daten zur heutigen Situation werden die damit verbundenen Chancen mit einer Höhe von jährlich 0.5 bis 2.5 Mio. CHF pro Jahr geschätzt.

Im Winter ist aufgrund der erwarteten Reduktion der Schneedecke durch den Temperaturanstieg mit steigenden Beschneungskosten und Ertragseinbussen bei den Logiernächten und bei den Seilbahnen zu rechnen. Die durch diese Risiken entstehenden Kosten und Ertragsausfälle werden auf jährlich 1.5 bis 3 Mio. CHF beziffert.

Die zukünftige Entwicklung im Tourismussektor hängt stark von den sozioökonomischen Entwicklungen ab, welche im Rahmen dieser Studie nicht quantitativ untersucht wurden. So ist zum Beispiel im Winter ein Zustrom von Touristen aus Nachbarländern zu erwarten, da dort die (tieferliegenden) Skigebiete relativ gesehen stärker vom Klimawandel betroffen sind. Zudem sind die demographische Entwicklung, das Aufnehmen von Freizeittrends und die laufende Anpassung des touristischen Angebots entscheidende Faktoren, welche die klimabedingten Risiken im Tourismussektor möglicherweise kompensieren können. Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Fallstudie ist ein weiterer Ausbau des touristischen Angebots für den Sommertourismus zu empfehlen.

Auswirkungsbereich Biodiversität

Die Auswirkungen auf die Biodiversität wurden für verschiedene Ökosysteme im Kanton Uri,, welche durch hohe Artenvielfalt charakterisiert sind, qualitativ untersucht. Starke negative Auswirkungen auf die Biodiversität sind in der alpinen Höhenstufe zu erwarten, da bei den erwarteten klimatischen Veränderungen Arten aus tieferen Lagen einwandern können und sich somit auf höheren Lagen der Konkurrenzdruck zwischen den verschiedenen Arten erhöht und gegen oben nur begrenzte Ausbreitungsmöglichkeiten bestehen. Da die alpinen Standorte des Kantons Uri teilweise weltweit einzigartige Lebensräume darstellen, ist diese Entwicklung besonders problematisch, da dabei nicht nur die lokale, sondern die globale Biodiversität betroffen ist. Klimabedingte Chancen sind vor allem für wärmeliebende Arten an Trockenstandorten zu erwarten.

Weiter spielen die sozioökonomischen Szenarien für die Entwicklung der Biodiversität eine entscheidende Rolle. Die demographische Entwicklung ist mit einer Zunahme der Siedlungsfläche und möglicherweise mit einer weiteren Zerschneidung der Landschaft verbunden. Durch diese sozioökonomischen Entwicklungen sind ebenfalls negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt und die Ökosystemleistungen möglich. Zudem ermöglicht die erwartete Verlängerung der Vegetationsperiode eine intensivere landwirtschaftliche Nutzung und beeinflusst daher die Biodiversität negativ. Neben den Auswirkungen der sozioökonomischen Entwicklung können daher auch Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel negative Folgen für die Biodiversität haben.

Da die Arten einerseits untereinander interagieren und andererseits von sehr unterschiedlichen Umweltfaktoren beeinflusst werden, muss bei der Abschätzung der klimatischen Veränderungen das gesamte Artengefüge eines Ökosystems berücksichtigt werden. Da Arten zum Teil mit einer grossen zeitlichen Verzögerung auf veränderte Umweltbedingungen reagieren, werden die effektiven Auswirkungen zudem oft erst viel später sichtbar. Daher ist die Abschätzung der Auswirkungen auf die Biodiversität mit grossen Unsicherheiten behaftet. Langfristig ist jedoch mit einer markanten Veränderung der Artenzusammensetzung und Funktion der heutigen Ökosysteme zu rechnen. Es sind umso grössere Veränderungen zu erwarten, je schneller und je stärker sich die klimatischen Bedingungen verändern. Daher werden die Auswirkungen beim *Szenario schwach* insgesamt negativ eingestuft und beim *Szenario stark* sehr negativ eingestuft.

Im Rahmen der Biodiversitätsstrategie sind bereits verschiedene Massnahmen zur Erhöhung der Resilienz der Biodiversität vorgesehen. Basierend auf den Ergebnissen ist die Umsetzung und Weiterentwicklung dieser Strategie zu empfehlen.

1.4. UMGANG MIT UNSICHERHEITEN UND EINORDNUNG DER STUDIENRESULTATE

Um ein möglichst grosses Mass an Vergleichbarkeit der Resultate zwischen den einzelnen Sektoren der Auswirkungsbereiche in transparenter Art und Weise zu erreichen, strebt die vorliegende Studie, neben der qualitativen Betrachtung weiterer Faktoren, ein hohes Mass an Quantifizierung der erwarteten Risiken und Chancen des Klimawandels an. Diese Quantifizierung auf der Basis des heute verfügbaren Wissens über Prozesse, Modelle und Daten ist naturgemäss mit beträchtlichen Unsicherheiten verbunden, wie sie die Schlussresultate³ der Studie prägen.

Unsicherheiten in der Naturgefahrenbeurteilung

Bereits die aktuellen Aussagen zu einzelnen Naturgefahrenprozessen im Rahmen der heutigen Gefahrenbeurteilung sind in der Regel mit grösseren Unsicherheiten behaftet ($\pm 30\%$ der Prozessgrösse). Die Modellierung der für die Gefahrenbeurteilung benötigten Ausgangsparameter (bspw. digitale Geländemodelle, Niederschlags-Abflussüberlegungen, Geschiebe- und Schwemmh Holzdisposition und -Transport, Modellierung der Eindringtiefen der Lufttemperaturänderung in den Fels und weitere) sind oftmals nur eine best-mögliche Abbildung der Natur – wie es der Begriff „Modell“ bereits aussagt. Es muss klar festgehalten werden, dass bereits diese Unsicherheiten grösser sein können als die erwarteten Prozess-Veränderungen aufgrund des Klimawandels.

Des Weiteren muss festgehalten werden, dass wichtige mögliche Folgen des Klimawandels die schleichenden Prozesse, „Prozessverkettung“ sowie „Prozesswechsel“ sind. In der vorliegenden Studie beruht der gewählte Ansatz zur Erarbeitung der Aussagen der beurteilten gravitativen Naturgefahren (im Zeitraum um 2060) aufgrund der heute noch zu lückenhaften wissenschaftlichen Grundlagen auf einer Art „Mittelwerts-Klimatologie“. Dies vor allem deshalb, da Extremereignisse und Nichtlinearitäten von einzelnen Prozessen sowie Prozessketten nicht oder zu wenig bekannt sind. So ist zum Beispiel eine absolut belastbare Aussage zur (auch heutigen) Entwicklung von Hochwasser-, Murgang-, Lawinen- und Steinschlagprozessen nicht abschliessend möglich. Aufgrund dieser fehlenden Datengrundlage wurde stellenweise zur Beurteilung

³ D.h. fast durchwegs „grosse Unschärfen“ in der Ergebnisübersicht (Kapitel 1.2) und sehr grosse Unschärfebereiche in den quantitativen Resultaten (Figur 1).

der Entwicklung des einzelnen Gefahrenprozesses im Jahr 2060 ein linearer Ansatz gewählt -im Wissen dass dieser in der natürlichen Entwicklung jedoch oftmals auch exponentiell sein kann. Die gemachten Aussagen (explizit zu abgeleiteten Prozessen) sind also stark verallgemeinert.

Einen wichtigen Ansatz zum Umgang mit diesen Herausforderungen bietet die Naturgefahrenstrategie des Bundes; sie ermöglicht es, Unsicherheiten, möglichen Prozessverkettungen sowie -Wechsel zu erfassen. Aufgrund der Ereignisanalysen von vergangenen Hochwassern (u.a. Ereignis 2005) kommt zum Beispiel im Hochwasserschutz der Überlastfall für neue Bauwerke zum Zuge.

Wie sind die Resultate und ihre Unsicherheiten zu interpretieren?

Um eine pragmatische Quantifizierung vorzunehmen, musste in der Regel das Autorenteam selbst auf der Basis von wissenschaftlicher Literatur und Expertengesprächen die wichtigsten Wirkungs- und Prozessketten identifizieren und Schätzwerte bilden, welche dann in einem zweiten Schritt von den Experten im Sinne einer möglichen „Storyline“⁴ plausibilisiert wurden. Mit diesem Ansatz kann auf der Basis transparenter Annahmen ein qualitatives und quantitatives Gesamtbild der Risiken und Chancen gezeichnet werden. Die identifizierten beträchtlichen Lücken in Prozesskenntnissen und Datenverfügbarkeit bilden einen Ansporn für den weiteren Forschungs- und Analysebedarf (siehe unten).

Die Resultate geben eine breite Übersicht über relevante Auswirkungsbereiche und beschreiben zentrale Wirkungsketten und Prozesse, welche zu Chancen und Risiken des Klimawandels im Kanton Uri führen dürften. Sie dienen als längerfristige Orientierungshilfe für die Verwaltung und interessierte Öffentlichkeit, um eine erste Bewertung und Priorisierung bezüglich des Handlungsbedarfes zu unterstützen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, mit den Resultaten auch das Verständnis der möglichen Unsicherheiten zu kommunizieren. Die Studie stellt ein Element zur Vorbereitung auf möglicherweise künftig eintretende Situationen im Kanton Uri und im Alpenraum dar. Diese gilt es in den kommenden Jahren auf ihre Entwicklung zu beobachten, um möglichen Folgen der Klimaänderung adäquat zu begegnen. Der lange Zeitraum von 50 Jahren stellt dabei für die gängigen politischen und gesellschaftlichen Prozesse eine Herausforderung dar.

⁴ Storylines sind die in der Regel auf der Basis von Expertenkonsultationen entwickelte Grundlagen zur Entwicklung von quantitativen Abschätzungen und Szenarien. Zum Konzept der Storylines siehe auch IPCC – *Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Chapter 2.4

In der weiteren Verwendung der Resultate in (i) der Bewertung der Risiken, (ii) der Identifikation des Handlungsbedarfes und (iii) der Planung und (iv) Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen muss der Einbettung der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels in den sozio-ökonomischen Entwicklung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden: Die Analyse zeigt, dass die sozio-ökonomischen Faktoren oft vergleichbar oder grösser als die klimatischen Treiber von Veränderungen sind und die Folgen des Klimawandels sowohl verstärken wie auch mildern können (beispielsweise durch den Trend zur Bebauung in Gewässernähe oder der Zunahme der Beschneiungsanlagen in Wintersportgebieten).

Grosse Rolle der indirekten Folgen des Klimawandels

Für die ganze Schweiz gilt, dass bei dieser stark international ausgerichteten Volkswirtschaft der *indirekte* Einfluss des Klimawandels z.B. auf die Wirtschaftskraft und Nachfrage wichtiger Handelspartner oder der Einfluss auf Schlüsselinfrastrukturen des Welthandels (Hafensysteme) einen wesentlich grösseren monetären Einfluss auf unsere Volkswirtschaft haben dürften, als die in dieser Studie betrachteten direkten wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Volkswirtschaft, sowohl auf nationaler Ebene wie auch auf Ebene des Kantons Uri (siehe dazu z.B. INFRAS et al. 2007).

Schnittstelle Forschung-Öffentlichkeit und Bedarf an weiterer Forschung und Analyse

Die im Rahmen der Fallstudie erfolgte Zusammenarbeit zwischen Autorenteam, Forschern, Ämtern und lokalen Experten war sehr fruchtbar und dürfte dazu beigetragen haben, dass die Forschung die Fragestellungen der Gesellschaft und Politik betreffend den Auswirkungen des Klimawandels besser versteht und in ihre Forschungspraxis einfliessen lassen kann, während die Studie selbst darauf abzielt, der Öffentlichkeit einen Überblick über die Anwendung der Resultate wichtiger Forschungsarbeiten im Fall des Kantons Uri zugänglich zu machen.

Die als signifikant erkannten Wirkungsketten und Auswirkungsbereiche bedürfen der weiteren vertieften Analyse. Auch um eine spätere detaillierte Ausarbeitung von Handlungsfeldern und die konkrete Planung von Massnahmen zu unterstützen, braucht es vertiefte Kenntnisse der betrachteten Prozesse, Wirkungsketten und Daten. Die heute beschränkten wissenschaftlichen Grundlagen führen auch dazu, dass nicht oder nur schwer quantifizierbare Risiken und Chancen in der vorliegenden Studie tendenziell unterrepräsentiert werden. Gerade bei diesen Bereichen ist aber der Bedarf an weiterer Forschung und Analyse besonders ausgeprägt um eine bessere Vorbereitung auf möglicherweise eintretende Risiken sicherzustellen.

Die Fallstudie fokussiert auf den Klimawandel in der Periode um 2060. Verschiedene Publikationen weisen jedoch darauf hin, dass wirklich breite und signifikante Wirkungen des Klimawandels erst gegen Ende des Jahrhunderts oder erst im nächsten spürbar werden dürften (siehe z.B. CH2011). Zum Beispiel dürfte die Anpassung der Artenzusammensetzung der Biosphäre noch Jahrhunderte in Anspruch nehmen. Politik und Verwaltung scheinen nur beschränkt über die notwendigen Instrumente zu verfügen, um diese generationenübergreifenden Herausforderungen über so lange Zeiträume adequat angehen zu können.

LITERATUR KAPITEL 1

INFRAS et al. 2007: Auswirkungen des Klimaänderung auf die Schweizer Volkswirtschaft – internationale Einflüsse, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Ittigen.

Weitere Literatur siehe Kapitel 5.

2. DIE FALLSTUDIE KANTON URI

2.1. HINTERGRUND DER STUDIE

Der Klimawandel ist schon heute messbar und dürfte weiter voranschreiten (vgl. CH2011 2011). In der Schweiz werden sich Umwelt, Mensch und Wirtschaft im Laufe des 21. Jahrhunderts an die sich verändernden Rahmenbedingungen anpassen müssen. Das revidierte CO₂-Gesetz trägt diesen Änderungen im Artikel 8 Rechnung, in dem der Bund beauftragt wird, Grundlagen zu erarbeiten, welche für die Ergreifung von Massnahmen zur Vermeidung und Bewältigung von Schäden an Personen oder Sachen von erheblichem Wert infolge des Klimawandels notwendig sind. Aus diesem Grund wird eine Anpassungsstrategie für die Schweiz unter Federführung des Interdepartementalen Ausschusses Klima (IDA Klima) erarbeitet. Die Analyse der klimabedingten Risiken und Chancen bildet eine Grundlage für die nationale Anpassungsstrategie. In dieser Studie werden die relevanten Gefahren und Effekte des Klimawandels identifiziert und deren Auswirkungen auf verschiedene Sektoren (Auswirkungsbereiche) werden untersucht und teils quantitativ und teils qualitativ bewertet. Dies ermöglicht einen sektorübergreifenden Vergleich der klimabedingten Auswirkungen.

Da basierend auf den Ergebnissen dieser Studie Klimaanpassungsmassnahmen erarbeitet werden sollen, liegt der Fokus auf den klimabedingten Auswirkungen. Sozioökonomische Szenarien werden daher nur qualitativ berücksichtigt, obwohl durch die demographischen und wirtschaftlichen Veränderungen zum Teil ähnliche oder sogar grössere Auswirkungen zu erwarten sind.

Schweizweite Analyse klimabedingter Risiken und Chancen

Die Auswirkungen der erwarteten klimatischen Veränderungen auf die betroffenen Wirtschaftszweige und Umweltbereiche (Auswirkungsbereiche) werden anhand von Fallstudien für einzelne Kantone in unterschiedlichen Regionen analysiert. Die Resultate dieser kantonalen Fallstudien dienen als Grundlage für die Hochrechnung auf die gesamte Schweiz.

Für jeden Auswirkungsbereich werden die Chancen und Risiken, welche durch den Klimawandel entstehen, untersucht und wenn möglich quantifiziert. Der Vergleich der verschiedenen Auswirkungsbereiche zeigt auf, wo hauptsächlich Handlungsbedarf besteht und wo Schwerpunkte für die Anpassungsmassnahmen gesetzt werden müssen. In einem Pilotprojekt (EBP/SLF/WSL 2013a) wurde eine Methode entwickelt, um Chancen und Risiken des Klimawandels transparent abschätzen und vergleichen zu können. Sie basiert auf einer Quantifizierung und Monetarisierung der durch den Klimawandel entstehenden Auswirkungen. Nach der Erst-

anwendung der Methode im Kanton Aargau, welche den Grossraum „Mittelland“ repräsentiert (EBP/SLF/WSL 2013a-d), wird die Methode in dieser Studie nun im Kanton Uri angewandt. Diese Studie ist eine Grundlage für die Hochrechnung der Risiken und Chancen des Klimawandels auf den Grossraum „Alpen“ und leistet dabei im Rahmen der gesamtschweizerischen Analyse einen zentralen Beitrag zur Abschätzung der klimabedingten Risiken und Chancen für die Gebirgskantone.

Es sind weitere Fallstudien für die weiteren Grossräume (Jura, Voralpen, Alpensüdseite, grosse Agglomerationen) in Erarbeitung oder werden in den nächsten Jahren erarbeitet. Diese Fallstudien sind die Grundlage für eine gesamtschweizerische Beurteilung der zu erwartenden Chancen und Risiken durch den Klimawandel.

Da in der vorliegenden Studie die gleiche Methodik angewendet wird wie in der Fallstudie des Kantons Aargau, wird die Methodik nicht im Detail erläutert und die allgemeine Beschreibung wird zum Teil aus dem Fallstudienbericht zum Kanton Aargau (EBP 2013d) zitiert.

2.2. KURZBESCHREIBUNG DER FALLSTUDIENREGION

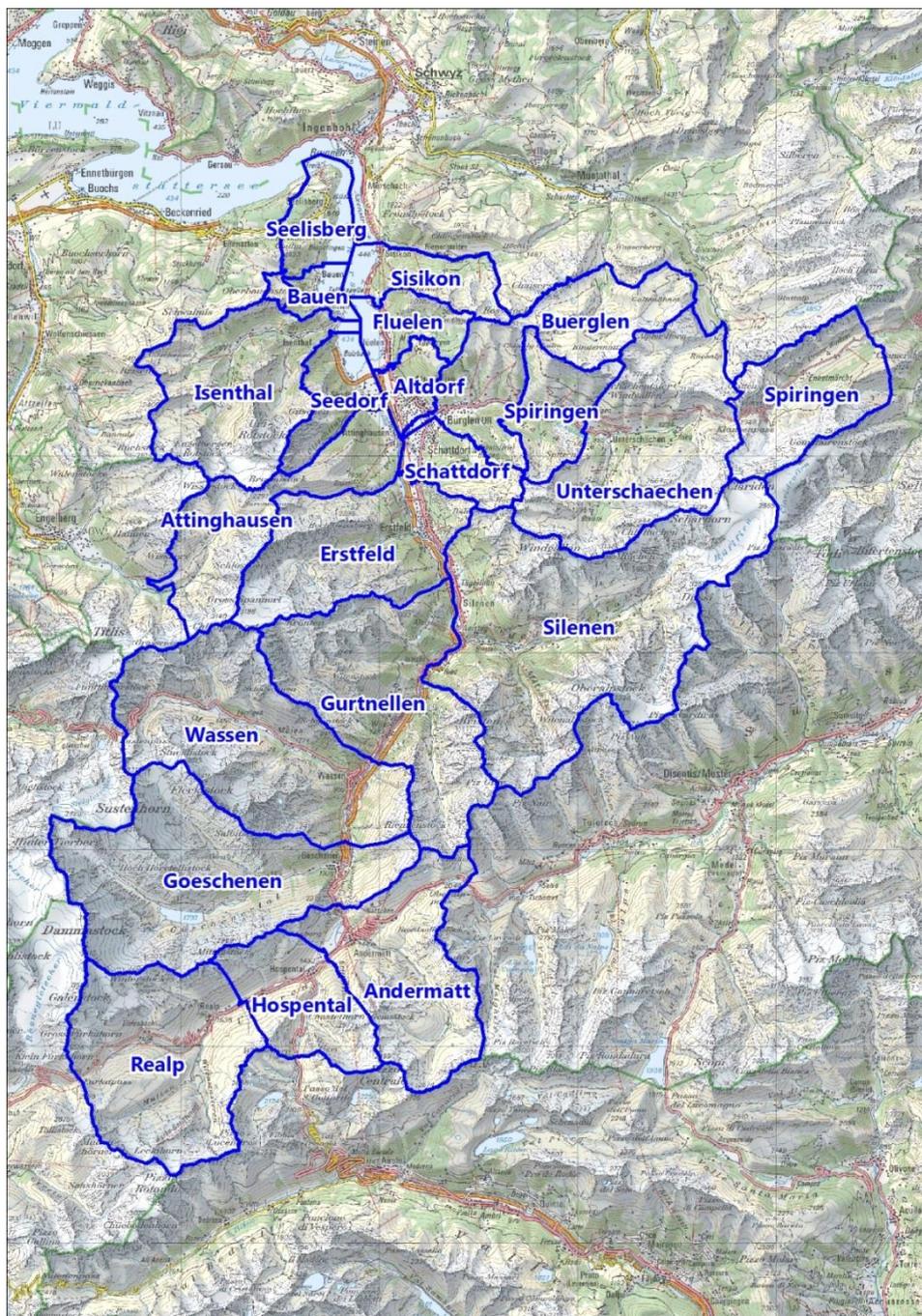
Der Kanton Uri, einer der drei Schweizer Urkantone, ist geprägt durch vor- bis inneralpine Topographie. Vom Gotthardmassiv (Magmatische Gesteine) bis zum Höhenzug des Seelisberg (Sedimentgesteine) am Vierwaldstättersee sind sehr unterschiedliche Gesteinsarten vorhanden. Die Höhenunterschiede vom tiefsten Punkt am Urnersee (434 m ü.M.) bis zum Gipfel des Damastockes auf 3630 m ü.M., sowie die eng eingeschnittenen Täler prägen das Urnerland in vielerlei Hinsicht.

Der Kanton Uri weist eine Fläche von 1077 km² auf und zählt gut 35'000 Einwohner. Er ist damit einer der am wenigsten dicht besiedelten Kantone der Schweiz. Der grösste Ort, und Hauptort des Kantons, ist Altdorf mit 8'900 Einwohnern. Uri umfasst 20 politische Gemeinden. Die Hälfte der Fläche des Kantons ist unproduktives Land, 20 % ist mit Wald bestockt, 27 % beträgt die Landwirtschaftsfläche und gut 2 % fällt auf die Siedlungsfläche (BFS, Arealstatistik 2004/09).

Das Rückgrat der Urner Wirtschaft sind die KMU-Betriebe, welche insbesondere im Baugewerbe, Maschinenbau, in der Elektroindustrie, der Gummi- und Kunststofftechnologie sowie im Tourismus tätig sind. Das wichtigste Tourismusgebiet ist Andermatt.

Das Bruttoinlandprodukt des Kantons Uri betrug im Jahr 2010 rund 1.7 Mia. CHF oder 0.3% des gesamtschweizerischen BIP von 572.7 Mia. CHF (BFS 2014; zu laufenden Preisen). Dies entspricht einem BIP pro Einwohner des Kantons Uri von rund 48'000 CHF.

Einer der wichtigsten Nord-Süd-Alpenübergänge führt durch den Kanton Uri. Der Gotthardpass hat eine grosse Bedeutung für den Kanton sowie für die gesamte Schweiz und den europäischen Nord-Süd-Verkehr. Weitere wichtige Pässe im Kanton Uri sind der Klausen-, Susten-, Oberalp- und Furkapass.



Figur 2 Kanton Uri (Quelle: <http://www.lisag.ch/>)

2.3. AUSGANGSLAGE IM KANTON URI

Der Kanton Uri hat sich in verschiedenen kantonsinternen Projekten und Berichten mit dem Klimawandel und den vom Klimawandel betroffenen Bereichen befasst und damit eine sehr gute Grundlage für die Fallstudie geschaffen. Zu nennen sind insbesondere die „Klimarisikoanalyse des Kantons Uri“ (internes Dokument, Amt für Umweltschutz 2011), die „Klimastrategie des Kantons Uri“ zum Umgang mit dem Klimawandel (Gesundheits-, Sozial- und Umweltdirektion 2011) sowie der zusammenfassende Bericht „Die Anpassungsstrategie des Bundes und die Klimarisikoanalyse des Kantons Uri“ (Amt für Umwelt 2012). Im Weiteren wurde in jüngster Vergangenheit der Klimabericht Urschweiz veröffentlicht (MeteoSchweiz 2013f), welcher sich insbesondere mit der Analyse des vergangenen Klimas befasst und die zukünftige Klimaentwicklung mit Hilfe der Temperaturentwicklung, der Niederschlagentwicklung und verschiedener Klimaindikatoren für die Kantone Uri, Schwyz, Nidwalden und Obwalden aufzeigt. Es wurden jedoch keine Kostenschätzungen vorgenommen.

In diesem Zusammenhang soll nochmals auf den Umstand der spezifischen Urner Wirtschaftsleistung unter Punkt 2.2 hingewiesen werden. Aufgrund der im Vergleich zu anderen Kantonen geringen Wirtschaftsleistung haben je nach Auswirkungsbereich bereits kleinere monetäre Änderungen relativ bedeutenden Folgen. Die in der vorliegenden Fallstudie abgeschätzten klimabedingten Veränderungen sind daher stets vor diesem Hintergrund zu verstehen und zu interpretieren. Ein direkter Vergleich mit anderen Fallstudienregionen ist daher oftmals schwierig, da Veränderungen in gleicher Grössenordnung für andere Fallstudiengebiete relativ unbedeutend sein können.

LITERATUR KAPITEL 2

- AfU (Amt für Umwelt Uri) 2012:** Anpassung an die Klimaänderung. Die Anpassungsstrategie des Bundes und die Klimarisikoanalyse des Kantons Uri. Zusammenfassender Bericht.
- AfU (Amt für Umwelt Uri) 2011:** Klimarisikoanalyse des Kantons Uri. Eine Arbeit im Hinblick auf Anpassungsmassnahmen im Umgang mit dem Klimawandel. Internes Dokument.
- Amt für Gesundheit-, Sozial- und Umweltdirektion 2011:** Umgang mit dem Klimawandel. Klimastrategie des Kantons Uri.
- BFS 2014:** Bruttoinlandprodukt (BIP) nach Grossregion und Kanton im Jahr 2010 (revidiert). Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- BFS, 2004 / 2009:** Arealstatistik 2004/09. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- CH2011 2011:** Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88p.
- EBP/SLF/WSL 2013a:** Pilotprojekt Analyse klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz, Schlussbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom Juli 2011)
- EBP/SLF/WSL 2013b:** Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Methodenbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)
- EBP/SLF/WSL 2013c:** Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Ergebnisbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)
- EBP/SLF/WSL 2013d:** Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Arbeitsdokumentation; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)
- MeteoSchweiz 2013f:** Klimabericht Urschweiz 2013. Fachbericht MeteoSchweiz, 246, 66 pp.

3. VORGEHEN UND ELEMENTE DER ANALYSE

3.1. ÜBERSICHT ZUM VORGEHEN

In der Fallstudie Uri werden für den Zustand heute und für zwei Klimaszenarien die Risiken und Chancen für den Zeithorizont 2060 analysiert. Grundlage ist eine sogenannte Relevanzmatrix, welche jedem Auswirkungsbereich die relevanten Gefahren und Effekte des Klimawandels zuordnet. Basierend auf den erwarteten klimatischen Veränderungen werden die Konsequenzen in den verschiedenen Auswirkungsbereichen quantitativ oder qualitativ abgeschätzt.

Eine Zusammenstellung der in dieser Studie angewandten Klimaszenarien und Klimaindikatoren findet sich im Kapitel 3.1.2. Aufgrund der aus Klimamodellen abgeleiteten Informationen zu zwei möglichen Szenarien für den Zeithorizont 2060 wurden die Veränderungen spezifischer Gefahren und Effekte (gemäss Relevanzmatrix in Kapitel 4.1) abgeleitet. Diese Aussagen basieren dabei weitgehend auf der vorhandenen Literatur und Expertenaussagen. In einigen Fällen musste das Autorenteam aufgrund von ungenügender Datenlage eigene Einschätzungen vornehmen (Kapitel 3.2).

Aus der Veränderung der klimabedingten Gefahren und Effekte werden dann die entsprechenden Auswirkungen auf die betroffenen Sektoren abgeschätzt. Dazu werden in einem ersten Schritt die heutigen Kosten und Erträge quantifiziert und basierend auf den erwarteten Veränderungen werden dann die erwarteten Kosten und Erträge für den Zeithorizont 2060 berechnet. Aus der Veränderung im Vergleich zum heutigen Zustand können somit die Chancen und Risiken des Klimawandels identifiziert werden.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheit in der heutigen Datengrundlage und der Berechnung der zukünftigen Auswirkungen werden die gesamthaft zu erwartenden Kosten oder Erträge pro Auswirkungsbereich berechnet (Kapitel 4). Aus dem Vergleich der erwarteten Veränderungen in den verschiedenen Auswirkungsbereichen werden dann im Rahmen einer Synthese (Kapitel 5) die Bereiche identifiziert, die am stärksten vom Klimawandel betroffen sind.

Das Vorgehen zur Fallstudie Uri ist im Methodenbericht zur schweizweiten Analyse klimabedingter Risiken und Chancen vorgegeben (siehe EBP/SLF/WSL 2013a,b), entsprechend folgen die Methodik und die Ausführungen dieser Studie weitgehend diesen Vorgaben. Abweichungen sind im Kapitel 3.5 dokumentiert. Anpassungen waren unter anderem nötig, um den spezifischen Gegebenheiten von Gebirgskantonen Rechnung zu tragen. Je nach Höhenlage sind grosse Unterschiede in den klimabedingten Auswirkungen zu erwarten. So ist zum Beispiel der Skitourismus vor allem von den klimatischen Veränderungen im Gebirge betroffen, während bei der Landwirtschaft hauptsächlich die klimatischen Veränderungen in den tieferen Lagen von

Bedeutung sind. Klimaszenarien sind für zwei Standorte verfügbar (Andermatt 1447 m ü.M. und Altdorf 458 m ü.M.). In Gebieten über 800 m ü.M. werden die Auswirkungen basierend auf den erwarteten Veränderungen am Standort Andermatt berechnet. Diese Gebiete werden in dieser Studie als hohe Lagen definiert. Die Auswirkungen in den tieferen Lagen (< 800 m ü.M.) werden entsprechend basierend auf dem Klimaszenario der Station Altdorf berechnet. Die Unterscheidung zwischen hohen und tiefen Lagen wird nur in jenen Auswirkungsbereichen gemacht, bei welchen diese Differenzierung sinnvoll ist und eine genügende Datengrundlage vorhanden ist.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass für einige der Kombinationen von Auswirkungsbereichen und Gefahren/Effekten nur eine ungenügende oder keine Datenquelle vorhanden war. Daher war es für das Autorenteam in einigen Fällen auch unter Einbezug von Experten nicht möglich, die erwarteten Auswirkungen abzuschätzen. In diesen Fällen musste auf eine Darstellung der Gefahren/Effekte verzichtet werden, obwohl sie potentiell signifikante Ausmasse annehmen könnten.

Definitionen und Begrifflichkeiten

Kosten und Erträge:

Die quantifizierten Auswirkungen der Gefahren und Effekte werden als Kosten und Erträge bezeichnet. Kosten können einerseits regelmässig anfallende Kosten umfassen (z.B. Heizenergiekosten, die im Mittel pro Jahr anfallenden Kosten) und andererseits können sie Schadenskosten einzelner Ereignisse beinhalten, welche durch eine Naturgefahr verursacht werden oder durch ein Naturereignis entstehen (z.B. Hochwasserschäden). Schadenskosten werden basierend auf historischen Ereignissen abgeschätzt. Regelmässig anfallende Kosten und Erträge werden anhand der aktuellsten bestehenden Datengrundlagen abgeschätzt (wo nicht anders angegeben beziehen sich die Kosten und Erträge auf das Referenzjahr 2010). Kosten werden immer mit negativem Vorzeichen und Erträge mit positivem Vorzeichen aufgeführt.

Wiederkehrperiode:

Der Begriff der Wiederkehrperiode steht synonym für Rückkehrperiode oder Jährlichkeit. Er wird im Zusammenhang mit dem statistischen Auftreten von einzelnen Ereignissen verwendet. Ein Ereignis das statistisch betrachtet alle 10 Jahre zu erwarten ist, hat demnach eine Wiederkehrperiode von 10 Jahren (IAC ETHZ 2007).

Risiken und Chancen:

In der vorliegenden Studie beziehen sich die Begriffe Risiken und Chancen auf die klimabedingte Veränderung von Kosten und Erträgen. Eine Reduktion der Kosten oder eine Zunahme der Erträge zwischen der heutigen Situation und dem Szenario 2060 werden als Chance bezeichnet. Zunehmende Kosten und abnehmende Erträge werden entsprechend als klimabedingte Risiken bezeichnet.

Neben den erwarteten klimatischen Veränderungen haben auch die sozioökonomischen und demographischen Entwicklungen einen starken Einfluss auf die untersuchten Auswirkungsbereiche. Daher wurde auch ein sozioökonomisches und demographisches Szenario erstellt, um die durch den Klimawandel zu erwartenden Gefahren und Effekte pro Auswirkungsbereich in Relation zu Bevölkerungswachstum, Wirtschaftsumfeld und sozialen Veränderungen zu setzen. Der Fokus dieser Studie liegt jedoch primär auf den klimabedingten Auswirkungen und daher werden die sozioökonomischen Auswirkungen nicht im gleichen Detaillierungsgrad untersucht, sondern nur qualitativ beschrieben. (Kapitel 2.4). Die Folgen der demographischen und der wirtschaftlichen Entwicklung sind jedoch nicht von untergeordneter Bedeutung und müssen bei der konkreten Ausarbeitung der Anpassungsmassnahmen berücksichtigt werden. Dies ist jedoch nicht Teil dieser Studie und daher werden die sozioökonomischen Auswirkungen nur qualitativ untersucht..

Berücksichtigung von Anpassungsmassnahmen

Diese Studie zeigt die klimabedingten Risiken und Chancen um das Jahr 2060 *ohne* Berücksichtigung allfälliger Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel. Sie soll als Grundlage dienen, um zu einem späteren Zeitpunkt den Anpassungsbedarf zu bestimmen und entsprechende Massnahmen auszuarbeiten.

Bis zu einem gewissen Grad ist eine Anpassung auch ohne neue Anpassungsmassnahmen möglich, z.B. durch intensiveres Nutzen bestehender Bewässerungsanlagen in der Landwirtschaft. Diese Art der Anpassung wurde in dieser Analyse zum Teil berücksichtigt. Dazu gehört z.B. auch der Baumartenwechsel in der Waldwirtschaft im Rahmen der normalen Bewirtschaftung. Diese Massnahmen haben häufig schon einen grossen Effekt.

3.2. ANALYSE QUALITATIVER UND QUANTITATIVER INFORMATIONEN

Die erwarteten Auswirkungen durch Gefahren und Effekte des Klimawandels werden zunächst für jeden Wirkungsbereich auf Basis einer Literaturrecherche zusammengestellt. Die in der Studie hergeleiteten Veränderungen dieser Gefahren und Effekte verstehen sich als gemittelte zu erwartende Änderung - als Produkt von veränderten Klimaparametern und den daraus resultierenden Veränderungen der spezifischen Prozesse - für alle Wirkungsbereiche. Die Transformation von der Änderung der Klimaparameter zur Änderung der Prozesse der Gefahren und Effekte bis hin zur Veränderung der Kosten oder Erträge in den Wirkungsbereichen wurde in der Abschätzung bereits vorgenommen. Die ausgewiesenen Veränderungen verstehen sich nicht als Veränderung der Extreme oder der Veränderung unter Berücksichtigung diverser Rückkopplungseffekte.

Für jeden Wirkungsbereich werden diese in quantitativ und qualitativ analysierte Auswirkungen eingeteilt (vgl. Kapitel 5.1). Alle Klimafolgen, durch die ein massgeblicher Einfluss auf die Entwicklung der Risiken und Chancen erwartet wird, werden soweit möglich quantitativ analysiert. In den Fällen, wo eine entsprechende Datengrundlage fehlt, werden die Gefahren und Effekte in diesem spezifischen Wirkungsbereich lediglich qualitativ analysiert. In der Gesamtbilanz der Chancen und Risiken werden die Ergebnisse der qualitativen Analyse jedoch auch mitberücksichtigt.

Um die Auswirkungen sektorübergreifend vergleichen zu können, müssen alle Auswirkungen monetarisiert werden. Wo möglich werden daher für die Quantifizierung der Auswirkungen Daten zu den heutigen Kosten und Erträgen verwendet. Fehlt eine solche Datengrundlage, werden geeignete Indikatoren verwendet, welche dann monetarisiert werden.

3.2.1. SENSITIVITÄTSANALYSEN

Einzelne Gefahren und Effekte lassen sich im Zusammenhang mit den klimatischen Veränderungen nicht für die Zukunft abschätzen. Dazu gehören typischerweise kleinräumige atmosphärische Erscheinungen wie Hagel, Sturmwinde oder Gewitter genereller Art. Da jedoch diese Gefahren und Effekte expliziter Bestandteil der Analyse sind, werden sie im Rahmen von Sensitivitätsanalysen dennoch in den Fallstudien betrachtet. Dabei werden zu den heutigen bekannten Kosten (oder Erträgen) Änderungen von +50% und -50% addiert, respektive subtrahiert, um zu sehen, wie sensitiv sich diese Veränderungen auf die Gesamtbilanz auswirken. Dies erlaubt zumindest einzelne Gefahren und Risiken als ernstzunehmende mögliche Risiken oder Chancen für den Zeithorizont 2060 zu eruieren, so dass deren zukünftiges Schadenpotenzial innerhalb der

Fallstudie nicht unterschätzt wird. Andernfalls kann die Schlussfolgerung getroffen werden, dass die Veränderung dieser Gefahren und Effekte im Rahmen der Gesamtbetrachtung irrelevant ist.

3.3. ERWARTUNGSWERTE, AGGREGATION

Erwartungswerte:

Die Auswirkungen werden anhand des jährlichen Erwartungswerts quantifiziert. Dieser entspricht dem Schaden bzw. dem Ertrag, der im Mittel pro Jahr zu erwarten ist.

Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Auswirkungsbereiche zu gewährleisten, werden die Auswirkungen monetär quantifiziert. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen den erwarteten klimabedingten Veränderungen und den daraus resultierenden Auswirkungen angenommen.

Für die Quantifizierung der Schäden von seltenen Ereignissen, z. B. grossen Hochwassern, sind jährliche Erwartungswerte nicht aussagekräftig. Daher werden im Folgenden bei Gefahren, die von seltenen Einzelereignissen geprägt sind, neben den jährlichen Erwartungswerten auch die erwarteten Auswirkungen eines 100-jährlichen Ereignisses untersucht. In vielen Fällen ist eine Quantifizierung des 100-jährlichen Ereignisses aufgrund der heutigen Datengrundlage nicht möglich. Da für die unterschiedlichen Auswirkungen keine einheitlichen Zeitreihen vorhanden sind, werden sowohl die jährlichen als auch die 100-jährlichen Erwartungswerte aus den jeweils verfügbaren Daten geschätzt und basieren daher je nach Wirkungsbereich und Effekt auf unterschiedlich langen Zeitreihen. Die berechneten Werte sind daher je nach Qualität der Datengrundlage mit unterschiedlich grosser Unsicherheit behaftet. Die Unsicherheit wird in Form von sogenannten Unschärfen klassifiziert. Die Methodik der Unsicherheitsanalyse wird im folgenden Kapitel erläutert.

Die auf der heutigen Datengrundlage geschätzten, klimabedingten Auswirkungen basieren auf der Annahme, dass sich die zugrundeliegenden Prozesse und Zusammenhänge nicht verändern. Zudem wird in dieser Studie angenommen, dass sich die Auswirkungen linear zur klimatischen Veränderung verhalten. Diese Annahmen sind jedoch nicht immer gerechtfertigt. Sowohl das Klima wie auch die klimabedingten Auswirkungen sind stark durch nichtlineare Prozesse geprägt. So können zum Beispiel bei Überschreitung eines Schwellenwerts, Auswirkungen entstehen, deren Ausmass basierend auf der heutigen Datengrundlage nicht abgeschätzt werden können. Daher sind deutlich gravierendere klimabedingte Folgen möglich. Solche sogenannten Wildcards werden in dieser Studie ebenfalls beschrieben, um qualitativ einschätzen zu können, ob die abgeschätzten Risiken unter Umständen auch noch deutlich höher ausfallen könnten.

Nichtlinearitäten können jedoch auch dazu führen, dass die erwarteten Effekte nicht oder erst später als erwartet auftreten könnten.

Aggregation:

Die pro Gefahr und Effekt ermittelten Auswirkungen werden für jeden Wirkungsbereich auch gesamthaft bewertet. Dazu werden die Auswirkungen unterteilt in solche, die sich durch den Klimawandel negativ verändern werden (Risiken) und solche, die durch die erwarteten Veränderungen positiv beeinflusst werden (Chancen). Die Auswirkungen der einzelnen Effekte werden entsprechend aufsummiert. In der aggregierten Form können dann Auswirkungen mit zu erwartenden Chancen denen mit Risiken gegenübergestellt werden. Zudem wird für jeden Wirkungsbereich die Gesamtbilanz berechnet, indem die Auswirkungen sämtlicher Effekte aufsummiert werden.

Aus den aggregierten Auswirkungen werden dann die Chancen und Risiken als Differenz zum heutigen Erwartungswert berechnet. Diese Resultate bilden die Grundlage für den Sektor-übergreifenden Vergleich.

Chancen umfassen einerseits Kosten, bei denen in Zukunft eine Abnahme zu erwarten ist, sowie Erträge, die im Vergleich zu heute zunehmen könnten. Die Veränderungen mit umgekehrtem Vorzeichen werden entsprechend als Risiken betrachtet. Es ist jedoch zu beachten, dass sich unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, welche in vielen Fällen grösser als die abgeschätzte Veränderung ausfallen können, die erwarteten Chancen zu Risiken entwickeln können und umgekehrt.

3.4. SYSTEMATISCHE BERÜCKSICHTIGUNG VON UNSCHÄRFEN

Unschärfeklassen

Die Abschätzung der klimabedingten Auswirkungen ist mit beträchtlicher Unsicherheit behaftet. Einerseits sind das Ausmass der klimatischen Veränderungen und die daraus resultierenden Gefahren und Effekte unsicher und andererseits besteht eine grosse Unsicherheit bei den erwarteten Auswirkungen. Zudem können auch die heutigen Gefahren und Effekte, sowie die Erträge und Kosten aufgrund der verfügbaren Daten nicht genau abgeschätzt werden. Diese Unsicherheiten werden in Erweiterung der vorgegebenen Methodik (EBP/SLF/WSL 2013a,b) in Form von sogenannten Unschärfen gemäss der folgenden Tabelle quantifiziert:

Kategorie	Beschreibung	Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario)
0	„sehr gering“	$0.93 < f < 1.1$
1	„gering“	$0.8 < f < 1.3$
2	„mittel“	$0.5 < f < 2$
3	„gross“	$f < 0.5$ respektive $f > 2$

Tabelle 1 Definition der verwendeten Unschärfekategorien (adaptiert nach EBP/SLF/WSL 2013a,b).

Die Unschärfefaktoren beziehen sich auf den Absolutwert der erwarteten Erträge und Kosten pro Szenario und nicht auf die Veränderung zwischen den Klimaszenarien. Da in vielen Fällen die Unsicherheiten in Bezug auf die Veränderung und in Bezug auf die zukünftigen Auswirkungen nur ungenau abgeschätzt werden können, wird nur die Gesamtunsicherheit des erwarteten Werts geschätzt.

Vereinfachter Ansatz zur Aggregation der Unschärfen

Die Grenzen des Unschärfebereichs werden durch Multiplikation des jährlichen Erwartungswerts (E) mit dem Unschärfefaktor (f) gemäss Tabelle 1 berechnet.

Beispiel: Erwartungswert E_G der Gefahr G habe die Unschärfe „mittel“:

$$\max(U_{G,S}) = E_G \cdot f_{max} = E_G \cdot 2$$

$$\min(U_{G,S}) = E_G \cdot f_{min} = E_G \cdot 0.5$$

G : Gefahr/Effekt

U : Unschärfebereich

E : Erwartungswert

S : Klimaszenario *schwach*, *stark*, heutige Situation

Für jeden Auswirkungsbereich (A) wird die Unschärfe (U) der über alle Gefahren und Effekte aggregierten Kosten und Erträge für die heutige Situation, sowie für die beiden Klimaszenarien berechnet. Die Grenzen des Unschärfeintervalls ($U_{A,S,max}$ und $U_{A,S,min}$) werden berechnet, indem das Maximum, respektive das Minimum des Unschärfebereichs der einzelnen Gefahren und Effekte eines Szenarios (S) aufsummiert werden.

Obere Grenze des Unschärfebereichs pro Auswirkungsbereich:

$$U_{A,S,max} = \sum_{G \in A} \max(U_{G,S})$$

S : Klimaszenario *schwach*, *stark*, heutige Situation

A : Auswirkungsbereich

Untere Grenze des Unschärfebereichs pro Auswirkungsbereich:

$$U_{A,S,min} = \sum_{G \in A} \min(U_{G,S})$$

Aggregation der Unschärfen der Veränderungen

In der Synthese in Kapitel 1 werden nicht wie in den vorherigen Kapiteln die absoluten Grössen der betrachteten Risiken und Chancen betrachtet, sondern es wird die Differenz der Erwartungswerte zwischen dem Klimaszenario S (*schwach* resp. *stark*) und dem Zustand *heute* gebildet, und damit die erwartete Veränderung (V) der Grössen dargestellt:

$$V_S = E_S - E_{heute}$$

Der Unschärfebereich der erwarteten Veränderungen (U_V) wird folgendermassen abgeschätzt:

Die untere Grenze des Unschärfebereichs der Veränderung wird über die Differenz zwischen der unteren Grenze des aggregierten Unschärfebereichs des jeweiligen Klimaszenarios im Vergleich zum heutigen Erwartungswert ermittelt.

Untere Grenze des Unschärfebereichs der Veränderung ($U_{V,min}$):

$$U_{V,S,min} = U_{A,S,min} - E_{heute}$$

Die Berechnung der oberen Grenze des Unschärfebereichs erfolgt analog. Obere Grenze des Unschärfebereichs der Veränderung ($U_{V,max}$):

$$U_{V,S,max} = U_{A,S,max} - E_{heute}$$

Der daraus resultierende Unschärfebereich basiert auf der vereinfachenden Annahme, dass die Unsicherheit des heutigen Erwartungswerts im Vergleich zum Erwartungswert im Klimaszenario klein ist.

Korrelationen zwischen den einzelnen Gefahren und Effekten werden nicht explizit berücksichtigt. Die Untergrenze des Unschärfebereichs stellt die Situation dar, in der die maximal erwarteten Risiken und die minimal erwarteten Chancen durch die verschiedenen Gefahren/Effekte in einem Auswirkungsbereich gleichzeitig eintreffen („worst case“ Szenario). Die Obergrenze des Unschärfebereichs stellt entsprechend die Situation dar, in der bei allen Gefahren/Effekten minimal erwartete Risiken und maximal erwartete Chancen gleichzeitig eintreffen („best case“ Szenario). Diese Grenzen stellen somit die maximal möglichen Chancen und Risiken dar, welche jedoch nur eine geringe Eintretenswahrscheinlichkeit haben.

Limitierungen durch die Methodik

Die in dieser Studie angewandte Methodik zur Bestimmung der Unsicherheiten in Form von Klassifizierungen in Unschärfeklassen und deren Anwendung auf die absoluten Werte kann zum Teil zu ungewollten Effekten (Artefakten) führen. So können zum Beispiel abnehmende Kosten in den beiden *Klimaszenarien schwach und stark* unter Anwendung gleicher Unschärfefaktoren zu scheinbar grösseren absoluten Unsicherheiten beim *Klimaszenario schwach* führen, wenn der Absolutbetrag beim *Klimaszenario stark* insgesamt geringer ist. Diese Artefakte sind jedoch auf die vorgegebene Methodik zurückzuführen. Es wird empfohlen, diesen Ansatz in zukünftigen Studien anzupassen.

3.5. UNTERSCHIEDE ZUR METHODIK DER FALLSTUDIE AARGAU

In der vorliegenden Studie musste in einigen Punkten von der vorgegebenen Methodik gemäss dem Methodenbericht (EBP/SLF/WSL 2013a,b) und der Fallstudie Aargau (EBP/SLF/WSL 2013c,d) abgewichen werden:

- Die Unschärfen der Chancen und Risiken wurde nicht mit einer Monte Carlo Simulation geschätzt, sondern wird basierend auf der in Kapitel 2.4 beschriebenen Methodik zur Fortpflanzung von Unsicherheiten berechnet.
- Die Unsicherheit in den erwarteten Risiken und Chancen wird ebenfalls über sogenannte Unschärfekategorien analysiert. Anstelle von 3 verwendeten Unschärfeklassen wird in dieser Studie für die heutige Situation eine weitere Unschärfekategorie eingeführt, um auch Parameter mit sehr geringen Unschärfen („Stand heute“) besser erfassen zu können (siehe Kapitel 3.4).
- Aussagen zu den Gefahren und Effekten: Auch heute ist nicht in jedem Fall eine zu hundert Prozent sichere Aussagen zu den Auswirkungen der Gefahren und Effekten, in

Bezug auf deren Frequenz und Intensität möglich. In vielen Fällen der Szenarien handelt es sich um Abschätzungen oder Modellierungen mit entsprechenden Unsicherheiten. Wo möglich wird eine Aussage zur Frequenz oder Intensität der Prozesse gemacht, welche aber aufgrund der vorhandenen Unsicherheiten als Grössenordnung zu werten ist.

- Anwendung der Gefahren und Effekte auf die Auswirkungsbereiche: Wie vorgängig erwähnt, bestehen z.T. grosse Unsicherheiten im Bereich der Gefahren und Effekte (Situation „heute“ und Entwicklung im Jahr 2060). Im Sinne der Einheitlichkeit wurde die abgeschätzte Entwicklung der Gefahren und Effekte linear auf die Veränderung der Kosten- und Erträge-Abschätzung für das Jahr 2060 in den jeweiligen Auswirkungsbereichen angewendet, obwohl bekannt ist, dass viele dieser Prozesse (stark) nichtlinear reagieren dürften. Dies ist eine sehr starke Vereinfachung der Situation auf Grund der geringen Datenverfügbarkeit und Prozesskenntnisse, welche aber die ohnehin bestehenden Unsicherheiten soweit wie möglich berücksichtigt.
- Die Auswirkungen durch das sozioökonomische Szenario werden zur Vereinfachung und in Anbetracht der grossen Unschärfen nicht quantitativ in absoluten Grössen analysiert, sondern qualitativ in Relation zu den klimabedingten Auswirkungen als grösser, kleiner oder gleich gross kategorisiert.

LITERATUR KAPITEL 3

EBP/SLF/WSL 2013a: Pilotprojekt Analyse klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz, Schlussbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom Juli 2011)

EBP/SLF/WSL 2013b: Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Methodenbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)

EBP/SLF/WSL 2013c: Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Ergebnisbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)

EBP/SLF/WSL 2013d: Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Arbeitsdokumentation; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)

IAC ETHZ 2007: Klimasystem und Wasserkreislauf – Vorlesung Erd- und Produktionssysteme, Herbstsemester 2007. Institut für Atmosphäre und Klima, ETH Zürich.

4. SZENARIEN URI UND RESULTIERENDE GEFAHREN UND EFFEKTE

4.1. KLIMA FRÜHER, HEUTE UND UM 2060

4.1.1. KLIMA FRÜHER UND HEUTE

a) Klimaentwicklung

Globale Veränderungen des Klimas wirken sich regional unterschiedlich stark aus. Klimabedingte Veränderungen, die global registriert werden, können daher nicht direkt auf die Schweiz übertragen werden. Als Beispiel hat sich die mittlere Temperatur der Schweiz seit dem Beginn der Industrialisierung (1864-2011) um 1.7°C erhöht. Das ist ungefähr ein Drittel höher als der Anstieg der Temperatur auf den Landoberflächen der Nordhalbkugel, der 1.1°C betrug (Perroud und Bader 2013). Der Anstieg der Temperatur in der Schweiz ist somit stärker als im globalen Mittel. Verfolgt man die Entwicklung der Niederschläge, so sind in der Schweiz keine signifikanten Trends festzustellen (Perroud und Bader 2013).

In der Wissenschaft besteht ein breiter Konsens darüber, dass der anthropogene Anteil an zusätzlichen Treibhausgasen in der Atmosphäre der Hauptverursacher für die klimatischen Änderungen darstellt (IPCC 2007; IPCC 2013). Die Konzentration von CO₂ (als eines der wichtigsten Treibhausgase) in der Atmosphäre ist als Folge von menschlichen Aktivitäten von einem vorindustriellen Wert von 280 ppm (parts per million) im Jahr 1750 auf über 393 ppm im Jahr 2011 angestiegen (Perroud und Bader 2013). Im Mai 2012 wurde auf Mauna Loa, Hawaii sogar zum ersten Mal seit Beginn der CO₂ Aufzeichnungen die Marke von 400 ppm überschritten (NOAA 2012). Die heutigen CO₂-Konzentrationen übertreffen die aus Eisbohrkernen der Antarktis bekannte Bandbreite der letzten 650 000 Jahre (180 bis 300 ppm) bei Weitem (IPCC 2007).

b) Klima heute Kanton Uri

Die klimatischen Bedingungen im Kanton Uri sind sehr heterogen. In den hochalpinen Lagen herrschen das ganze Jahr über winterliche Bedingungen, verbunden mit Schneefällen und Frost vor, welche auch während den Sommermonaten auftreten können. Im Talboden rund um Altdorf hingegen können sommerlich heisse Temperaturen herrschen, welche unterstützt durch die häufig auftretenden Föhnlagen und die Topografie zu Temperaturen führen können, wie man sie insbesondere im Winter nur in weit südlicheren Lagen erwarten würde.

Um das Klima von heute zu charakterisieren, werden hier die Messwerte der beiden Swiss-MetNet⁵ Stationen Altdorf und Andermatt analysiert. Die Messwerte dieser beiden Stationen der Normperiode 1981-2010 bilden zugleich die gültige Referenz für das Urner Klima „heute“.

Klima heute:

Klimaparameter gemäss Normperiode 1981-2010.

Klima heute Altdorf

Die Messstation in Altdorf befindet sich auf 438 m über Meer. In der Tabelle 2 sind ausgewählte Klimanormwerte der Station Altdorf für die Referenzperiode 1981-2010 aufgelistet. Die mittlere Temperatur betrug in der Normperiode 9.8°C. Es werden im Mittel 80 Frosttage und 43 Sommertage gezählt. Im Jahresmittel fällt 1185 mm Niederschlag, wobei an rund 14 Tagen mit Schnee zu rechnen ist.

Station Altdorf	Jahresmittelwert der Normperiode 1981-2010
Temperatur [°C]	9.8
Eistage [Tage]	13.4
Frosttage [Tage]	80.0
Sommertage [Tage]	43.1
Hitzetage [Tage]	5.2
Niederschlag [mm]	1185.0
Niederschlag [Tage]	130.8
Neuschnee [cm]	61.8
Neuschnee [Tage]	13.8

Tabelle 2 Ausgewählte Klimanormwerte für die Normperiode 1981-2010 der Station Altdorf. Legende siehe Glossar.

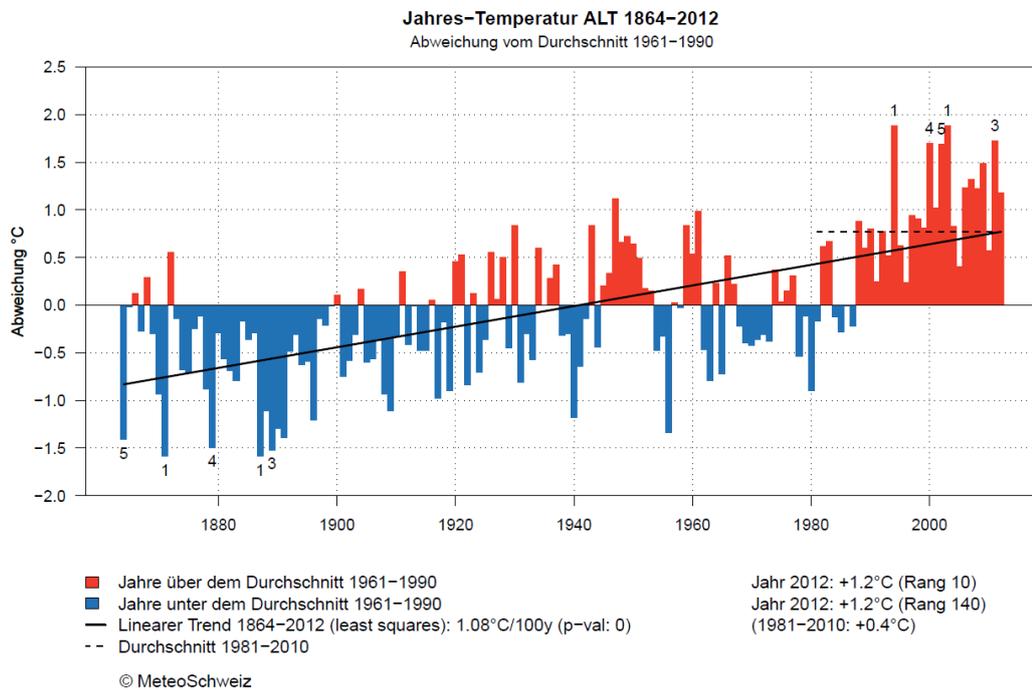
Klimaentwicklung Altdorf 1864-2012

Die Zunahme der Temperatur im Zeitraum 1864-2012 betrug im Mittel an der Station Altdorf (ALT) 0.11 °C pro Dekade (Figur 3). Die fünf wärmsten Jahre seit Messbeginn wurden dabei in

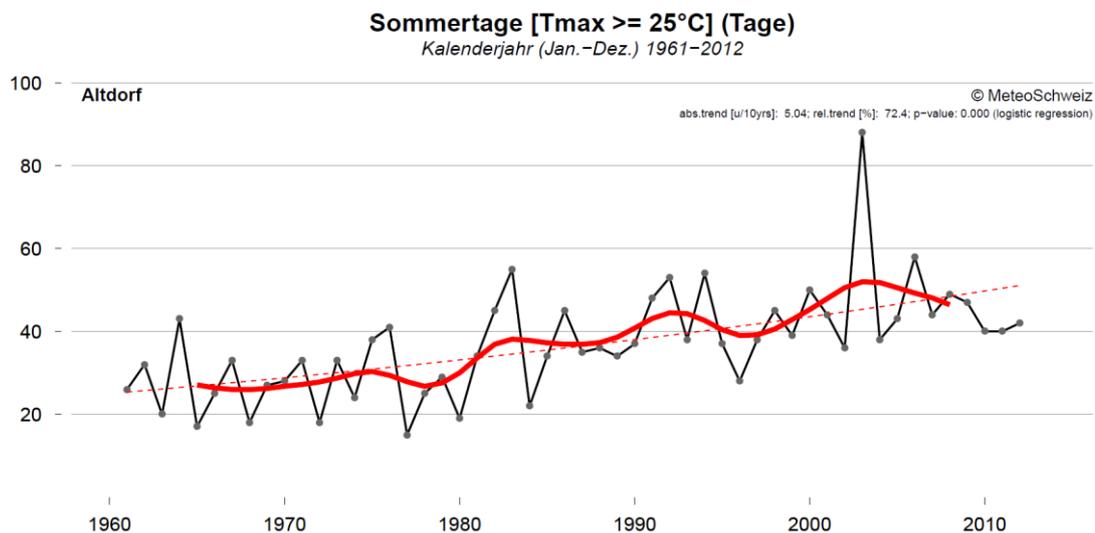
⁵ Das SwissMetNet stellt das Messnetz der automatischen Bodenstationen des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz dar.

(<http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet.html>).

den letzten Dekaden gemessen. Exemplarisch für die Veränderung des Klimas im Kanton Uri sei an dieser Stelle auch die Veränderung der Anzahl Sommertage dargestellt (Figur 4). Seit 1961 wird ein deutlicher Trend in Richtung mehr Anzahl Sommertage sichtbar. Waren im 11-jährlichen Mittel 1965 rund 25 Sommertage zu verzeichnen, waren es um das Jahr 2008 bereits rund 45 Tage.

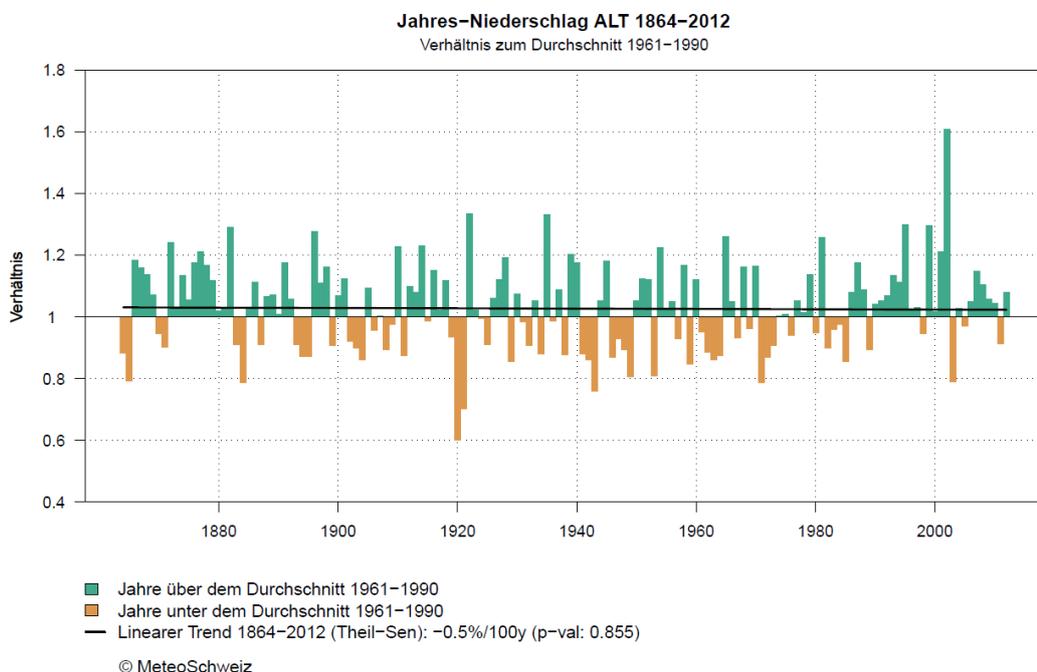


Figur 3 Entwicklung der Jahrestemperatur von 1864-2012 an der Station Altdorf (ALT) auf 438 m ü.M. und deren Abweichungen (Anomalien) im Vergleich zur Periode 1961-1990. Die Zahlen über und unterhalb der Balken geben die Rangierung der wärmsten bzw. kältesten Jahre an. Der wärmste und kälteste Wert wurde zweimal gemessen, daher folgt auf die 1 direkt die Nummer 3. Die Rangierung rechts unten in der Legende zeigt das Jahr 2012 in Bezug auf das wärmste, respektive kälteste Jahr an. Quelle: MeteoSchweiz 2013e.



Figur 4 Anzahl Sommertage [Tage] an der Messstation Altdorf zwischen 1961 und 2012. Die rote Linie zeigt den geglätteten Verlauf der Originalwerte (die Werte werden über 11 Jahre gemittelt dargestellt). Die gestrichelte Linie entspricht dem langfristigen Trend. Quelle: MeteoSchweiz 2013a.

Betrachtet man die Zeitreihe der jährlichen Niederschlagssummen, so ist seit Messbeginn kein signifikanter Trend feststellbar (Figur 5), jedoch eine hohe Variabilität.



Figur 5 Entwicklung der jährlichen Niederschlagssummen von 1864-2012 an der Station Altdorf (ALT) auf 438 m ü.M. und deren Abweichungen (Anomalien) im Vergleich zur Periode 1961-1990. Quelle: MeteoSchweiz 2013e.

Klima heute Andermatt

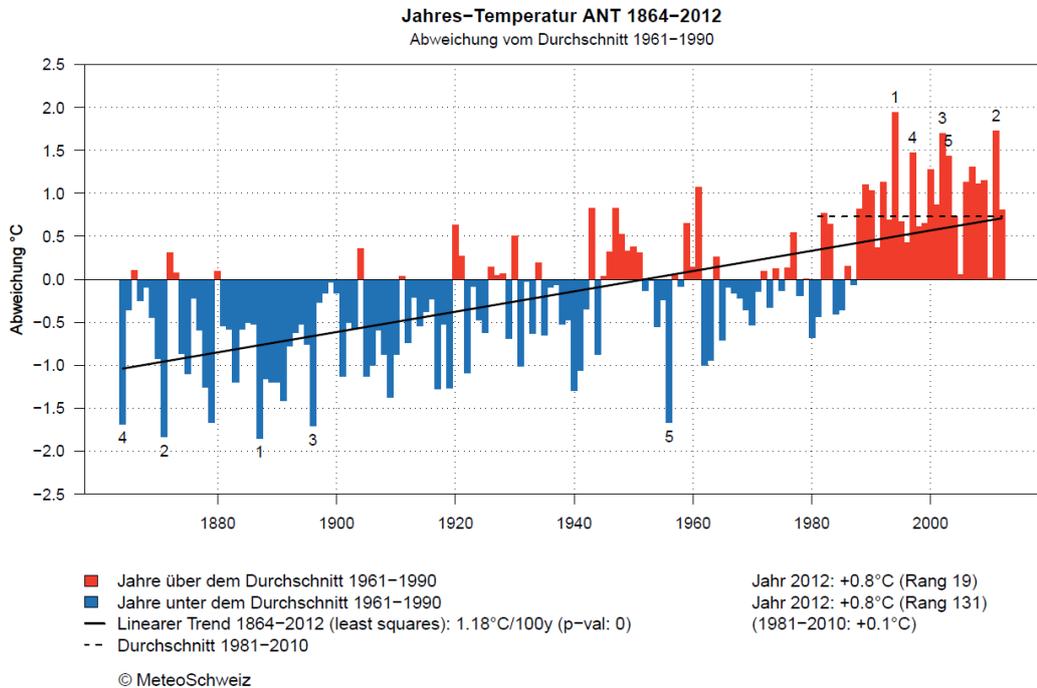
An der Messstation Andermatt (1442 m über Meer) wurde für die Normperiode 1981-2010 eine mittlere Temperatur von 4.2°C gemessen (Tabelle 3). Im Mittel werden an der Messstation Andermatt rund 157 Frosttage gezählt. Während des Jahres fallen 1552 mm Niederschlag. Akkumuliert fallen davon 634 cm als Schnee, wobei im Mittel an 68 Tagen mit Neuschnee zu rechnen ist. Aufgrund zu kurzer Messreihen, können nicht für alle Klimaindikatoren gültige Werte bestimmt werden.

Station Andermatt	Jahresmittelwert der Normperiode 1981-2010
Temperatur [°C]	4.2
Eistage [Tage]	-
Frosttage [Tage]	157.4
Sommertage [Tage]	-
Hitzetage [Tage]	-
Niederschlag [mm]	1552.0
Niederschlag [Tage]	146.6
Neuschnee [cm]	634.0
Neuschnee [Tage]	68.3

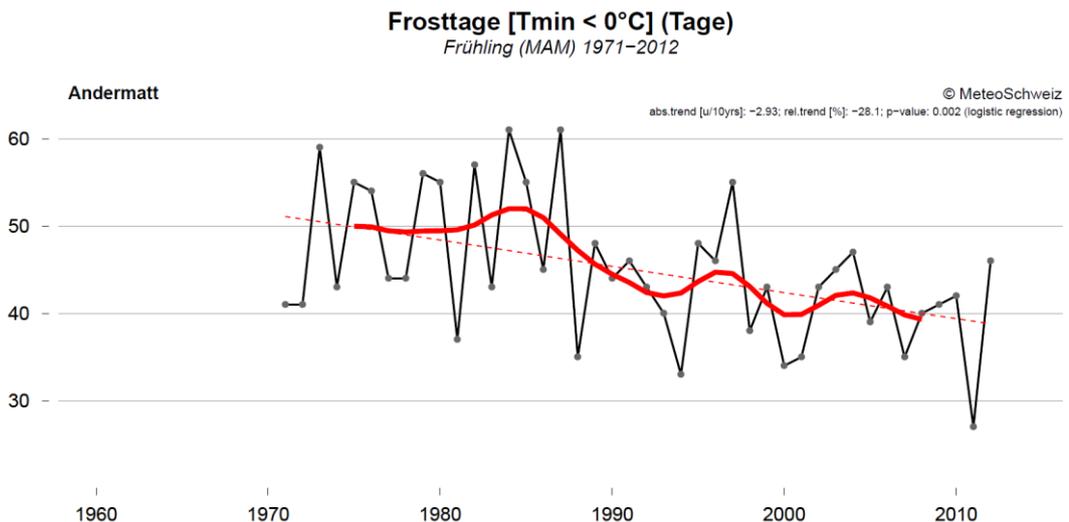
Tabelle 3 Ausgewählte Klimanormwerte für die Normperiode 1981-2010 der Station Andermatt. Legende siehe Glossar. Fehlende Werte sind mit "-" gekennzeichnet.

Klimaentwicklung Andermatt 1864-2012

An der Station Andermatt beträgt die Zunahme der Temperatur im Mittel seit 1864 0.12°C pro Dekade. Die Zunahme der Temperatur wird deutlich, wenn man die zeitliche Entwicklung von 1864-2012 betrachtet (Figur 6). Die fünf wärmsten je registrierten Jahre in Andermatt konzentrieren sich alle auf die letzten zwei Dekaden. Besonders deutlich werden die Veränderungen bei Betrachtung einzelner Klimaindikatoren. Die mittlere Anzahl Frosttage pro Jahr beispielsweise zeigt eine Abnahme um rund 10 Tage seit 1975 (Figur 7), was einer Reduktion von ca. 20% entspricht. Um das Jahr 2008 wurden noch etwa 40 Frosttage pro Jahr gezählt.

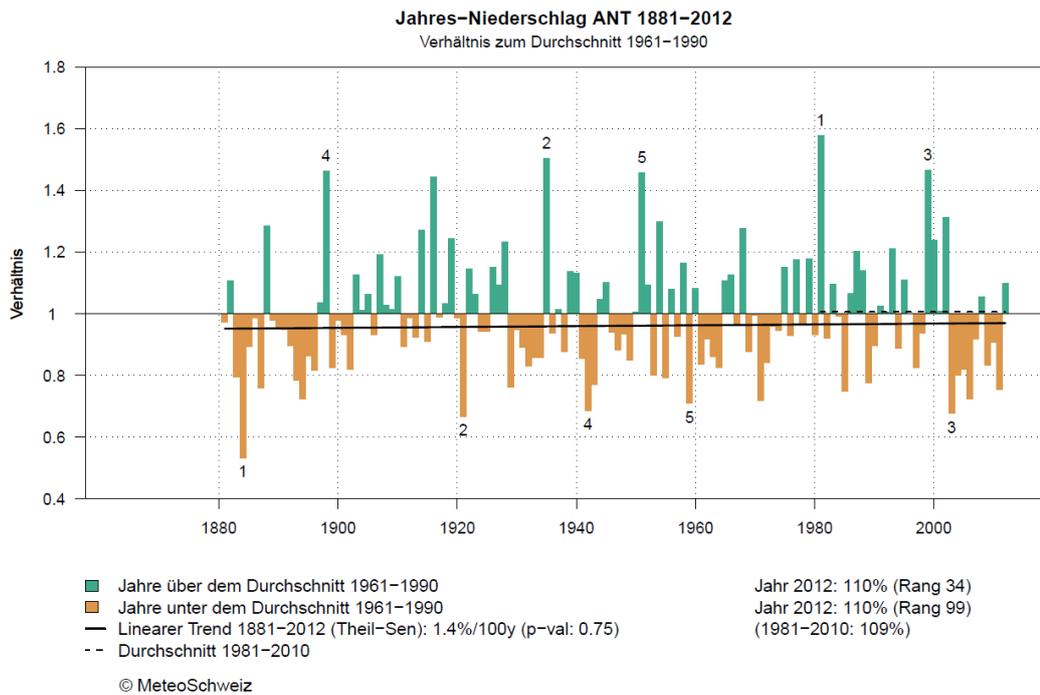


Figur 6 Entwicklung der Jahrestemperatur von 1864-2012 an der Station Andermatt (1442 m ü.M.) und deren Abweichungen (Anomalien) im Vergleich zur Periode 1961-1990. Die Zahlen über und unterhalb der Balken geben die Rangierung der wärmsten bzw. kältesten Jahre an. Die Rangierung rechts unten in der Legende zeigt das Jahr 2012 in Bezug auf das wärmste, respektive kälteste Jahr an. Quelle: MeteoSchweiz 2013e.



Figur 7 Anzahl Frosttage [Tage] an der Station Andermatt von 1971-2012. Die rote Linie zeigt den geglätteten Verlauf der Originalwerte (die Werte werden über 11 Jahr gemittelt dargestellt). Die gestrichelte Linie entspricht dem langfristigen Trend. Die schwarze Linie zeigt die jährliche Anzahl Frosttage mit entsprechend hoher jährlicher Variabilität. Quelle: MeteoSchweiz 2013a.

Betrachtet man die Entwicklung der jährlichen Niederschlagssummen der Station Andermatt, ist kein Trend zu mehr oder weniger Niederschlag feststellbar (Figur 8).



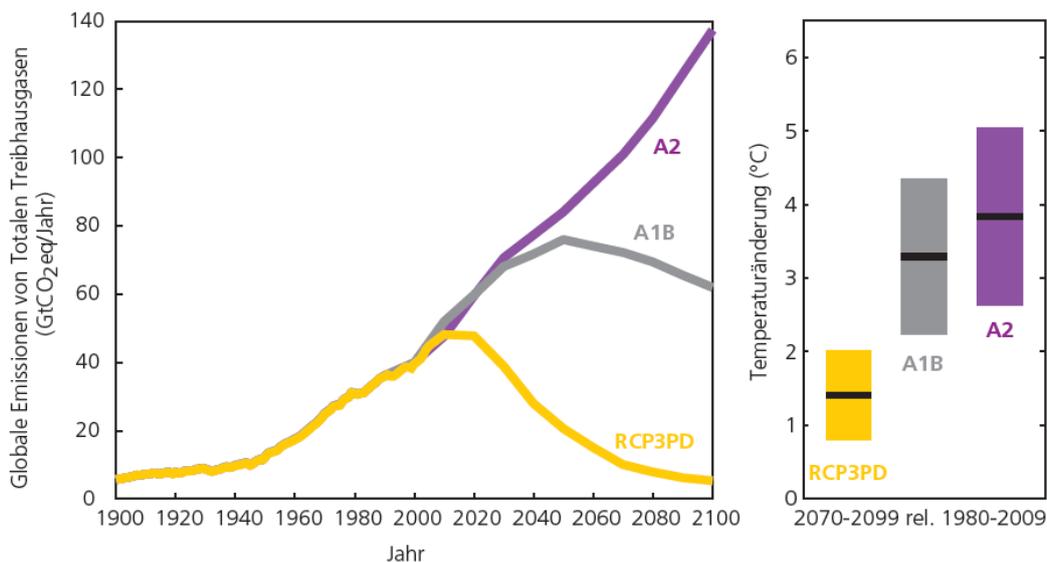
Figur 8 Entwicklung der jährlichen Niederschlagssummen von 1864-2012 an der Station Andermatt (1442 m ü.M.) und deren Abweichungen (Anomalien) im Vergleich zur Periode 1961-1990. Quelle: MeteoSchweiz 2013e.

4.1.2. KLIMASZENARIEN UM 2060

Das Ausmass der Klimaänderung in der Schweiz ist von der Region, der Jahreszeit und insbesondere vom Verlauf der zukünftigen globalen Treibhausgasemissionen abhängig (CH2011 2011). Die CH2011-Klimaszenarien zeigen daher mögliche Änderungen von Klimagrössen wie Temperatur und Niederschlag auf, welche primär durch Emission von Treibhausgasen verursacht werden. Da unsicher ist, wie sich der zukünftige Ausstoss von Treibhausgasen entwickelt, werden für die CH2011-Klimaszenarien drei mögliche Emissionsszenarien (A2, A1B und RCP3PD) berücksichtigt (MeteoSchweiz 2013b).

Für die aktuelle Studie zur Abschätzung der klimabedingten Risiken und Chancen 2060 im Kanton Uri wurden die zwei Emissionsszenarien A1B und RCP3PD gemäss Vorgabe des BAFUs berücksichtigt. Das Emissionsszenario A1B geht davon aus, dass die Treibhausgasemis-

sionen bis ins Jahr 2050 weiter zunehmen und danach aufgrund angenommenen technologischen Fortschritts leicht zurückzugehen (Meinshausen et al. 2011). Für das Szenario RCP3PD wird angenommen, dass die Emissionen bis ins Jahr 2050 halbiert werden und im Jahr 2100 auf die Werte um 1900 abfallen. Dies ist nur mit strengen globalen Mitigationsmassnahmen möglich (van Vuuren et al. 2007). Sollte der Verlauf der Treibhausgasemissionen dem Szenario RCP3PD folgen, so sollte sich die globale Erwärmung auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau beschränken lassen. Bei den beiden anderen Klimaszenarien würde die Temperatur auch nach 2060 weiter zunehmen, wobei im Vergleich zur Referenzperiode 1980-2009 insbesondere beim Emissionsszenario A2 eine Erwärmung von bis zu 5°C bis ins Jahr 2100 (gemittelt über die ganze Schweiz) eintreten könnte. Figur 9 zeigt die drei möglichen Emissionsszenarien für die Berechnung der Klimaszenarien CH2011 und die zu erwartenden mittleren Temperaturveränderungen in der Schweiz für die Periode 2070-2099 gegenüber der Referenz in CH2011 (1980-2009).



Figur 9 Globale Emissionsszenarien (links) und die entsprechenden Temperaturänderungen im Mittel für 2070-2099 im Vergleich zur Referenzperiode 1980-2009. Quelle: CH2011 (2011).

a) Definition der angewandten Klimaszenarien für die Fallstudie Uri 2060

Für die Abschätzung der klimabedingten Risiken und Chancen des Kantons Uri im Jahre 2060 (Mittelwert der Periode 2045-2074) werden, auf der Basis der Klimaszenarien CH2011, die obere Schätzung vom Szenario A1B und die mittlere Schätzung vom Szenario RCP3PD für die Grossregion „Alpen“ verwendet (CH2011 2011; MeteoSchweiz 2013b). Diese beiden Klimaszenarien der Studie CH2011 (2011) wurden vom BAFU im Rahmen des Aktionsplans Anpassung an den Klimawandel gewählt, um die Bandbreite der Projektionen abzudecken. Es handelt sich um ein optimistisches Szenario *Schwacher Klimawandel* und ein pessimistisches Szenario *Starker Klimawandel*. Im Rahmen des Aktionsplans Anpassung an den Klimawandel definieren wir die beiden Klimaszenarien wie folgt:

Klimaszenario *schwach*: Mittlere Schätzung RCP3PD 2060 (Mittelwert 2045-2074) für die Temperatur (gerundet auf 0.1°C) und den Niederschlag (gerundet).

Klimaszenario *stark*: Obere Schätzung A1B 2060 (Mittelwert 2045-2074) für die Temperatur im ganzen Jahr (gerundet auf 0.1°C) und den Niederschlag (gerundet) im Winter und im Frühling. Für den Niederschlag im Sommer und im Herbst wird die untere Schätzung A1B verwendet, um eine möglichst starke Abnahme zu betrachten.

Klimaszenarien sind immer mit Unsicherheiten behaftet. Diese Bandbreiten der Möglichkeiten sind durch farbige Balken bei der Veränderung der Temperatur in der Figur 9 angegeben (Box rechts). Bei der Betrachtung der beiden *Klimaszenarien schwach* und *stark*, zur Abschätzung der zukünftigen Risiken und Chancen im Kanton Uri bis ins Jahr 2060, werden diese Bandbreiten der Klimamodelle über die Szenariobildung hinaus nicht mehr weiter im Detail berücksichtigt. Durch die Wahl der oben definierten Klimaszenarien *schwach* und *stark* sollte die Spannweite der möglichen Ausprägungen der Klimaänderung in der Region Uri möglichst abgedeckt sein. Aufgrund der beiden Klimaszenarien werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit Überlegungen zu den erwarteten Auswirkungen durch verschiedene Gefahren und Effekte vorgenommen. Die Einschätzung dieser Auswirkungen der Gefahren und Effekte selbst sind zum Teil wiederum mit grossen Unsicherheiten behaftet. Die letzten Endes abgebildeten Unsicherheiten (im Weiteren Unschärfen genannt) beinhalten die Gesamtheit aller Unsicherheiten/Bandbreiten. Die resultie-

renden Überlegungen und quantitativen Grössen sollten stets vor diesem Hintergrund und daher mit der nötigen Vorsicht interpretiert werden.

b) Veränderung Temperatur und Niederschlag bis 2060

Temperatur Altdorf und Andermatt

Projektionen der zukünftigen Klimaänderung basieren auf numerischen Modellen, welche physikalische Prozesse im Klimasystem simulieren (CH2011 2011). Klimamodelle sind heute in der Lage die wichtigsten Klimagrössen der Vergangenheit mit hinreichender Genauigkeit wiederzugeben und entsprechend vorherzusagen. Für die Temperatur können relativ zuverlässige Aussagen für die Zukunft gemacht werden (MeteoSchweiz 2013b). Figur 10 zeigt die mittleren Sommer- und Wintertemperaturen der Stationen Altdorf und Andermatt für die beiden *Klimaszenarien schwach* und *stark* im Jahr 2060, sowie der Normperiode 1981-2010 (Daten aus Zubler et al. 2013). Die Sommermonate umfassen per Definition den Juni, Juli und August. Mit den Wintermonaten sind der Dezember, Januar und Februar gemeint. Sowohl im Sommer als auch im Winter sind deutliche mittlere Temperaturzunahmen zu erwarten, wobei die mittlere Temperaturzunahme für das *Klimaszenario stark* ausgeprägter ausfällt. Für die Station Altdorf wird demnach eine mittlere Temperaturzunahme für das *Klimaszenario stark* von +3.3°C während den Wintermonaten prognostiziert. Auch während den Sommermonaten ist von einer mittleren Erwärmung von +3.3°C auszugehen. An der Station Andermatt ist im Winter mit +3.2°C und im Sommer sogar mit +4.0°C zu rechnen, wenn man das *Klimaszenario stark* betrachtet. Bei diesen Überlegungen darf nicht vergessen werden, dass es sich hierbei lediglich um zu erwartende Mittelwerte des *starken Klimaszenarios* handelt.

Für das *Klimaszenario stark* werden Sommermitteltemperaturen über denjenigen des Sommers 2003 erwartet. Gemäss MeteoSchweiz (2013b) kann bereits für den Mittelwert des Klimaszenarios A1B der Region „Alpen“ davon ausgegangen werden, dass Stationen in Tälern, wie z.B. Altdorf, Sion oder Chur, Sommermitteltemperaturen erreichen, wie sie 2003 gemessen wurden und im Mittel heute an den wärmsten Stationen im Tessin registriert werden (siehe dazu Werte unten). Das für diese Studie vorausgesetzte *Klimaszenario stark* liegt jedoch über dem Mittelwert des Klimaszenarios A1B.

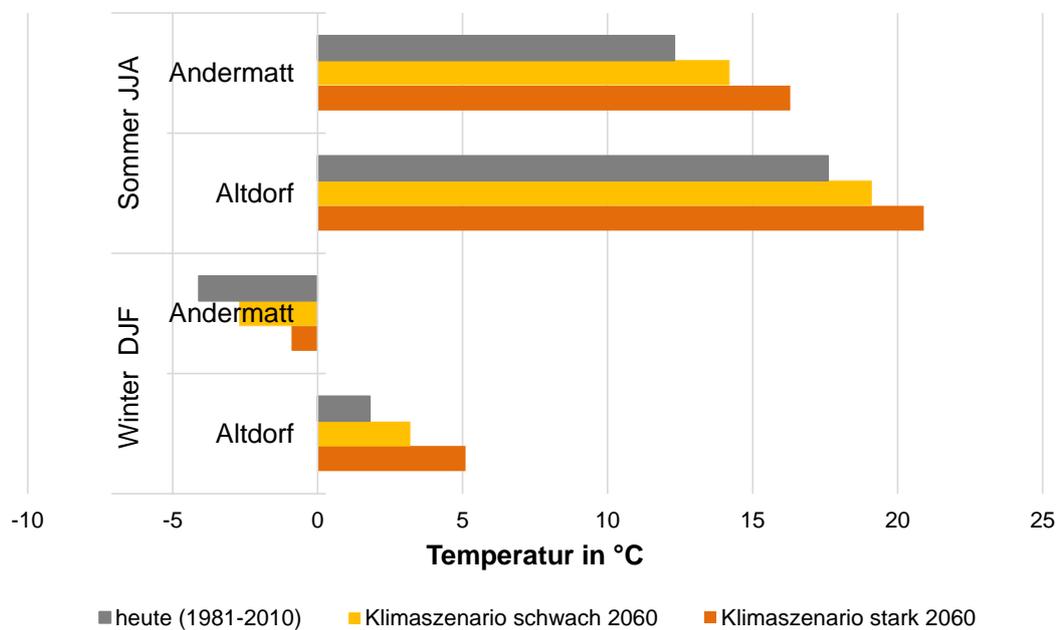
Zudem dürfte die winterliche Nullgradgrenze, die heute bei rund 600 m über Meer liegt, um einige 100 m ansteigen (MeteoSchweiz 2013b).

Deutlich geringer sind jedoch die Werte des *Klimaszenarios schwach*.

Klimaszenario schwach:	Altdorf:	Sommer	+1.5°C
		Winter	+1.4°C
	Andermatt:	Sommer	+1.9°C
		Winter	+1.4°C
Unschärfefaktor ⁶ : 0		(sehr gering)	

Klimaszenario stark:	Altdorf:	Sommer	+3.3°C
		Winter	+3.3°C
	Andermatt:	Sommer	+4.0°C
		Winter	+3.2°C
Unschärfefaktor ² : 0		(sehr gering)	

Temperaturen Uri 2060



Figur 10 Mittlere Sommer- und Wintertemperaturen heute (grau) und 2060 an den Stationen Altdorf und Andermatt für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange). Datenquelle: Zubler et al. 2013.

⁶ Der Unschärfefaktor bezieht sich auf die Unschärfeklasse gemäss Ausführungen in Kapitel .3.4

Niederschlag Altdorf und Andermatt

Schwieriger vorauszusagen, und daher mit grösseren Unsicherheiten behaftet, sind Aussagen zur Niederschlagsentwicklung. Generell kann der Niederschlag in allen Jahreszeiten, ausser im Sommer, sowohl zu- als auch abnehmen (gemäss Mittlerer Schätzung der Szenarien RCP3PD und A1B in CH2011 2011). Im Sommer werden tendenziell abnehmende Niederschlagssummen erwartet. Für das *Klimaszenario schwach* wird sowohl für Altdorf als auch für Andermatt erwartet, dass die mittleren Niederschlagssummen in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) und in den Wintermonaten (Dezember, Januar, Februar) praktisch unverändert bleiben (Quelle: MeteoSchweiz 2013d). Unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* nehmen die mittleren Niederschlagssummen im Winter leicht zu und im Sommer ab⁷. In Altdorf (+12%) und Andermatt (+11%) dürfte man daher mehr Winterniederschläge erwarten (Figur 11). Entscheidend für die zu erwartenden Gefahren und Effekte dürfte hier das Zusammenspiel von Niederschlagszunahme und der Veränderung der Höhe der Nullgradgrenze sein (Abnahme des Schneefalls trotz vermehrtem Niederschlag, da Effekt der Erwärmung dominiert, siehe Tage mit Neuschnee). Für die Sommermonate wird unter Voraussetzung des *Klimaszenarios stark* eine Abnahme der Niederschlagssummen prognostiziert (Zubler et al. 2013). Die Abnahmen sind dabei unterschiedlich (rund 23% für Altdorf und 16% für Andermatt). Auch dies sind wiederum Mittelwerte des *Klimaszenarios stark*.

Der Jahresniederschlag dürfte sich gemäss MeteoSchweiz (Andreas Fischer MeteoSchweiz per Mail, 14.08.2013) beim *Klimaszenario schwach* auf heutigem Niveau halten, während beim *Klimaszenario stark* eine Zunahme von +6% prognostiziert wird. Diese Aussage gilt nur in Bezug auf die jährlichen Mittelwerte. Einzelne Extremereignisse können sich durchaus anders verhalten. (siehe dazu auch Kapitel 4.2.1).

⁷ Beim *Klimaszenario stark* handelt es sich um die obere Schätzung der in CH2011 (2011) publizierten mittleren Werte des Szenarios 1AB. Für das *Klimaszenario stark* resultieren somit durchaus leichte Zunahmen des mittleren jährlichen Niederschlags im Winter, welche bei den mittleren Werten von A1B nicht auftreten.

<i>Klimaszenario schwach⁸:</i>	Altdorf:	Sommer	-7.5%
		Winter	-2.5%
	Andermatt:	Sommer	-5.5%
		Winter	-1.5%

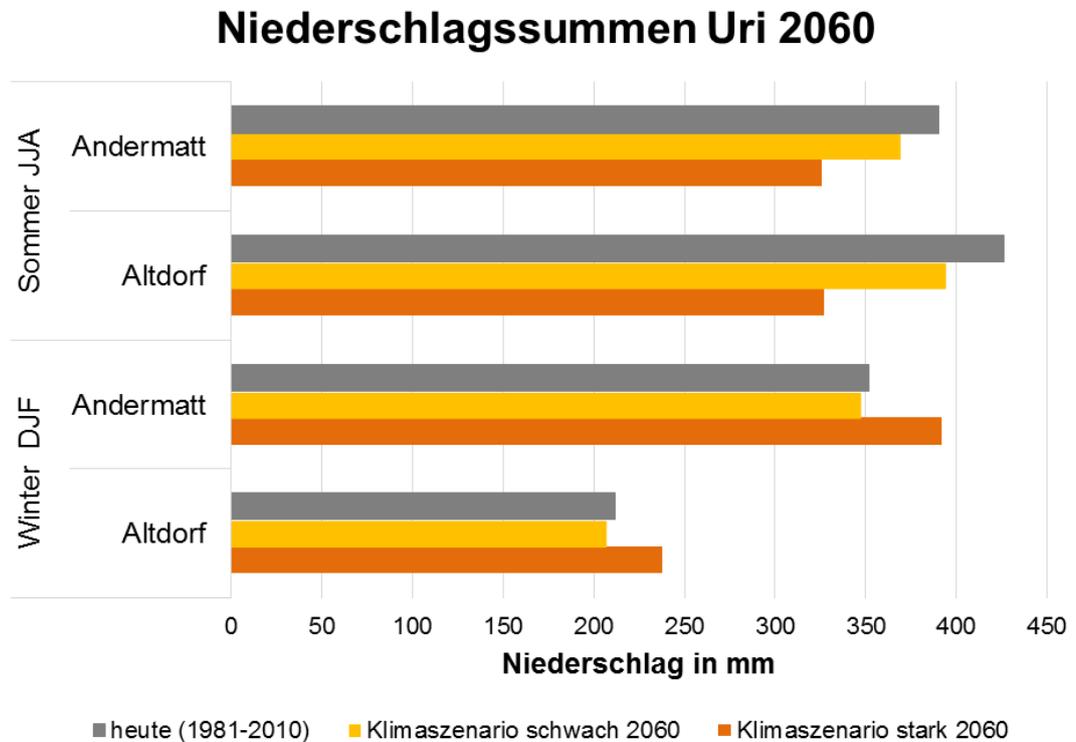
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

<i>Klimaszenario stark⁹:</i>	Altdorf:	Sommer	-23.0%
		Winter	+12.5%
	Andermatt:	Sommer	-16.5%
		Winter	+11.5%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

⁸ Die aufgeführten Zahlen dienen lediglich zur Orientierung und können gemäss Unschärfefaktor abweichen.

⁹ Die aufgeführten Zahlen dienen lediglich zur Orientierung und können gemäss Unschärfefaktor abweichen.



Figur 11 Mittlere Niederschlagssummen heute (grau) und der beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) für die Wintermonate (obere Schätzung A1B), respektive für die Sommermonate (untere Schätzung A1B). Datenquelle: Zubler et al. 2013.

c) Veränderung verschiedener Klimaindikatoren 2060

Die zukünftige Klimaveränderung und deren Auswirkungen auf einzelne Gefahren und Effekte in der Schweiz lassen sich durch sogenannte Klimaindikatoren noch deutlicher zeigen (MeteoSchweiz 2013c). Temperaturbasierte Klimaindikatoren sind dabei mit geringeren Unsicherheiten behaftet als niederschlagsbasierte. Während bei den meisten temperaturbasierten Klimaindikatoren bis 2060 grössere Änderungen auftreten, sind die Änderungen bei den niederschlagsbasierten Indikatoren (z.B. Tage mit Niederschlag) in den Jahreswerten nicht deutlich ersichtlich bzw. beschränken sich auf einzelne Jahreszeiten (MeteoSchweiz 2013b).

Für die Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen der Klimaindikatoren lagen zum Zeitpunkt der Studie keine spezifischen Werte für die beiden Stationen Altdorf und Andermatt vor. Daher werden die Klimaindikatoren und deren Änderungen gemäss Grossregion „Alpen“ unter Berücksichtigung der entsprechenden Höhenstufe (< 800 m ü.M. für Altdorf und 800–

1500 m ü.M. für Andermatt¹⁰) gemäss MeteoSchweiz (2013b und 2013c) übernommen und wiederum für das *Klimaszenario schwach* und *stark* gemäss Definition oben (siehe Kapitel 2.2.2) angewandt. Die Klimaindikatoren werden für die vorliegende Studie als Jahresmittelwerte betrachtet mit Ausnahme des Indikators Frostwechseltage, wo spezifische Modellrechnungen von MeteoSchweiz für die einzelnen Jahreszeiten durchgeführt wurden (MeteoSchweiz 2013c). Es sind für diese Studie, mit Ausnahme der Frostwechseltage, keine saisonalen Aussagen zu den Klimaindikatoren möglich.

Klimaindikator Sommertage 2060

Für tiefe Lagen unterhalb 800 m über Meer wie dies für Altdorf der Fall ist, werden für die Grossregion Alpen heute im Mittel 42 Sommertage gezählt. Mit dem *Klimaszenario schwach* wird eine Zunahme von 18 Tagen auf 60 Sommertage gerechnet. Für das *Szenario stark* wird mit einer Zunahme von im Mittel 40 auf 82 Tage gerechnet. Zum Vergleich, im Hitzesommer 2003 wurden an der Station Altdorf rund 78 Sommertage registriert (MeteoSchweiz 2013a).

Betrachtet man die höheren Lagen zwischen 800-1500 m über Meer, in der auch die Station Andermatt liegt, so werden für diese Höhenstufe im Mittel 13 Sommertage pro Jahr registriert. Das *Klimaszenario schwach* prognostiziert bis ins Jahr 2060 25 Sommertage, während unter Berücksichtigung des *Szenarios stark* 42 Sommertage pro Jahr eintreten könnten (Figur 12).

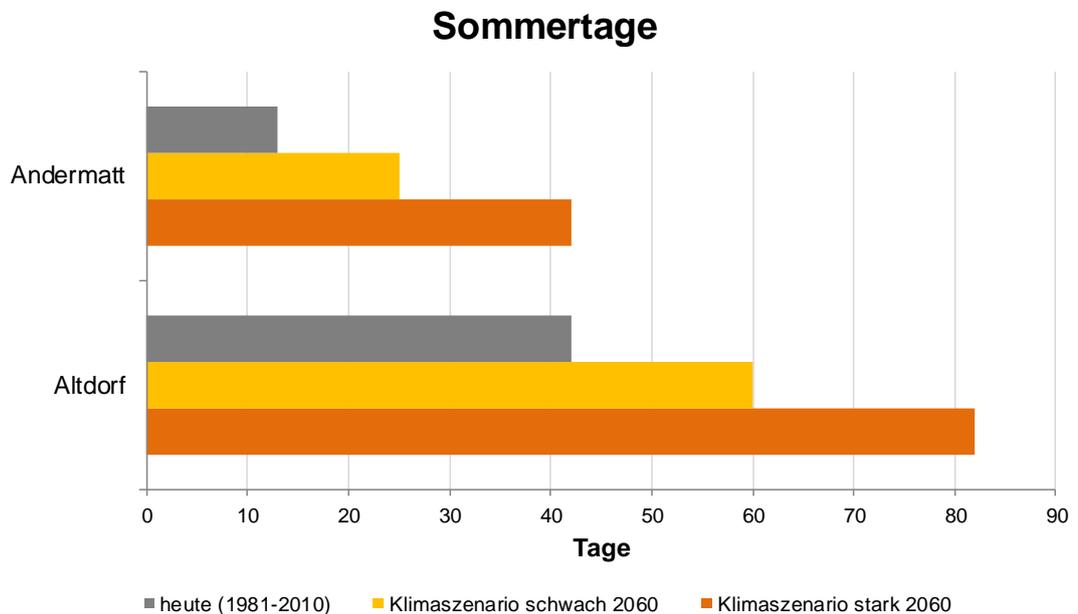
<i>Klimaszenario schwach:</i>	Altdorf:	+40%
	Andermatt:	+90%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

<i>Klimaszenario stark:</i>	Altdorf:	+95%
	Andermatt:	+220%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

¹⁰ Der effektive Mittelwert der Höhenstufe Altdorf liegt leicht höher als Altdorf. Der effektive Mittelwert der Höhenstufe von Andermatt liegt leicht tiefer als Andermatt. Da die Temperaturänderung mit der Höhe leicht zunimmt, bedeutet dies für Altdorf eine Überschätzung der Temperaturänderung und in Andermatt möglicherweise eine leichter Unterschätzung. Dies kann die Indikatoren möglicherweise leicht verfälschen, allerdings kaum in relevantem Ausmass.



Figur 12 Mittlere Anzahl Sommertage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013b, 2013c).

Klimaindikator Hitzetage 2060

Auf der Höhenstufe von Altdorf werden heute im Mittel rund 6 Hitzetage (Tageshöchsttemperatur grösser oder gleich 30°C) beobachtet. Bis ins Jahr 2060 könnte sich die Anzahl Hitzetage auf rund 13 verdoppeln (*Klimaszenario schwach*) oder gar auf 27 um den Faktor 4.5 zunehmen (*Klimaszenario stark*). Zum Vergleich: Im Hitzesommer 2003 wurden an der Station Altdorf rund 24 Hitzetage registriert.

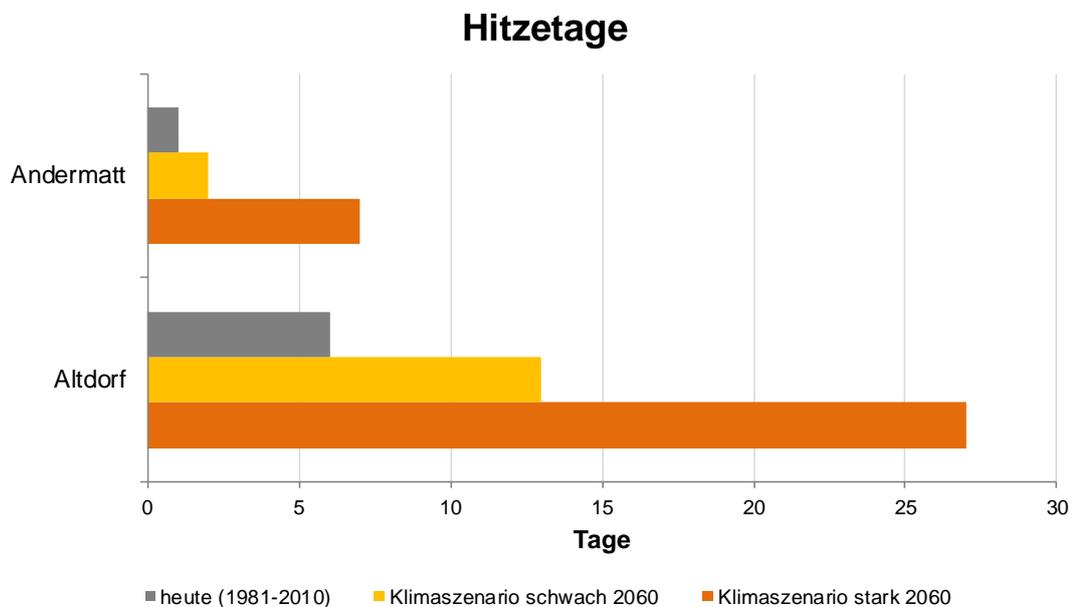
In den höheren Lagen rund um Andermatt kann heute in der Regel 1 Hitzetag gezählt werden. Die mögliche Zunahme dieser Hitzetage bis 2060 fällt auch hier deutlich aus. Unter Berücksichtigung eines *Klimaszenarios schwach* würden die Anzahl Hitzetage auf 2 zunehmen. Stellt sich bis 2060 das *Klimaszenario stark* ein, so dürfte es zu rund 7 Hitzetagen kommen.

Klimaszenario *schwach*: Altdorf: +115%
 Andermatt: +100%¹¹

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

Klimaszenario *stark*: Altdorf: +350%
 Andermatt: +600%¹²

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)



Figur 13 Mittlere Anzahl Hitzetage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013b, 2013c).

¹¹ Absoluter Wert: Zunahme von 1 Hitzetag auf 2 Hitzetage.

¹² Absoluter Wert: Zunahme von 1 Hitzetag auf 7 Hitzetage.

Klimaindikator Länge der Vegetationsperiode 2060

Im Urner Reusstal auf der Höhe von Altdorf wird die Länge der Vegetationsperiode¹³ im Mittel mit rund 248 Tagen angegeben, was ungefähr zwei Drittel eines Kalenderjahres entspricht. Für die *Klimaszenarien schwach* und *stark* wird auf dieser Höhe eine Zunahme der Vegetationsperiode von 26 Tagen (+10%) respektive 58 Tagen (+23%) prognostiziert.

Für die Höhenstufe von Andermatt findet sich eine Zunahme von heute im Mittel 208 Tagen um +22 Tage (+11%), für das *Klimaszenario schwach*, respektive um +53 Tage (+25%) für das *starke Klimaszenario* (Figur 14).

Die Ausdehnung der Vegetationsperiode bedeutet sowohl früheres Einsetzen respektive ein späteres Ende.

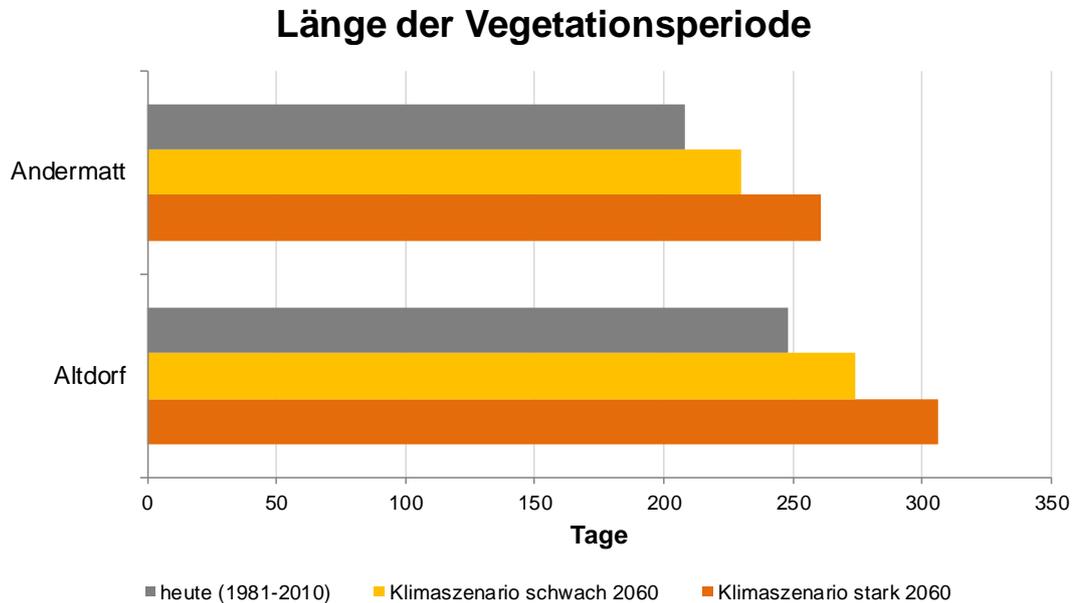
<i>Klimaszenario schwach:</i>	Altdorf:	+10%
	Andermatt:	+10%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

<i>Klimaszenario stark:</i>	Altdorf:	+25%
	Andermatt:	+25%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

¹³ Die Vegetationsperiode wird als Tage pro Kalenderjahr zwischen dem ersten Auftreten einer mindestens 6 Tage langen Periode mit Tagesmitteltemperaturen über 5°C definiert. Die Vegetationsperiode wie sie hier definiert ist hängt einzig von der Temperatur ab.



Figur 14 Mittlere Länge der Vegetationsperiode [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013b, 2013c).

Klimaindikator Frosttage 2060

Gemäss MeteoSchweiz (2013b) werden heute für die Höhenstufe von Altdorf 92 und in Andermatt 136 Frosttage (Mittelwerte) gezählt. Hier ist in beiden *Klimaszenarien schwach* und *stark* von einer Abnahme auszugehen (Figur 15). Die Erwartungen liegen hier bei -25 Tagen (-27%) für die Höhenstufe von Altdorf wenn man von *Klimaszenario schwach* ausgeht und -49 Tagen (-53%) wenn die Klimaveränderung dem *Szenario stark* folgt.

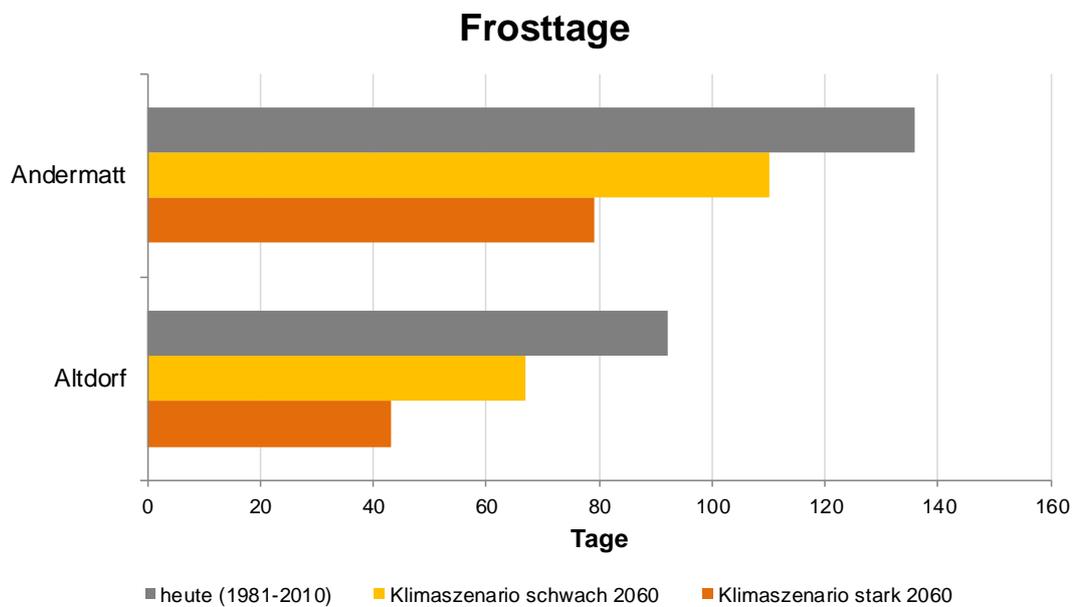
In Andermatt, respektive für die entsprechende Höhenstufe, fällt die Veränderung absolut betrachtet noch grösser aus. Sogar beim *Klimaszenario schwach* muss mit einer Abnahme der Frosttage von 26 Tagen (-19%), beim *Szenario stark* von 57 Tagen (-42%) gerechnet werden.

Klimaszenario *schwach*: Altdorf: -25%
Andermatt: -20%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

Klimaszenario *stark*: Altdorf: -55%
Andermatt: -40%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)



Figur 15 Mittlere Anzahl Frosttage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013b, 2013c).

Klimaindikator Frostwechseltage 2060 nach Jahreszeiten

Die Veränderung der Frequenz von Frost und Tauwechsel ist für viele Fragestellungen im Zusammenhang zur Abschätzung von klimabedingten Risiken und Chancen im Kanton Uri 2060 entscheidend, insbesondere für Fragestellungen zu möglichen Schäden an Infrastrukturen infolge Frostverwitterung (Frostsprengung). Figur 16 zeigt die Veränderung der Frostwechseltage pro Jahreszeit bis ins Jahr 2060 für die beiden *Klimaszenarien schwach* und *stark* im Vergleich zu heute (Normperiode 1981-2010) gemäss den entsprechenden Höhenstufen für Altdorf (~ 450 m ü.M. gemäss Datensatz Frostwechseltage von MeteoSchweiz (2013c)) und Andermatt (~ 1450 m ü.M. gemäss Datensatz Frostwechseltage von Meteoschweiz (2013c)). Die Frostwechseltage wurden im Rahmen dieser Studie auf Basis gegitterter Temperaturdaten¹⁴ für die Region „Urschweiz“, welche die Kantone Uri, Schwyz und Ob- und Nidwalden umfasst, um das Jahr 2060 (Mittel aus 2045-2079) von MeteoSchweiz modelliert (MeteoSchweiz 2013c). Die in Figur 16 dargestellten Werte sind mittlere Schätzungen der Frostwechseltage der Urschweiz für die entsprechenden Höhenstufen (siehe Meteoschweiz 2013f). Die Unsicherheiten betragen bis zu +/- 5 Tage sowohl für die Werte heute als auch die mittleren Schätzungen 2060. Die Werte verstehen sich für weitere Überlegungen als Richtwerte und müssen entsprechend mit der nötigen Vorsicht und unter Berücksichtigung der Unsicherheiten betrachtet werden.

Klimaszenario <i>schwach</i>:	Altdorf:	Sommer	-
		Herbst	-40%
		Winter	-20%
		Frühling	-35%
	Andermatt:	Sommer	-100%
		Herbst	-25%
		Winter	-
		Frühling	-15%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2¹⁵ (mittel)

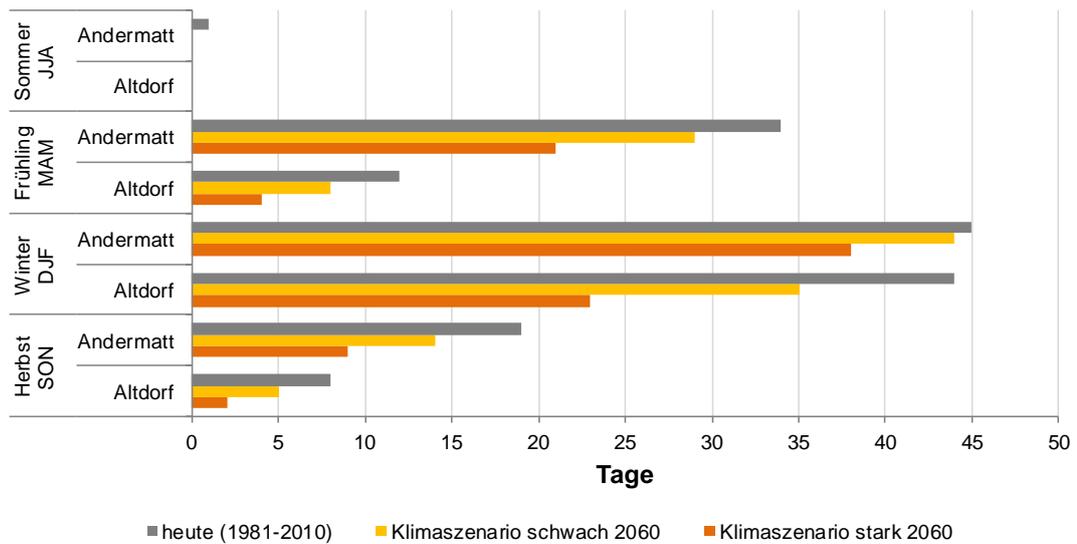
¹⁴ Generelle Infos zu den Gitterdaten und den Unsicherheiten können unter folgendem Link eingesehen werden: <http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/services/datenportal/gitterdaten.html>

¹⁵ Da einzelne Werte des Datensatzes (MeteoSchweiz 2013c) durchaus ausserhalb von +30%/-20% liegen, wird hier der Unschärfefaktor 2 eingesetzt (+100%/-50%), Siehe dazu auch Tabelle 1.

Klimaszenario stark:	Altdorf:	Sommer	-
		Herbst	-75%
		Winter	-50%
		Frühling	-65%
	Andermatt:	Sommer	-100%
		Herbst	-55%
		Winter	-15%
		Frühling	-40%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2 (mittel)

Frostwechseltage



Figur 16 Mittlere Anzahl Frostwechseltage [Tage] nach Jahreszeiten für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (~ 1450 m ü.M. im Datensatz Frostwechseltage) und Altdorf (~450 m ü.M. im Datensatz Frostwechseltage) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Die Frostwechseltage basieren auf gegitterten Temperaturdaten für die Urschweiz (Kantone Uri, Schwyz, Ob- und Nidwalden, MeteoSchweiz 2013f). Die dargestellten Werte gelten als mittlere Schätzungen. Die Unsicherheiten betragen bis zu +/- 5 Tage. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013c).

Kältewelle 2060

Die zukünftige Abschätzung der Kältewellen gestaltet sich als schwierig. Für Kältewellen steht heute kein geeigneter Indikator zur Verfügung, weder für die Vergangenheit noch für die Zukunft. Als verwandter Indikator kann jedoch die Dauer aufeinanderfolgender kalter Nächte mit Minimaltemperatur kleiner 0°C herangezogen werden. Diese liegt im Mittelland und den Voralpen bei rund 20-50 Tagen und auf rund 2000 m ü.M. bei rund 120 Tagen. Für das *Klimaszenario stark* nehmen diese bis 2060 um rund 50% ab (MeteoSchweiz 2013c).

Davon ausgehend wird für das *Klimaszenario schwach* eine Einschätzung durch das Autorenteam vorgenommen. Es wird daher angenommen, dass sich die Dauer der kalten Nächte unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios schwach* um 20% verringert.

<i>Klimaszenario schwach:</i>	Altdorf:	-20%
	Andermatt:	-20%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2		(mittel)

<i>Klimaszenario stark:</i>	Altdorf:	-50%
	Andermatt:	-50%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2		(mittel)

Klimaindikator Tage mit Neuschnee 2060

Zukünftig ist laut Klimaszenarien mit einer Abnahme der Tage an denen Neuschnee fällt zu rechnen (CH2011 2011, MeteoSchweiz 2013b). Die Abnahmen fallen insbesondere in tiefen Lagen deutlich aus. Für die Höhenstufe von Altdorf würde dies bedeuten, dass sich die mittlere Anzahl Tage von heute 19 auf 12 (*Klimaszenario schwach*), respektive 5 Tage (*Klimaszenario stark*) reduzieren. Dies entspricht einer relativen Abnahme von 37%, respektive 74% (Figur 17).

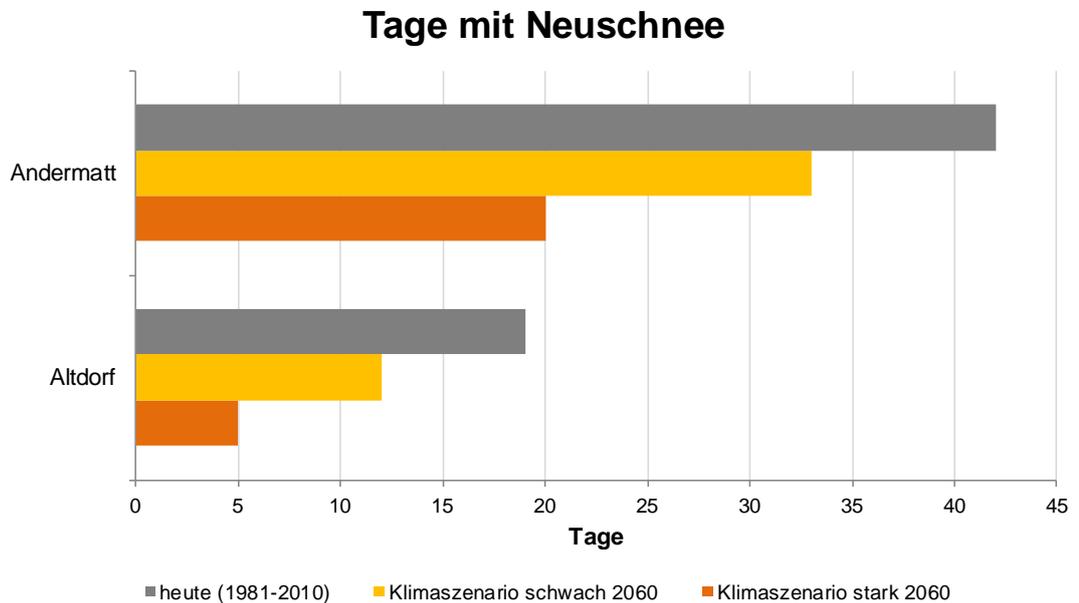
Betrachtet man die Neuschneetage auf der Höhe von Andermatt, so reduzieren sich diese von heute im Mittel 42 Tage auf 33 (-21%), unter der Annahme, dass das *Klimaszenario schwach* eintritt und auf 20 (-52%), wenn man davon ausgeht, dass das *Klimaszenario stark* eintritt.

Es drängt sich die Frage auf, warum die Neuschneetage abnehmen, obschon es unter dem *Klimaszenario stark* im Winter mehr Niederschlag geben soll. Aufgrund des dominierenden

Temperatureffekts ist eine Abnahme des Schneefalls und somit der Anzahl Neuschneetage wahrscheinlich. Für die Studie wurde jedoch die Annahme getroffen, dass die „Wet Day Frequency“ – also die Frequenz der Tage mit Niederschlag – konstant bleibt. Dies bedeutet, dass jeder Tag mit Niederschlag in der Gegenwart auch einem Tag mit Niederschlag in der Zukunft bedeutet. Aufgrund der Temperaturänderung wird dann einfach an manchen Tagen Regen statt Schnee fallen. Die mögliche Niederschlagszunahme im Winter wurde nicht berücksichtigt, da dieses Vorgehen mit den vorhandenen Daten und Methoden nicht sinnvoll ist (gemäss Aussage von MeteoSchweiz).

Klimaszenario <i>schwach</i>:	Altdorf:	-35%
	Andermatt:	-20%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2		(mittel)

Klimaszenario <i>stark</i>:	Altdorf:	-75%
	Andermatt:	-50%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2		(mittel)



Figur 17 Mittlere Anzahl Neuschneetage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013b, 2013c).

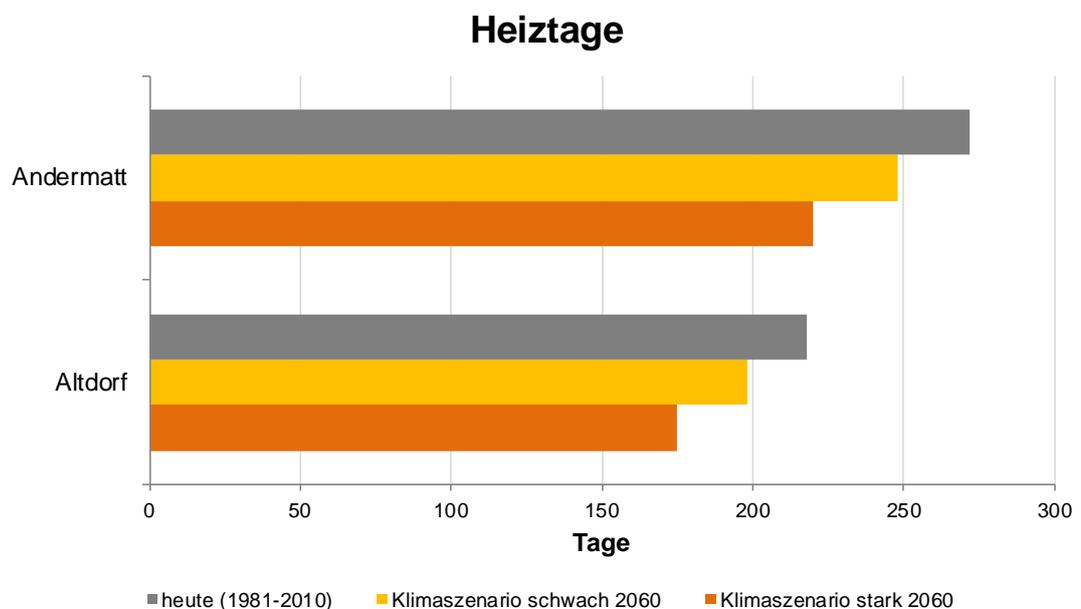
Klimaindikator Heiztage 2060

Die Höhenstufe von Altdorf zählt heute (Normperiode 1981-2010) im Mittel 218 Tage an denen in der Regel geheizt werden muss (Figur 18). Die *Klimaszenarien schwach* und *stark* rechnen mit einer Abnahme der Anzahl Heiztage von 20 Tagen (-9%), respektive 43 Tage (-20%).

Berücksichtigt man die Höhenstufe der Station Andermatt, so findet man heute einen mittleren Wert für die Anzahl Heiztage von 272. Dieser Wert nimmt unter Berücksichtigung der beiden Szenarien *schwach* und *stark* um 24 Tage (-9%), respektive 52 Tage (-19%) ab.

Klimaszenario <i>schwach</i>:	Altdorf:	-10%
	Andermatt:	-10%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario):		1 (gering)

Klimaszenario <i>stark</i>:	Altdorf:	-20%
	Andermatt:	-20%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario):		1 (gering)



Figur 18 Mittlere Anzahl Heiztage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013c).

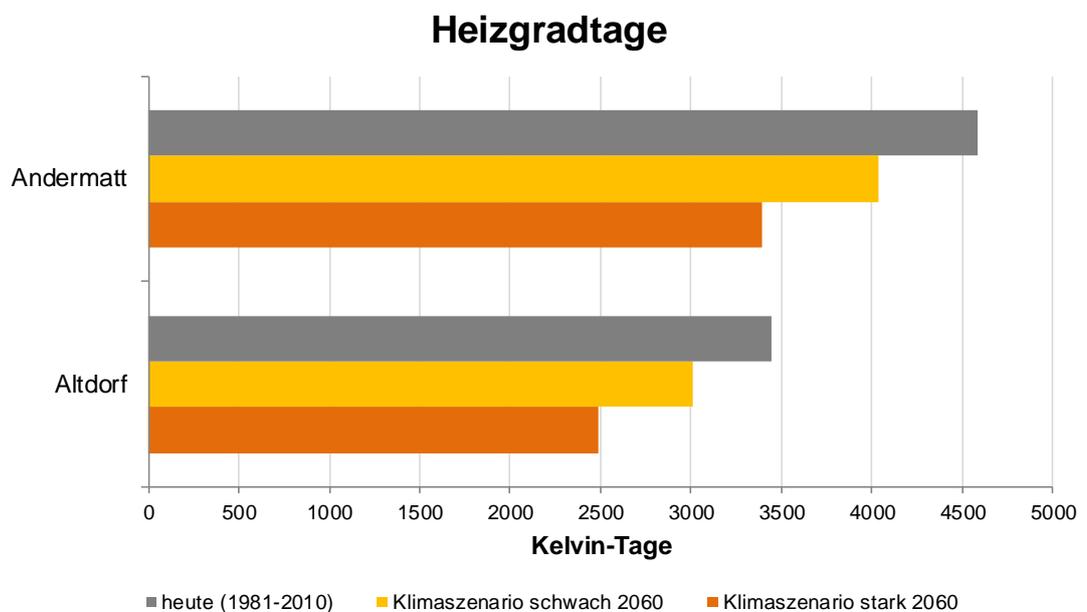
Klimaindikator Heizgradtage 2060

Die Höhenstufe von Altdorf zählt heute (Normperiode 1981-2010) im Mittel 3445 Heizgradtage (Figur 19). Die *Klimaszenarien schwach* und *stark* prognostizieren eine Abnahme der Anzahl Heizgradtage von -431 (-13%), respektive -953 (-28%).

Berücksichtigt man die Höhenstufe der Station Andermatt, so findet man heute einen mittleren Wert für die Anzahl Heizgradtage von 4585. Dieser nimmt unter Berücksichtigung der beiden Szenarien *schwach* und *stark* um -547 (-12%), respektive -1191 (-26%) ab.

Klimaszenario schwach:	Altdorf:	-15%
	Andermatt:	-10%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario):		2 (mittel)

Klimaszenario stark:	Altdorf:	-30%
	Andermatt:	-25%
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario):		2 (mittel)



Figur 19 Mittlere Anzahl Heizgradtage [Kelvin-Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013c).

Klimaindikator Kühltage 2060

Die Kühltage definieren sich als die Anzahl Tage im Jahr, deren Mitteltemperatur 18.3°C überschreitet. Betrachtet man die Höhenstufe von Altdorf, so werden heute rund 47 Kühltage registriert (Figur 20). Im Falle des Eintreffens des *Klimaszenarios schwach* stiege die Anzahl Kühltage bis ins Jahr 2060 um 45% auf 68 Tage. Unter Berücksichtigung eines *Klimaszenarios stark* beträgt der Anstieg sogar +104%, was 96 Kühltagen entspricht.

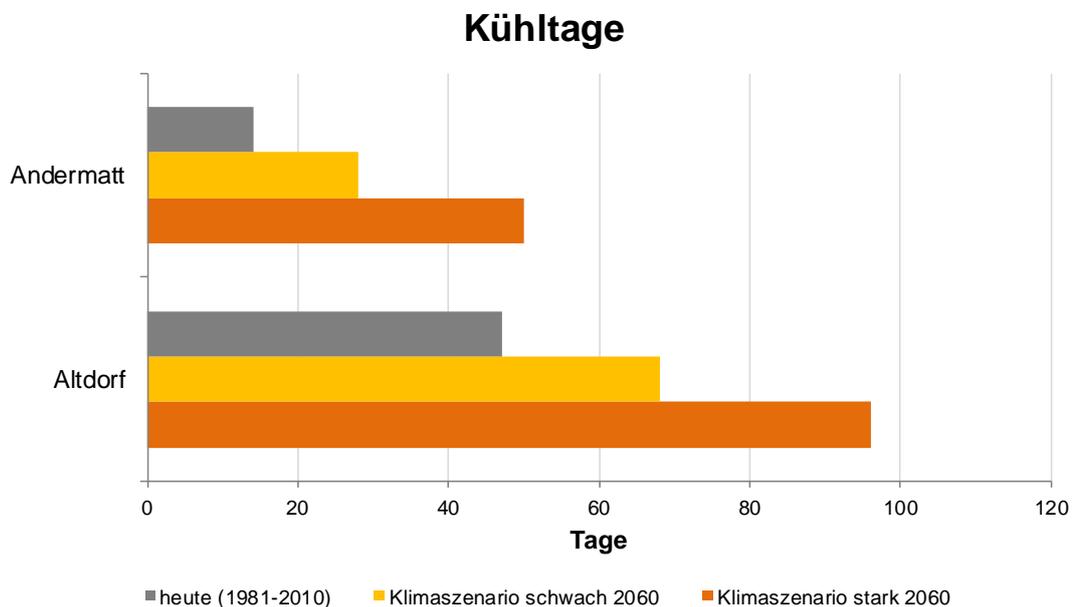
Für die Höhenstufe von Andermatt werden heute 14 Kühltage gemessen. Bis 2060 könnte es zu einem Anstieg der Anzahl Kühltage von +100% auf 28 (*Klimaszenario schwach*), respektive +257% auf 50 (*Klimaszenario stark*) kommen.

Klimaszenario *schwach*: Altdorf: +45%
Andermatt: +100%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)

Klimaszenario *stark*: Altdorf: +105%
Andermatt: +257%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1 (gering)



Figur 20 Mittlere Anzahl Kühltage [Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013c).

Klimaindikator Kühlgradtage 2060

Die Kühlgradtage definieren sich als die Temperatursummen über die Anzahl Tage im Jahr, deren Mitteltemperatur 18.3°C überschreitet (Christenson et al. 2006). Betrachtet man die Höhenstufe von Altdorf, so werden heute rund 108 Kühlgradtage registriert (Figur 21). Im Falle des Eintreffens des *Klimaszenarios schwach* stiege die Anzahl Kühlgradtage bis ins Jahr 2060 um 80% auf 196 Tage. Unter Berücksichtigung eines *Klimaszenarios stark* beträgt der Anstieg sogar +225%, was 350 Kühlgradtagen entspricht.

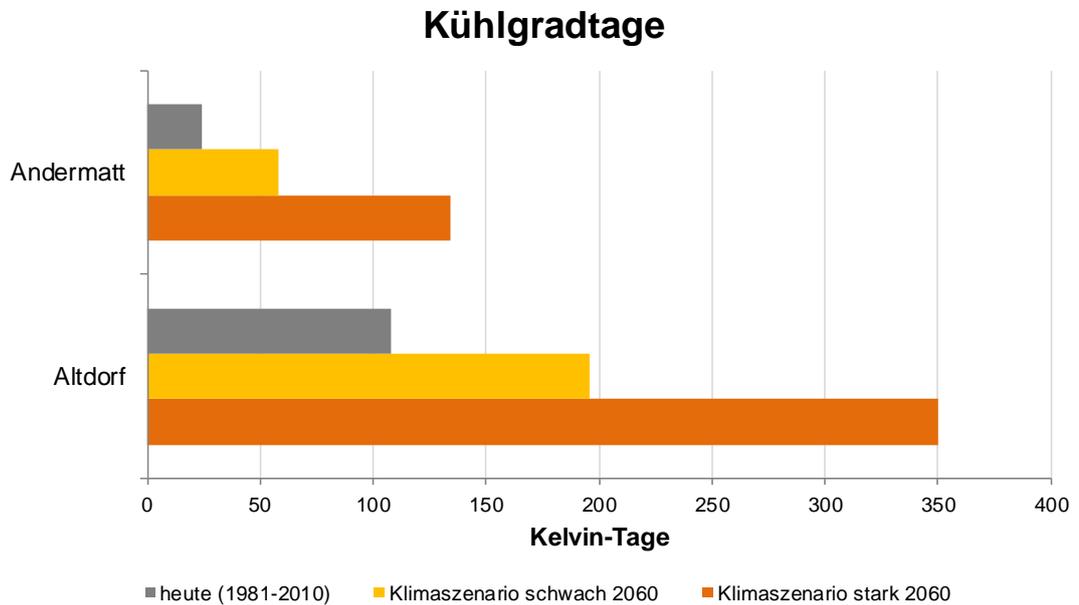
Für die Höhenstufe von Andermatt werden heute 24 Kühlgradtage gemessen. Bis 2060 könnte es zu einem Anstieg der Anzahl Kühlgradtage von +140% auf 58 (*Klimaszenario schwach*), respektive +460% auf 134 (*Klimaszenario stark*) kommen.

<i>Klimaszenario schwach:</i>	Altdorf:	+80%
	Andermatt:	+140%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2 (mittel)

<i>Klimaszenario stark:</i>	Altdorf:	+225%
	Andermatt:	+460%

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario):2 (mittel)



Figur 21 Mittlere Anzahl Kühlgradtage [Kelvin-Tage] pro Jahr für die entsprechenden Höhenstufen der Stationen Andermatt (800-1500 m ü.M.) und Altdorf (< 800 m ü.M.) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Vergleich zu heute (grau) gemäss Normperiode 1981-2010. Datenquelle: MeteoSchweiz (2013c).

4.2. ABLEITUNG VON GEFAHREN/EFFEKTEN AUS KLIMASZENARIEN 2060

Die in den Klimaszenarien definierten klimatischen Parameter wie Mitteltemperatur und Niederschlagsmengen können nicht direkt für eine Abschätzung der Gefahren und Effekte verwendet werden. In diesem Abschnitt werden deshalb in einem Zwischenschritt die wichtigsten Gefahren und Effekte aus den beiden Klimaszenarien abgeleitet. Die Unsicherheiten in dieser Ableitung sind in der Regel sehr hoch, so dass die resultierenden Projektionen der Gefahren und Effekte im Sinne von „Storylines“ (IPCC 2007 wg2) verstanden werden müssen und keinesfalls als Vorhersagen interpretiert werden dürfen.

Im Rahmen der Analyse klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz sind folgende meteorologische Eingangsvariablen zentral im Hinblick auf den Klimawandel: Änderungen der Temperatur, des Niederschlages und der Windsituation. Diese meteorologischen Eingangsvariablen wirken sich unterschiedlich stark auf die einzelnen Gefahren und Effekte aus. Nachfolgende Tabelle stellt Letztere hinsichtlich ihrer Auftretens- oder Einwirkungsdauer auf der Zeitachse dar. Dabei wird deutlich, dass die gesamte Bandbreite von kurzfristig eintretenden Ereignissen (z. B. Gewitter) bis hin zu langsam auftretenden Veränderungen (z. B. Zunahme der Durchschnittstemperatur) relevant ist. Im Gegensatz zur vorangegangenen Studie im Kanton

Aargau (einzelne Gefahren / Effekte wie bspw. „Reduktion Schneedecke / Abschmelzen Permafrost“ konnten vernachlässigt werden) müssen in der Fallstudienregion „Alpen“ alle aufgeführten Gefahren / Effekte in der Beurteilung miteinbezogen werden. In Kapitel 4.2.1-0 werden diese Faktoren anhand ihrer Bedeutung (Relevanz) für das Untersuchungsgebiet Uri dargestellt.

Die Angabe der Veränderung bei den Gefahren und Effekten bezieht sich sofern nicht anders angegeben jeweils auf mittlere jährliche Ereignisse. Darunter wird die Betrachtung der Aufwände und Erträge als jährlicher Mittelwert über einen bestimmten Zeitraum verstanden, der sowohl die jährlich wiederkehrenden Kosten und Erträge als auch jene von 10-jährlichen, 20-jährlichen oder gar 50-jährlichen Ereignissen enthält (abhängig von den verfügbaren Zeitreihen). Das 100-jährliche Ereignis wird, sofern möglich, stets separat ausgewiesen und ist nicht Teil des mittleren jährlichen Ereignisses. Die Kosten des 100-jährlichen Ereignisses fallen also zusätzlich alle 100 Jahre an (statistisch betrachtet).

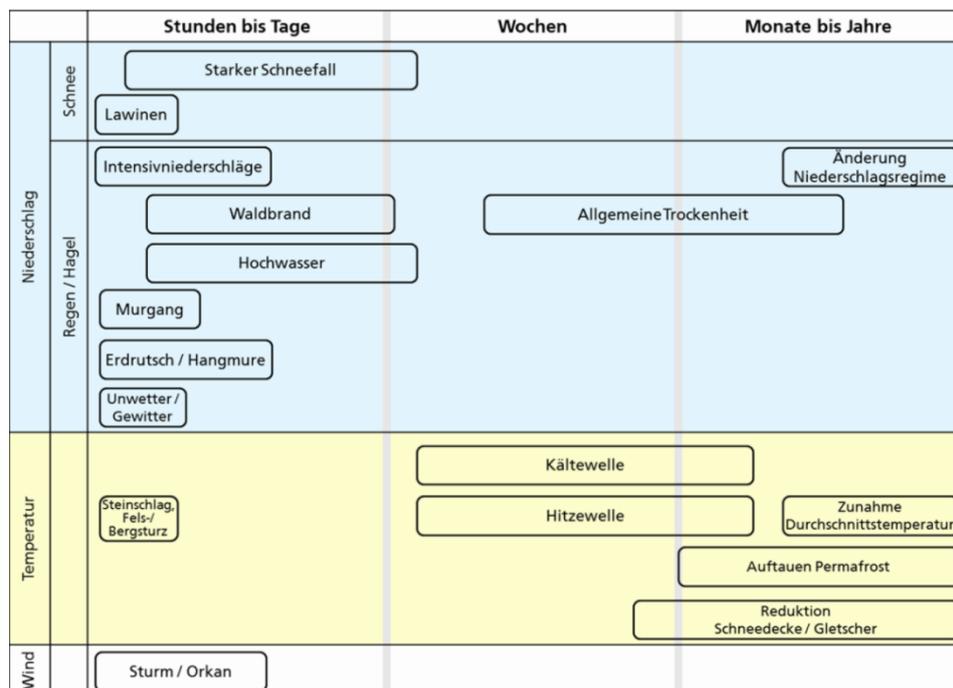


Tabelle 4: Darstellung der Gefahren und Effekte anhand ihrer Auftretens- oder Einwirkungsdauer auf der Zeitachse (EBP/SLF/WSL 2013a).

4.2.1. INTENSIVNIEDERSCHLÄGE GENERELL

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die einzelnen Auswirkungsbereiche herleiten zu können, sind Abschätzungen zu einzelnen Gefahren und Effekten bis hin zu Extremereignissen, wie zum Beispiel Intensivniederschläge und deren Extreme unumgänglich. Denn zusammen mit den Änderungen der mittleren Temperatur und Niederschlagsverhältnisse ist auch eine Änderung der Wetterextreme zu erwarten (MeteoSchweiz 2013b).

Extreme Starkniederschläge (im Folgenden Intensivniederschläge genannt) können zu Hochwassern, Uferüber tretungen, Murgängen und Hangrutschungen führen. Im 20. Jahrhundert haben intensive Tagesniederschläge in weiten Teilen des Mittellandes und des nördlichen Alpenrandes zugenommen (OcCC 2003). In den letzten Jahrzehnten wurde insbesondere eine steigende Frequenz von starken Winterniederschlägen beobachtet (CH2011 2011; Moberg et al. 2006; Schmidli und Frei 2005; Zolina et al. 2009).

Laut CH2011 (2011) sind Vorhersagen zur Frequenz und Intensität einzelner Niederschlagsereignisse unsicher, wobei wesentliche Veränderungen nicht ausgeschlossen werden können. Studien weisen diesbezüglich jedoch darauf hin, dass die Frequenz und Niederschlagssummen von Intensivniederschlägen zunehmen. Konkret wird für Zentraleuropa erwartet (Frei et al. 2006; Christensen and Christensen 2007), dass die Anzahl Wintertage, an denen Niederschlag fällt, zunehmen. Obwohl die Sommerniederschläge in den Gesamtmengen der Klimaszenarien CH2011 abnehmen, suggerieren die Studien auch hier, dass die Anzahl Tage mit Extremniederschlägen dennoch zunehmen (e.g. Frei et al. 2006; Christensen and Christensen 2007).

a) Definition Intensivniederschläge

Der Begriff Intensivniederschläge fasst kurzfristige Starkniederschlagsereignisse (typischerweise im Bereich von ein paar Stunden) und über mehrere Tage anhaltenden Dauerregen mit insgesamt grossen Niederschlagsmengen pro Ereignis zusammen. Während Starkniederschläge primär aus konvektiver Bewölkung und Gewittern entstehen (DWD 2013), sind Ereignisse mit Dauerregen oft die Folge von stationären Wettersystemen wie beispielsweise Fronten. Extreme Starkniederschläge und Dauerregen können lokal zu Überschwemmungen, Murgängen und weiteren Schäden führen.

Die einzelnen Gefahren und Effekte welche aus der Kategorie Intensivniederschläge resultieren, werden weiter unten behandelt (siehe Kapitel 4.2.2 - 0).

b) Abschätzung der Intensivniederschläge 2060

Die Abschätzungen zur Veränderung der Intensivniederschläge unter den beiden *Klimaszenarien schwach* und *stark* wurden für die vorliegende Studie basierend auf den Resultaten von Rajczak et al. (2013) vorgenommen.

Die Studie von Rajczak et al. (2013) wendet die Methodik von Frei et al. (2006) auf eine neue Generation von Klimamodellen an, um Aussagen über Extremniederschläge zu machen. Diese Modelle ermöglichen eine Abschätzung der Modellfehler und dienen auch als Ausgangslage für die Klimaszenarien CH2011. Rajczak et al. (2013) teilt den Alpenbogen in drei Regionen auf, um die Niederschläge über diese gesamthaft zu betrachten. Die räumliche Auflösung des verwendeten Modell-Ensembles (insgesamt 10 Simulationen) betrug 25km. Für den Kanton Uri wird lediglich die Region Nordwestalpen verwendet, welche den westlichen Alpennordhang, Mittelland, Jura, den südlichen Schwarzwald und die Bodenseeregion abdeckt. Die Studie macht Aussagen über grossräumige Niederschlagsereignisse, welche über diese ganze Region zusammengefasst, extreme Werte erreichen. Extreme Niederschläge auf kleiner räumlicher Skala, welche aus dieser Studie nicht abgeleitet werden können, wie z.B. infolge von Gewittern, können auch anderen Mustern folgen und durchaus auch abnehmen. Wie die Autoren selber betonen, bietet die Studie eine qualitative Schätzung der zukünftigen Entwicklung auf der erwähnten räumlichen Skala (Liniger 2013, persönliche Mitteilung).

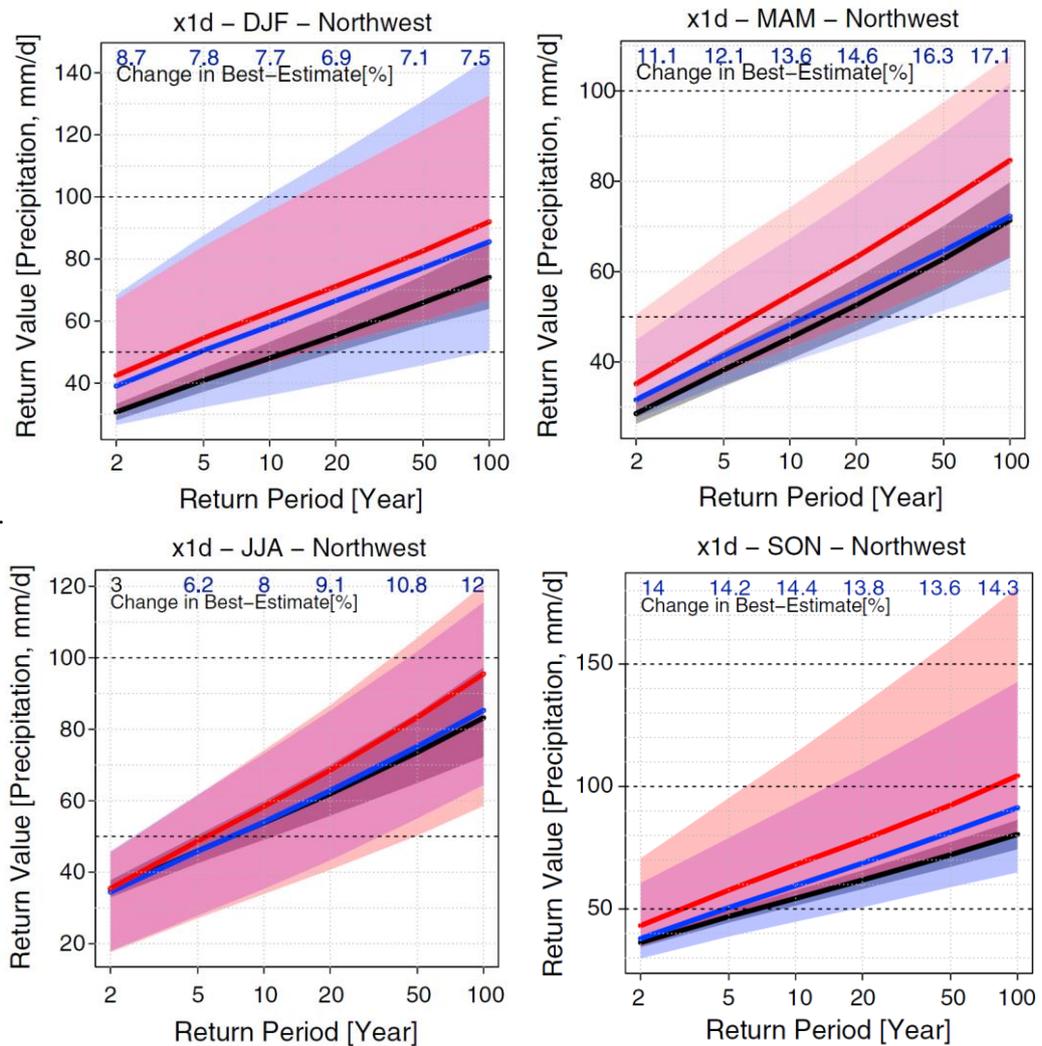
Es muss an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die publizierten Studien zur Abschätzung von Intensivniederschlägen in der Schweiz und in Europa ausgesprochen dünn ist. Der Umstand, dass die Herleitung der für diese Studie notwendigen Faktoren basierend auf nur einer Studie vorgenommen werden muss, verdeutlicht diese Tatsache. Die Resultate lassen sich nur als „best guess“ verwenden und sind in keiner Weise Kanton Uri spezifisch. Deshalb werden die Zahlen zu den Intensivniederschlägen mit grossen Unsicherheiten bewertet (gemäss Methodik in EBP/SLF/WSL 2013a).

In den folgenden Abschnitten werden die auf der Basis von Rajczak et al. (2013) quantifizierten Veränderungen der Intensivniederschläge für das Jahr 2060 abgeleitet (wo nötig geschätzt) werden. Diese quantifizierten Veränderungen dienen als Grundlage für alle Gefahren und Effekte die Bezug zu den Intensivniederschlägen aufweisen.

Bis auf den Sommer zeigen die Modelle für die untersuchte Region eine konsistente Zunahme der Intensivniederschläge. Im Sommer hingegen kann eine Abnahme der Intensivniederschläge, wie sie bei den mittleren Niederschlagssummen erwartet wird, zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

Figur 22 zeigt die für die Zeitperiode 2070-2099 (Mittel 2085) zu erwartenden Änderungen verschiedener Intensivniederschlagsereignisse (akkumulierter 1-Tagesniederschlag), als Funktion von Wiederkehrperiode und Intensität (in mm/Tag) unter Voraussetzung eines mittleren Emissionsszenarios A1B. Grundsätzlich lässt sich folgern, dass die Intensivniederschläge (akkumulierter 1-Tagesniederschlag) in allen Jahreszeiten in Bezug auf die Wiederkehrperiode zunehmen. Als Vereinfachung, wie sie im Rahmen dieser Studie notwendig sind, kann aus den Grafiken von Rajczak et al. (2013) abgeleitet werden, dass die Intensivniederschläge (akkumulierter 1-Tagesniederschlag) im Alpenraum während des Winters im Mittel um rund 7%, im Frühling im Mittel um 15 % und im Herbst im Mittel um 14% in Bezug auf die Intensität (Niederschlagsmengen/Tag) zunehmen. Schwieriger gestaltet sich die allgemeine Interpretation für die Sommermonate (JJA). Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von maximal 10 Jahren nehmen, als starke Vereinfachung, im Mittel (bezüglich Sommer-Extremwerte) um rund 5% in Bezug auf die Intensität zu, während Intensivniederschlagsereignisse mit höheren Wiederkehrperioden um 10% zunehmen (akkumulierter 1-Tagesniederschlag).

Laut den Autoren der Studie sind signifikante Änderungen im Niederschlagsregime erst auf Ende des 21. Jahrhunderts zu erwarten. Bis ins Jahr 2060 werden die Veränderungen der Intensivniederschläge durch die natürliche Variabilität des Klimasystems dominiert (jährliche und dekadische Variabilität). Erst gegen Ende des Jahrhunderts beginnt der durch anthropogene Treibhausgasemissionen erzeugte Klimawandel das Änderungssignal im Niederschlag zu dominieren, wobei sich in der Folge des Klimawandels auch die natürliche Variabilität des Klimasystems ändern könnte (Experteneinschätzung des OcCC).



Figur 22: Die Grafiken zeigen die Wiederkehrwerte (Intensität) [mm/Tag] als Funktion der Wiederkehrperiode [Jahre] für die vier Jahreszeiten Winter (oben links), Frühling (oben rechts), Sommer (unten links) und Herbst (unten rechts). Auf der oberen horizontalen Achse werden die zu erwartenden Veränderungen (rote Linie, siehe unten) in % zu den mittleren modellierten Werten für die Referenzperiode 1970-1999 (blaue Linie) angegeben. Die schwarze Linie zeigt die mittleren Messwerte für die Referenzperiode 1971-1998 und die rote Linie die mittleren prognostizierten Wiederkehrwerte (Intensitäten) als Funktion der Wiederkehrperiode für die Periode 2070-2099 auf Basis des Emissionsszenarios A1B (mittlere Schätzung). Schattierte Flächen zeigen entsprechend die Unsicherheiten (rote Schattierung: Unsicherheiten der mittleren prognostizierten Wiederkehrwerte, blaue Schattierung: Unsicherheiten der mittleren Modellwerte für die Referenzperiode, graue Schattierung: Unsicherheiten der Messwerte der Referenzperiode). Quelle: Rajczak et al. (2013).

Annahmen für das Klimaszenario stark 2060

Es gilt nochmals zu betonen, dass die in der Studie veröffentlichten Resultate lediglich für den Zeithorizont 2085 unter Annahme eines Emissionsszenarios A1B mittlerer Erwartungswert gerechnet wurden. Es ist nicht möglich diese linear auf ein *Klimaszenario stark* oder *schwach* gemäss vorliegender Studie umzuleiten. Daher müssen die Veränderungen für 2060 für die *Klimaszenarien schwach* und *stark* abgeschätzt werden. Es wird hierfür vereinfacht angenommen, dass die in Rajczak et al. (2013) gefundenen Veränderungen (für den Zeitraum 2070-2099) im Jahr 2060 nicht überschritten werden und daher die maximale Veränderung eines *Klimaszenarios stark* hiermit abgedeckt sind.

Für das *Klimaszenario stark* wird somit eine mittlere Steigerung der Intensivniederschlagsmengen (akkumulierter 1-Tagesniederschlag) von 15% angenommen (Autorenteam), wie sie von Rajczak et al. (2013) im Mittel für den Frühling prognostiziert wurde, da gerade für angewandte Abschätzung der Frühling zusammen mit der eintretenden Schneeschmelze und gesättigten Böden für Überlegungen wie Hochwasserrisiken und Rutschungen eine gewisse Wichtigkeit hat (Figur 23). Für Ausreiserereignisse gelten höhere Werte die nicht abgeschätzt werden können (Experteneinschätzung).

Die Änderung von Intensivniederschlägen kann auch als Änderung der Wiederkehrperiode (also der Frequenz) angegeben werden, um die Relevanz der Änderung besser abschätzen zu können. So wird zum Beispiel im Sommer ein bisher als 10-jährliches eingestuftes Ereignis (Wiederkehrperiode von 10 Jahren) unter Einwirkung des sich ändernden Klimas als 7-jährliches Ereignis erwartet (Wiederkehrperiode von 7 Jahren). Die Abschätzung dieser Frequenzänderung basiert auf groben Vereinfachungen analog der Steigerung der Niederschlagssummen (siehe oben).

Überträgt man diese Überlegungen mit Hilfe der Resultate in Figur 22 auf die Veränderung der Frequenz, so findet man (abgelesen aus Figur 22) für die einzelnen Jahreszeiten eine Frequenzsteigerung des 50-jährlichen Ereignisses (als Mittel der Periode 1-100 Jahre) von einem Faktor 1.6-1.4, was bedeutet, dass das 50-jährige Ereignis im Jahr 2085 (Mittel aus 2070-2099) etwa alle 30-40 Jahre auftritt. Da angenommen werden muss, dass die Veränderungen bis ins Jahr 2060 für das *Klimaszenario stark* moderater oder etwa ähnlich ausfallen wie für die mittlere Schätzung 2085 (Szenario A1B mittlere Schätzung gemäss Rajczak et al. 2013), wird für die Vorliegende Studie der Faktor 1.6 (+60%) als Frequenzsteigerung von Intensivniederschlägen (Stark- und Dauerregen) angenommen. Dies bedeutet, dass ein 50-jährliches Ereignis im Jahre 2060 statistisch als 31-jährliches Ereignis gewertet würde.

Annahmen für das Klimaszenario schwach 2060

Obwohl die Autoren (Rajczak et al. 2013) in keiner Weise die Auswirkungen für ein Emissionsszenario RCP3PD analysieren (*Klimaszenario schwach*), soll in Anlehnung an die Studie, quasi als „best estimate“, eine Annahme zur Veränderung der Intensivniederschlagsereignisse getroffen werden.

Die Veränderung der Intensivniederschläge (akkumulierte 1-Tagesniederschläge) für das *Klimaszenario schwach* soll für die vorliegende Studie als Schätzung für das jährliche Mittel mit +5% angenommen werden. Dieser Wert entspricht einer Abschätzung der kleinsten Veränderungen die in Rajczak et al. (2013) unter Berücksichtigung des Emissionsszenarios mittlere Schätzung A1B berechnet wurde (2085). Möglicherweise sind die Auswirkungen bis ins Jahr 2060 deutlich geringer. Dieser Umstand wird wiederum mit den Unsicherheiten abgedeckt (Figur 23).

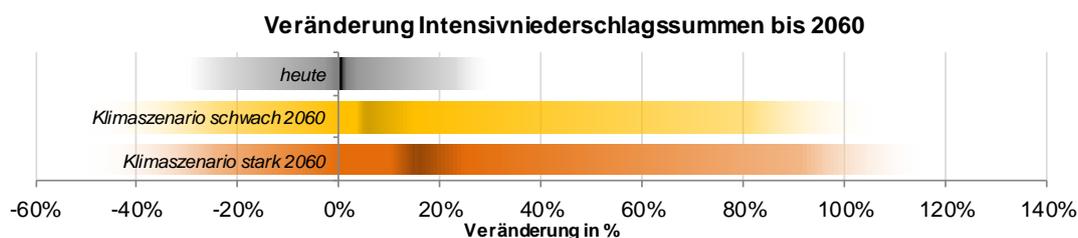
Die Steigerung der Frequenz für das *Klimaszenario schwach* wird in Anlehnung an die oben gemachten Ausführungen geringer ausfallen als für das *Klimaszenario stark*. Es wird angenommen, dass sich die Frequenz um einen Faktor von 1.25 (+25%) steigert (Annahme Autoreneam). Dies bedeutet, dass ein heute 50-jährliches Ereignis im Jahre 2060 statistisch als 40-jährliches Ereignis gewertet würde.

Unschärfen

Bei den Überlegungen zur Veränderung der Intensivniederschläge wurden die Unsicherheiten bisher nicht berücksichtigt. Aus Figur 22 wird jedoch ersichtlich, dass die hier getroffenen Annahmen auf Basis der besten Schätzwerte basierend aus den Klimasimulationen aus Rajczak et al. (2013) vorgenommen wurden. Der beste Schätzwert wird jedoch als sehr gut erachtet, da es sich in der Studie zeigte, dass dieser im heutigen Klima sehr gut mit den Beobachtungen übereinstimmt (siehe auch den Vergleich der schwarzen (observation) und blauen Kurven (Modelle Gegenwart und Vergangenheit) in Figur 22). Die Unsicherheiten sind entsprechend gross. Aufgrund der angegebenen Unsicherheiten (schattierte Flächen in Figur 22) muss hier mit Unschärfen im Bereich von +/- Faktor 2 (+100% / -50%) in Bezug auf die heutigen Werte gerechnet werden. Es könnte also durchaus sein, dass die Niederschlagssummen nicht um 15% zunehmen wie für das *Klimaszenario stark* angenommen, sondern um +100% zunehmen, sich also verdoppeln oder um -50% abnehmen, sich also halbieren (siehe Figur 23).

Für die Änderung der Frequenz gelten analoge Überlegungen. Die Frequenz reagiert jedoch um einiges sensitiver auf die Unsicherheiten. Ein 50 jährliches Ereignis könnte unter Berücksichti-

gung des oberen Randes der Unsicherheiten (rote Schattierungen in Figur 22) bis ins Jahr 2080 (gemäss Rajczak et al. 2013) durchaus rund alle 4 Jahre eintreffen. Es ergeben sich daher grosse Unsicherheiten zur Abschätzung der Unschärfen der Frequenz.



Figur 23 Abgeschätzte Werte für die mittlere jährliche Veränderung (dunkle Bereiche in der Mitte) der Intensivniederschlagssummen im Alpenraum (akkumulierte 1-Tagesniederschläge), als abgeleitete Schätzungen („best estimate“) basierend auf Überlegungen zur Studie von Rajczak et al. (2013) für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) im Jahr 2060 und deren abgeschätzte Unsicherheiten (auslaufende Balken). Die mittleren abgeschätzten Veränderung [%] entsprechen für beide Szenarien eine Zunahme.

Klimaszenario *schwach*: Zunahme der Intensivniederschläge um +5% in Bezug auf die Niederschlagsmenge und +25% gegenüber der Frequenz.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): Niederschlagsmenge 2 (mittel)
Frequenz 3 (gross)

Klimaszenario *stark*: Zunahme der Intensivniederschläge um +15% in Bezug auf die Niederschlagsmenge und +60% gegenüber der Frequenz.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): Niederschlagsmenge 2 (mittel)
Frequenz 3 (gross)

4.2.2. STARKER SCHNEEFALL

In diversen Publikationen werden die gemessenen Schneedaten der letzten Jahrzehnte analysiert (Latenser und Schneebeli 2003, Marty 2008, Marty und Blanchet 2011, Latenser 2002). Dabei wird ein markanter Einbruch der Schneemengen sowie eine allgemein sinkende Tendenz der Schneehöhen seit 1988 festgestellt. Gemäss der aktuellen Studie von Scherrer et al. (2013) hat sich dieser Trend in den letzten Jahren (seit 2000) wieder etwas relativiert.

Gemäss Serquet et al. 2011 fiel in den Wintermonaten (DJF) der letzten 50 Jahren oberhalb von 1101 m ü.M. mindestens 80% der Niederschläge in Form von Schnee. Das Schnee- / Regentage-Verhältnis verschob sich auf allen Höhenstufen zu Gunsten des Regens. Die Verschiebung war dabei bei den tiefer gelegenen Stationen deutlich ausgeprägter. Für die tiefen Lagen (bis 500 m ü.M.) geben Serquet et al. (2011) für die Beobachtungsperiode der Wintermonate zwischen 1961-2008 einen Rückgang des Schnee- / Regentage-Verhältnisses von 36% an. Für die hohen Lagen (über 1400 m ü.M.) geben sie einen Rückgang von 15% an.

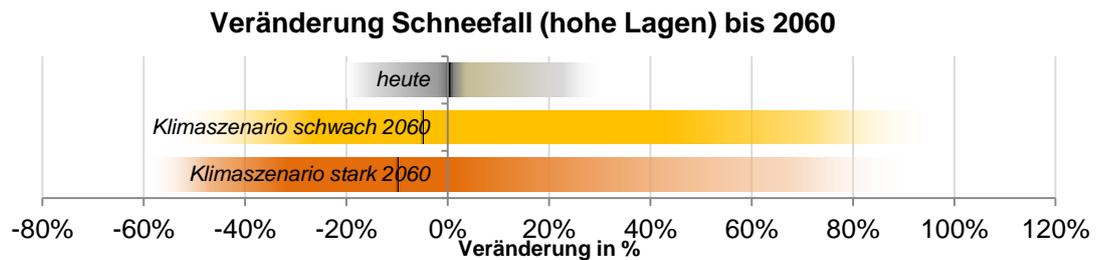
Für das *Szenario schwach* wird mit einer Abnahme der Neuschneetage von 37% für Altdorf sowie 21% für Andermatt gerechnet. Für das *Szenario stark* wird mit einer Abnahme der Neuschneetage von 74% für Altdorf sowie 52% für Andermatt gerechnet (MeteoSchweiz 2013c).

Wie oben beschrieben wird davon ausgegangen, dass die Intensivniederschläge im Winter beim *Klimaszenario schwach* um 5% und beim *Klimaszenario stark* um 15% zunehmen könnten. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Aussagen für 1-tages Starkniederschläge gelten. Gemäss CH2011 (2011) werden die 5-tages Intensivniederschläge im Winter in der Region Uri stabil bleiben, allenfalls leicht zunehmen (Zeithorizont bis 2085).

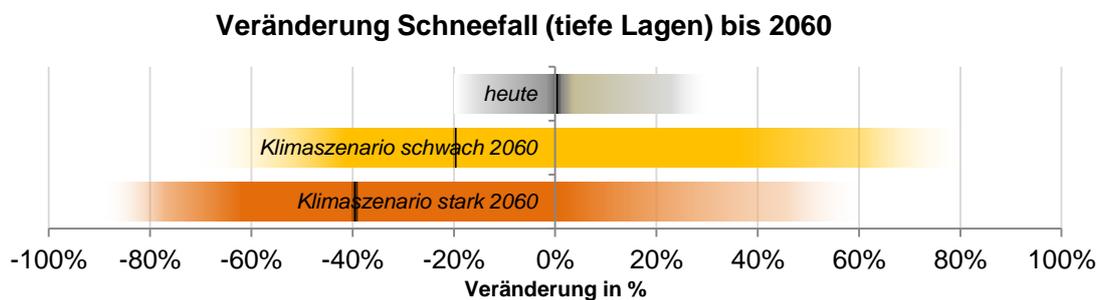
Entsprechend wird durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass:

- die Intensität von Intensivniederschlägen im Winter leicht zunimmt,
- der Niederschlag jedoch vermehrt in Form von Regen fällt (insbesondere in den tiefen Lagen).

Da keine Studien zu der erwarteten Veränderung von Starkschneefällen existieren werden die folgenden Werte durch das Autorenteam geschätzt.



Figur 24 Veränderung starker Schneefall in hohen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.



Figur 25 Veränderung starker Schneefall in tiefen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Starkschneefälle bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

Klimaszenario *schwach*: Abnahme der Starkschneefälle um 20% in den tiefen Lagen und Abnahme von 5% für die hohen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Abnahme der Starkschneefälle um 40% in den tiefen Lagen und Abnahme von 10% in den hohen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.3. LAWINEN

Bis dato existieren keine publizierten Studien für die Schweiz, welche zukünftig zu erwartende Lawinenaktivität quantifizieren (Stefan Margreth SLF, mündlich 10.7.2013). Bei der BAFU-Sektion Rutschungen, Lawinen und Schutzwald wird aktuell (Juli 2013) ein Projekt durchgeführt, welches die Sensitivität von Naturgefahren im Hinblick auf den Klimawandel untersucht (Projektleiter Stéphane Losey). Aufgrund der Datenlage wird die mögliche Lawinenaktivität für 2060 durch das Autorenteam abgeschätzt und mit Stefan Margreth vom SLF sowie Stéphane Losey vom BAFU diskutiert.

Vergangene Extremereignisse zeigen, dass grossflächige Schäden durch Lawinen vor allem durch mehrtägig anhaltende Starkschneeniederschläge ausgelöst werden (SLF 2000, S.150ff). Daraus folgt, dass Starkschneeniederschläge für Lawinen mit grossem Gefahrenpotential ein wichtiger Faktor sind.

„Durch die eher steigenden Temperaturen wird häufiger Regen auf eine vorhandene Schneedecke fallen, was vermehrt Schneegleiten und Nassschneelawinen verursachen könnte.“ (Margreth, 2011).

Für das *Szenario schwach* wird eine gleichbleibende, allenfalls leichte Abnahme der Niederschlagsmenge in den Wintermonaten (Zubler et al. 2013) sowie eine Zunahme der Niederschlagsintensität von Starkniederschlägen um 5% erwartet (Annahme Autorenteam; siehe Kapitel 4.2.1). Aufgrund der Temperaturerhöhung (in Zusammenhang mit der damit verbundenen Verschiebung der Schneefallgrenze in höhere Lagen) werden die Neuschneetage an der Station Altdorf im Mittel um 37% (von 19 auf 12 Tage pro Jahr), an der Station Andermatt im Mittel um 21% (von 42 auf 33 Tage pro Jahr) abnehmen (MeteoSchweiz 2013c).

Für das *Szenario stark* wird mit einer Zunahme der Niederschlagsmenge in den Wintermonaten um 12% (Altdorf) und 11% (Andermatt) (Zubler et al. 2013) sowie mit einer Erhöhung der Niederschlagsintensität von Starkniederschlägen um 15% (siehe Kapitel 4.2.1) gerechnet. Die Neuschneetage an der Station Altdorf werden im Mittel um 74% (von 19 auf 5 Tage) und an der Station Andermatt im Mittel um 52% (von 42 auf 20 Tage) abnehmen (MeteoSchweiz 2013c).

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor
Gesamtniederschlag Winter	keine Veränderung	1	+12%	1
Starkniederschläge (1 Tag)	+5%	2	+15%	2
Anzahl Neuschneetage	-37%	1	-74%	1

Tabelle 5: Veränderung der Klimaparameter Gesamtniederschlag, Starkniederschlag und Anzahl Neuschneetage. Diese Parameter wurden zur Abschätzung der Lawinenaktivität in tiefen Lagen 2060 herangezogen.

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor
Gesamtniederschlag Winter	Keine Veränderung	1	+11%	1
Starkniederschläge (1 Tag)	+5%	2	+15%	2
Anzahl Neuschneetage	-21%	1	-52%	1

Tabelle 6: Veränderung der Klimaparameter Gesamtniederschlag, Starkniederschlag und Anzahl Neuschneetage. Diese Parameter wurden zur Abschätzung der Lawinenaktivität in hohen Lagen 2060 herangezogen.

Die oben aufgeführten Parameter beziehen sich also auf die Lagen oberhalb von 800 m ü.M. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass in Lagen oberhalb von 2000 m ü.M. die meisten Lawinen anbrechen. Hier ist bis dato keine Veränderung der Schneefälle erkennbar.

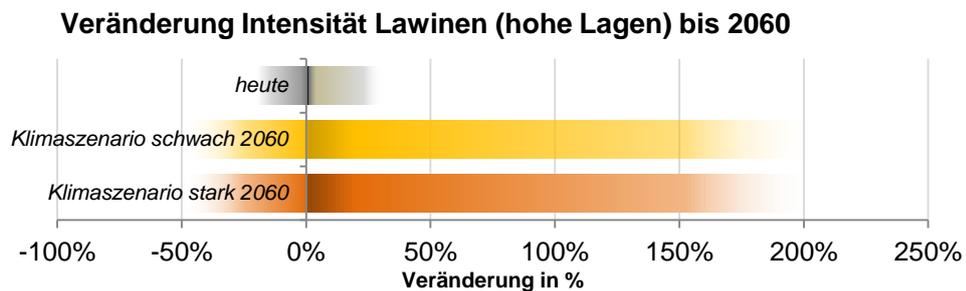
Die in den Tabellen 5 und 6 aufgeführten Parameter können als erste Grundlage zur Abschätzung der Lawinenaktivität herangezogen werden. Wichtige Parameter für den Schneedeckenaufbau und somit für die Lawinenaktivität, welche in dieser Studie nicht betrachtet werden (bspw. Abkühlung / Gefrieren des Bodens vor dem ersten Schneefall, stark lokale Windsituationen, welche zu Tribschneeansammlungen führen, etc.), sind jedoch neben den oben aufgeführten Aussagen enorm wichtig zur Abschätzung der zukünftigen Lawinenaktivität. Die nachfolgende Abschätzung der Lawinenaktivität beruht folglich hauptsächlich auf den Aussagen der Experten (SLF, Margreth).

Aufgrund der Daten und Aussagen der Experten wird durch das Autorenteam angenommen, dass die einzelnen Ereignisse zwar grösser werden können, jedoch weniger häufig auftreten. Die Gefährdung nimmt dabei vor allem in tiefen Lagen tendenziell ab. In Lagen über 2000 m ü.M. wird die Lawinenaktivität um 2060 durch das Autorenteam als vergleichbar mit der heutigen Situation angenommen. Die Lawinenaktivität könnte in diesen Lagen aber auch zunehmen, weil in den höher gelegenen Anrissgebieten mehr Schnee fallen könnte ($\pm 10\%$ nach Schätzung von Margreth SLF, Review-Kommentar vom 28.8.2013).

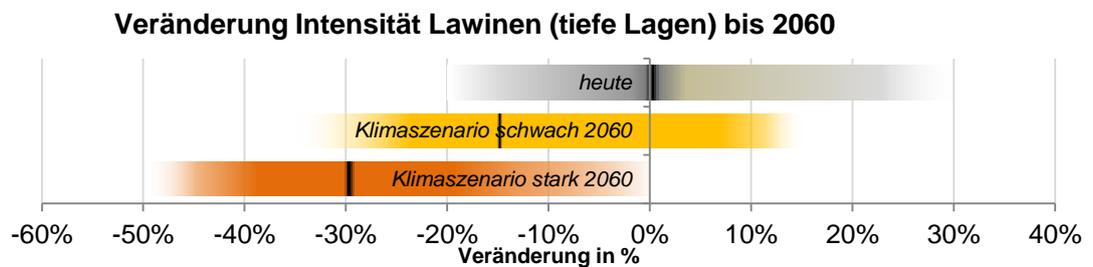
Die positive Wirkung von bestehenden Lawinenverbauungen zur Verhinderung von Grosslawinen, wie zum Beispiel in St. Antönien, Vals, Davos und Pontresina, ist eindrücklich nachweisbar. Dieser Effekt ist im Vergleich zu den unsicheren Auswirkungen der Klimaänderung auf Lawinen absolut dominierend (Marty 2009).

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Lawinenaktivität bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

(Die Unsicherheit der heutigen Lawinenaktivität wird mit dem Unschärfefaktor 1 eingestuft).



Figur 26 Veränderung Lawinenaktivität in hohen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.



Figur 27 Veränderung Lawinenaktivität in tiefen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Abnahme der Lawinenaktivität in den tiefen Lagen um 15%
 Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

Keine Veränderung der Lawinenaktivität in den hohen Lagen. Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Abnahme der Lawinenaktivität in den tiefen Lagen um 30%
 Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

Keine Veränderung der Lawinenaktivität in den hohen Lagen. Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.4. HOCHWASSER

Die beiden letzten grossen Hochwasser (inkl. Talflüsse) fanden im Kanton Uri jeweils im Monat August in den Jahren 1987 sowie 2005 statt. Vorgängig zu beiden Ereignissen gab es während rund drei bis vier Tagen anhaltend starke, extreme Niederschläge. Verstärkend kam eine ungünstige hydrologische Vorgeschichte hinzu (Baudirektion Uri 1992, Bezzola und Hegg 2007, Bezzola und Hegg 2008, MeteoSchweiz 2006). Demgegenüber sind in der Regel kürzere, lokale Starkniederschläge für lokale Ereignisse an einzelnen Gebirgsbächen verantwortlich.

Da sich die Schneefallgrenze durch den allgemeinen Temperaturanstieg (siehe Kapitel 4.1.2) in höhere Lagen verschieben dürfte (Köplin et al. 2013, Serquet et al. 2011, Steger et al. 2012), und der Schnee früher schmilzt, dürfte sich das Abflussregime der Flüsse und Bäche verändern.

Da keine Daten zu lang anhaltenden Extremniederschlägen (2-4 Tage) vorhanden sind, welche für die Überschwemmungsereignisse im regionalen Massstab als primäre Ursache gelten, muss mit stark vereinfachenden Analogieschlüssen gearbeitet werden.

Da die durchschnittlichen Sommerniederschläge abnehmen dürften (siehe oben), kann damit gerechnet werden, dass vor Extremniederschlägen die Bodensättigung tendenziell weniger hoch ist. Dies wirkt sich positiv auf die Hochwasserbildung aus.

Laut Köplin et al. (2013) muss in Zukunft mit rund 10-20% grösseren Hochwasserspitzenabflüssen für jährliche Hochwasser gerechnet werden. Das Autorenteam geht davon aus, dass die schadenverursachenden seltenen Ereignisse in ähnlichem Ausmass grösser werden. Für die tiefer gelegenen Flüsse modellieren Köplin et al. (2013) zudem eine starke Verschiebung der Hochwassertendenz vom Sommer in den Herbst (nival-alpine Regime), respektive bis in den

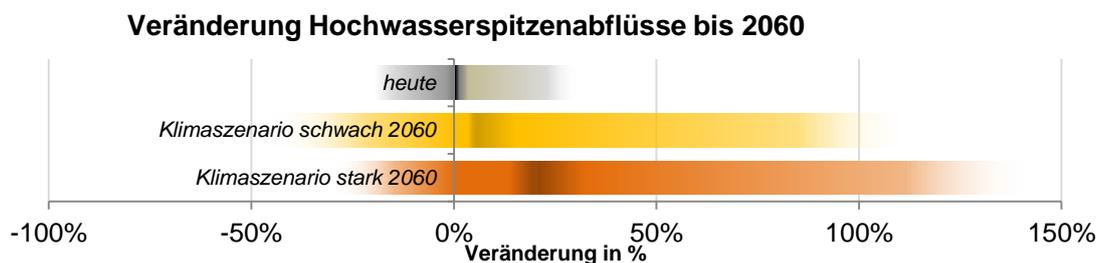
Winter (nivo-pluviale Regime). Diese jahreszeitliche Verschiebung der Hochwasserabflüsse dürfte für tiefer gelegene Flüsse ausgeprägter sein als für höher gelegene Gewässer (Köplin et al. 2013).

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass lediglich eine Studie vorliegt, welche die Veränderung der 24 h Extremniederschläge prognostiziert. Es fehlen darauf aufbauende Studien, welche die hochwasserfördernden und die hochwasserdämpfenden Effekte für die Region Uri modellieren. Hochwasserfördernd sind die Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen und der Niederschlag zunehmend in Form von Regen anstelle von Schnee (insbesondere im Frühjahr und Herbst). Hochwasserhemmend sind die längeren Trockenperioden im Sommer, welche ein verzögertes Anspringen der Böden bei Starkniederschlägen zur Folge haben. Das Autorenteam schätzt den Effekt der intensiveren Starkniederschläge als bestimmend ein für die Schätzung der Veränderung der Hochwasserspitzenabflüsse.

Die folgenden Zahlen zur Veränderung der Hochwasserspitzenabflüsse werden vom Autorenteam geschätzt.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Hochwasser bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

(Die Unsicherheit der heutigen Hochwasserspitzenabflüsse wird mit dem Unschärfefaktor 1 eingestuft).



Figur 28 Veränderung der Hochwasserspitzenabflüsse bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Zunahme der Hochwasserspitzenabflüsse um 5%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Zunahme der Hochwasserspitzenabflüsse um 20%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.5. MURGÄNGE

Murgänge entstehen bevorzugt bei der kritischen Kombination der Faktoren Schutt, Wasser und Gefälle. Die grundsätzliche Disposition des Einzugsgebietes von Murgängen wird geprägt durch die morphologische Entstehungsgeschichte, der aktuellen Dynamik des Einzugsgebietes, den geologischen / hydrogeologischen sowie glaziologischen Verhältnissen. Bei gegebenen Faktoren Schuttvorhandensein sowie Neigung der Topographie führt in der Regel ein Starkniederschlagsereignis zur Auslösung des Murganges (Haeberli et al. 1991).

Gemäss OcCC (2008) gibt es in den Jahren 1978, 1987, 1993 und 2005 Häufungen von Murgangereignissen. Vor allem für die Ereignisse '87 und '05 sind eine Vielzahl von Murgangprozessen zu notieren. Die Ursachenanalyse dieser Ereignisse weist darauf hin, dass folgende durch den Klimawandel herbeigeführte Faktoren diese Entwicklung begünstigen:

- Auftauender Permafrost: Vormals im Permafrost stabil liegende Schuttdispositionen (Schutthalde, Moränen) werden aufgrund der Permafrostdegradation destabilisiert und bilden eine massive Disposition des Faktors „Schutt“.
- Zurückweichende Gletscher: durch den Rückzug der Gletscher werden Seiten-, Front- und Grundmoränen freigelegt und bilden somit ebenfalls eine massive Disposition des Faktors „Schutt“.
- Zunahme extremer Niederschläge: kurzfristig grosse Niederschlagsmengen (allenfalls in Kombination mit Schneeschmelze) bilden die abschliessend auslösende Disposition (vgl. Haeberli et al. 1991).

Die Ausführungen in diesem Bericht in den Kapiteln „Auftauender Permafrost“ (grosse Unsicherheit, Degradation erwartet), „Gletscherschmelze“ (starker Rückzug der Gletscher erwartet) sowie „Intensivniederschläge“ (Zunahme in Bezug auf Intensität und Frequenz) lassen das Autorenteam darauf schliessen, dass die Häufigkeit und Intensität von Murgängen bis ins Jahr 2060 zunehmen könnte (vgl. Aussagen im Kapitel Hochwasser).

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegen- über heute	Unschärfe- Faktor	Veränderung 2060 gegen- über heute	Unschärfe- Faktor
Starkniederschläge	+5%	2	+15%	2
Verschiebung Schnee- /Regenverhältnis	Leichte Ab- nahme	-	Leichte-mittlere Abnahme	-
Auftauender Permafrost (Fläche)	-50%	3	-75%	3
Gesamtschätzung Glet- scherfläche	-50%	1	-75%	1

Tabelle 7: Abschätzung Murgangereignisse bis ins Jahr 2060.

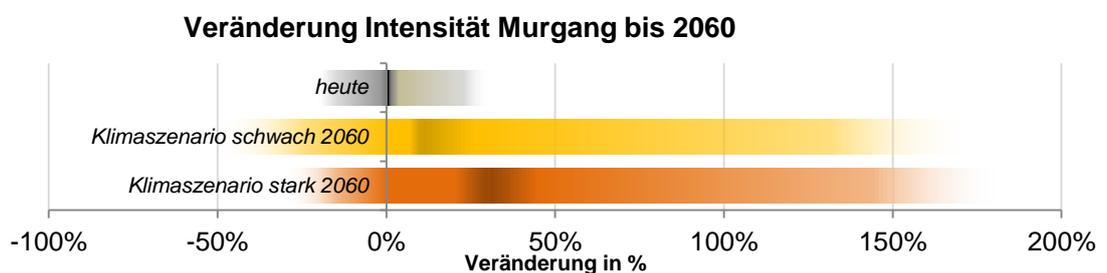
Die primär auslösende Disposition der Murgänge sind (Stark-)Niederschläge, deshalb bewerten wir diesen Parameter bei gegebener Schuttdisposition am Stärksten.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Murgang bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

Es wird erwartet, dass aufgrund der grösseren Schuttdisposition im periglazialen Bereich, in Zusammenhang mit der Zunahme von Starkniederschlagsereignissen, vermehrt Murgangereignisse aus den ehemals vergletscherten Bereichen bis in die tiefen Lagen / bis unterhalb der Waldgrenze auftreten werden. Diese Gebiete sind allerdings im Kanton Uri stark begrenzt aufgrund der bescheidenen Höhenlage. Im übrigen Alpenraum muss dieser Prozesskette eine sehr hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden. Demgegenüber kann in Bezug auf die Entwicklung der Murgangaktivität in tiefer gelegenen Prozessräumen erwartet werden, dass eine Zunahme v.a. aufgrund der intensiveren Starkniederschlagsereignisse zu erwarten sind. Murgangereignisse verlaufen oft in Form von Schwellenprozessen also nicht linear. Die Unwetterereignisse 1987 und 2005 zeigten, dass Starkniederschläge grosse Rutschungen auslösen können, welche dann die Schuttdisposition für grosse Murgänge bilden. Solche Grossereignisse führen zu Destabilisierungen ganzer Einzugsgebiete, welche die Gefahrensituation markant und langandauernd verändern. Diese Situation könnte bspw. für die Murganggerinne unterhalb der periglazialen Zone gelten – diese Gerinne sind heute im Kanton Uri die hauptsächlichen Schadensauslöser. Solche Gerinne oder auch nur teilweise wasserführende Runsen finden sich bspw. im Bannwald Altdorf. Eine abschliessende Aussage zur Entwicklung der Murgangaktivität im Jahr 2060 ist heute jedoch nicht verlässlich abzuschätzen.

Basierend auf der oben aufgeführten Tabelle, unter hauptsächlichlicher Berücksichtigung der Veränderung der Starkniederschläge, gehen wir für die Änderung der Murgangaktivität im Jahr 2060 von folgenden Schätzwerten aus.

(Die Unsicherheit der heutigen Murgangintensitäten wird mit dem Unschärfefaktor 1 eingestuft).



Figur 29 Veränderung der Intensität Murgang bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Zunahme der Intensität der Murgänge um 10 %.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 3

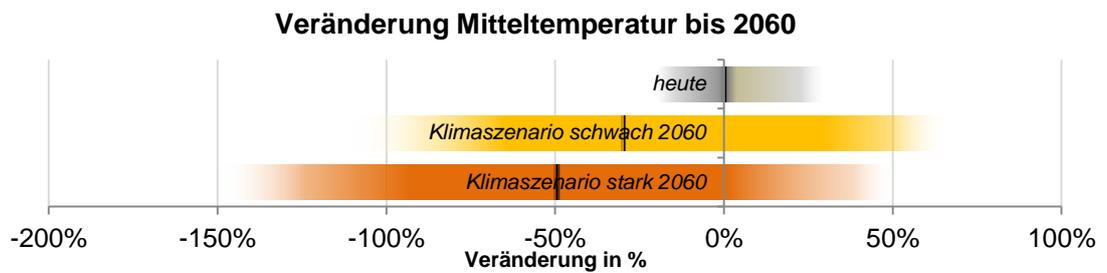
Klimaszenario *stark*: Zunahme der Intensität der Murgänge um 30%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 3

4.2.6. GEWITTER/HAGEL

Über die zukünftige Entwicklung von Gewittern und Hagel können zurzeit keine wissenschaftlich gesicherten Aussagen gemacht werden. Für Modellberechnungen ist die räumliche Ausdehnung zu klein, bei gleichzeitig sehr tiefem „level of scientific understanding“ (CH2011 2011). Aufgrund der grossen Unsicherheiten (Unschärfefaktor 3) wird bei den Auswirkungsbereichen jeweils eine Sensitivitätsanalyse der Gewitter- / Hagelprozesse mit einer Erhöhung und einer Verminderung um den Faktor 1.5 durchgeführt. Damit soll der Einfluss möglicher Änderungen auf das Gesamtbild der Risiken und Chancen geprüft werden. Das Resultat dieser Sensitivitätsanalyse fliesst aber nicht in das auf Ebene Auswirkungsbereich aggregierte Gesamtrisiko ein.

4.2.7. VERÄNDERUNG MITTELTEMPERATUR

Die Veränderung der Temperatur ist unter Kapitel 4.1.2 beschrieben.



Figur 30 Veränderung der Mitteltemperatur bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Zunahme der Mitteltemperatur im Winter um 1.4 C°, im Sommer in tiefen Lagen um 1.5 C° und in hohen Lagen um 1.9 C°.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

Klimaszenario *stark*: Zunahme der Mitteltemperatur im Winter um 3.3 C°, im Sommer in tiefen Lagen um 3.3 C° und in hohen Lagen um 4.0 C°.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

4.2.8. ÄNDERUNG NIEDERSCHLAGSREGIME

Die Summe des Jahresniederschlags bleibt in beiden Klimaszenarien gegenüber heute konstant, wobei beim *Klimaszenario stark* die Bandbreite ca. $\pm 5\%$ beträgt (A. Fischer von MeteoSchweiz per Mail, 14.8.2013).

Gemäss CH2011 (2011) wird im *Klimaszenario stark* der Niederschlag in der Nordostschweiz 2060 gegenüber heute im Frühling leicht zu-, im Herbst abnehmen. Für Uri (sowie den gesamten Alpenraum) sind keine spezifischen Daten vorhanden. Die untersuchte Region Nordostschweiz repräsentiert Uri gemäss Klimaexperten am besten. Gemäss Zubler et al. (2013) beträgt die Zunahme im Winter beim *Klimaszenario stark* für Altdorf 12.5%, in Andermatt 11.5%. Im Sommer beträgt die Abnahme in Altdorf 23.0%, in Andermatt 16.5%. Beim *Klimaszenario schwach* beträgt die Abnahme für Altdorf im Winter 2.5%, im Sommer 7.5%. In An-

dermitt betragen die Abnahmen für dasselbe Szenario für den Winter 1.5%, für den Sommer 5.5%.

Die Modellrechnungen von Rajczak et al. (2013) zu 1-tages-Starkniederschlägen zeigen, dass die Häufigkeit von Niederschlägen, nicht jedoch die Niederschlagsintensität im Sommer stark abnehmen wird. Es fällt entsprechend weniger Niederschlag. Eine leichte Abnahme der Niederschlagsfrequenz wird auch im Herbst erwartet (siehe Kapitel 4.1.2). Die Unschärfe dieser Daten wird als gering eingeschätzt.

Jahreszeit	Beste Schätzung der Veränderung für 1-tages-Niederschläge mit einer Jährlichkeit von 2 Jahren	Beste Schätzung der Veränderung für 1-tages-Niederschläge mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren
Winter (DJF)	+9%	+8%
Frühling (MAM)	+11%	+17%
Sommer (JJA)	+3%	+12%
Herbst (SON)	+14%	+14%

Tabelle 8: Beste Schätzung der Intensitätsänderung von 1-tages-Niederschlägen (mm/Tag) gemäss Rajczak et al. (2013) der Periode 2070-2099 gegenüber der Kontrollperiode 1970-1999.

Aufgrund der Erwärmung wird die Schneefallgrenze ansteigen und gleichzeitig das Schnee- / Regentageverhältnis abnehmen. Für die tiefen Lagen (exemplarisch 500 m ü.M.) geben Serquet et al. (2011) für die Beobachtungsperiode von 1961-2008 einen Rückgang des Schnee- / Regentage-Verhältnisses für die Wintermonate von 36% an. Für die hohen Lagen (exemplarisch 1400 m ü.M.) rechnen sie mit einem Rückgang von 15%.

Gemäss den Modellierungen von Steger et al. (2012) für die Jahre 2000-2009 ist zu notieren, dass die Gebiete oberhalb 1400 m ü.M. heute als schneesicher gelten (mindestens 100 Tage / Jahr mit mind. 30cm Schneebedeckung). Nach deren Modell wird sich diese Grenze unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* bis Mitte des Jahrhunderts auf einer Höhe von 1800 m ü.M einpendeln. Für das *Klimaszenario schwach* machen sie keine Aussagen.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Niederschlagsregime bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

Klimaszenario *schwach*: Die Jahresniederschlagsmenge bleibt unverändert.

Die monatlichen Niederschlagsmengen bleiben ähnlich wie heute. Im Sommer ist jedoch eine Abnahme um 5% zu verzeichnen (Unschärfefaktor 1 (bezogen auf absoluten Wert in Szenario)).

Die Intensität von 1-tages-Niederschlägen nimmt über das Jahr betrachtet um 10% zu. Im Sommer wird jedoch nur eine Zunahme von 5% erwartet (Unschärfefaktor 2 (bezogen auf absoluten Wert in Szenario)).

Es fällt häufiger Regen anstatt Schnee.

Klimaszenario *stark*: Die Jahresniederschlagsmenge bleibt unverändert.

Die monatlichen Niederschlagsmengen bleiben im Winter ähnlich wie heute, im Frühjahr wird eine Zunahme von 5% erwartet. Für den Sommer wird eine Abnahme um 20%, im Herbst um 15% erwartet (Unschärfefaktor 1 (bezogen auf absoluten Wert in Szenario)).

Die Intensitäten von 1-tages-Niederschlägen nehmen im Winter und Sommer um 10%, im Frühling sowie Herbst um 15% zu (Unschärfefaktor 2 (bezogen auf absoluten Wert in Szenario)).

Es fällt deutlich häufiger Regen anstatt Schnee.

4.2.9. ALLGEMEINE TROCKENHEIT

Gemäss Schär et al. (2004) dürfte in Zukunft neben dem allgemeinen Temperaturanstieg die Temperaturvariabilität zunehmen. Sommertemperaturen wie im Jahr 2003 dürften zudem deutlich häufiger auftreten. Gleichzeitig erwarten sie eine Abnahme der Sommer-Niederschläge. Da die Studie von Schär et al. auf dem Klimaszenario A2, unter Betrachtung der Periode 2071-2090 beruht, werden diese Aussagen durch das Autorenteam als qualitative Hinweise verwendet.

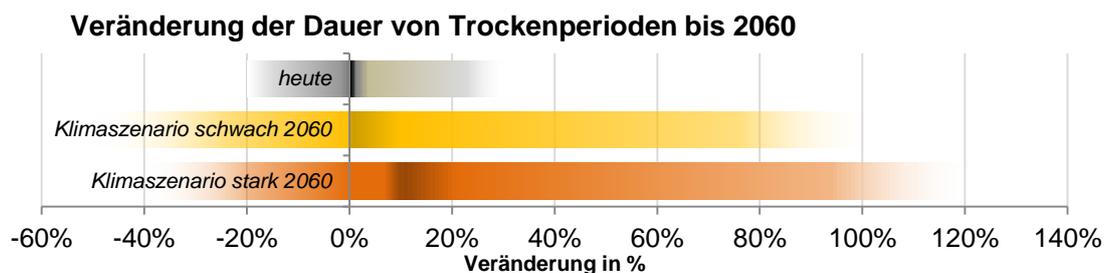
Als Mass für die Trockenheit wird in dieser Studie der Term „Trockenperioden“ verwendet und dabei wie folgt definiert: „Dauer von aufeinanderfolgenden Trockentagen (Tage mit weniger als 1mm Niederschlag), in der Masseinheit Tagen.“ In welchem Mass Trockenperioden in

Zukunft auftreten werden, kann heute jedoch nicht zuverlässig modelliert werden. Die Modelle streuen in den Ergebnissen sehr stark (ca. -10 bis +60%) (CH2011 2011).

Aufgrund der erhöhten Temperaturen wird eine höhere Verdunstungsrate erwartet, welche die Trockenheit zusätzlich verschärfen könnte (CH2011 2011).

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Trockenheit bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

In dieser Studie macht das Autorenteam aufgrund fehlender Datengrundlagen die folgenden Annahmen zur Veränderung der Allgemeinen Trockenheit:



Figur 31 Veränderung der Trockenheit bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Keine Verlängerung der Trockenperioden erwartet.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

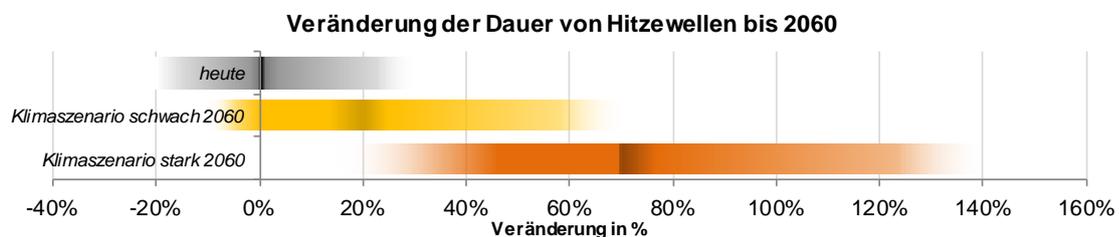
Klimaszenario *stark*: Verlängerung der Trockenperioden um 10%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.10. HITZEWELLE

Aufgrund der allgemeinen Erwärmung kann davon ausgegangen werden, dass Hitzewellen 2060 deutlich häufiger auftreten sowie länger andauern dürften (CH2011 2011). Zur Quantifizierung dieser Prozessart wird im Bericht CH2011 das Mass „Warm Spell Duration Index¹⁶“ WSDI verwendet. Der WSDI wird in der Region Uri bis 2085 für das *Szenario stark* um ca. 35 bis 75 Tage zunehmen. Dabei wird jedoch der heutige Referenzwert nicht angegeben.

Für das *Szenario stark* zeigen die Modelle gemäss CH2011 (2011), dass die Anzahl Hitzewellentage (warm spell days) mindestens um 70% zunehmen. Für das *Szenario schwach* werden keine Angaben gemacht, deshalb wird die Zunahme der Hitzewellentage für das *Szenario schwach* vom Autorenteam abgeschätzt. Die Hitzewellentage werden als Referenz für die Hitzewellen herangezogen.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Hitzewellen bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:



Figur 32 Veränderung Hitzewellen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

¹⁶ *Warm spell duration index (WSDI)*: count of warm spell days in May-September. A warm spell is defined as a period of at least six consecutive days with maximum temperatures exceeding the local 90th percentile of the reference period (1980–2009). To account for the seasonal cycle, the 90th percentile is calculated for each calendar day centered on a 5-day time window. Quelle: CH2011 (2011)

Klimaszenario *schwach*: Zunahme der Dauer von Hitzewellen um 20%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Zunahme der Dauer von Hitzewellen um 70%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.11. WALDBRAND

Gemäss Wohlgemut et al. (2008) und Christinsen (1993) ist die Gefahr von Waldbränden in jenen Gebieten am grössten, wo einerseits genügend Niederschläge fallen und andererseits häufig Trockenperioden zu verzeichnen sind. Die Niederschläge begünstigen dabei das Wachstum der Vegetation und somit die Bereitstellung von Brandgut. Trockenperioden unterstützen die Brandgefahr. Bei Trockenperioden, so zum Beispiel im trocken-heissen Sommer 2003, nimmt die Blitzschlaganfälligkeit der Vegetation in den montanen und subalpinen Lagen der Alpen zu, was das Waldbrandrisiko erhöht (vgl. Situation der Tessiner Alpen im Sommer 2003, Conedera et al. (2006)). Nach Wohlgemut et al. (2008) und Christinsen (1993) ist bei einer Zunahme von Dürreperioden (zeitlich sowie räumlich) mit einer Zunahme von extremen Brandereignissen zu rechnen. Dabei in den bereits bekannten Waldbrandgebieten sowie auch in Gebieten, welche bisher von Waldbränden verschont blieben (bspw. Buchenmischwälder der Alpennordseite, deren trockenes Laub im Winter leicht entzündbar ist). Zunehmend brandgefährdet sind mittelfristig Föhren- und generell Nadelwälder der Zentralalpen und Alpennordseite (Schumacher et al. 2006). Starkwindereignisse (so bspw. Föhn) begünstigen bei gegebener Waldbrandsituation die Ausbreitung der Feuer auf grössere Flächen. Auch Brang (2011) bestätigt diese Aussage, dass vermehrt Waldbrände auch in bisher feuchten Regionen zu erwarten sind.

Gemäss Annen (2013) herrscht bereits jetzt im Kanton Uri eine hohe Waldbrandgefahr. Aufgrund des Föhns sei Uri das in punkto Waldbrand am stärksten gefährdete Gebiet der Alpennordseite. Auch im trocken-heissen Sommer 2003 fanden mehrere Waldbrände im Urnerland statt. Nach seiner Einschätzung muss in Zukunft vor allem bei häufiger auftretenden Trockenperioden mit vermehrt Waldbränden gerechnet werden (entspricht *Klimaszenario stark*, Verlängerung der Trockenperiode).

Allerdings ist zu beachten, dass in der Schweiz (sowie in Europa) Waldbrände in über 90% der Fälle anthropogen ausgelöst werden (Conedera et al. 2006). Diese Aussage bestätigt auch Annen (2013). Er erwartet jedoch in Zukunft einen Lerneffekt bei der Bevölkerung und vermu-

tet dass somit die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch Auslöser für einen Waldbrand ist, rückläufig sein werde.

Aufgrund der Langlebigkeit und des langsamen Wachstums der Bäume sind Veränderungen im Wald nur langfristig erkennbar. Ausnahme bilden katastrophale Ereignisse wie Windwurf oder Waldbrand - auf solchen Flächen kann sich die Baumartenzusammensetzung rasch ändern. Ohne menschliches Eingreifen erfolgt die Bewaldung auf solchen Flächen der natürlichen Sukzession. Entscheidende Faktoren für die Sukzession sind neben den standörtlichen, klimatischen und wildtierbiologischen Faktoren die Baumartenzusammensetzung der verbleibenden Samenbäume sowie der Sameneintrag des Nachbarbestandes. So kann sich lokal eine starke Veränderung der Baumartenzusammensetzung ergeben. Doch spielen einzelne Flächen mit einer veränderten Baumartenzusammensetzung eine untergeordnete Rolle auf die gesamte Waldfläche des Kantons Uri beim forstlich gesehen kurzfristigen Betrachtungshorizont bis 2060. Daher kann davon ausgegangen werden, dass sich bis 2060 keine oder nur kleine Änderungen in der Baumartenzusammensetzung für den Kanton Uri ergeben werden.

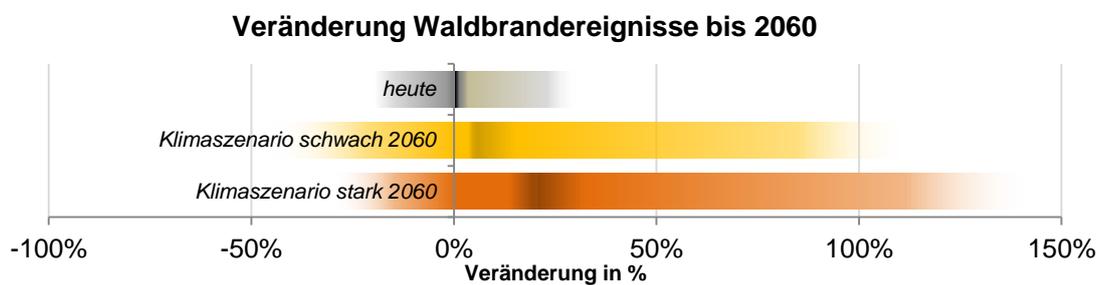
Längerfristig ist aber davon auszugehen, dass sich die Baumartenzusammensetzung stärker ändern wird und dass sich beispielsweise der Waldföhrenanteil erhöht (Zimmermann et al. (2008)). Das würde das Schadenausmass bei einem Waldbrand erhöhen, da sich die ätherischen Öle der Waldföhre bei Feuer explosionsartig entzünden können (Wohlgemut et al. (2008)).

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfe-Faktor	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfe-Faktor
Trockenheit	gleichbleibend	2	Verlängerung +10%	2
Hitzewellen	Zunahme der Dauer +20%	2	Zunahme der Dauer +70%	2
Stürme / Orkane	Keine Aussage	-	Keine Aussage	-
Veränderung – Baumartenzusammensetzung, Gesamtvorrat [m ³]	gleichbleibende Bestockung	2	Schätzung -5% Fichte	2

Tabelle 9: Abschätzung Waldbrandgefahr im Jahr 2060

Vor allem aufgrund der Parameter Trockenheit und Hitzewellen schätzen wir für beide Klimaszenarien einen leichten Anstieg der Waldbrandgefahr für den Kanton Uri im Jahr 2060.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Waldbrand bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:



Figur 33 Veränderung der Waldbrandereignisse bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

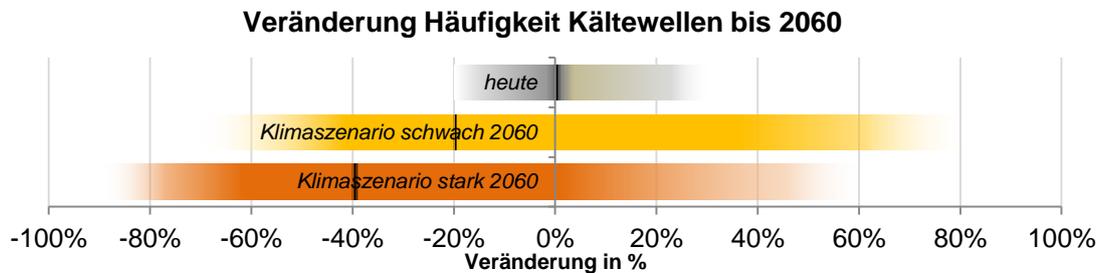
Klimaszenario schwach: Zunahme der Waldbrandereignisse um +5%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario stark: Zunahme der Waldbrandereignisse um +20%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.12. KÄLTEWELLE

Die Frequenz sowie Dauer von Kältewellen im Winter dürfte bis 2060 abnehmen, wobei immer noch intensive Kältewellen auftreten können (CH2011 2011). Gemäss Mitteilung von Simon Scherrer (MeteoSchweiz) können zu den Kältewellen keine gesicherten Aussagen gemacht werden. Für diese Studie macht das Autorenteam die vereinfachte Annahme, dass sich die Kältewellen analog zu den Frosttagen verhalten.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Kältewellen bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:



Figur 34 Veränderung Häufigkeit von Kältewellen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

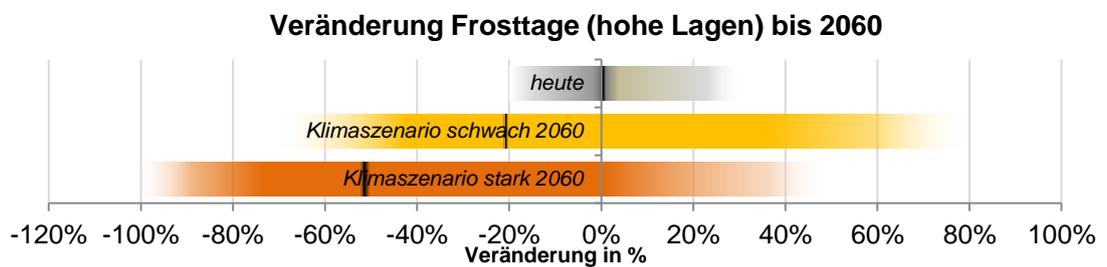
Klimaszenario *schwach*: Abnahme der Häufigkeit der Kältewellen um 20%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Abnahme der Häufigkeit der Kältewellen um 40%.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

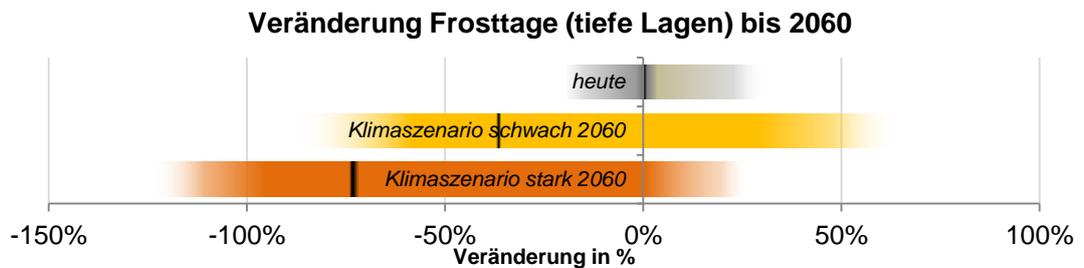
4.2.13. FROST

Die Veränderung der Frosttage ist unter Kapitel 4.1.2 beschrieben.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Frosttage bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:



Figur 35 Veränderung der Frosttage hohe Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.



Figur 36 Veränderung der Frosttage tiefe Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Abnahme der Frosttage um 37% in den tiefen Lagen, Abnahme um 21% in den hohen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario *stark*: Abnahme der Frosttage um 74% in den tiefen Lagen, Abnahme um 52% in den hohen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

4.2.14. REDUKTION SCHNEEDECKE/GLETSCHERSCHMELZE

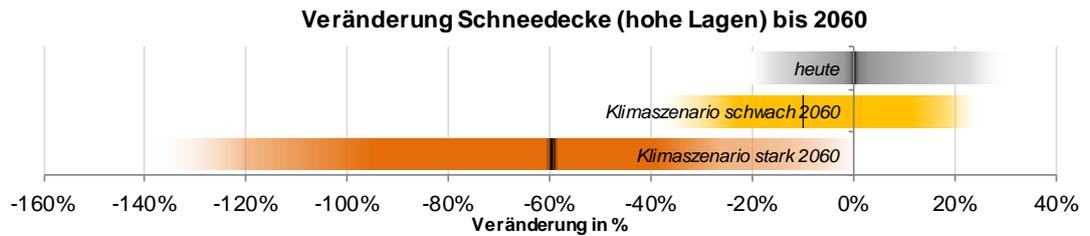
Reduktion Schneedecke: für beide Klimaszenarien ist davon auszugehen, dass die Dauer und Dicke der Schneedecke über das Jahr verteilt abnehmen dürfte. In welcher Grössenordnung sich die zukünftige Schneedecke verändern wird ist jedoch mit grösseren Unsicherheiten behaftet (OcCC, 2008). Wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben, dürften die Neuschneetage deutlich abnehmen. Gleichzeitig dürfte sich die Untergrenze der als schneesicher geltenden Gebiete (mindestens 100 Tage / Jahr mit mind. 30cm Schneedecke) gemäss Steger et al. (2012) von heute 1400 m ü.M. bis Mitte Jahrhundert beim *Klimaszenario stark* auf 1800 m ü.M. verschieben. Für das *Klimaszenario schwach* machen sie keine Aussagen.

Gemäss Steger et al. (2012) nimmt der SWE (snow water equivalent) im Vergleich zu der Referenzperiode (1971-2000) beim *Klimaszenario stark* in den Lagen bis 1500 m ü.M. um 80% (Bandbreite für A2B von 40-80%), in den Höhenlagen von 2000 – 2500 m ü.M. um 60% (Bandbreite für A2B von 10-60%) ab. Die Veränderung des SWE ist in den tiefen Lagen stärker spürbar.

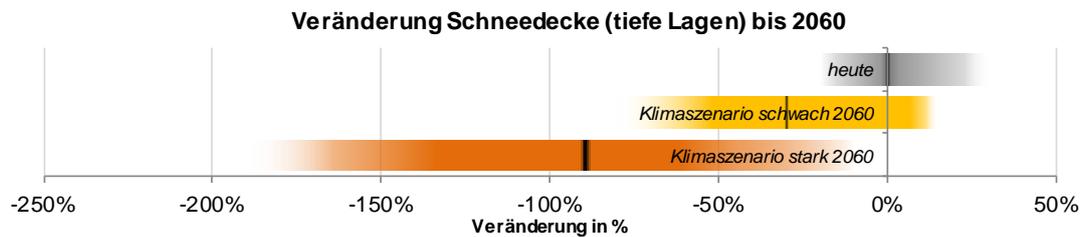
Scherrer et al. (2013) halten fest, dass der in den letzten 50 Jahren gemessene Rückgang der Neuschneesummen im Frühling höchstwahrscheinlich dem Temperaturanstieg zugeschrieben werden kann.

Der Kulminationspunkt der Schneehöhen verschiebt sich dabei zeitlich wenige Wochen nach vorne. Zum *Szenario schwach* sind keine Daten verfügbar. Das Autorenteam nimmt deshalb an, dass sich der SWE beim *Klimaszenario schwach* in tiefen Lagen um 30%, in den hohen Lagen um 10% reduziert.

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Reduktion Schneedecke bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:



Figur 37 Veränderung des Schneewasseräquivalents in hohen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.



Figur 38 Veränderung des Schneewasseräquivalents in tiefen Lagen bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario schwach: Abnahme des Schneewasseräquivalent um 10% in hohen Lagen,
Abnahme um 30% in tiefen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Klimaszenario stark: Abnahme des Schneewasseräquivalent um 60% in hohen Lagen,
Abnahme um 80% in tiefen Lagen.
Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 2

Gletscherschmelze: Die Grössenveränderung eines Gletschers ist primär abhängig von der Menge des Schneesiederschlags im Akkumulationsgebiet (positive Massenbilanz des Gletschers) sowie den Schmelzprozessen im Ablationsgebiet (negative Massenbilanz). Wie vorangegangen beschrieben, ist mit einer Abnahme der Schneemengen in den hohen Lagen zu rechnen. Grundsätzlich ist also davon auszugehen, dass die Akkumulationsgebiete aufgrund geringeren Schneefalls (in Kombination mit den ansteigenden Mitteltemperaturen, vgl. Kap. 4.1) auch in hohen eher eine negative Massenbilanz über das gesamte Jahr ausweisen werden. Daraus resultiert ein weiterer Rückzug der Gletscher.

Linsbauer (2008) modelliert mit einem GIS-Werkzeug die Gletscherbette im Alpenraum (Ausgangsstadium Gletscherstände 1985, Modellauflösung 25m). Ein Produkt daraus sind zukünftige Gletscherstände. Diese Aussagen sind jedoch mit „grossen“ Unsicherheiten behaftet (ca. $\pm 20 - 30\%$ der Schätzwerte), da die Modellierungen auf relativ vagen Annahmen über das Gletscherfließen (NELAK, 2013) sowie der Entwicklung der Schneedecke basieren (OcCC, 2008). Für 2060 resultieren dabei die folgenden Abnahmen der Gletscherflächen und -Volumina je Szenario:

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor
Gesamtschätzung Gletscherfläche	-45%	1	-75%	1
Gesamtschätzung Gletschervolumen	-30%	1	-66%	1

Tabelle 10: Abschätzung der Gletschersituation im Jahre 2060 (Basis Linsbauer, 2008)

Aufgrund der Rückzüge der Gletscher wie sie Linsbauer (2008) beschreibt, können sich unter gegebener Gletscherbetttopographie in den vorhandenen Übertiefungen des Reliefs neue Gletschervorfeldseen bilden. Er geht davon aus, dass in der Betrachtungsperiode in den Schweizer Alpen über 500 Übertiefungen mit einer Fläche grösser als eine Hektar zu erwarten sind. Im Nationalen Forschungsprogramm 61 (NFP61) wird im Projekt „Seen als Folge schmelzender Gletscher: Chancen und Risiken“ (Projekt NELAK) diese Situation genauer untersucht. NELAK (2013) beschreibt dabei für den Kanton Uri die Situation wie nachfolgend aufgezeigt. Da bereits

grosse Unsicherheiten in der Modellierung des Gletscherfliessens bestehen (vgl. Aussagen im Teil Gletscherschmelze) wird darauf verzichtet, nach Klimaszenarien zu unterscheiden.

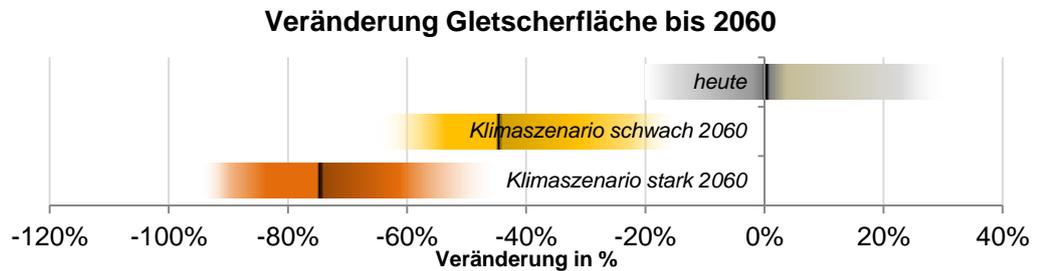
Urner Gletscher	Anzahl Gletschervorfeldseen und Kubatur [m ³]
Hüfi Firn	1 Gletschervorfeldsee mit 1-5 Mio.
Brunni Firn	1 Gletschervorfeldsee mit > 10 Mio. 1 Gletschervorfeldsee mit 1-5 Mio.
Tiefengletscher	1 Gletschervorfeldsee mit 1-5 Mio.
Blüemlisalpfinn	1 Gletschervorfeldsee mit 1-5 Mio.

Tabelle 11: Abschätzung der neu entstandenen Gletschervorfeldseen im Jahre 2060 (NELAK 2013)

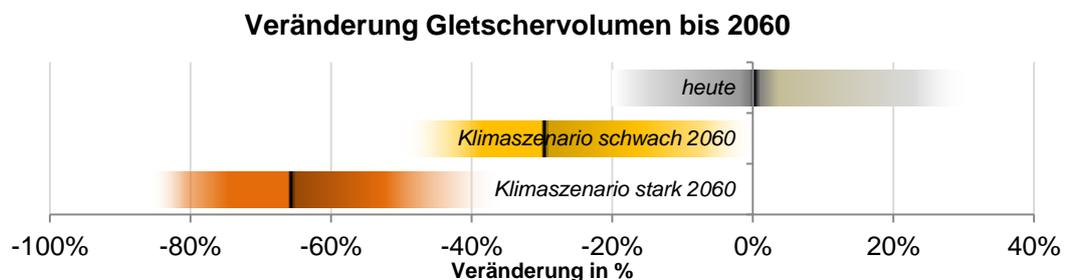
Aus diesen neu entstandenen Seen können Sekundärgefahren entstehen, bspw. Schwallwellenbildung nach Eis- und / oder Felssturz aus den Flanken der Seen oder Murgangbildungen aus dem vorhandenen Moränenbastionsmaterial. Die Prozessgrössen können dabei Grössenordnungen von Dammbuchsenarien für künstliche Stauseen annehmen. Jedoch sind diese Gefahren schwierig abzuschätzen. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass diese Ereignisse eine kleine Eintretenswahrscheinlichkeit, jedoch mit dramatischen Folgen aufweisen können (NELAK 2013). Nach Terrier et al. (2011) ermöglichen diese neuen Gletscherseen aber auch eine Chancennutzung im Bereich Wasserkraft (kurzfristig abrufbare Energie aus hochalpinen Speichern zur Abdeckung kurzfristiger Spitzen im europäischen Energie-Verbundnetz) sowie im Bereich Tourismus (schwindende Attraktivität der vergletscherten Gebirgslandschaft wird durch neue Seenlandschaften kompensiert).

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Gletscherschmelze bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

Unabhängig von den Klimaszenarien gehen wir aufgrund der Aussagen des NELAK-Projektes davon aus, dass im Kanton Uri vier neue Gletschervorfeldseen mit Volumen von 1-5 Mio. m³ sowie ein neuer Gletschervorfeldsee mit Volumen >10 Mio. m³ entstehen werden. Für die Veränderung der Gletscherflächen und –volumen je Szenario nehmen wir folgende Annahmen an:



Figur 39 Veränderung der Gletscherfläche bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.



Figur 40 Veränderung des Gletschervolumens bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario schwach: Abnahme der Gletscherflächen um 45%, Reduktion der Gletschervolumen um 30%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

Klimaszenario stark: Abnahme der Gletscherflächen um 75%, Reduktion der Gletschervolumen um 66%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

4.2.15. AUFTAUENDER PERMAFROST

Permafrost (permanenter Bodenfrost) wird definiert als „ganzjährig gefrorener Boden“, die Temperatur misst dabei über das gesamte Jahr maximal 0°C. Die von Permafrost eingenommene Fläche beträgt rund 5% der Gesamtfläche der Schweiz. Oberhalb der Waldgrenze muss in der Schweiz generell mit Permafrost gerechnet werden – Abschätzungen hierzu basieren auf Permafrostmodellierungen. Das Vorkommen von Permafrost ist im Hochgebirge räumlich sehr variabel und nur schwierig nachvollziehbar. Anhand von Erfahrungs- und Schätzwerten werden anhand der Topographieparameter Höhe über Meer, Exposition und weiteren Faktoren die Verbreitung abgeschätzt (BAFU 2013b). Je nach Exposition ist oberhalb von 2400 m ü.M. Permafrost „möglich“ oder „wahrscheinlich“ (BAFU 2013a). Gemäss dem Web-GIS des BAFU liegen aktuell beispielsweise Infrastrukturteile der Gemsstockbahn (bis 2961 m ü.M., Vorkommen „flächenhaft wahrscheinlich, z.T. mit grosser Mächtigkeit bis über 100m“), die Bergstation der Furkastock-Seilbahn (2665 m ü.M., Vorkommen „lokal möglich bis flächenhaft wahrscheinlich“), punktuell die obersten Bereiche der Furkapassstrasse (Vorkommen „lokal möglich, fleckenhaft, punktuell“) direkt im Permafrostgebiet. Grundsätzlich ist also aktuell nur eine sehr kleine Fläche des Kantons (Schätzung des Autorenteam < 1%) von Permafrost „betroffen“ (Hochlagen und Gipfel).

Gemäss Nötzli ist eine abschliessende Quantifizierung der Veränderung des Permafrostes (unter den verwendeten Klimaszenarien A1B und RCP3PD) bis ins Jahr 2060 aufgrund verschiedener Unsicherheiten nicht möglich (mündliche Überlieferung Jeannette Nötzli, GIUZ, 15.07.2013 sowie OcCC, 2008).

Die zu klärenden Unsicherheiten wären die folgenden:

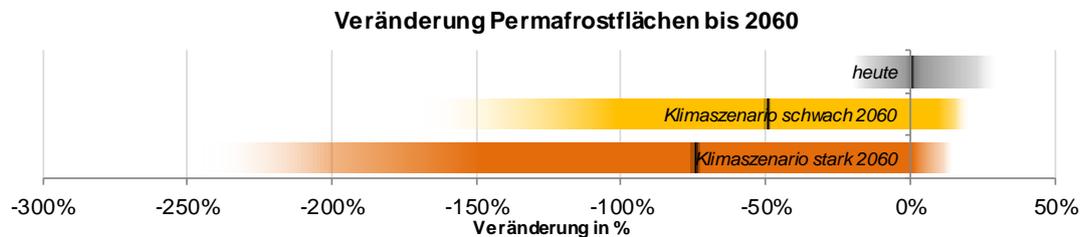
- in welchem Untergrund herrscht Permafrost vor (Felswand, Schutthalde, Blockgletscher, Schneebedeckung)?
- wie / in welchem Ausmass wird eine Änderung der atmosphärischen Verhältnisse (Temperatur) in den Boden übertragen. Dabei müssen auch die oben aufgeführten, unterschiedlichen Dispositionen betrachtet werden.
- Wie setzt sich eine Veränderung der Lufttemperatur im Untergrund fort? Wie verändert sich dabei das Temperatur- / Tiefenprofil?

Die Untergrundbedingungen sind nicht abschliessend bekannt, gerade das Vorhandensein von Eis im Boden wirkt sich auf die Erwärmung des Untergrundes aus, und müsste für eine quantifizierbare Aussage zur Permafrost-Verbreitung geklärt sein.

Bei den erwarteten Erwärmungen des Klimas werden gemäss OcCC auch eisreiche Schutthalden in Schattenflanken zwischen 2000-3000 m ü.M. tiefer als heute, jedoch nicht ganzheitlich auftauen. Dabei ist zu erwarten, dass die äussersten rund 50 Meter der Permafrostflanken von ausgeprägten thermischen Ungleichgewichten betroffen sein werden (OcCC 2007).

In der vorliegenden Studie gehen wir davon aus, dass sich der Parameter Auftauender Permafrost bis ins Jahr 2060 gegenüber heute wie folgt verändert:

Wir nehmen an, dass aufgrund des Klimawandels die von Permafrost bedeckten Flächen auch in den höheren Lagen bis ins Jahr 2060 stark verkleinert oder verschwunden sein werden.



Figur 41 Veränderung der Permafrostfläche bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario schwach: Abnahme der Permafrostflächen um 50%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 3

Klimaszenario stark: Abnahme der Permafrostflächen um 75%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 3

4.2.16. STEINSCHLAG/FELSTURZ

Sturzprozesse werden nach Lateltin (1997) anhand ihrer Grösse / Aktivität wie folgt unterschieden:

Block- / Steinschlag: Sturz von mehr oder weniger isolierten Blöcken (Durchmesser > 0.5 m) und Steinen (Durchmesser < 0.5 m)

Felssturz: 100-100'000 m³

Bergsturz: > 1 Mio. m³

Nach Gruner (2008) ergibt eine Auswertung zahlreicher Sturzereignisse (Prozessgrösse „Steinschlag“ bis „Bergsturz“ mit Sturzkubaturen $\gg 100'000 \text{ m}^3$ keinen signifikanten Zusammenhang mit warmen Klimaperioden. Vielmehr zeigen jedoch meteorologische Einflüsse (Frost-Tau-Wechsel, Schneeschmelze und erste Niederschläge im Frühjahr) und die daraus resultierenden felsmechanischen Einflüsse eine Häufung der kleinen bis mittleren Ereignisse. Nach ihm ist aufgrund der Daten der Vergangenheit keine Korrelation zwischen warmen Klimaperioden und grossen Sturzereignissen gegeben. So ist durch die seit dem Jahr 1850 stattfindende Erwärmung des Klimas keine tendenzielle Zunahme dieser Ereignisgrössen erkennbar. In Bezug auf die meteorologischen Ursachen wirken sich jedoch die oben genannten Faktoren (Frost-Tau-Wechsel, Niederschläge, etc.) direkter auf kleinere bis mittlere Sturzprozesse aus. Permafrostdegradation (aufgrund des Vorkommens des Permafrostes primär oberhalb von 2400 m ü.M.) führt gemäss Gruner vor allem in ausserordentlich heissen Sommermonaten (wie bspw. 2003) zu einer Häufung von Sturzereignissen, dabei primär in Nordwänden. Diese Aussage bestätigen Vonder Mühl et al. (2007). Gruner hält fest, dass die tendenzielle Erwärmung während des ganzen Jahres vielmehr zu einer geringeren Destabilisierung des Gesteins führt.

Der entgegengesetzten Ansicht in Bezug auf das Vorkommen von grossen Felsstürzen unter den zukünftigen klimatischen Bedingungen sind die Autoren des OcCC-IPCC-Berichtes (OcCC 2007 und 2008). Nach Ihnen ereignen sich bereits heute alle paar Jahre Felsstürze mit einer Kubatur von über einer Million Kubikmeter und einer Transitstrecke mit Akkumulation bis weit unter die Waldgrenze. Beispiele hierfür sind Randa 1991 (Bergsturz hat touristisch erschlossenes Gebiet betroffen) und Eiger im Jahre 2006.

OcCC (2008) erwartet mit dem zunehmenden Gletscherrückgang (vgl. Kapitel 3.2.14), der zunehmenden Erwärmung und entsprechenden thermischen Störung von kalten Permafrostflanken im Hochgebirge (vgl. Kapitel 3.2.15) eine Zunahme der Häufigkeit von Felsstürzen wie auch der Wahrscheinlichkeit von Grossereignissen aus gefrorenen Steilflanken. Des Weiteren

wird auch eine Gefährdung im Zusammenhang mit künstlichen und natürlichen Seen (Sekundärgefahren, vgl. Kap. 3.2.14) genannt.

Gemäss Aussage Urs Thali (Ingenieurbüro Göschenen, mündliche Überlieferung 19.08.13) sind die heutigen Sturzgebiete im Kanton Uri, welche auch Infrastrukturen betreffen, mehrheitlich bekannt. Hierbei handelt es sich um Gebiete bei Gurtellen (Nationalstrasse und SBB-Linie mehrmals in Vergangenheit betroffen), in der Region der Göschenalp (mehrere Ereignisse mit Prozessgrössen bis 10'000m³), den Bannwald Altdorf (wird auch durch den Kantonsforstmeister Uri, Beat Annen am Workshop vom 07.03.13 genannt), Bereiche der Axenstrasse sowie sämtliche mit Permafrostvorkommen steilen Nordwände mit Urgestein (Göschenalp, Meiental, Erstfeldertal, Maderanertal sowie Schächental). Am Gotthard selbst seien für die Passtrasse weniger bis keine Problemzonen zu verzeichnen. Er führt die Ereignisse vor allem auf Frost-, Tauwechsel-, Permafrostdegradationsprozesse sowie starke Niederschlagsereignisse zurück. Zur erwarteten Entwicklung unter den verwendeten Klimaszenarien kann er keine Aussagen machen.

Klimaparameter	Szenario schwach		Szenario stark	
	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor	Veränderung 2060 gegenüber heute	Unschärfefaktor
Starkniederschläge	+5%	2	+15%	2
Frosttage (Abschätzung über beide Höhenlagen)	-30%	1	-45%	1
Frost-Tauwechsel (Abschätzung gemäss Figur 15, Periode DJF und MAM)	-20%	1	-40%	1
Auftauender Permafrost	-50%	3	-75%	3

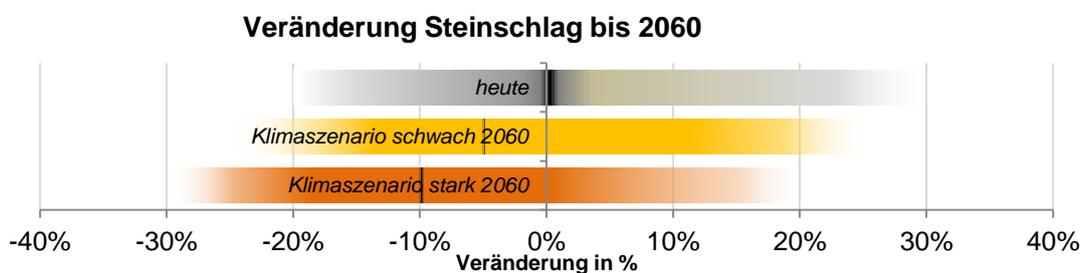
Tabelle 12: Abschätzung der Entwicklung der Steinschlag- und Felssturzaktivität für das Jahr 2060

Aufgrund der Literatur sowie aus Expertengesprächen nehmen wir an, dass vor allem die Abnahme des Parameters „Frost-Tauwechsellage“ im Kanton Uri insgesamt zu einer Abnahme der Sturzereignisse führt (tiefe Lagen). Die beiden Parameter Starkniederschläge und Auftauender

Permafrost wirken eher begünstigend für die Sturzaktivität, werden aber in dieser Beurteilung nicht so stark gewichtet.

Für die tiefen, besiedelten Lagen des Kantons Uri wird die Veränderung der Sturzprozesse wie nachfolgend dargestellt angenommen. Die Veränderung der Höhenlage der Frost-Tauwechselgrenze in höhere Lagen wird vermutlich in einer Zunahme der Sturzereignisse im nicht-besiedelten Raum führen.¹⁷

(Die Unsicherheit der heutigen Sturzereignisse wird mit dem Unschärfefaktor 1 eingestuft).



Figur 42 Veränderung der Sturzereignisse bis 2060. Die abgeschätzten Werte für die mittlere jährliche Veränderung im Jahr 2060 werden als dunkle Bereiche in den jeweiligen Balken für die beiden *Klimaszenarien* *schwach* (gelb) und *stark* (orange) dargestellt. Die abgeschätzten Unsicherheiten sind mit auslaufenden Balken dargestellt.

Klimaszenario *schwach*: Abnahme der Sturzereignisse um 5%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

Klimaszenario *stark*: Abnahme der Sturzereignisse um 10%.

Unschärfefaktor (bezogen auf absoluten Wert in Szenario): 1

¹⁷ Im Hinblick auf die Beurteilung der Sturzprozesse des gesamten Alpenraums muss den Aussagen von OcCC (2008) verstärkt Beachtung geschenkt werden.

4.2.17. STURM/ORKAN

Gemäss CH2011 (2011) treten extreme Windgeschwindigkeiten vor allem bei Winterstürmen auf. Für Schäden sind vor allem kurzzeitige, lokale Windböen verantwortlich (CH2011 2011; Schwierz et al. 2009). Andere Windereignisse wie Gewitterstürme, Föhn und Tornados können auch zu sehr hohen Windgeschwindigkeiten führen, sind jedoch kleinräumiger und führen deshalb zu weniger grossen Gesamtschäden. Lokal können sie jedoch verheerend sein (Egli 2007).

Gemäss CH2011 (2011) muss in Zukunft mit stärkeren Stürmen in Nordeuropa gerechnet werden, in Südeuropa (Mittelmeerraum) wird jedoch eine Abnahme angenommen. Die Schweiz liegt genau zwischen diesen Beurteilungsgebieten, wodurch für diese keine verlässlichen Prognosen erstellt werden kann.

Über die Entwicklung von Föhnlagen kann keine verlässliche Aussage gemacht werden.

Aufgrund der grossen Unsicherheiten (Unschärfefaktor 3) wird bei den Auswirkungsbereichen jeweils eine Sensitivitätsanalyse der Risiken von Sturm / Orkan mit einer Erhöhung, respektive einer Verminderung um den Faktor 1.5 durchgeführt. Damit soll der Einfluss möglicher Änderungen auf das Gesamtbild der Risiken und Chancen geprüft werden.

4.3. SOZIOÖKONOMISCHES UND DEMOGRAPHISCHES SZENARIO

4.3.1. VERWENDUNG SOZIOÖKONOMISCHES UND DEMOGRAPHISCHES SZENARIO

Sozioökonomische und demographische Effekte können die durch die Klimaänderung zu erwartenden Effekte sowohl zusätzlich verschärfen als auch abschwächen. Für viele Auswirkungsbereiche sind dabei die bis ins Jahr 2060 durch die vom Klimawandel beeinflussten Gefahren und Effekte induzierten Auswirkungen meist kleiner als die zu erwartenden sozioökonomischen und demographischen Effekte, welche jedoch genauso wie die klimabedingten Risiken und Chancen mit grossen Unsicherheiten behaftet sind.

Im Rahmen einer schweizweiten Analyse zur Abschätzung der klimabedingten Risiken und Chancen wurde als Vorarbeit zunächst ein sozioökonomisches und demographisches Szenario für die ganze Schweiz entwickelt (EBP/SLF/WSL 2013b), auf das sich später auch die regionalen sozioökonomischen Szenarien von anderen Fallstudien beziehen sollen. Die Anwendung der schweizweiten sozioökonomischen und demographischen Szenarien auf den Kanton Uri ist jedoch nur sehr beschränkt möglich. Die in der Studie skizzierten Szenarien entsprechen oftmals nicht den Entwicklungen wie sie im Kanton Uri prognostiziert werden oder zu erwarten sind. Aus diesem Grund, wurden die wichtigsten sozioökonomischen und demographischen Entwicklungen für den Kanton separat pro Auswirkungsbereich analysiert und deren Wirkung im Vergleich zu den klimabedingten Gefahren und Effekte wo immer möglich in Relation gebracht.

Das sozioökonomische und demographische Szenario formuliert relevante Entwicklungstrends in den verschiedenen Auswirkungsbereichen. Es setzt sich zusammen aus qualitativen Fortschreibungen der gegenwärtigen Situation, aktuellen Trends, der heute angestrebten politischen Entwicklung, publizierten Prognosen und weiteren Annahmen (gemäss EBP/SLF/WSL 2013c).

Der vorliegende Bericht fokussiert auf die Auswirkungen des Klimawandels. Nur wo es für die Interpretation der Ergebnisse von besonderer Relevanz ist, wird auf Annahmen und Ergebnisse einer Berücksichtigung des sozioökonomischen und demographischen Szenarios hingewiesen (EBP/SLF/WSL 2013c).

4.3.2. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Bevölkerungsentwicklung

Im Jahr 2011 wies der Kanton Uri eine ständige Wohnbevölkerung von 35'382 Personen aus (Kanton Uri 2012). Dies sind rund 0.4% der Gesamtbevölkerung der Schweiz.

Gemäss mittlerem Bevölkerungsszenario/Referenzszenario (A-00-2010) wächst die ständige Wohnbevölkerung der Schweiz bis ins Jahr 2055. Ab dem Jahr 2055 stabilisiert sich die Bevölkerung bei einem Stand von knapp 9 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner (BFS 2010a). Dies entspricht einer Zunahme bis ins Jahr 2060 von rund 14%. Unter Berücksichtigung eines starken Szenarios (B-00-2010) nimmt die ständige Wohnbevölkerung der Schweiz um 44% zu und erreicht im Jahr 2060 rund 11 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner (BFS 2010a).

Für den Kanton Uri können diese Prognosen nicht übernommen werden. Diesen entscheidenden Unterschied gilt es auch für Überlegungen wie der Hochskalierung auf andere geographische Räume zu berücksichtigen.

Gemäss BfS (2010b) nimmt die ständige Urner Wohnbevölkerung bis ins Jahr 2035 auf rund 36'100 Personen zu (+2%). Mangels konkreter Zahlen wird angenommen, dass es auch in Uri nach 2050 zu einer Stabilisation der Bevölkerung kommt, ähnlich der gesamtschweizerischen Entwicklung. Somit dürfte die ständige Wohnbevölkerung bis ins Jahr 2060 nur sehr gering zunehmen, so dass für alle Auswirkungsbereiche dieser Studie keine grösseren Veränderungen aufgrund der Bevölkerungsveränderung zu erwarten sind (Stagnation).

Veränderung Siedlungsfläche

Im Kanton Uri ist die Siedlungsfläche gemäss Arealstatistik von 1'616 ha (Erhebung 1979/85) auf 1'997 ha (Erhebung 2004/09) um 23.6% angestiegen (BFS 2012). Diese beinhaltet Industrieareale, Gebäude, Verkehrsflächen, besondere Siedlungsflächen und Erholungs- und Grünanlagen. Die Siedlungsfläche pro Person im Kanton Uri nahm zwischen der Erhebung 1992/97 und 2004/09 um rund 15% zu (ARE 2012), wobei dieser Trend insbesondere im Kanton Uri auch durch eine rückläufige Anzahl Arbeitsplätze zu erklären ist.

Aufgrund der oben beschriebenen stagnierenden Bevölkerungsentwicklung kann davon ausgegangen werden, dass sich auch die Zunahme der Siedlungsfläche tendenziell verlangsamt. Trotzdem dürfte es wohl zu einer Ausweitung der Siedlungsflächen kommen, da bereits in der Vergangenheit bei mässigem Bevölkerungswachstum eine erhebliche Zunahme der Siedlungsfläche verzeichnet wurde.

Es wird angenommen, dass die gesamte Siedlungsfläche bis 2060 im Bereich von 15% - 25% zunehmen wird. Die damit verbundenen Auswirkungen in Bezug auf die betrachteten Wirkungsbereiche und deren Gefahren und Effekte dürften zum Teil beträchtlich sein, da sich mit der Ausweitung und Wertsteigerung der Siedlungsflächen auch das Schadenspotenzial ändert. Die Folgen bis 2060 dürften im Allgemeinen grösser sein, als die meisten prognostizierten klimabedingten Änderungen im gleichen Zeitraum.

LITERATUR KAPITEL 4

- Annen, B. 2013:** Ergebnisse aus Workshop mit Kantonsvertretern Uri am 07.03.13.
- BAFU, 2013a:** WEB-GIS BAFU, Map of potential permafrost distribution.
www.map.bafu.admin.ch, layer tree item150 „ch.bafu.permafrost“. [27.08.2013]
- BAFU, 2013b:** Homepage BAFU zu Naturgefahren, Kapitel Permafrost.
<http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/06140/06143/index.html?lang=de>, [27.08.13]
- Bezzola G. R., Hegg C. (Ed.) 2007:** Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707, 215 S.
- Bezzola, G.R., Hegg, C. (Ed.) 2008:** Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825, 429 S.
- BFS 2012:** Arealstatistik 1979/85, 1992/97, 2004/09: Entwicklung der Bodennutzung und –bedeckung in den Kantonen nach 4 Hauptbereichen. Bundesamt für Statistik BFS, Ausgabe 20120821, Neuchâtel.
- BFS 2010a:** Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- BFS 2010b:** Kantonale Szenarien – Ständige Wohnbevölkerung nach Kantonen 2010-2035 gemäss Szenarien der Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 201-2060. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- Brang, P. 2011:** Welche waldbaulichen Optionen gibt es zum Umgang mit dem Klimawandel und wie wirksam sind sie? Seminar Waldwirtschaft und Klimawandel – einen Schritt weiter denken! Präsentationsunterlagen, Interlaken 30. Juni 2011.
- CH2011 2011:** Swiss Climate Change Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. [<http://www.ch2011.ch/de>].
- Christensen NL (1993):** Fire regimes and ecosystem dynamics. In: Crutzen PJ, Golammer JG, editors. Fire in the environment: the ecological, atmospheric and climate importance of vegetation fires. New York: Wiley. Pp 233 – 244.
- Christensen, J.H., and Christensen O.B. 2007:** A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. Climatic Change, 81.
- Christenson, M., Manz, H., Gyalistras, D. 2006:** Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. Energy Conversion & Management 47, 671-686.

- Conedera M, Cesti G, Pezzatti GB, Zumbrennen T, Spinedi T (2006):** Lightning-induced fires in the Alpine region: An increasing problem. *Forest Ecol Manage* 234 (Supp 1): S68 (9p).
- DWD 2013:** Deutscher Wetterdienst (DWD) – Wetterlexikon, Starkregen.
<http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm?ID=S&DAT=Starkregen>
 [25.07.2013]
- EBP/SLF/WSL 2013a:** Klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz, Methodenbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- EBP/SLF/WSL 2013b:** Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz, nicht-öffentliche Arbeitsdokumentation. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- EBP/SLF/WSL 2013c:** Risiken und Chancen des Klimawandels im Kanton Aargau, Ergebnisbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Egli, T. 2007:** Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherungen, Bern, 146 S.
- Frei, C., Schöll, R., Fukutome, S., Schmidli, J. and Vidale P.L. 2006:** Future change of precipitation extremes in Europe: Intercomparison of scenarios from regional climate models. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111.
- Gruner, U., 2008:** Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse. Interpraevent 2008, Dornbirn.
- Haeberli, W., Rickenmann, D., Zimmermann, M., 1991:** Ursachenanalyse der Hochwasser 1987, Ergebnisse der Untersuchungen, Kapitel Murgänge. Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Nr. 4.
- IPCC 2013:** Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
[\[http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf\]](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf)
- IPCC 2007:** The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York. [\[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-frontmatter.pdf\]](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-frontmatter.pdf).
- Kanton Uri 2012:** Stand der Wohnbevölkerung per 31. Dezember. Finanzdirektion Uri, Fachstelle für Statistik. [\[www.ur.ch/statistik\]](http://www.ur.ch/statistik).

- Lateltin, O. 1997:** Empfehlungen, Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Hrsg: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (BWP), Bern 1997.
- Liniger 2013:** Persönliche Mitteilung zur Studie von Rajczak et al. (2013) von Mark Liniger, MeteoSchweiz in Absprache mit den Autoren Jan Rajczak und Christoph Schär, ETH Zürich. E-Mail von Mark Liniger (MeteoSchweiz) an Jürg Füssler (INFRAS), 13.06.2013.
- Linsbauer, A. 2008:** Modellierung von Gletscherbetten mit GIS. Dissertation Geographisches Institut der Universität Zürich.
- Margreth, S. 2011:** Lawinenschutz von Verkehrsachsen heute und morgen. Strasse und Verkehr Nr. 9 / September 2011, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Zürich, 6-9.
- Marty, C., Phillips, M., Lehning, M., Wilhelm, C., Bauder, A. 2009:** Klimaänderung und Naturgefahren in Graubünden. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 160 (2009) 7, 201-209, Zürich. doi: 10.3188/szf.2009.0201.
- Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K.V., Daniel, J.S., Kainuma, L.T., Lamarque, J.-F., Matsumoto, K., Montzka, S.A., Raper, S.C.B., Riahi, K., Thomson, A.M., Velders, G.J.M. and van Vuuren D. 2011:** The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300. Climate Change (Special issue) 2011.
[\[http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-011-0156-z\]](http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-011-0156-z).
- MeteoSchweiz 2013a:** Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz - Klimaindikatoren Browser. MeteoSchweiz 2013.
[\[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_heute/klimaindikatoren/indikator_en_browser.html\]](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_heute/klimaindikatoren/indikator_en_browser.html).
- MeteoSchweiz 2013b:** Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht, Fachbericht MeteoSchweiz, 243, 36 pp.
[\[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/publikationen/alle_publicationen/Klimaszenarien_Schweiz_2013.Par.0001.DownloadFile.tmp/fb243klimaszenarien2013.pdf\]](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/publikationen/alle_publicationen/Klimaszenarien_Schweiz_2013.Par.0001.DownloadFile.tmp/fb243klimaszenarien2013.pdf).
- MeteoSchweiz 2013c:** Lieferung spezifischer Daten zu Klimaindikatoren für Klimaszenarien 2060 – Kanton Uri, unpubliziert. Diverse E-Mails von Elias Zubler (MeteoSchweiz) an Mario Betschart (INFRAS), 2013.
- MeteoSchweiz 2013d:** Persönliche Mitteilung von Elias Zubler und Mark Liniger (beide MeteoSchweiz) vom 22.07.2013 an Mario Betschart (INFRAS).

- MeteoSchweiz 2013e:** Lieferung der Zeitreihen zur Temperatur und des Niederschlags für die Stationen Altdorf und Andermatt. E-Mail von Stefan Bader (MeteoSchweiz) an Mario Betschart (INFRAS).
- MeteoSchweiz 2013f:** Klimabericht Urschweiz 2013. Fachbericht MeteoSchweiz, 246, 66 pp.
- MeteoSchweiz 2006:** Starkniederschlagsereignis August 2005. Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 211, 63 S.
- Moberg, A. and Coauthors 2006:** Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901-2000. *Journal of Geophysical Research and Atmospheres*, Vol. 111.
- NELAK (2013):** Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge – Chancen und Risiken. Formation des nouveaux lacs suite au recul des glaciers en haute montagne – chances et risques. Forschungsbericht NFP 61. Haeberli, W., Bütler, M., Huggel, C., Müller, H. & Schleiss, A. (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, 300 S.
- NOAA 2012:** NOAA Global Monitoring Division – ESRL – GMD. CO2 at NOAA’s Mauna Loa Observatory reaches new milestone: Tops 400 ppm.
[<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/news/7074.html>].
- OcCC 2003:** OcCC (Hg.) - Extremereignisse und Klimaänderung. Bern.
- OcCC/ProClim- (Hrsg.), 2007:** Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.
- OcCC, 2008:** Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OcCC - Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern, 47 pp. ISBN: 978-3-907630-33-4
- Perroud M. und Bader S. 2013:** Klimaänderung in der Schweiz. Indikatoren zur Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Umwelt-Zustand Nr. 1308. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, Zürich, 86 S.
[<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01709/index.html?lang=de>].
- Rajczak, J., Pall, P. and Schär C. 2013:** Projections of extreme precipitation events in regional climate simulations for Europe and the Alpine Region. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 118, 1-17.
- Schär, C., P.L. Vidale, D. Lüthi, C. Frei, C. Häberli, M.A. Liniger and C. Appenzeller, 2004:** The role of increasing temperature variability for European summer heat waves. *Nature*, 427, doi:10.1038/nature02300, 332-336 S. (also published on January 11, 2004, as Advance Online Publication)

- Scherrer S., Wüthrich Ch., Croci-Maspoli M., Weingartner R., Appenzeller Ch. 2013:**
Snow variability in the Swiss Alps 1864-2009. *International Journal of Climatology*, 33, 3162-3173. DOI: 10.1002/joc.3653.
- Schmidli, J. and Frei C. 2005:** Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *International Journal of Climatology*, 25, 753-771.
- Schumacher S, Bugmann H (2006):** The relative importance of climatic effects, wildfires and management for future forest landscape dynamics in the Swiss Alps. *Glob Change Biol* 12: 1435 – 1450.
- Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und Hydrologische Kommission (Hrsg.) 2011:** Auswirkungen der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung. Synthesebericht. Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, Nr. 38, Bern, 28 S.
- Schwierz, C., Köllner-Heck, P., Zenklusen Mutter, E., Bresch, D.N., Vidale, P.-L., Wild, M., Schär, Ch., 2009:** Modelling European winter wind storm losses in current and future climate. *Climatic Change*, 101 (3-4), doi:10.1007/s10584-009-9712-1, 485-514 S.
- SLF (Hg.) 2000:** Der Lawinenwinter 1999. Ereignisanalyse. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, 588 S.
- Steger, C., Kotlarski, S., Jonas, T., Schär, C., 2012:** Alpine snow cover in a changing climate: a regional climate model perspective. *Clim Dyn*, doi 10.1007/s00382-012-1545-3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
- Terrier, S., Jordan, F., Schleiss, A.J., Haeblerli, W., Huggel, C., Künzler, M., 2011:** Optimized and adapted hydropower management considering glacier shrinkage scenarios in the Swiss Alps. Proceedings of the International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges. 79th Annual Meeting of ICOLD, Swiss Committee on Dams, Lucerne, Switzerland. In: Schleiss, A./Boes, R./M. (eds): Taylor & Francis Group, London, 2011, S. 497–508.
- Van Vuuren, D., den Elzen, M., Lucas, P., Eickhout, B., Strengers, B., von Ruijven, B., Wonink, S. and van Houdt R. 2007:** Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change*, 2007.
- Vonder Muehll, D.; Noetzli, J.; Roer, I.; Makowski, K.; Delaloye, R., (2007):** Permafrost in Switzerland 2002/2003 and 2003/2004. Glaciological Report (Permafrost) No. 4/5 of the Cryospheric Commission (CC) of the Swiss Academy of Sciences (SCNAT) and Department of Geography, University of Zurich: 106 S.

- Wohlgemut, T., Conodera, M., Kupferschmied Alisetti, A., Moser, B., Usbeck, T., Brang, P., Dobbertin, M. 2008:** Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Wald-dynamik im Schweizer Wald. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 159, 10: 336-343.
- Zimmermann, N., E., Bugmann, H. 2008:** Die Kastanie im Engadin – oder was halten Baum-arten von modellierten Potenzialgebieten? Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 159, 10: 326-335.
- Zolina, O., Simmer, C., Belyaev, K., Kapala, A. and Gulev S. 2009:** Improving Estimates of Heavy and Extreme Precipitation Using Daily Records from European Rain Gauges. Journal of Hydrometeorology, 10, 701-716.
- Zubler, EM., Fischer, AM., Liniger, MA., Croci-Maspoli, M., Scherrer, SC. and Appen-zeller C. 2013:** Localized climate change scenarios of mean temperature and precipitation over Switzerland. Clim. Change, submitted.

5. RISIKEN UND CHANCEN DES KLIMAWANDELS 2060 PRO AUSWIRKUNGSBEREICH

5.1. SCHWERPUNKTE DER ANALYSE

In Absprache mit dem Bundesamt für Umwelt und Vertretern des Kantons Uri wurden zunächst die Schwerpunkte der Fallstudie festgelegt. Dabei wurde für jeden Auswirkungsbereich beurteilt, durch welche der vorgegebenen Gefahren und Effekte ein massgeblicher, durch den Klimawandel bedingter Einfluss zu erwarten ist. Dabei war der Prozess jedoch iterativ. Gefahren und Effekte die aufgrund mangelnder Datengrundlagen nur qualitativ oder nicht analysiert werden konnten, wurden entsprechend ihrer Relevanz in der Studie neu eingeschätzt. Das Ergebnis dieses Prozesses ist in der Relevanzmatrix (Figur 43) dargestellt.

Bereich der Veränderung	Intensivniederschläge					Mittlere Niederschläge			Extremtemperatur		Mittlere Temperatur				Wind	
	Lawinen	starker Schneefall	Hochwasser	Murgang/ Erdbeben / Hangmure	Gewitter (inkl. Erosion)/ Hagel	Änderung im Niederschlagsregime	Allgemeine Trockenheit	Waldbrand	Kälteperiode	Hitzewelle	Frost (Landwirtschaftliche Frosttage)	Reduktion Schneedecke/ Gletscherschmelze	Auftauender Permafrost	Steinschlag /Fels-, Bergsturz	Veränderung Mitteltemperatur	Sturm/Orkan
Auswirkungsbereiche:																
Gesundheit	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Landwirtschaft	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Wald/ Waldwirtschaft	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Energie (Erzeugung/Verbrauch)	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Tourismus	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Infrastrukturen und Gebäude	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Wasserwirtschaft (Ver- und Entsorgung)	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ
Biodiversität	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ	Relevant, qualitativ

	Hohe Relevanz, detailliert zu analysieren		Relevant, detailliert zu analysieren
	Relevant, in geringerem Detaillierungsgrad zu analysieren		kaum relevant, kann jedoch analysiert werden
	Relevant, qualitative Beurteilung		Klimabedingte Auswirkungen sind in der Fallstudie nicht prioritär, nicht analysiert

Figur 43 Relevanzmatrix als Übersicht der analysierten Gefahren und Effekte pro Auswirkungsbereich.

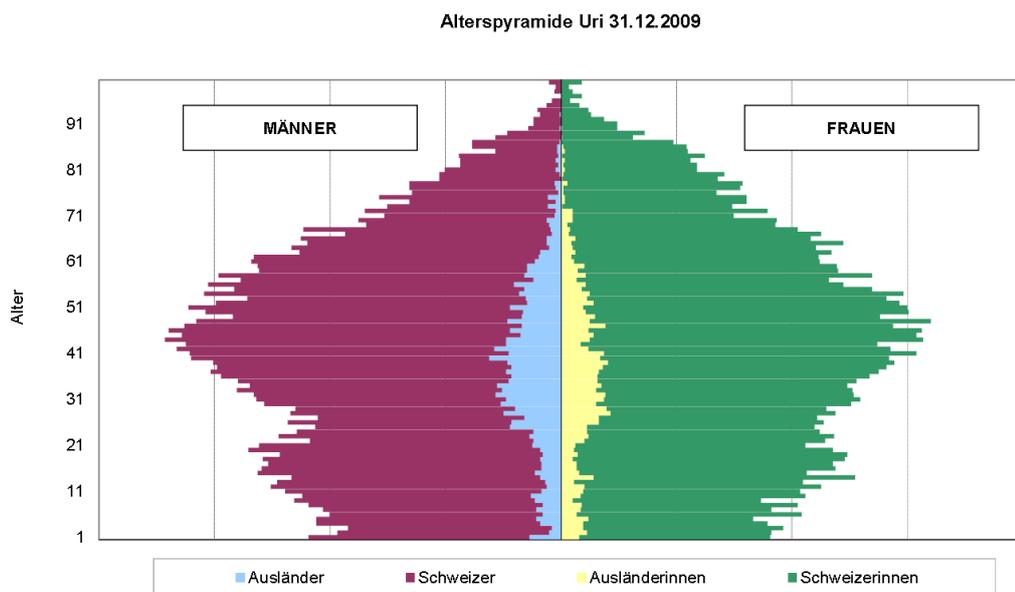
Je nach Bedeutung und der Verfügbarkeit von geeigneten Datengrundlagen wurde die Bearbeitungstiefe bestimmt. Im Folgenden werden die Risiken und Chancen des Klimawandels pro Auswirkungsbereich im Detail vorgestellt.

5.2. AUSWIRKUNGSBEREICH GESUNDHEIT

5.2.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Urner Bevölkerung heute

2011 zählte der Kanton Uri 35'382 Einwohner. Rund 17.5% der Urner Bevölkerung war älter als 65 Jahre. Etwa 92.3% der Bevölkerung lebt unterhalb 1000 m ü.M., wobei über 83% im Unteren Reusstal (Gemeinden Altdorf, Attinghausen, Bürglen, Erstfeld, Flüelen, Schattdorf, Seedorf, Silenen) und den Gemeinden Bauen und Sisikon wohnhaft sind (grösstenteils auf rund 450 m ü.M.). Figur 44 illustriert die demographische Verteilung der Bevölkerung im Kanton Uri. Die grösste Altersklasse findet sich bei den 40-60 jährigen Personen.



Figur 44 Demografische Verteilung der Urner Wohnbevölkerung nach Altersklassen (Quelle: Amt für Gesundheit Kanton Uri 2011).

Ausführungen im Wirkungsbereich Gesundheit im Zusammenhang mit klimabedingten Veränderungen beziehen sich grösstenteils auf den Urner Talboden, wodurch wiederum ein grosser Teil der Bevölkerung betroffen ist. Überlegungen und Ausführungen können daher für die Urner Bevölkerung als repräsentativ erachtet werden.

Gesundheit und Klimawandel

Direkte Auswirkungen:

Eine Änderung des Klimas beeinflusst die Gesundheit der Menschen auf vielfältige Weise sowohl positiv als auch negativ. Häufigere Extremereignisse wie Hitzewellen, Stürme und Überschwemmungen können tödliche Folgen haben (OcCC 2007). Insbesondere Letzteres dürfte im Kanton Uri, abhängig von den Ereignissen, nicht ganz unwichtig sein, wenn auch eine vernünftige Prognose schwierig ist.

Indirekte Auswirkungen:

Das Auftreten von Parasiten und damit verbundenen Krankheiten, wie beispielsweise die durch Zecken übertragene Hirnhautentzündung (FSME) oder durch Wasser- und Nahrungsmittel übertragene Krankheiten wie Salmonellose, könnten verändert werden, wodurch die Gefahr von Lebensmittelvergiftungen mit zunehmenden Temperaturen ansteigt (OcCC 2007). Jedoch ist Unklar, inwieweit die Klimaänderung das Auftreten von Krankheiten tatsächlich beeinflusst.

Gemäss OcCC (2007) sind auch einzelne positive Entwicklungen zu erwarten, vor allem bezüglich Kälte- und Frostperioden. Mit zunehmender Erwärmung nehmen deren Häufigkeit und die damit verbundenen Sterblichkeiten grundsätzlich ab.

5.2.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich

Gemäss Gefahren und Effekte welche im Auswirkungsbereich Gesundheit von Relevanz sind (siehe Relevanzmatrix im Kapitel 5.1), werden diese entsprechend der Datenverfügbarkeit in quantitativ zu behandelnde und qualitativ zu behandelnde Gefahren und Effekte eingeteilt (Tabelle 13). Auswirkungen die sich quantitativ analysieren lassen, werden im Weiteren vertieft behandelt. Qualitativ abschätzbare Auswirkungen und deren Folgewirkungen werden hingegen lediglich kurz erläutert, sollten aber bei der Gesamtbeurteilung stets berücksichtigt werden, da insbesondere hier zum Teil grosse Risikopotenziale vorhanden sind.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Qualitativ analysierte Auswirkungen
Lawinen		Anzahl Todesopfer und Verletzte durch Lawinnenedergänge im Kanton Uri.
Starker Schneefall	Anzahl Todesopfer und Verletzte im Strassenverkehr, verursacht aufgrund von Schnee, Eis und Schneematsch.	Anzahl Todesopfer und Verletzte durch Tätigkeiten im Freien.
Hochwasser		Anzahl Todesopfer und Verletzte durch Hochwasser.
Murgang/Erdrutsch/ Hangmure		Anzahl Todesopfer und Verletzte durch Murgänge/Erdrutsche.
Hitzetage (Hitzewellen)	Einbussen der Bruttowertschöpfung infolge Leistungsverminderung bei Hitzetagen.	Hitzewellen in Kombination mit stationären Wetterlagen können zu erhöhten Ozonwerten führen. Zudem kann es infolge ausgeprägter Hitzewellen zum Hitzetod kommen.
Auftauender Permafrost		Mögliche Folgewirkungen durch hervorgerufene Steinschläge werden im Zusammenhang mit Steinschlag/Felssturz qualitativ abgehandelt.
Steinschlag/Fels-, Bergsturz		Anzahl Todesopfer und Verletzte aufgrund von Steinschlag/Felssturz.
Veränderung Mitteltemperatur		Über Lebensmittel und Wasser übertragene Infektionskrankheiten (z.B. Salmonellen). Erhöht Risiko vektorübertragener Infektionskrankheiten. Neue allergene Pflanzenarten könnten das generelle Allergierisiko erhöhen. Ausbreitung von Zecken mit Folgen für die durch Zecken übertragene Hirnhautentzündung (FSME). Vordringen bestimmter Stechmücken und Fliegenarten die verschiedene Infektionskrankheiten übertragen (Malaria, Leishmaniose).

Tabelle 13 Quantitativ und qualitativ zu analysierende Gefahren und Effekte im Wirkungsbereich Gesundheit.

a) Lawinen

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf Änderungen in der Lawinenaktivität lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

Zur Analyse stehen Statistiken bezüglich Lawinenniedergängen und deren Todesopfer und Verletzte des Schweizerischen Lawinenforschungsinstituts zur Verfügung (SLF 2013).

Vorbehalte und Annahmen

Aufgrund der dünnen Datenlage scheint eine zuverlässige Aussage zur Entwicklung der Anzahl Todesopfer und Verletzte infolge Lawinenniedergänge sehr schwierig. Zudem hängt das Verschüttungsrisiko insbesondere vom Verhalten der einzelnen Person ab. Eine seriöse Prognose basierend auf den Ausführungen im Kapitel 4.2.3 scheint daher wenig sinnvoll.

Qualitative Auswirkungen

Die Lawinenaktivität wird sich bis ins Jahr 2060 mit grosser Wahrscheinlichkeit verändern. In dieser Studie wurde durch das Autorenteam eine Abnahme der Lawinenaktivitäten in tiefen Lagen und eine gleichbleibende Aktivität in hohen Lagen abgeschätzt (siehe 4.2.3). Im Kanton Uri verunfallen jedes Jahr mehrere Personen infolge von Lawinenniedergängen. Im Durchschnitt der letzten Jahre (Winter 2008/09 – 2011/12) endete jeweils ein Unfall tödlich, wobei dieser Wert von Jahr zu Jahr variieren kann.

Lawinenniedergänge mit Todesfolge betreffen meist Tourengänger und Schneeschuhläufer. Dabei spielt das individuelle Verhalten in Bezug auf die Lawinenauslösung eine entscheidende Rolle. Es kann daher nicht einfach eine generelle Abnahme der Todesopfer und Verletzten aufgrund der Ausführungen in 4.2.3 angenommen und quantifiziert werden. Vielmehr spielen hier die künftige Entwicklung im Bereich von Ski-, Snowboard und Schneeschuhtouren und die Sensibilisierung der Sportler die entscheidende Rolle.

Die klimabedingte Veränderung der Lawinenniedergänge dürfte sich kaum direkt auf die Anzahl Todesopfer und verunfallter Personen auswirken. Die Auswirkungen durch eine Abnahme der Lawinenaktivität in tiefen Lagen dürften deutlich geringer ausfallen als die übrigen quantifizierten Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit. Die Veränderung ist daher für den Kanton Uri kaum relevant.

b) Starker Schneefall

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden die durch Schnee, Eis und Schneematsch verursachten Todesopfer sowie Leicht- und Schwerverletzte im Auswirkungsbereich Gesundheit für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen einer möglichen Veränderung des starken Schneefalls im Auswirkungsbereich Gesundheit zu quantifizieren, standen Zahlen der Verkehrsunfallstatistik des Kantons Uri der Jahre 2007-2012 zur Verfügung (Kantonspolizei Uri 2013a, 2013b). Die Statistiken beinhalten Unfallzahlen sowohl von schneereichen als auch von schneearmen Wintern des Kantons Uri. Die Daten zur Anzahl Todesopfer und Verletzte wurden gemäss Methodenbericht (EBP/SLF/WSL 2013a) monetarisiert.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert in Bezug auf die Gesundheitskosten kann daher gemäss Autorenteam für die heutigen Kosten durch schneebedingte Verkehrsunfälle als repräsentativ betrachtet werden.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierung aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass die im Kanton Uri gemäss heutiger Berechnungen relevanten Schadenzahlen und die Anzahl verunfallter Personen auch im Jahre 2060 repräsentativ sind. Dies impliziert, dass die Flottenzusammensetzung, die geleisteten Kilometer, das Fahrverhalten der Lenker und der Stand der Technik sich nicht verändern. In Wirklichkeit wird sich insbesondere Letzteres möglicherweise beträchtlich ändern.

Zudem wurde durch das Autorenteam zur Berechnung der klimabedingten Abnahme der Verkehrsunfallzahlen angenommen, dass alle geleisteten Fahrkilometer in tieferen Lagen stattfinden. Entsprechend wurde daher die Veränderung für tiefe Lagen angewandt. Dies dürfte zulässig sein, da sich das Hauptverkehrsaufkommen auf die Talsohle beschränkt.

Es wurde nicht zwischen Unfällen aufgrund von Frost, Kältewellen oder aufgrund der Niederschlagsart (Schnee, Schneeregen, Eisregen) unterschieden, sondern generell unter der Rubrik starker Schneefall zusammengefasst.

Zudem wurden keine monetarisierten Unfallzahlen aufgrund von Unfällen im Freien (Holzschlagarbeiten, Schneeräumung auf Dächern usw.) berücksichtigt. Ähnlich wie bei Lawinenop-

fern spielt hier das individuelle Verhalten die weitaus grössere Rolle als die klimabedingte Veränderung. Diese monetären Auswirkungen werden im Vergleich zu den quantitativen Auswirkungen als irrelevant erachtet.

Es wird insgesamt durch das Autorenteam angenommen, dass die Zahlen repräsentativ sind und alle relevanten Kosten aufgrund der Monetarisierung beinhalten (Unschärfefaktor 0).

Wildcard

Starker Schneefall von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigenden Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten ausgeführten Berechnungen (Extremereignisse). Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten (siehe oben) wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch starken Schneefall im Auswirkungsbereich Gesundheit, von rund 1.6 Mio. CHF abgeschätzt (durch das Autorenteam). Der Unschärfefaktor wird als 0 (sehr gering) eingestuft.

Es können jedoch keine quantitativen Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Starker Schneefall 2060:

Die Veränderung des starken Schneefalls im Jahre 2060 wird gemäss Herleitung im Kapitel 4.2.2 angewendet. Da die Datengrundlage in Bezug auf die Anzahl der Verkehrsunfälle von heute keine Unterscheidung in hohe und tiefe Lagen zulässt, sich aber der grösste Teil des Verkehrsaufkommens in tieferen Lagen befindet, wurden für das Klimaszenario schwach (-20%) und stark (-40%) die Veränderungen der tiefen Lagen verwendet (Unschärfefaktor 1).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-1'600'000 CHF	0
Szenario schwach	-1'300'000 CHF	2
Szenario stark	-1'000'000 CHF	2

Tabelle 14 Kosten (negatives Vorzeichen) und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch starken Schneefall im Auswirkungsbereich Gesundheit (gerundet).

Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch starken Schneefall verursachten Kosten im Auswirkungsbereich Gesundheit bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 1.6 Mio. CHF auf rund 1.3 Mio. CHF abnehmen (siehe Figur 45).

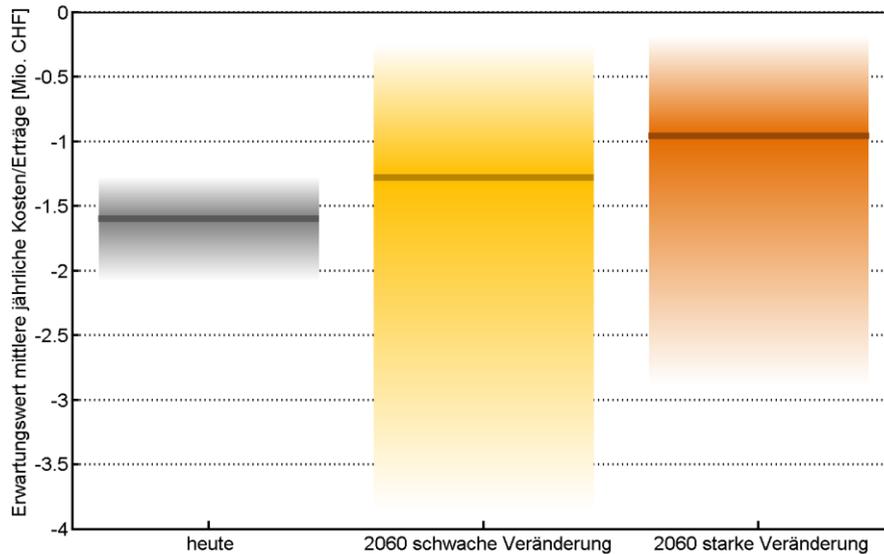
Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Abnahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 1 Mio. CHF zu erwarten.

Gemessen an der heutigen Bruttowertschöpfung des Kantons Uri von rund 1.6 Mia. CHF, sinkt der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Kosten durch starken Schneefall nicht merklich (0.1%).

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Kosten durch starken Schneefall im Auswirkungsbereich Gesundheit abgedeckt sind¹⁸, wird bis 2060 eine Abnahme der Kosten des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt mittel (Unschärfefaktor 2). Es wurden die Abschätzungen zur Veränderung des starken Schneefalls gemäss Kapitel 4.2.2 (nur tiefe Lagen) umgesetzt.

¹⁸ Siehe dazu auch die getroffenen Annahmen oben. Andere gesundheitliche Folgen sind vernachlässigbar.



Figur 45 Mittlere jährliche zu erwartende Kosten durch starken Schneefall im AWB Gesundheit im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

c) Hochwasser

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf Änderungen in der Hochwasseraktivität lediglich qualitativ abgehandelt, da eine seriöse quantitative Hochrechnung mit den hier verwendeten pragmatischen Ansätzen nicht zielführend ist.

Datenverfügbarkeit

Es stehen keine Daten im Sinne eines mittleren jährlichen Erwartungswertes in Bezug auf Personenschäden zur Verfügung (siehe unten), die eine seriöse quantitative Abschätzung der zulassen würden.¹⁹

¹⁹ Der Datensatz von EconoMe (http://www.wsl.ch/fe/warnung/projekte/EconoMe/index_DE) wurde nicht verwendet, da weiterführende Detailanalysen im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt wurden.

Vorbehalte und Annahmen

Aufgrund der dünnen Datenlage scheint eine zuverlässige Aussage zur Entwicklung der Anzahl Todesopfer und Verletzten infolge Hochwasser sehr schwierig. Zudem hängt das Unfallrisiko insbesondere vom Verhalten des Einzelnen ab. Eine seriöse Prognose basierend auf den Ausführungen im Kapitel 4.2.4 scheint daher wenig sinnvoll.

Qualitative Auswirkungen

Das Auftreten von Hochwasser wird sich bis ins Jahr 2060 mit grosser Wahrscheinlichkeit verändern. In dieser Studie wurde durch das Autorenteam eine Zunahme abgeschätzt (siehe 4.2.4). Im Kanton Uri ist das Todesfallrisiko für Personen infolge Hochwasser sehr gering. Dies ist jedoch auch von der Intensität der einzelnen Ereignisse abhängig.

Ähnlich wie bei Lawinenereignissen, spielt hier das individuelle Verhalten jeder Person die entscheidende Rolle. So ist das Befolgen von behördlichen Anordnungen (beispielsweise Meidung eines abgesperrten Gebietes, Räumung von Häusern usw.) mitunter entscheidend, ob das einzelne Ereignis zu Todesopfern führt oder nicht.

Die klimabedingte Veränderung von Hochwasser dürfte sich im Allgemeinen kaum direkt auf die Anzahl Todesopfer und Verletzte auswirken. Diese Betrachtung gilt jedoch nur für den erwarteten Mittelwert, wo man davon ausgeht, dass sich das Verhalten der Bevölkerung gegenüber Hochwasser nicht ändert. Es können keine Abschätzungen zu extremen Hochwasserereignissen gemacht werden, da diese heute noch nicht bekannt sind. Setzt man diese qualitative Aussage der Gesamtheit der quantifizierten Gefahren und Effekte im Wirkungsbereich Gesundheit gegenüber, so kann man davon ausgehen, dass die Auswirkungen der Hochwasserereignisse auf die Gesundheit insgesamt geringer ausfallen (ohne Betrachtung von extremen Ereignissen).

d) Murgänge

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf Änderungen der Murgänge/Erdrutsche/Hangmuren lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

Es stehen keine spezifischen Daten bezüglich Todesopfer und Verletzte infolge von Murgängen zur Verfügung.

Vorbehalte und Annahmen

Aufgrund der dünnen Datenlage scheint eine zuverlässige Aussage zur Entwicklung der Anzahl Todesopfer und Verletzten infolge Murgänge sehr schwierig. Zudem hängt das Risiko insbesondere vom Verhalten des Einzelnen ab. Eine seriöse Prognose basierend auf den Ausführungen im Kapitel 4.2.5 scheint daher wenig sinnvoll.

Qualitative Auswirkungen

Die Murgangaktivität wird sich bis ins Jahr 2060 mit grosser Wahrscheinlichkeit verändern. In dieser Studie wurde durch das Autorenteam eine Zunahme abgeschätzt (siehe 4.2.5). In den letzten 100 Jahren war im Kanton Uri infolge Murgänge / Erdrutsche insgesamt 3 Todesopfer zu beklagen. Auch hier spielt das individuelle Verhalten die entscheidende Rolle, wodurch eine zuverlässige Abschätzung nicht möglich ist.

Die klimabedingte Veränderung der Murgänge dürfte sich kaum im Sinne eines mittleren jährlichen Erwartungswertes direkt auf die Anzahl Todesopfer und verletzter Personen auswirken und dürfte daher insgesamt geringer ausfallen als die übrigen quantifizierten Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit.

e) Hitzetage (Hitzewellen)

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden die durch Hitzewellen verursachten Leistungseinbussen im Auswirkungsbereich Gesundheit für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen einer möglichen Veränderung durch Hitzewellen im Auswirkungsbereich Gesundheit zu quantifizieren, wurden die heutige Anzahl auftretender Hitzetage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) mit der zu erwartenden Anzahl Hitzetage 2060 verglichen (siehe 4.1.2 c)), da sich die unter 4.2.10 gemachte Definition zu den Hitzewellen aufgrund der Datenlage nicht auf den Auswirkungsbereich Gesundheit anwenden lässt. Gemäss einer Studie des WWF Deutschlands (WWF 2007) kann die mentale und physische Leistungsfähigkeit bei Temperaturen über 26°C bereits abnehmen. Die Verringerung der Produktivität im Temperaturbereich von 26 bis 36°C kann zwischen 3% und 12% betragen (Bux 2006).

Aufgrund dieser Studien wurde durch das Autorenteam die mittleren jährlichen erwarteten Einbussen infolge Hitzetage für heute und darauf basierend für das Jahr 2060 mit Hilfe der Urner Bruttowertschöpfung (Mittelwert 2008-2011²⁰: 1'572 Mio. CHF) abgeschätzt.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert in Bezug auf die Gesundheitskosten kann daher gemäss Autorenteam für die heutigen Kosten, verursacht durch Hitzetage, als repräsentativ angeschaut werden, da auf diese Weise die ganze Leistungsfähigkeit der Urner Wirtschaft erfasst wird.

Um das 100 jährliche Ereignis abschätzen zu können, wurde der oben beschriebene Ansatz mit Hilfe der Anzahl Hitzetage des Hitzesommers 2003 angewendet. Im Jahr 2003 wurden an der Station Altdorf rund 24 Hitzetage gezählt (MeteoSchweiz 2013a).

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierungen aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass bei einem Tag mit $T_{max} \geq 30^\circ$ (Hitzetag) mittlere Einbussen der Leistungsfähigkeit von 7% auftreten, unabhängig davon, ob diese Temperatur für eine Stunde oder den halben Tag registriert wurde. Auf der anderen Seite wurden jedoch keine Berechnungen zu möglichen Leistungseinbussen bei Temperaturen zwischen 26 und 30°C berücksichtigt.

Es wurde weiter angenommen (Autorenteam), dass die Bruttowertschöpfung gleichmässig an 365 Tagen im Jahr erwirtschaftet wird. Alle Angestellten und Arbeitgeber aller Branchen sind gleichermaßen von der Hitze betroffen. Allfällig vorhandene Klimaanlageanlagen und sonstige Kühleinrichtungen wurden nicht berücksichtigt.

Eine weitere Annahme besteht darin, dass nur die Änderung der Hitzetage in tiefen Lagen angewendet wird. Obwohl nicht ganz zutreffend, dürfte ein grosser Teil der Bruttowertschöpfung in tieferen Lagen erwirtschaftet werden.

Der Begriff Hitzewellen umfasst in dieser Studie lediglich die Anzahl Hitzetage, da eine offizieller Definition²¹ für Hitzewellen nicht vorhanden ist. Einzelne Events mehrerer zusammenhängender Hitzetage, wie sie unter 4.2.10 mit „warm spell days“ angesprochen werden, wird es immer geben, bilden in dieser Studie aber nicht die Grundlage der Berechnungen, da der heutige Wert nicht bekannt ist und die Autoren davon ausgehen, dass bereits ein einzelner Hitzetag zu

²⁰ Bruttowertschöpfung Kanton Uri zu laufenden Preisen.

²¹ Eine in der Literatur gängige Definition für eine Hitzewelle sind drei aufeinanderfolgende Tage mit Temperaturen über 30°C oder die im Glossar auftretende Definition der „warm spell days“.

Einbussen der Arbeitsleistung führt. Die Zunahme der Anzahl Hitzetage ist hingegen grösser als die Zunahme der „warm spell days“, wodurch die Anzahl Hitzetage das Klimasignal deutlicher abbilden als die „warm spell days“.

Es wurde im Weiteren angenommen, dass der Hitzesommer 2003 den mittleren prognostizierten Veränderungen für Altdorf aus dem Kapitel 4.1.2 c) folgt (*Klimaszenario schwach*: +15%, *Klimaszenario stark*: +350%). Daher wurde die Anzahl Hitzetage mit den vordefinierten Werten aus Kapitel 4.2.10 multipliziert.

Qualitative Auswirkungen

Direkte Auswirkungen der Hitzewellen sind zum Beispiel hitzebedingte Herzkreislaufprobleme, Hitzschlag, Dehydrierung und Hyperthermie (Überhitzung) (Thommen und Braun-Fahrländer 2004; SCNAT 2005). Besonders häufig betroffen sind ältere Menschen die über eine schlechtere Wärmeregulation verfügen (Occc/SCNAT 2005). Solche Auswirkungen können jedoch nicht eindeutig quantifiziert, respektive monetarisiert werden.

Eine hohe Anzahl Hitzetage pro Jahr von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigenden Faktoren (positive Rückkoppelungen) können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten aufgeführten Berechnungen. Die Anzahl Hitzetote infolge einer längeren Hitzeperiode wie im Sommer 2003 wurde nicht weiter quantifiziert, respektive monetarisiert, da die Folgen für den Kanton Uri nicht speziell untersucht wurden und ein Herunterrechnen der Schweizer Zahlen (Mortalitätsraten der Schweizer Alpennordseite für rurale Gebiete im Hitzesommer 2003 gemäss Grize et al. 2005) zu einer zusätzlichen Anzahl Todesopfer von weniger als 1 führte und daher nicht relevant war für den Kanton Uri ist. Zusätzliche Ausführungen zum Gesamtkontext Hitzesommer und Sterberate finden sich im nächsten Abschnitt. Für weitere Bergkantone gelten aufgrund verschiedener Bevölkerungszahlen möglicherweise etwas andere Schlussfolgerungen.

Des Weiteren wurden keine Auswirkungen aufgrund von hohen Ozonbelastungen, Pollen oder sonstigen auftretenden Luftverschmutzungen quantifiziert (monetarisiert), welche häufig im Zusammenhang mit stationären Wetterlagen auftreten (inklusive stabilen Inversionslagen²² im

²² Eine Inversionswetterlage ist eine Wetterlage, die durch eine Umkehr (lateinisch: *inversio*) des vertikalen Temperaturgradienten geprägt ist: Die oberen Luftschichten sind hierbei wärmer als die unteren. Durch die Inversion wird die untere Luftschicht von der oberen abgeschirmt, man spricht von einer stabilen Schichtung (<http://de.wikipedia.org/wiki/Inversionswetterlage>)

Winter). Gemäss C. Braun-Fahrlander vom Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH), gibt es keine verlässlichen Angaben, die einen direkten Zusammenhang der genannten Effekte mit dem Klimawandel bestätigen, respektive quantifizieren lassen.

Das Klima beeinflusst jedoch die Ozonbelastung und hat einen indirekten Effekt auf die Pollenbelastung (Konzentration der Pollen in der Luft). Sollten diese in Zukunft weiter zunehmen, ist mit einem erhöhten Risiko für eine zunehmende Anzahl der Bevölkerung in Bezug auf Sterblichkeit und Allergien zu rechnen (Occc 2007).

Diese Summe aller dieser qualitativen Auswirkungen verursachen unter Umständen Kosten in mindestens der Grössenordnung aller im Auswirkungsbereich Gesundheit quantifizierten klimabedingten Gefahren und Effekte und dürfen nicht ignoriert werden.

Exkurs: Auswirkungen des Hitzesommers 2003 in Bezug auf die Sterberate

Der Hitzesommer 2003 war in grossen Teilen Europas ein Extremereignis jenseits aller Erfahrungswerte. Auch wenn die Unsicherheiten in Bezug auf die Klimainformationen früherer Jahrhunderte berücksichtigt werden, war der Sommer 2003 gesamteuropäisch mit grosser Wahrscheinlichkeit der wärmste seit mindestens 500 Jahren (Occc/SCNAT 2005). In der Schweiz wurden rund 1000 (~ +7%) durch die Hitzewelle bedingte Todesfälle registriert (Occc/SCNAT 2005). Die Zahlen reichen von 975 zusätzlichen oder verfrühten (Grize et al. 2005) bis zu 1039 Todesfällen (Robine et al. 2007). Gemäss Grize et al. (2005) verhielt sich die Mortalitätsrate in den Sommermonaten zwischen den Gebieten nördlich der Alpen und südlich der Alpen sehr unterschiedlich. Südlich der Alpen (Tessin und Wallis) wurde eine leichte Steigerung von gut 2% gegenüber der Referenzperiode 1990-2002 registriert. Betrachtet man nur das Tessin so wurde beispielsweise in Lugano sogar eine negative Korrelation festgestellt (-3%). Für die ruralen Gebiete der Schweiz, zu welchen auch der Kanton Uri zählt, wurde lediglich eine minimale Zunahme von +1% beobachtet, wobei die Werte von -2.6-4.7 ohne statistische Signifikanz (Signifikanzniveau 95%) reichten. Gesamteuropäisch wird die Zahl der Toten als Folge der Hitzewelle auf bis zu 35'000 geschätzt (UNEP 2004; Kovats et al. 2004; Occc/SCNAT 2005).

In der Schweiz waren insbesondere ältere Menschen und Bewohner und Bewohnerinnen der Städte und Agglomerationen der Nord- und Westschweiz betroffen. In den Städten Basel (+13.6 – +36.3%), Genf (+8.4 – +27.4%) und Lausanne (+1.6 – +26.6%) war die Mortalität besonders hoch (Grize et al. 2005; SCNAT 2005).

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten für den Zustand heute, verursacht durch das Auftreten von Hitzetagen im Wirkungsbereich Gesundheit, von rund 1.8 Mio. CHF berechnet (INFRAS 2014). Der Unschärfefaktor wird als 2 (mittel) eingestuft.

Aussagen zu den 100 jährlichen Ereignissen wurden mit Hilfe des Hitzesommers 2003 vorgenommen²³. Im Hitzesommer 2003 wurden auf der Basis von 24 Hitzetagen Einbussen in der Höhe von rund 7.3 Mio. CHF berechnet (Unschärfefaktor 2, mittel).

Hitzetage 2060:

Die Veränderung der Hitzewellen im Jahre 2060 wird gemäss Veränderung der Hitzetage angewendet (siehe 4.1.2 c)). Da ein Grossteil der Bruttowertschöpfung in tieferen Lagen erwirtschaftet wird, wurde für das Klimaszenario schwach (+15%) und stark (+350%) die Zunahme in tiefen Lagen angewandt. (Unschärfefaktor 1).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-1'800'000 CHF	2
Szenario schwach	-4'000'000 CHF	3
Szenario stark	-8'200'000 CHF	3

Tabelle 15 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hitzetage im Wirkungsbereich Gesundheit (gerundet).

²³ Ob der Hitzesommer als 100 jährliches Ereignis eingestuft werden kann ist nicht restlos geklärt. Für die Studie wurde jedoch im Sinne eines pragmatischen Ansatzes diese Annahme getroffen. Gemäss OcCC (2005) war der Sommer 2003 wahrscheinlich der wärmste seit mindestens 500 Jahren.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	- 7'300'000 CHF	2
Szenario schwach	-15'800'000 CHF	3
Szenario stark	-30'300'000 CHF	3

Tabelle 16 100-jährliche durch Hitzetage entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Gesundheit (gerundet).

Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch Hitzetage verursachten Kosten im Auswirkungsbereich Gesundheit beim *Klimaszenario schwach* von heute rund 1.8 Mio. CHF auf rund 4 Mio. CHF zunehmen (siehe Figur 46).

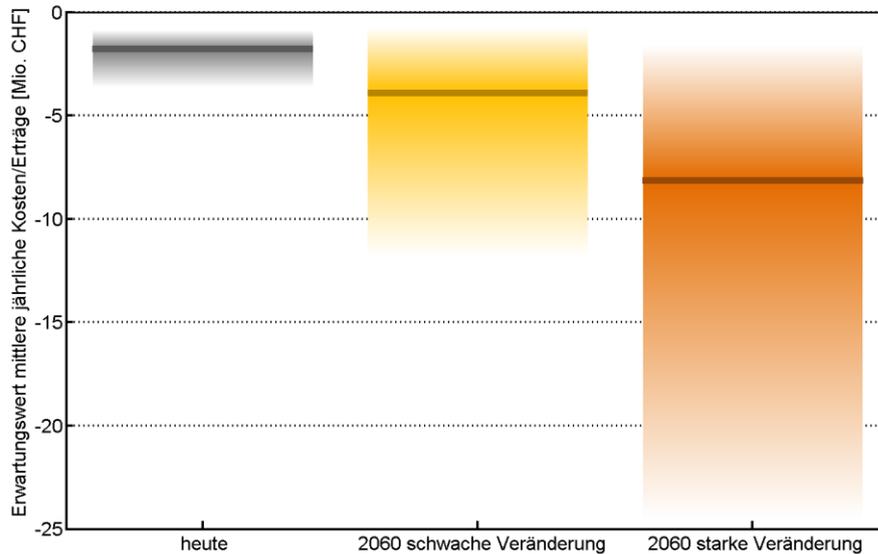
Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Zunahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 8.2 Mio. CHF zu erwarten.

Gemessen an der heutigen Bruttowertschöpfung des Kantons Uri von rund 1.6 Mia. CHF steigt der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Kosten durch die verminderte Leistungsfähigkeit infolge heisser Temperaturen von heute 0.1% auf 0.5% (*Klimaszenario stark*).

Bei den 100 jährlichen Ereignissen (Hitzesommer 2003) werden unter heutigen klimatischen Bedingungen Einbussen von rund 7.3 Mio. CHF erwartet. Diese könnten unter den gemachten Annahmen bis ins Jahr 2060 deutlich zunehmen (siehe Tabelle 16), wobei die Unsicherheiten hier entsprechend gross sind und die Zunahme der Kosten auch geringer ausfallen könnte. Der Wert versteht sich als eine Art oberer Grenzwert.

Grafische Darstellung:

Es wird bis 2060 durch Hitzetage (Hitzewellen) eine Zunahme der Kosten des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt gross (Unschärfefaktor 3). Es wurden hierzu die Veränderungen der Anzahl Hitzetage für tiefe Lagen angewandt (siehe 4.1.2).



Figur 46 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Hitzetage im AWB Gesundheit im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

f) Auftauender Permafrost

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf auftauenden Permafrost qualitativ im Zusammenhang mit Steinschlägen/Felsstürzen betrachtet und daher unter Steinschlag/Fels-, Bergsturz abgehandelt.

g) Steinschlag/Fels-, Bergsturz

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf Änderungen der Steinschläge/Felsstürze lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

In den vergangenen Jahren wurden vereinzelt verletzte Personen und Todesopfer infolge von Steinschlägen gezählt. Prominente und zugleich tragische Beispiele sind der Felssturz auf die

Autobahn A2 bei Gurtellen (2 Todesopfer) im Jahr 2006 oder die Felsstürze auf die Linie der SBB-Gotthardstrecke der letzten Jahre (1 Todesopfer). Trotz diesen dokumentierten Vorfälle können daraus keine verlässlichen Wahrscheinlichkeiten im Zusammenhang mit dem Klima für Todesopfer oder verletzte Personen abgeleitet werden. Daher werden keine Daten im Zusammenhang infolge klimabedingter Auswirkungen auf den AWB Gesundheit abgeleitet.

Vorbehalte und Annahmen

Aufgrund der dünnen Datenlage scheint eine zuverlässige Aussage zur Entwicklung der Anzahl Todesopfer und verletzter Personen infolge Steinschlag/Felssturzes sehr schwierig. Zudem hängt das Risiko insbesondere vom Verhalten des Einzelnen ab. Eine seriöse Prognose basierend auf den Ausführungen im Kapitel 0 scheint daher wenig sinnvoll.

Qualitative Auswirkungen

Die Steinschlag-/Felssturzesaktivität wird sich bis zum Jahr 2060 mit grosser Wahrscheinlichkeit verändern. In dieser Studie wurde durch das Autorenteam eine Abnahme abgeschätzt (siehe 0). Im Kanton Uri kam es in der Vergangenheit vereinzelt zu Todesopfern und verletzten Personen infolge von Steinschlägen/Felsstürzen.

Die klimabedingte Veränderung der Steinschläge/Felsstürze könnte sich aller Wahrscheinlichkeit nach in sehr geringem Ausmass direkt auf die Anzahl Todesopfer und Verletzte auswirken. Diese Auswirkungen zu quantifizieren ist indes nicht möglich. Ob es zu verletzten Personen oder gar Todesfällen kommt, wird durch das Zusammenspiel von verschiedenen Faktoren bestimmt. Ob sich eine Person oder eine Personengruppe zum Zeitpunkt des Ereignisses am Unglücksort aufhält, ist bei unvorhergesehenen und plötzlichen Ereignissen eher zufällig. Ein Felssturz auf einen Autobahnabschnitt kann zum Beispiel, muss aber nicht, zu Personenschäden führen. Die Auswirkungen der sich ändernden Steinschlag- und Felssturzesaktivitäten können somit nicht direkt abgeleitet werden, jedoch im Vergleich zur Gesamtheit der quantifizierbaren Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit abgeschätzt werden. Im Mittel könnten diese Auswirkungen infolge Steinschlag und Felsstürzen geringer ausfallen als die Gesamtheit der quantifizierten Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit.

h) Veränderung der Mitteltemperatur

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 13 werden Auswirkungen in Bezug auf die sich ändernde Mitteltemperatur aufgrund der komplexen Zusammenhänge lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

Es stehen keine spezifischen Daten zur Verfügung die eine Quantifizierung zulassen würden.

Vorbehalte und Annahmen

Siehe unten.

Qualitative Auswirkungen

Die Veränderung der Mitteltemperatur ist ein schleichender Prozess. Die Auswirkungen auf die Gesundheit die sich daraus ergeben, werden nur langsam sichtbar werden. Der Mensch wird die steigende Mitteltemperatur wie sie für die beiden Klimaszenarien prognostiziert wird, nicht direkt wahrnehmen können. Dennoch können einige wahrscheinliche Auswirkungen, bereits heute skizziert werden. Das Autorenteam geht jedoch davon aus, dass die Folgen im Kanton Uri im Vergleich mit den Gefahren und Effekten in den anderen Wirkungsbereichen vernachlässigbar sind.

Infektionskrankheiten durch Nahrungsmittel:

Gemäss der Fallstudie Aargau (EBP 2013c) konnte kein Zusammenhang der steigenden Temperaturen und der Zunahme von nahrungsmittelübertragenen Krankheiten anhand von Daten gefunden werden. Die Epidemiologie der bislang bekannten Erreger (Campylobacter, Salmonellen, EHEC, Listerien) ist, wenn die ganze Kette (from stable to table) betrachtet wird, ausgesprochen komplex und von vielen Faktoren beeinflusst. Selbst wenn bei einem Erreger steigende Temperaturen einen gewissen Einfluss haben sollten, ist es wegen der Vielzahl der einflussnehmenden Faktoren äusserst schwierig, dies wissenschaftlich sauber zu ermitteln (EBP 2013c).

Vektorübertragene Infektionskrankheiten:

In Anlehnung an die Fallstudie Aargau (EBP 2013c) werden vektorübertragene Krankheiten aufgrund der zunehmenden Mobilität häufiger vorkommen, der Einfluss des Klimawandels bis im Jahr 2060 ist jedoch zu vernachlässigen.

Neue allergene Pflanzen:

Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode von +10% beim *Klimaszenario schwach*, respektive +25% beim *Klimaszenario stark* (4.1.2 c) wird auch die Pollensaison verlängert. Die Verlängerung wird spürbare Auswirkungen für die Allergiker haben. Laut Experten des Swiss TPH kann zum heutigen Zeitpunkt kein Nachweis zwischen der Verlängerung der Pollensaison und der Anzahl Allergiker festgestellt werden.

Ausbreitung der Zeckenvorkommen:

Mildere Winter und höhere Temperaturen im Sommer begünstigen die Überlebenschancen der Zecken. Die erwartete Klimaänderung wird sich auf die Verbreitung der Zecken und die von ihnen übertragenen Krankheiten auswirken. Es zeichnet sich eine Ausdehnung in höhere Breitengrade und Höhenlagen ab, im Gegenzug dazu könnten sie in tieferen Lagen und in südlichen Breitengraden wegen hoher Temperaturen und geringer Luftfeuchtigkeit eher zurückgehen (von BAG 2007).

Infektionskrankheiten durch Stechmücken:

Gemäss BAG (2007) ist die wichtigste durch Stechmücken (Anopheles-Arten) übertragene Erkrankung die Malaria. Modellrechnungen deuten darauf hin, dass sich die Übertragungsgefahr von Malaria bei einem Temperaturanstieg von wenigen Grad Celsius sowohl in tropischen Regionen als auch gemässigten Zonen erhöhen könnte. Zudem ist bei einer Erwärmung in Mitteleuropa eine Ausbreitung der Sandfliegen zu erwarten, welche die Infektionskrankheit Leishmaniose übertragen (BAG 2007).

5.2.3. SYNTHESE AUSWIRKUNGSBEREICH GESUNDHEIT

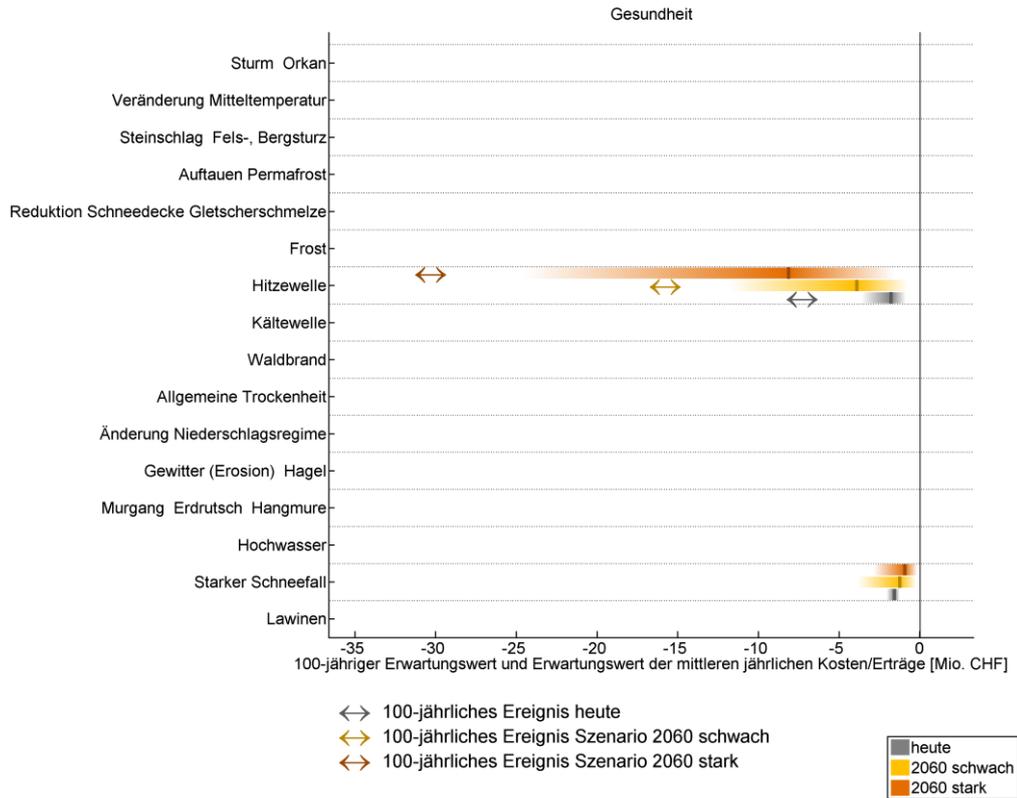
Kosten und Erträge heute und 2060 aller betrachteten Gefahren und Effekte

Der Vergleich der Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit zeigt, dass die zwei Naturgefahren starker Schneefall und Hitzetage für die Hauptkosten verantwortlich sind.

Insgesamt (als Bilanz) könnten die klimabedingten Kosten bis ins Jahr 2060 weiter steigen. In der Bilanz wird daher eine Zunahme von rund 1.8 Mio. CHF für das *Klimaszenario schwach* und 5.7 Mio. CHF für das *Klimaszenario stark* abgeschätzt. Die geringeren Kosten infolge weniger starker Schneefälle werden durch die markante Zunahme der Kosten infolge einer Zunahme der Anzahl Hitzetage überschattet (Abnahme von 0.3 Mio. CHF *Klimaszenario schwach* und 0.6 Mio. CHF *Klimaszenario stark*).

Auch unter Berücksichtigung der Unschärfen muss netto mit Ertragseinbussen gerechnet werden. Die Berücksichtigung aller Unsicherheiten gewichtet nach den mittleren Kosten und Erträgen ergibt in der Gesamtanalyse eine Unschärfe des Faktors 3 (gross).

Zieht man zu dieser quantitativen Betrachtung noch jene Gefahren und Effekte dazu, welche lediglich qualitativ analysiert wurden, kommen nochmals Kosten in vergleichbarer Grössenordnung hinzu, so dass mit einer totalen Zunahme der Kosten von 3.6 Mio. CHF für das *Klimaszenario schwach* und rund 11.4 Mio. CHF für das *starke Klimaszenario* gerechnet werden muss.



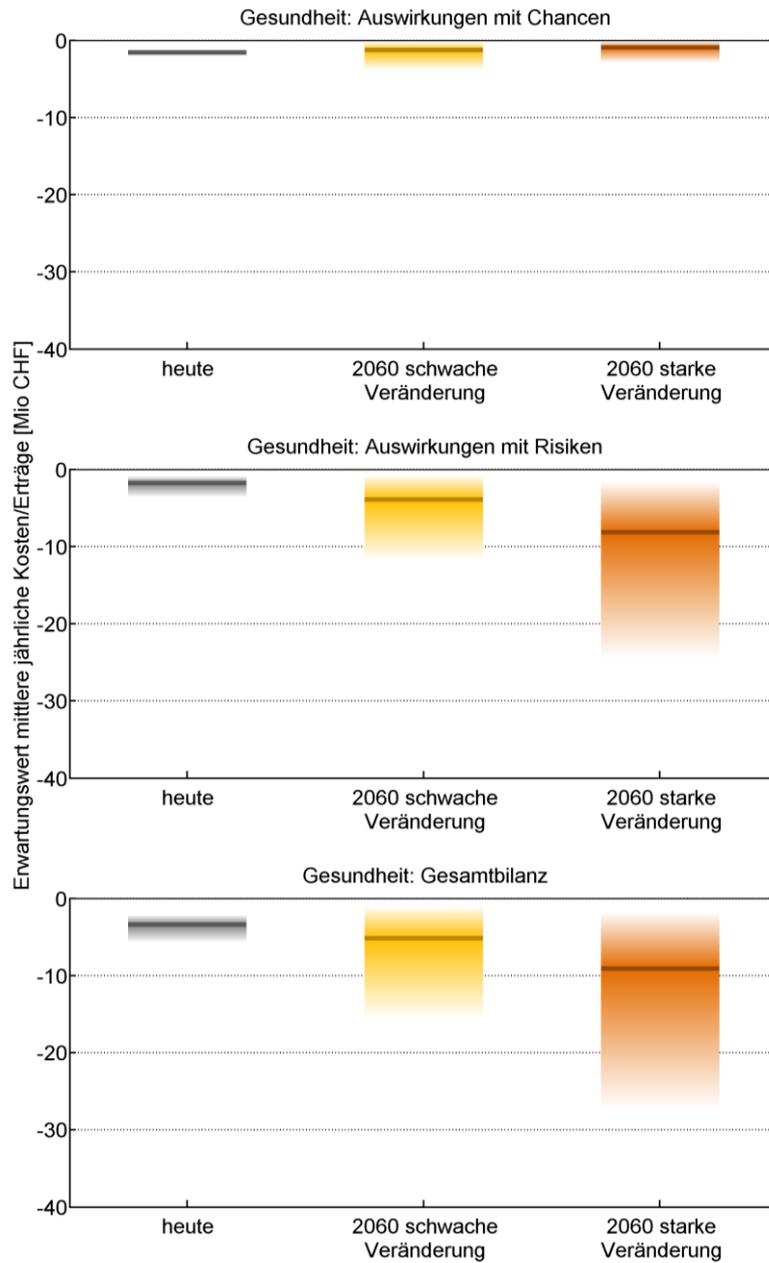
Figur 47 Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge im AWB Gesundheit im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Gesundheit in Bezug auf die zwei Klimaszenarien schwach und stark

- Chancen (positive Auswirkungen):** Zusammenfassend sind im Auswirkungsbereich Gesundheit aufgrund abnehmender Verkehrsunfall-Zahlen infolge einer Reduktion starker Schneefälle positive Auswirkungen zu erwarten. Es wird eine mittlere Abnahme der Kosten in der Höhe von rund 300'000–600'000 CHF (*Mittelwerte Klimaszenario schwach und stark*) erwartet. Dies entspricht einer Abnahme von rund 20-40% im Vergleich zu heute.
- Risiken (negative Auswirkungen):** Negative Auswirkungen sind infolge einer zunehmenden Anzahl Hitzetage zu erwarten. Hierbei wird insbesondere die Reduktion der Arbeitsleistung berücksichtigt. Die dadurch zusätzlich zu erwarteten mittleren jährlichen Kosten belaufen sich auf rund 2.1-6.4 Mio. CHF (*Mittelwerte Klimaszenario*

schwach und stark). Dies entspricht einer Zunahme von rund 120% bis 350%. Die Summe aller qualitativ analysierten Auswirkungen (siehe Tabelle 13) ist im Vergleich zu den quantitativ analysierten Auswirkungen im Wirkungsbereich Gesundheit als vergleichbar negativ einzustufen. Die qualitativen Effekte betragen daher nochmals zusätzlich 1.8-5.7 Mio. CHF.

Gesamtbilanz: Da die zusätzlich zu erwartenden mittleren jährlichen Kosten die positiven Auswirkungen übertreffen werden, werden die Auswirkungen der klimabedingten Änderungen insgesamt negativ beurteilt. Gesamthaft ist mit einer Zunahme der bilanzierten Kosten von rund 1.8-5.7 Mio. CHF zu rechnen (*Mittelwerte Klimaszenario schwach und stark*).



Figur 48 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Gesundheit im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.2.4. SOZIOÖKONOMISCHES SZENARIO GESUNDHEIT 2060

Bei den oben aufgeführten Betrachtungen wurde stets die Annahme getroffen, dass der Auswirkungsbereich Gesundheit und somit die Altersstruktur und die Bevölkerungszahlen gleich bleiben. In Wirklichkeit wird aufgrund der Bevölkerungsprognosen bis ins Jahr 2060 zwar nur ein ganz schwaches Bevölkerungswachstum von rund 2% erwartet (BfS 2010b), die Altersstruktur dürfte sich aber zunehmend in Richtung mehr ältere Personen verändern. Dies vermindert zwar das Risiko von Unfällen infolge Ausübung exponierter Aktivitäten wie zum Beispiel Skitouren, erhöht aber auch die allgemeine Gefahr zusätzlicher Belastungen infolge vermehrter Hitzetode und Unfällen allgemeiner Art (Glätte).

Die Grösse der geringeren Leistungsfähigkeit infolge auftretender Hitzetage wird massgeblich von der Bruttowertschöpfung beeinflusst. Sollte diese bis 2060 signifikant ändern, dann verändern sich auch die abgeschätzten Kosten.

Insgesamt dürften die sozioökonomischen Veränderungen in Bezug auf die klimabedingten Änderungen bis ins Jahr 2060 daher geringer bis gleich bedeutend sein.

5.3. AUSWIRKUNGSBEREICH LANDWIRTSCHAFT

5.3.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Urner Landwirtschaft Heute

Im Jahr 2011 zählte der Kanton Uri 6817 ha landwirtschaftliche Nutzfläche ohne Sömmerungsweiden (BFS 2012) und rund 21'100 ha mit Sömmerungsweiden (gemäss BfS Arealstatistik 1992/97, alle Landwirtschaftsflächen abzüglich verbuschte Wiesen und Heimweiden, verbuschte Alp- und Juraweiden, versteinte Alp- und Juraweiden). Dies entspricht einem Anteil von 6.3% der Gesamtfläche des Kantons Uri, respektive rund 20%. Von der landwirtschaftlichen Nutzfläche ohne Sömmerungsweiden entfallen rund 98.4% auf Hauptfutterflächen und 0.1% auf offenes Ackerland. Somit betragen die Anteile der Hauptfutterflächen und des offenen Ackerlands (ohne Sömmerungsweiden) an der gesamten Fläche des Kantons 6.23%, respektive 0.01%.

Im Kanton Uri wurden im Jahr 2009 659 Landwirtschaftsbetriebe gezählt, welche 1629 Personen beschäftigten, wovon 477 Stellen Vollzeitstellen waren. Insgesamt konnten im landwirtschaftlichen Sektor 958 Vollzeitäquivalente (Ecoplan 2012) gezählt werden, was einem Beschäftigungsanteil aller Vollzeitäquivalente im Kanton Uri von 7.2% entspricht.

Wirtschaftsleistung:

Die Bruttowertschöpfung (BWS) zu Herstellungspreisen der Landwirtschaft betrug für das Jahr 2009 5.2 Mio. CHF (BfS 2013a), was einer BWS pro Vollzeitäquivalent von 5'472 CHF entspricht. Verglichen mit der gesamten Bruttowertschöpfung des Kantons Uri von 1'549 Mio. CHF (BfS 2013a) generiert die Landwirtschaft demnach 0.34% der BWS im 2009. Verglichen mit dem gesamtschweizerischen Mittelwert von 0.80% (provisorische Zahlen des BfS für das Jahr 2010) ist dieser Anteil einiges geringer. Tiefere Werte weisen nur noch die Kantone Basel-Stadt, Genf, Zürich, Zug und Tessin aus.

Es gilt jedoch zu beachten, dass bei der Betrachtung der BWS keine Direktzahlungen und Nebeneinkünfte durch nichtlandwirtschaftliche Tätigkeiten berücksichtigt wurden. Gemäss der regionalen landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (BfS 2013a) wurden im Jahr 2009 rund 24 Millionen CHF Direktzahlungen an die Empfänger des Kantons Uri entrichtet. Dies entspricht rund 25'000 CHF pro Vollzeitäquivalent in der Landwirtschaft des Kantons Uri oder rund 63% des gesamten Produktionswertes.

Aufgrund der öffentlichen Leistungen, die in der Landwirtschaft erbracht werden, welche mit den Direktzahlungen abgegolten werden, gestaltet sich der direkte Vergleich mit anderen

Wirtschaftszweigen grundsätzlich als schwierig. Es empfiehlt sich daher, an Stelle der Bruttowertschöpfung das Faktoreinkommen zu betrachten. In der Landwirtschaft stellt das Faktoreinkommen die Gesamtheit des Wertes dar, den der Agrarsektor erwirtschaftet hat, und misst somit die Entlohnung aller Produktionsfaktoren (Boden, Kapital und Arbeit). Es wird auch als «Nettowertschöpfung zu Faktorkosten» bezeichnet, die definiert ist als Nettowertschöpfung zu Herstellungspreisen (Produktionswert zu Herstellungskosten abzüglich Vorleistungen abzüglich Abschreibungen) abzüglich der sonstigen Produktionsabgaben und zuzüglich sonstiger Subventionen (Direktzahlungen). Da der Produktionswert zu Herstellungspreisen und die Vorleistungen zu Anschaffungspreisen bewertet werden, enthält die Nettowertschöpfung zu Herstellungspreisen bereits die Gütersubventionen abzüglich der Gütersteuern (BfS 2013c). Gemäss der regionalen landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (BfS 2013a) berechnet sich das Faktoreinkommen des Kantons Uri für den landwirtschaftlichen Sektor im Jahr 2009 auf 9.7 Mio. CHF.

Landwirtschaft und Klimawandel

Der Klimawandel könnte sich auf die Landwirtschaft in verschiedenen Bereichen spürbar auswirken. Im Gegensatz zu anderen Bereichen ist die landwirtschaftliche Produktion direkt von diversen Klimavariablen wie der Temperatur oder den Niederschlagsmengen abhängig. Dennoch sind die Zusammenhänge der einzelnen Klimavariablen keineswegs linear. Wichtige Indikatoren der Landwirtschaft, wie die Bodenfeuchte, Dauer der Vegetationsperiode, Dauer und Auftretenszeitpunkt von Frosttagen etc. und deren Veränderungen im Zuge des Klimawandels spielen ineinander. Es ist bis zum heutigen Zeitpunkt abschätzbar, wie sich verschiedene Veränderungen der einzelnen Klimakomponenten als Ganzes auf die Produktion in der Landwirtschaft auswirken werden. Schwierig gestaltet sich jedoch die Charakterisierung der Produktionssysteme, also wichtiger Inputgrößen mit denen die klimabedingten Veränderungen adäquat abgeschätzt werden können. Diese Problematik betrifft auch die Systemgrenze „Kanton Uri“.

Der Hitzesommer 2003 zum Beispiel war mitunter das Resultat heisser Temperaturen und fehlendem Niederschlag. Die Kombination beider führte letzten Endes zu dem, was von der Bevölkerung und den Messstationen als aussergewöhnliche Hitzeperiode wahrgenommen und gemessen wurde. Die Auswirkungen auf die Landwirtschaft waren wiederum unterschiedlich. So konnte im Sommer 2003 je nach Region beträchtliche – negative wie auch positive – Auswirkungen beobachtet werden (SCNAT 2005).

Nicht zu unterschätzen sind jenen Gefahren und Effekten, die sich heute nur sehr schwer abschätzen lassen, da diese entweder noch kaum erforscht oder noch gar nicht wirklich bekannt sind, wie zum Beispiel grosse Murgänge und Felsstürze oder gar extreme Hagelschläge. Ein

gutes Beispiel hierzu sind Auswirkungen einer möglichen Zunahme von Starkniederschlägen auf Hangrutschungen und Erosion in Kombination mit einer möglichen zukünftigen Bodenverdichtung, welche durch eine intensivierete Viehhaltung in erhöhten Lagen aufgrund positiver Klimaeffekte eventuell eintreten könnte (gemäss Expertengespräch). Diese Art von Ereignissen können mit Hilfe der in dieser Studie gewählten Methodik nicht erfasst werden und sind auch von Experten kaum abschätzbar. Dennoch könnten bei einer Verkettung unglücklicher Umstände die damit verbundenen Kosten die heutigen bekannten Grössenordnungen deutlich übertreffen. Die nachfolgenden Analysen der einzelnen Gefahren und Effekte berücksichtigen jedoch keine solchen Wirkungsketten und allfällige Kippeffekte. Die am Ende des Kapitels 5.3 hergeleitete Gesamtbilanz bezieht sich daher nur auf die tatsächlich analysierten Gefahren und Effekte. Das Ergebnis sollte jedoch stets vor diesem Hintergrund interpretiert werden. Sozioökonomische Effekte sollten bei der Massnahmenplanung unbedingt mitberücksichtigt werden.

5.3.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Landwirtschaft

Gemäss den Gefahren und Effekten welche im Auswirkungsbereich Landwirtschaft von Relevanz sind (siehe Relevanzmatrix im Kapitel 5.1), werden Lawinen, starker Schneefall, Hochwasser, Murgänge, Hitzewellen, Steinschläge und die Veränderung der Mitteltemperatur quantitativ betrachtet. Hagel und Sturm/Orkan werden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse analysiert (Tabelle 17). Qualitativ abschätzbare Auswirkungen und deren Folgewirkungen werden hingegen lediglich kurz erläutert, sollten aber bei der Gesamtbeurteilung stets berücksichtigt werden, da insbesondere hier zum Teil grosse Risikopotenziale vorhanden sind. Der Auswirkungsbereich Landwirtschaft beinhaltet nur die landwirtschaftliche Produktion und deren produktiven Flächen. Die landwirtschaftlichen Gebäude und Infrastruktur werden, wenn nicht ausdrücklich anders beschrieben, im Auswirkungsbereich Infrastruktur und Gebäude erfasst und abgehandelt.

Zur Beurteilung aller relevanten Kosten die durch die einzelnen Gefahren und Effekte entstehen, standen verschiedenen Quellen zur Verfügung. Nicht im Detail analysiert, aber durchaus relevant sind die einzelnen Meliorationsbeiträge des Kantons Uri. Gemäss Abteilung Meliorationen des Kantons Uri (Amt für Meliorationen Kanton Uri 2014) werden pro Jahr rund 120'000 CHF für Elementarschäden an Wies- und Weideland sowie Schäden an landwirtschaftlichen Infrastrukturen (Güterwege, Bewirtschaftungswege, Alpwege, Wasserversorgung und Brücken) ver-

gütet. Da sich die genauere Differenzierung nach Gefahren und Effekte als zu aufwändig erwies, wurden die jährlichen Kosten für die weiteren Berechnungen vernachlässigt. Aufgrund der Grosszügigen Festlegung der Unsicherheiten (Unschärfen), werden diese damit zu genügen abgedeckt.

Die zugrundeliegenden Daten des Elementarschadenfonds, von SchweizerHagel und der WSL-Schadendatenbank wurden nicht indexiert (teuerungsbereinigt), da sich die zusätzlichen Kosten dadurch pro Jahr um rund 100'000 CHF erhöhen würden. Das Gesamtbild der Auswirkungsbereichs Landwirtschaft würde sich dadurch nicht verändern. Die zusätzlichen Kosten der Teuerung werden wie die Kosten der Meliorationen durch die teilweise grossen Unsicherheiten (Unschärfen) abgedeckt.

Es gilt zu Beginn des Kapitels zu erwähnen, dass die hier gemachten Ausführungen nur den Teil Klimawandel betreffen, wobei heutige Schadenzahlen und Kosten entsprechend der abgeleiteten Gefahren und Effekte des Kapitels 4.2 linear in die Zukunft projiziert werden (siehe dazu auch die Ausführungen im Kapitel 3). Nichtlineare Zusammenhänge werden mit Hilfe der Unschärfen möglichst abgedeckt.

Sozioökonomische Veränderungen werden nicht berücksichtigt. Im Auswirkungsbereich Landwirtschaft werden bis ins Jahr 2060 jedoch grosse Veränderungen erwartet. Ein entsprechendes Kurzkapitel findet sich im Kapitel 5.3.4.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Qualitativ analysierte Auswirkungen
Lawinen	Elementarschäden in der Landwirtschaft aufgrund Zahlen von SchweizerHagel und des Elementarschadenfonds.	
Starker Schneefall	Elementarschäden aufgrund grosser Schneelasten an landwirtschaftlichen Flächen und landwirtschaftlichem Gebrauchsmaterial gemäss Elementarschadenfonds.	
Hochwasser	Elementarschäden in der Landwirtschaft aufgrund Zahlen des Elementarschadenfonds und der Schadensdatenbank der WSL.	
Murgang/Erdrutsch/ Hangmure	Elementarschäden in der Landwirtschaft aufgrund Zahlen von SchweizerHagel und des Elementarschadenfonds.	
Gewitter (inkl. Erosion)/Hagel	Hagelschäden an landwirtschaftlichen Kulturen gemäss Angaben von Schweizer Hagel als Sensitivitätsanalyse.	
Änderung im Niederschlagsregime		Möglich Ertragseinbussen bei grundsätzlichen Veränderungen des Wasserangebots infolge ändernder Niederschlagsverteilungen.
Allgemeine Trockenheit	Einbussen in der Produktivität infolge Wasserknappheit aufgrund Kombination von Trockenheit und hohen Temperaturen analog Sommer 2003.	
Hitzewelle	Auswirkungen werden im Zusammenhang mit der allgemeinen Trockenheit analog Sommer 2003 angeschaut.	Beeinträchtigung des Tierwohls.
Frost (Landwirtschaftliche Frosttage)		Qualitative Ausführungen zur Reduktion der Anzahl Frosttage.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Steinschlag / Fels-, Bergsturz	Elementarschäden in der Landwirtschaft aufgrund Zahlen des Elementarschadenfonds.	
Veränderung Mitteltemperatur	Produktivitätszunahme in Folge verlängerter Vegetationsperiode in Uri für Grasland gemäss Berechnungen Agroscope.	
Sturm / Orkan	Schäden in der Landwirtschaft und den zu den Landwirtschaftsbetrieben zählenden Waldstücke als Sensitivitätsanalyse gemäss Zahlen des Elementarschadenfonds.	

Tabelle 17 Quantitativ und qualitativ zu analysierende Gefahren und Effekte in der Landwirtschaft.

a) Lawinen

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Lawinen verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglich Veränderung der Lawinenniedergänge auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, standen Elementarschadenszahlen des Kantons Uri von 1992-2012 zur Verfügung (SchweizerHagel 2013). Die rund 20 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von lawinenreichen Wintern, als auch von lawinenarmen Wintern für die versicherte Fläche von 912 ha gemäss Stand 2012.

Die Zahlen werden ergänzt durch Elementarschadenszahlen des schweizerischen Elementarschadenfonds (Elementarschadenfonds 2013). Zur Verfügung standen Lawinenschadenzahlen von 1982 bis 2012, wodurch auch in diesem Datensatz lawinenreiche und lawinenarme Winter vorkommen.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ angeschaut werden.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierung aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri bereits heute jene Flächen durch Schweizer Hagel versichert sind, bei welchen auch entsprechende Kosten zu erwarten sind. Die anderen Flächen sind dabei durch den Elementarschadenfonds abgedeckt oder erleiden entweder keine oder nur sehr marginale Schäden.

Aus diesem Grund wurde angenommen (Autorenteam), dass die Schadenzahlen von Schweizer Hagel und dem Elementarschadenfonds alle relevanten Kosten in der Landwirtschaft aufgrund von Lawinnenniedergängen beinhalten, wobei selbständig durchgeführte Aufräumarbeiten ohne Beiträge dritter nicht berücksichtigt werden können (Unschärfefaktor 1).

Weiter wurde angenommen, dass die Kosten linear mit der Reduktion der Lawinnenniedergänge der tiefen Lagen abnehmen. Die daraus resultierenden Unschärfen werden mit den entsprechenden Unschärfefaktoren gemäss Methodik (siehe Kapitel 3.4) berücksichtigt.

Wildcard

Lawinnenniedergänge von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigender Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten aufgeführten Berechnungen. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Lawinnenniedergänge im AWB Landwirtschaft, von rund 140'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 1 (gering) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Lawinen 2060:

Die Veränderung der Lawinenhäufigkeit im Jahre 2060 wird gemäss Herleitung im Kapitel 4.2.3 angewendet. Da die Datengrundlage in Bezug auf die Schäden von heute keine Unterscheidung in hohe und tiefe Lagen zulässt, sich aber der grösste Teil der landwirtschaftlichen Nutzflächen

in tieferen Lagen befinden, wurde für das Klimaszenario schwach (-15%) und stark (-30%) die Abnahme in tiefen Lagen verwendet (Annahme Autorenteam) (Unschärfefaktor 1 gemäss 4.2.3).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-140'000 CHF	1
Szenario schwach	-120'000 CHF	2
Szenario stark	-100'000 CHF	2

Tabelle 18 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Lawinen in der Landwirtschaft (gerundet).

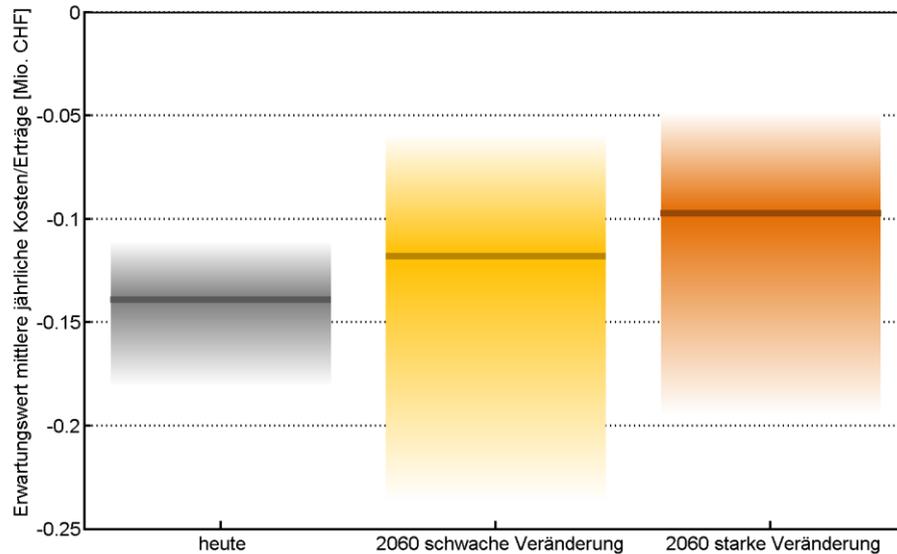
Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch Lawinnenniedergänge verursachten Kosten in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 140'000 CHF auf rund 120'000 CHF abnehmen, wobei unter Berücksichtigung der Unschärfen auch eine Zunahme möglich wäre (siehe Figur 49).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark*, so ist eine Abnahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 100'000 CHF zu erwarten.

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Kosten durch Lawinenschäden von heute rund 1.4% auf rund 1% (*Klimaszenario stark*) sinken.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Kosten durch Lawinen in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Abnahme der Kosten des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt mittel (Unschärfefaktor 2). Es wurden die gemachten Abschätzungen zur Veränderung der Lawinen gemäss Kapitel 4.2.3 umgesetzt.



Figur 49 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Lawinen im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

b) Starker Schneefall

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch starken Schneefall verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglich Veränderung durch starken Schneefall auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, standen Schadenzahlen des Kantons Uri von 1982-2012 zur Verfügung (Elementarschadenfonds 2013). Die rund 30 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von schneereichen, als auch schneearmen Wintern.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ angeschaut werden.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierungen aufgrund der Datenlage vornehmen zu können wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri bereits heute alle relevanten Kosten

in der Landwirtschaft aufgrund von starken Schneelasten durch die Zahlen des Elementarschadenfonds gedeckt sind, wobei auch hier zum Teil Schäden durch Eigenleistungen behoben werden, ohne Entgelt von Dritten, welche nicht verifiziert und quantifiziert werden können (Unschärfefaktor 1).

Wildcard

Starker Schneefall von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigenden Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten aufgeführten Berechnungen. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch starken Schneefall in der Landwirtschaft, von rund 15'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 1 (gering) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Starker Schneefall 2060:

Die Veränderung der starken Schneefallereignisse im Jahre 2060 wird gemäss Herleitung im Kapitel 4.2.2 angewendet. Da die Datengrundlage in Bezug auf die Schäden von heute keine Unterscheidung in hohe und tiefe Lagen zulässt, sich aber der grösste Teil der landwirtschaftlichen Nutzflächen in tieferen Lagen befinden, wurde für das Klimaszenario schwach (-20%) und stark (-40%) die Abnahme in tiefen Lagen verwendet (Unschärfefaktor 2).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	- 15'000 CHF	1
Szenario schwach	- 12'000 CHF	3
Szenario stark	- 9'000 CHF	3

Tabelle 19 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch starken Schneefall in der Landwirtschaft (gerundet).

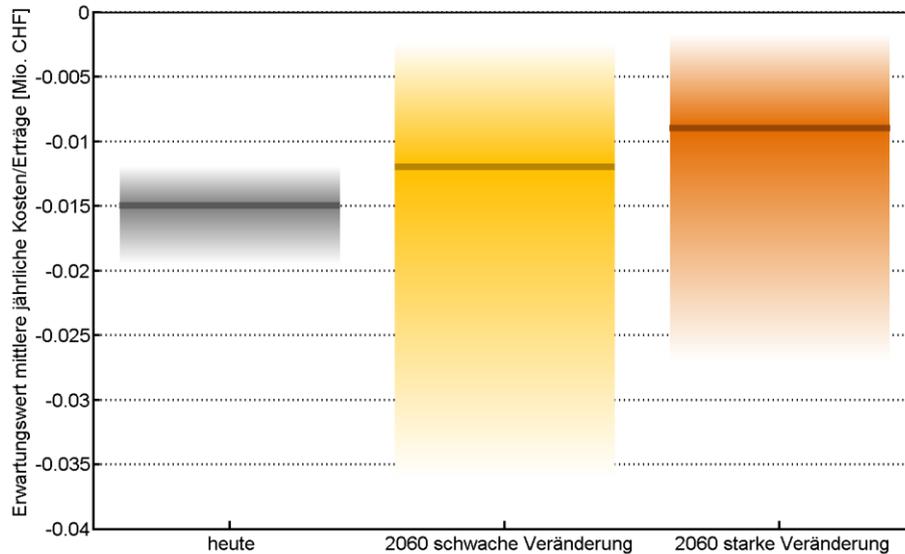
Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch starken Schneefall verursachten Kosten in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 15'000 CHF auf rund 12'000 CHF abnehmen (siehe Figur 50).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Abnahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 9'000 CHF zu erwarten.

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Kosten durch starken Schneefall von heute rund 0.2% auf rund 0.1% (*Klimaszenario stark*) sinken.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Kosten durch starken Schneefall in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Abnahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt gross (Unschärfefaktor 3). Es wurden die gemachten Abschätzungen zur Veränderung des starken Schneefalls gemäss Kapitel 4.2.2 umgesetzt.



Figur 50 Mittlere, jährliche zu erwartende Kosten durch starken Schneefall im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

c) Hochwasser

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Hochwasser verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglich Veränderung durch Hochwasser auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, standen Schadenzahlen des Kantons Uri von 1982-2012 zur Verfügung (Elementarschadenfonds 2013). Die rund 30 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von Jahren mit und Jahren ohne Hochwasser und beziehen sich auf Schäden an Äckern, Alpweiden, Ufer- und Bachbauten, Brücken und Durchlässe, Strassen und Wege, Hausumschwung und Kunstbauten.

Die Zahlen werden ergänzt durch hochwasserbedingte Schadenzahlen im Kanton Uri gemäss Schadendatenbank der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL²⁴ (WSL 2013). Zur Verfügung standen Hochwasserschadenzahlen von 1977 bis 2007, wobei auch in diesem Datensatz Jahre mit dokumentierten Hochwassern und solche ohne vorkamen.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher gemäss Autorenteam für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ angenommen werden²⁵.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierungen aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri bereits heute alle relevanten Kosten im Auswirkungsbereich Landwirtschaft aufgrund von Hochwasser durch die Zahlen des Elementarschadenfonds und durch die Daten der WSL gedeckt sind. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dies nicht der Fall ist (es wurden keine daraus resultierenden Rückkoppelungseffekte berücksichtigt wie Arbeitsausfall usw.). Daher wurden die heutigen Daten in den Berechnungen bereits mit mittlerem Unschärfefaktor belegt (Unschärfefaktor 2). Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Hochwasserschutzprojekt Urner Talboden ist dem Autorenteam bekannt, wurde jedoch nicht berücksichtigt, um keine Doppelzählungen aufgrund der WSL-Daten und der Daten des Elementarschadenfonds zu generieren. Es wurden im Weiteren keine begünstigenden Effekte wie der Eintrag von Schwebstoffe auf die landwirtschaftlichen Flächen berücksichtigt.

Wildcard

Hochwasser von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigender Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten als in den unten aufgeführten Berechnungen. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

²⁴ http://www.wsl.ch/fe/gebirgshydrologie/HEX/projekte/schadendatenbank/index_DE

²⁵ Der Datensatz beinhaltet sowohl Schäden an landwirtschaftlichen Flächen, sowie derer Infrastruktur (Güterwege, Seilbahnen, Wasserversorgung etc.). Diese wurden entsprechend berücksichtigt. Daten aus dem Projekt zur Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Hochwasserschutzprojekt Urner Talboden weisen für Agrarflächen keine Sachwerte auf und konnten entsprechend nicht berücksichtigt werden.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Hochwasser in der Landwirtschaft, von rund 620'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 2 (mittel) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Hochwasser 2060:

Die Veränderung der Hochwasseraktivität im Jahre 2060 wird gemäss Herleitung im Kapitel 4.2.4 angewendet. Somit wurde für das *Klimaszenario schwach* mit einer Zunahme der Hochwasser von 5% und unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* von 20% gerechnet (Unschärfefaktor 2).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-620'000 CHF	2
Szenario schwach	-650'000 CHF	3
Szenario stark	-740'000 CHF	3

Tabelle 20 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hochwasser in der Landwirtschaft (gerundet).

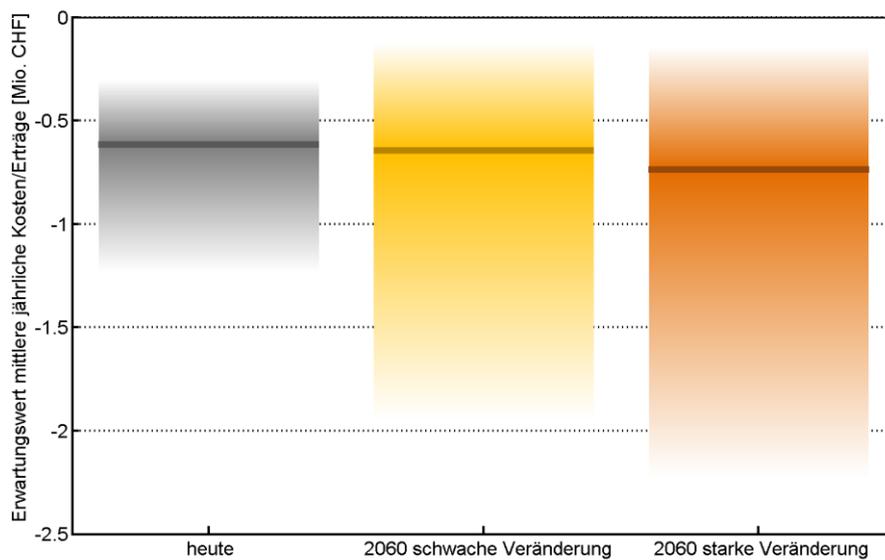
Es wird erwartet, dass die im jährlichen Mittel durch Hochwasser zu erwartenden Kosten im Auswirkungsbereich Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 620'000 CHF auf rund 650'000 CHF zunehmen, wobei unter Berücksichtigung der Unschärfen auch eine Abnahme möglich wäre (siehe Figur 51).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark*, so ist eine Zunahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 740'000 CHF zu erwarten, wobei auch hier unter Berücksichtigung der Unschärfen eine Abnahme möglich sein könnte (siehe Figur 51).

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Hochwasserkosten von heute rund 6.4% auf rund 7.6% (*Klimaszenario stark*) zunehmen.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle hochwasserbedingten Kosten in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Zunahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt gross (Unschärfefaktor 3). Es wurden die gemachten Abschätzungen zur Veränderung der Hochwasser gemäss Kapitel 4.2.4 umgesetzt.



Figur 51 Mittlere, jährliche zu erwartende Kosten durch Hochwasser im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

d) Murgänge (Erdrutsche/Hangmuren)

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Murgänge (in dem Fall auch immer das Auftreten von Erdrutschen und Hangmuren gemeint) verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglich Veränderung durch Murgänge auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, standen Schadenzahlen des Kantons Uri von 1982-2012 zur Verfügung (Ele-

mentarschadenfonds 2013). Die rund 30 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von Jahren mit und Jahren ohne Murgänge.

Die Zahlen werden ergänzt durch Elementarschadenzahlen von Schweizer Hagel (SchweizerHagel 2013), welche auch Versicherungsleistungen aufgrund von Murgangereignissen beinhalten und daher ein spezifisches Bild der effektiven Murgang-Kosten ergeben. Zur Verfügung standen Schadenssummen einzelner Murgänge von 1992-2012 wobei auch in diesem Datensatz Jahre mit dokumentierten Murgängen und solche ohne vorkamen.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ betrachtet werden²⁶.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierung aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri bereits heute jene Flächen durch Schweizer Hagel versichert sind, bei welchen auch entsprechende Kosten zu erwarten sind. Die anderen Flächen sind dabei durch den Elementarschadenfonds abgedeckt oder erleiden entweder keine oder nur sehr marginale Schäden.

Trotzdem dürfe es im Zusammenhang mit grösseren Überschwemmungs- und Murgangereignissen, wie sie zum Beispiel 1987 und 2005 vorkamen, möglicherweise zu zusätzlichen Kosten gekommen sein, die nicht durch die beiden Datensätze abgedeckt sind.

Aus diesem Grund wurde durch das Autorenteam angenommen, dass die Schadenzahlen von SchweizerHagel und dem Elementarschadenfonds nur einen Teil der relevanten Kosten in der Landwirtschaft aufgrund von Murgängen beinhaltet. Der Unschärfefaktor wurde daher als mittel festgelegt (Unschärfefaktor 2). Es wurde jedoch darauf verzichtet die Kostensumme künstlich ohne weitere Datengrundlage zu erweitern.

Wildcard

Murgänge von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigenden Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in

²⁶ Der so generierte Datensatz beinhaltet sowohl Schäden an landwirtschaftlichen Flächen, sowie derer Infrastruktur (Güterwege, Seilbahnen, Wasserversorgung etc.). Diese wurden entsprechend berücksichtigt.

den unten aufgeführten Berechnungen. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Murgänge im AWB Landwirtschaft, von rund 150'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 2 (mittel) eingestuft (siehe auch Vorbehalte und Annahmen).

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Murgänge 2060:

Die Veränderung der Murgänge im Jahre 2060 wurde gemäss Herleitung im Kapitel 4.2.5 angewendet. Somit wurde für das *Klimaszenario schwach* mit einer Zunahme der Murgänge von 7% und unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* von 20% gerechnet (Unschärfefaktor 2).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-150'000 CHF	2
Szenario schwach	-160'000 CHF	3
Szenario stark	-180'000 CHF	3

Tabelle 21 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Murgänge in der Landwirtschaft (gerundet).

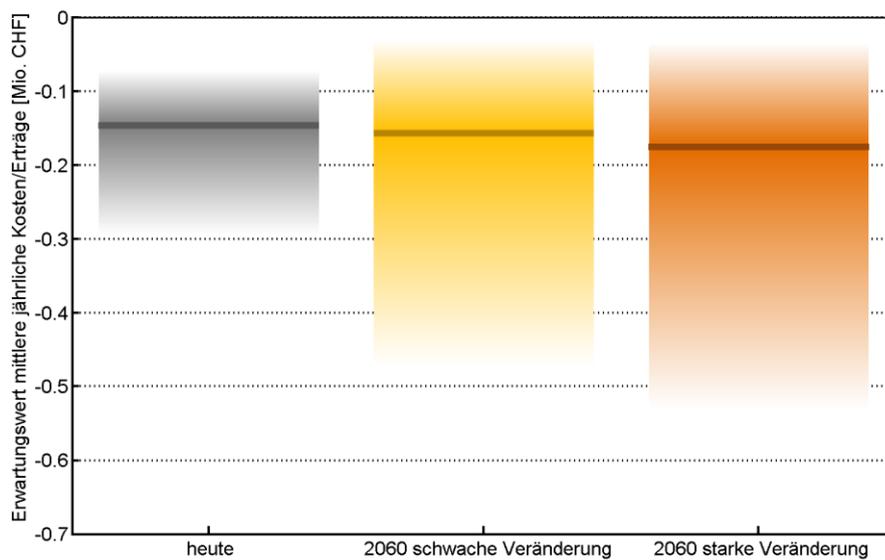
Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch Murgänge verursachten Kosten in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 150'000 CHF auf rund 160'000 CHF zunehmen (siehe Figur 52).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark*, so ist eine Zunahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 180'000 CHF zu erwarten (siehe Figur 52).

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Schadenskosten verursacht durch Murgänge von heute rund 1.5% auf rund 1.8% (*Klimaszenario stark*) zunehmen.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Kosten durch Murgänge in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Zunahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt gross (Unschärfefaktor 3). Es wurden die gemachten Abschätzungen zur Veränderung der Hochwasser gemäss Kapitel 4.2.5 umgesetzt.



Figur 52 Mittlere, jährliche zu erwartende Kosten durch Murgänge im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

e) Gewitter/Hagel (Sensitivitätsanalyse)

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Gewitter und Hagel verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft nur im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Mit der Sensitivitätsanalyse soll aufgezeigt werden, inwiefern sich eine mögliche Änderung des Hagels überhaupt in den Gesamtkosten des Auswirkungsbereichs Landwirtschaft ausdrückt.

Hierfür standen Hagelschadendaten des Kantons Uri von 1992-2012 zur Verfügung (SchweizerHagel 2013). Die rund 20 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von Jahren mit und Jahren ohne Hagelschlägen.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ betrachtet werden (Annahme Autorenteam unter Absprache mit SchweizerHagel).

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierungen aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri bereits heute jene Flächen gegen Hagel versichert sind, bei welchen auch entsprechende Kosten auftreten.

Aus diesem Grund wurde angenommen (durch das Autorenteam), dass die Schadenzahlen von SchweizerHagel die relevanten Kosten in der Landwirtschaft aufgrund von Hagelschlägen beinhalten. Der Unschärfefaktor wurde daher mit sehr gering festgelegt (Unschärfefaktor 0).

Hervorgerufene Schäden infolge starker Winde im Zusammenhang mit Gewitterzellen, werden nicht spezifisch berücksichtigt. Die Phänomene sind zu kleinräumig, wodurch in Bezug auf die Datenlage keine gesicherten Aussagen gemacht werden können.

Wildcard

Hagelschläge von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigender Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten als in den unten aufgeführten Berechnungen zur Sensitivitätsanalyse. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Hagelschläge in der Landwirtschaft, von rund 12'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 0 (sehr gering) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden. Die Datenlage ist dafür zu dünn.

Hagel 2060:

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde mit einer Ab-, bzw. Zunahme der Hagelschläge von +/-50% gerechnet (Annahme durch das Autorenteam).

Szenarienanalyse der Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-12'000 CHF	0
Oberer Bereich	- 6'000 CHF	-
Unterer Bereich	-18'000 CHF	-

Tabelle 22 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hagelschläge in der Landwirtschaft (gerundet).

Aufgrund der Sensitivitätsanalyse wird erwartet, dass die im jährlichen Mittel durch Hagelschläge zu erwartenden Kosten im AWB Landwirtschaft von heute rund 12'000 CHF auf rund 6'000 CHF abnehmen würden, respektive auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 18'000 CHF zunehmen.

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Hagelschlagkosten weiterhin marginal bleiben.

f) Änderung im Niederschlagsregime

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden Auswirkungen in Bezug auf Änderungen im Niederschlagsregime lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

Keine Uri spezifischen Daten verfügbar.

Vorbehalte und Annahmen

Keine Uri spezifischen Daten verfügbar.

Qualitative Auswirkungen

Die Auswirkungen eines ändernden Niederschlagsregimes in Bezug auf die Urner Landwirtschaft können nicht separat und spezifisch betrachtet und analysiert werden. Es sind eine Vielzahl von Faktoren, die für eine Zunahme oder Abnahme der Erträge im Zusammenhang mit einem sich veränderndem Niederschlagsregime stehen, so zum Beispiel die Temperatur, die Länge der Vegetationsperiode usw. Zudem prognostizieren die Klimamodelle für das Jahr 2060 zwar eine Veränderung der Gesamtniederschlagssummen in einzelnen Jahreszeiten, der Gesamtniederschlag bleibt jedoch mehr oder weniger auf gleichem Niveau wie heute (*Klimaszenario schwach*) oder nimmt, wenn überhaupt, leicht zu (*Klimaszenario stark*). Gemäss OcCC/ProClim (2007) wirkt sich eine leichte Abnahme der Niederschläge im Frühjahr und im Sommer an vielen Standorten positiv auf die Bewirtschaftung aus. Aufgrund der komfortablen Situation ausreichender Wasserressourcen des Kantons Uri dürften leichte Veränderungen im Niederschlagsregime in Richtung Abnahme im Sommer und Frühling wohl eher positive Effekte haben. Gemäss Einschätzung des Autorenteam dürfte deren Kosten eher geringer sein als die gewichtigsten quantifizierten Gefahren und Effekte des gesamten Auswirkungsbereichs Landwirtschaft.

Nicht quantitativ betrachtet wurde in diesem Zusammenhang auch eine mögliche Zunahme der Bodenerosion. Klimamodelle zeigen, dass es durch den Klimawandel zu generell erhöhten Bodenerosionsraten kommen könnte (Wanner C. 2013). Zurzeit können hierzu jedoch keine aussagekräftigen Prognosen gemacht werden.

Auswirkungen im Zusammenhang mit ausgeprägter Trockenheit und hohen Temperaturen werden im Auswirkungsbereich Trockenheit quantifiziert.

g) Allgemeine Trockenheit

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch längere Trockenperioden verursachten Kosten in der Landwirtschaft zusammen mit dem Auftreten von Hitzetagen und Hitzewellen betrachtet und als 100 jährliches Ereignis der Sommer 2003 für die quantitative Analyse berücksichtigt²⁷. Es ist nicht möglich die Zunahme der Temperatur und die Folgen einer Trockenheit getrennt zu betrachten, da insbesondere keine getrennten quantitativen Ertragseinbussen aus der Praxis vorhanden sind. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass die durch die Koppelung von Trockenperioden und Hitzewellen verursachten Kosten respektive Ertragseinbussen in der Summe höher sind als die Folgen der beiden nicht gekoppelten Ereignisse. Der Hitzesommer 2003 liefert die Grundlage für den Fall, dass beide Phänomene gleichzeitig in Wechselwirkung zueinander eintreten. Daher soll bei der Analyse der Kosten und Ertragseinbussen durch Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen auf Erfahrungen des Sommers 2003, welcher gut dokumentiert ist, zurückgegriffen werden.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglich Veränderung durch die allgemeine Trockenheit auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, wurden Überlegungen in Anlehnung an Studien zum Hitzesommer 2003 (Keller und Fuhrer 2004) und zum Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft (Fuhrer 2010; Fuhrer und Jasper 2009) durchgeführt.

Bis ins Jahr 2060 werden in Altdorf unter Eintreffen des *Klimaszenarios stark* Sommermitteltemperaturen erwartet wie sie im Sommer 2003 aufgezeichnet wurden (MeteoSchweiz 2013b). Obwohl diese Klimaprojektionen mit Unsicherheiten behaftet sind, muss das steigende Ertragsrisiko bei zunehmender Trockenheit ernstgenommen werden. Dies betrifft in erster Linie trockenheitsempfindliche Kulturen wie Kartoffel oder Gemüse, später aber zunehmend auch andere Ackerkulturen und das Grasland (Fuhrer und Jasper 2009).

Unter den Witterungsbedingungen des Sommers 2003, wurden die schweizweiten Ernteerträge im Durchschnitt um 20% reduziert (Keller und Fuhrer 2004), in extremen Lagen sogar um 50% (Fuhrer und Jasper 2009).

²⁷ Ob der Hitzesommer als 100 jährliches Ereignis eingestuft werden kann, ist nicht restlos geklärt. Für die Studie wurde jedoch im Sinne eines pragmatischen Ansatzes diese Annahme getroffen. Gemäss OcCC (2005) war der Sommer 2003 wahrscheinlich der wärmste seit mindestens 500 Jahren.

Die Studien von Fuhrer und Jasper (2009) und Fuhrer (2010) analysieren den mittleren jährlichen potenziellen Bewässerungsbedarf, unter anderem auch für den Hitzesommer 2003 als Beispiel des 100 jährlichen Ereignisses, anhand der Methode der relativen Evapotranspiration (ET/ETP). In der Studie wurde der Schwellwert so festgelegt, dass bei hinreichender Unterschreitungsdauer mit deutlichen Ertragseinbussen in der Grössenordnung von 20% gerechnet werden muss. Dieser Wert dient als Grundlage für die Berechnungen in der hier vorliegenden Studie. Gemäss Fuhrer (2010) wird demnach für den Kanton Uri ein mittlerer jährlicher Bewässerungsbedarf der landwirtschaftlichen Flächen von 1.4 Mio. m³ Wasser ausgewiesen. Grobe Abschätzungen durch Fuhrer (2013b, schriftliche Mitteilung) in Bezug auf die damit verbundene Fläche ergeben einen potenziellen mittleren jährlichen Bewässerungsbedarf von rund 3'900 ha (in der Studie von Fuhrer und Jasper 2009 und Fuhrer 2010 wurde von einer totalen Landwirtschaftsfläche von 20'600 ha ausgegangen, was gemäss Bundesamt für Statistik ungefähr die gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen inklusive Sömmerungsweiden des Kantons Uri von rund 21'100 ha beinhaltet (siehe 5.3.1)). Dies entspricht also rund 1/5 der gesamten landwirtschaftlichen Fläche.

Für den Hitzesommer 2003 wurde gemäss Fuhrer (2010) und Fuhrer und Jasper (2009) im Speziellen ein mittlerer Bewässerungsbedarf für den Kanton Uri von 5 Mio. m³ Wasser gemäss Methode ET/ETP errechnet. Dies entspricht gemäss Agroscope (Fuhrer 2013b, schriftliche Mitteilung) einer Fläche von ungefähr 14'000 Hektaren und demnach rund 66% der in der Studie berücksichtigten landwirtschaftlichen Fläche des Kantons Uri.

Für hier vorliegende Studie sollen diese Datengrundlagen im Zusammenhang mit den gemäss Bundesamt für Statistik vorliegenden Produktionswerten pro Hektare eine Abschätzung der mittleren Ertragseinbussen aufgrund von Trockenheit und Hitze für den mittleren Zustand heute und für 100 jährliche Ereignisse mit Hilfe der Daten des Hitzesommers 2003 liefern und so erlauben die zu erwartenden Kosten für das Jahr 2060 abzuschätzen.

Vorbehalte und Annahmen

Die in Fuhrer (2010) und Fuhrer und Jasper (2009) berechneten Werte in Bezug auf einen potenziellen Bewässerungsbedarf sind lediglich theoretischer Natur und können daher in der Praxis ganz anders aussehen. Mangels alternativer Datenquellen und im Sinne eines pragmatischen Ansatzes sollen, abgeleitet aus diesen Daten, jedoch Schätzung der Ertragseinbussen vorgenommen werden. Eine gesonderte Betrachtung der Trockenheit war im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da konkrete Ertragseinbussen respektive verursachte Kosten für die quantitative Analysen des 100 jährlichen Ereignisses fehlen. Wahrscheinlicher ist das kombinierte Auftreten

von Trockenheit und Hitzeperioden wie sie im Sommer 2003 eintraten (Einschätzung Autorenteam). Da für den Hitzesommer 2003 genügend Datenmaterial vorhanden ist, wird lediglich die gekoppelte Variante betrachtet. Gemäss Autorenteam kann davon ausgegangen werden, dass das Zusammentreffen von Trockenheit und Hitze zu grösseren Ertragseinbussen führt als das Eintreffen nur eines Phänomens. Daher scheint dem Autorenteam diese Vereinfachung unter Berücksichtigung der Methodik sowohl sinnvoll als auch zulässig.

Es wurde in diesem Zusammenhang durch das Autorenteam angenommen, dass eine Nichtbewässerung der Flächen, Ertragseinbussen von maximal 20% des Produktivitätswertes je Hektare verursachen, wie dies in Keller und Fuhrer (2004) und Fuhrer und Jasper (2009) auch für den Hitzesommer 2003 ausgewiesen wird. Es gilt in dem Zusammenhang zu erwähnen, dass diese Werte eher konservative Schätzungen sind. Wie in Fuhrer und Jasper (2009) beschrieben können die Ertragseinbussen auch deutlich höhere Werte annehmen. Gemäss BfS (2013a) lag der Produktionswert pflanzlich erzeugter Produkte im Jahr 2009 bei total 9.04 Mio. CHF pro Jahr (beinhaltet Ackerland, Futterbau, Gemüse/Gartenbau und Obstbau), was einen Produktivitätswert je Hektare von rund 500 CHF ergibt (Produktionswert verteilt auf 20'600 ha Ackerland und Futterbauflächen inklusive Sömmerungsweiden, wie dies in Fuhrer (2010) ausgewiesen ist). Mögliche resultierende Auswirkungen auf die Milchproduktion und den Tierbestand werden aufgrund der grossen Unsicherheiten nicht weiter in Betracht gezogen, könnten jedoch die möglichen Einbussen nochmals um substantielle Beträge erhöhen. Zum Vergleich: Im Jahr 2009 betrug die Gesamtproduktion der tierischen Erzeugung 21.6 Mio. Franken und ist somit mehr als doppelt so gross.

Es wurden keine expliziten Abschätzungen zur Wintertrockenheit vorgenommen, da diese im Kanton Uri nicht relevant ist.

Da innerhalb dieser vorliegenden Studie eine kombinierte Betrachtung von allgemeiner Trockenheit und Hitzewellen vorgenommen wird, werden auch die erwarteten Veränderungen der Naturgefahren allgemeine Trockenheit und Hitzewellen angewendet (siehe 4.2.9 und 4.2.10). Da die erwartete Änderung bei den Hitzewellen relativ gesehen jedoch grösser sind als die relativen Änderungsraten der allgemeinen Trockenheit, werden lediglich die Veränderungen der Hitzewellen für die kombinierte Quantifizierung der allgemeinen Trockenheit und der Hitzewellen für das Jahr 2060 angewendet, um die Bandbreite der kombinierten Veränderung nicht zu unterschätzen.

Qualitative Auswirkungen

Die Studie von Fuhrer (2010) betrachtet insbesondere die Auswirkungen von Trockenheit und den damit verbundenen Bewässerungsbedarf. Dieser ist natürlich umso höher, wenn es dazu auch noch heiss ist, da dadurch die Verdunstung weiter zunimmt. Hitzestress wirkt sich zudem negativ auf das Pflanzenwachstum aus (Minderung der Photosyntheseleistung). Diese Einflüsse werden hier jedoch nicht getrennt betrachtet.

Es wurde nicht detaillierter auf den Zeitpunkt der Trockenperioden eingegangen. Studien zeigen jedoch, dass eine Frühlingstrockenheit im Gegensatz zur Sommertrockenheit wesentlich grössere Auswirkungen auf Graslanderträge hat (Fuhrer 2013a, Mosimann et al. 2012).

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten und den getroffenen Annahmen wurde ein heutiger mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Trockenheit (in Kombination mit Hitzewellen) in der Landwirtschaft, von rund 690'000 CHF abgeschätzt (für Berechnungen siehe INFRAS 2014). Der Unschärfefaktor wird als 2 (mittel) eingestuft.

Die Angaben zu den 100 jährlichen Ereignissen basieren auf den Ertragseinbussen des Hitzesommers 2003. Diese belaufen sich gemäss Abschätzung in Anlehnung an Fuhrer (2010) auf rund 2.5 Mio. CHF (Unter Annahme einer Produktivitätseinbusse von 20% auf 14'000 ha landwirtschaftlicher Fläche). Der Unschärfefaktor für das heutige 100-jährliche Ereignis gemäss Schadenszahlen des Hitzesommers 2003 beträgt 2 (mittel).

Hitzewellen 2060:

Die Veränderung der allgemeinen Trockenheit (in Kombination mit Hitzewellen analog dem Hitzesommer 2003) im Jahre 2060 wird gemäss den Ausführungen und Annahmen oben in Kombination mit den Ausführungen im Kapitel 4.2.10 angewandt. Aufgrund dessen wurde für das *Klimaszenario schwach* eine Zunahme der allgemeinen Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen von +20% und unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* von +70% angenommen²⁸, wobei unter 4.2.10 ein Unschärfefaktor 2 definiert wurde. Es wird gemäss den obigen Ausführungen angenommen, dass die Ertragseinbussen 20% betragen.

²⁸ Gemäss den Ausführungen in Kapitel 4.2.10 bezieht sich die Zunahme der Hitzewellen auf die Dauer, wobei hier wie oben beschrieben, angenommen wird, dass die Trockenperioden und Hitzewellen gekoppelt auftreten und die

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-340'000 CHF	2
Szenario schwach	-410'000 CHF	3
Szenario stark	-590'000 CHF	3

Tabelle 23 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch allgemeine Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen in der Landwirtschaft (gerundet).

Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch Trockenheit (in Kombination mit Hitzewellen) verursachten Kosten in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 340'000 CHF auf rund 410'000 CHF zunehmen (siehe Figur 53).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Zunahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 590'000 CHF zu erwarten (siehe Figur 53).

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF würde der Anteil der mittleren jährlichen zu erwartenden Kosten infolge kombinierten Auftretens von Trockenheit und Hitzewellen von heute rund 3.5% auf rund 6% (*Klimaszenario stark*) zunehmen.

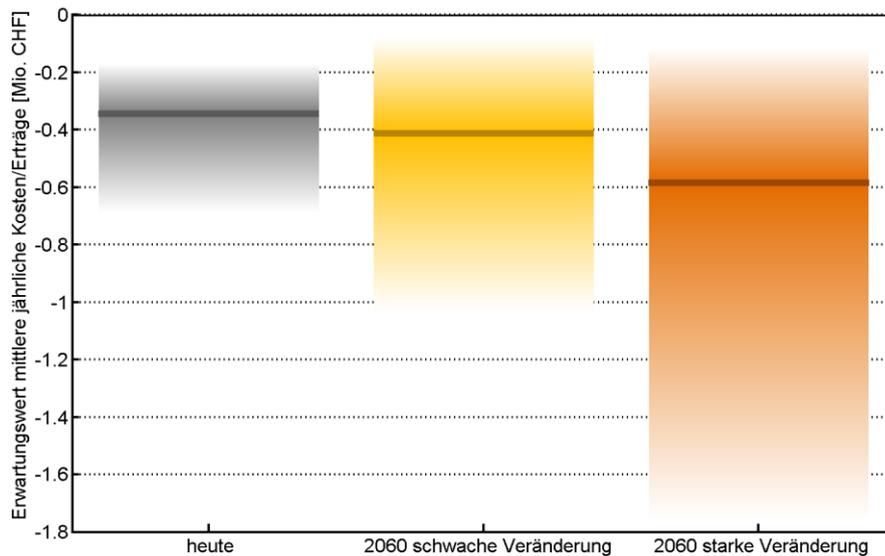
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-1'200'000 CHF	2
Szenario schwach	-1'500'000 CHF	3
Szenario stark	-2'100'000 CHF	3

Tabelle 24 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktor durch die Kombination von Trockenheit und Hitzewellen im AWB Landwirtschaft (gerundet).

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze und infolge der vorgenommenen Abschätzungen, Vereinfachungen und Annahmen des Autorenteam alle Kosten durch das kombinierte Auftreten von allgemeiner Trockenheit und Hitzewellen in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Zunahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt jedoch gross (Unschärfefaktor 3).

Zunahme sich gemäss der Veränderung der Hitzewellen verhält, um die mögliche Bandbreite der Zunahme nicht zu unterschätzen.



Figur 53 Mittlere, jährliche zu erwartende Kosten durch die Kombination von allgemeiner Trockenheit und Hitzewellen im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

h) Hitzewelle

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden Auswirkungen in Bezug auf Hitzewellen in Kombination mit allgemeiner Trockenheit betrachtet und daher unter der allgemeinen Trockenheit abgehandelt

Qualitative Auswirkungen

Nicht quantitativ analysiert werden Folgen für das Tierwohl aufgrund starker Hitzebelastungen. Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen Tierwohl und Leistungsmerkmale direkt (Furrer und Calanca 2012). Bei Milchkühen bedeuten steigende Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit eine Abnahme der Futteraufnahme und der Milchleistung sowie Veränderungen in der Milchqualität (West 2003). Zusätzlich steigt der Flüssigkeitsbedarf, welcher möglicherweise infolge mangelnden Tränkwassers nicht in jedem Fall gedeckt werden kann. Weitere Folgen länger dauernder Hitzelast betreffen Reproduktion, Wachstum und Gesundheit (Kadzere et al.

2002). Insgesamt sind die daraus resultierenden Effekte leicht negativ und deutlich geringer als das total der gesamten quantitativen Kosten im Wirkungsbereich Landwirtschaft.

i) Frost

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden Auswirkungen in Bezug auf die Änderungen durch Frostschäden lediglich qualitativ abgehandelt.

Datenverfügbarkeit

Keine Uri spezifischen Daten verfügbar.

Vorbehalte und Annahmen

Keine Uri spezifischen Daten verfügbar.

Qualitative Auswirkungen

Die Auswirkungen der sich ändernden Anzahl landwirtschaftlicher Frosttage in Bezug auf die Urner Landwirtschaft können nicht separat und spezifisch betrachtet und analysiert werden. Es liegen dazu keine spezifischen Daten vor.

Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass die Urner Landwirtschaft bereits heute auf das Risiko von Frosttagen während der Vegetationsperiode angepasst ist. Die Gefahr von Frostschäden besteht ohnehin nur in tieferen Lagen in Bezug auf sensible Kulturen (zum Beispiel Weinbau), welche im Kanton Uri, eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Aufgrund der gemachten Ausführungen in Kapitel 0 nehmen die Frosttage in tiefen Lagen bis 2060 um rund 37% ab (*Klimaszenario schwach*). Betrachtet man das *Klimaszenario stark*, ist eine Annahme von 74% zu erwarten. Diese Grössen sagen zwar nichts über das Risiko eintretender Frostsituationen am Morgen aus, jedoch dürfte deren Anzahl tendenziell abnehmen und so einen Eindruck vermitteln, wie sich die Frostsituationen am Morgen verändern. Dennoch bleibt die Frage offen, wie sich eine abnehmende Schneedecke in höheren Lagen auswirken wird. Schnee wirkt thermisch isolierend und kann daher die Vegetation insbesondere im Frühling vor gefährlichen Frostsituationen schützen. Sollte die Schneedecke bereits früh vollständig abgeschmolzen sein, könnte das Risiko von Frostschäden in höheren Lagen sogar wiederum zunehmen. Hierzu fehlen aber spezifische und für die Studie quantifizierbares Daten, weshalb dieser Aspekt hier nur kurz angedacht wurde.

Die Verminderung der frostbedingten Kosten sind in Bezug auf das Total aller quantifizierten Kosten (heute insgesamt rund 1.29 Mio. CHF) im Wirkungsbereich Landwirtschaft deutlich geringer und dürfte im Kanton Uri irrelevant sein.

j) Steinschlag/Felssturz

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Steinschlag/Felssturz verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen durch eine möglichen Veränderung durch Steinschläge/Felsstürze auf die Landwirtschaft zu quantifizieren standen Schadenszahlen des Kantons Uri von 1982-2012 zur Verfügung (Elementarschadenfonds 2013). Die rund 30 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von Jahren mit und Jahren ohne Steinschläge/Felsstürzen an landwirtschaftlichen Produktionsflächen.

Der daraus durch das Autorenteam abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ betrachtet werden.

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierung aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass die im Kanton Uri auftretenden Kosten an landwirtschaftlichen Flächen infolge Steinschlags und Felsstürzen durch die Zahlen des Elementarschadenfonds gedeckt sind.

Der Unschärfefaktor wurde daher als sehr gering (Unschärfefaktor 0) festgelegt.

Wildcard

Steinschläge/Felsstürze von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigender Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten aufgeführten Berechnungen. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Steinschlag/Felssturz in der Landwirtschaft, von rund 5'000 CHF berechnet. Der Unschärfefaktor wird als 0 (sehr gering) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden.

Steinschlag/Felssturz 2060:

Die Veränderung der Steinschläge/Felsstürze im Jahre 2060 wurde gemäss Herleitung von Kapitel 0 angewendet. Somit wurde für das *Klimaszenario schwach* mit einer Abnahme der Steinschläge/Felsstürze von 5% und unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios stark* von 10% gerechnet (Unschärfefaktor 1).

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-5'000 CHF	0
Szenario schwach	-4'700 CHF	1
Szenario stark	-4'500 CHF	1

Tabelle 25 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Steinschlag/Felssturz in der Landwirtschaft (gerundet).

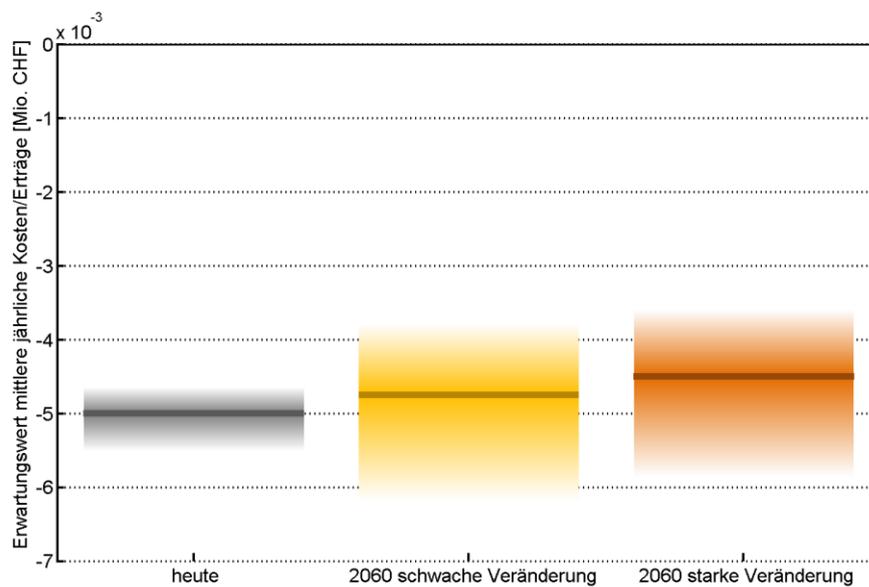
Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch Steinschlag/Felssturz verursachten Kosten in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 5'000 CHF auf rund 4'700 CHF abnehmen, wobei unter Berücksichtigung der Unschärfen auch eine leichte Zunahme möglich wäre (siehe Figur 54).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Abnahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 4'500 CHF zu erwarten, wobei auch hier unter Berücksichtigung der Unschärfen eine leichte Zunahme möglich sein könnte (siehe Figur 54).

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF sind die Kosten durch Steinschlag/Felssturz in der Landwirtschaft irrelevant.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Kosten durch Steinschlag/Felssturz in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Abnahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt gering (Unschärfefaktor 1). Es wurden die gemachten Abschätzungen zur Veränderung der Steinschläge/Felsstürze gemäss Kapitel 0 umgesetzt.



Figur 54 Mittlere, jährliche zu erwartende Kosten durch Steinschlag/Felssturz im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

k) Veränderung der Mitteltemperatur

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch die Änderung der Mitteltemperatur verursachten Kosten in der Landwirtschaft für die quantitative Analyse berücksichtigt. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Änderungen der Mitteltemperatur eine Vielzahl von weiteren Änderungen im Klimasystem hervorruft und mit diesen in Wechselwirkung steht. Im Rahmen dieser Studie wird die Ertragssteigerung im Futterbau in Bezug auf die steigende Mitteltemperatur quantifiziert.

Datenverfügbarkeit

Um die Auswirkungen einer möglichen Veränderung der Mitteltemperatur auf die Landwirtschaft zu quantifizieren, wurden auf Daten der Agroscope zurückgegriffen (Mitteilung von Fuhrer 2013b).

Für die Veränderung der mittleren Temperatur wurde eine einfache Modellabschätzung für den Kanton Uri aufgrund der sich ändernden Vegetationsperiode durchgeführt (von J. Fuhrer zuhanden Infras, siehe Fuhrer 2013b) Betrachtet wurde lediglich die Änderung des potenziellen Jahresertrags von Wiesen für das Jahr 2060 (gemäss den unter CH2011 gerechneten Klimaparameter und deren Veränderungen sowie unter Berücksichtigung der hier definierten *Klimaszenarien schwach und stark*²⁹) gegenüber der Referenzperiode 1981-2010. Dabei wurden folgende Werte abgeschätzt und für diese Studie zur Verfügung gestellt (durch Agroscope, siehe Mitteilung von Fuhrer 2013b):

Klimaszenario schwach:

- › Altdorf: Änderung des potenziellen Jahresertrags pro Hektare von +9% (+1.27 t/ha)
- › Gütsch: Änderung des potenziellen Jahresertrags pro Hektare von +33% (+0.68 t/ha)

Klimaszenario stark:

- › Altdorf: Änderung des potenziellen Jahresertrags pro Hektare von +19% (+2.7 t/ha)
- › Gütsch: Änderung des potenziellen Jahresertrags pro Hektare von +71% (+2.7 t/ha)

²⁹ Die Änderung der Vegetationsperiode für das Jahr 2060 wurde mit Hilfe einer zeitlichen Auflösung von 24 Stunden gerechnet. Die Vegetationsperiode verändert sich demzufolge gemäss den Ausführungen in Kapitel 4.1.2 c) Klimaindikator Länge der Vegetationsperiode 2060.

Als Grundlage der Monetarisierung dienten die Produktionswerte im Bereich Futterbau des Jahres 2009 der gesamten Urner Landwirtschaft gemäss BfS (2013a), wobei der Zustand heute lediglich als Hilfsgrösse dient, um die effektive Veränderung bis 2060 daraus abzuleiten. Der Produktionswert im Bereich Futterbau lag im Jahr 2009 bei rund 6.9 Mio. CHF (BfS 2013a).

Vorbehalte und Annahmen

Die für die Analyse zu Grunde liegenden Daten sind grobe Abschätzungen und beziehen sich nur auf Wiesen. Somit wurden nur die Gesamtproduktionswerte für Futterbau berücksichtigt gemäss Kategorisierung in BfS (2013a), welche auch die Sömmerungsweiden beinhaltet. Es wird durch das Autorenteam angenommen, dass dadurch die Haupterträge erfasst sind. Ertragsgewinne durch den Gemüseanbau und Ackerbau werden mangels Daten nicht berücksichtigt. Eine Hochrechnung auf diese entsprechenden Kulturen scheint aufgrund der spezifischen Daten zur Änderung der Wiesenenerträge bis ins Jahr 2060 nicht zulässig zu sein. Die Produktionswerte des Gemüse- und Ackerbaus tragen sowieso weniger als 1% zum Gesamtproduktionswert bei (BfS 2013a). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass insbesondere der Gemüseanbau (1.9 Mio. CHF Produktionswert pro Jahr oder 5% der Gesamtproduktion) bereits heute teilweise in Gewächshäusern erfolgt, auf welche die mittlere Temperaturveränderung keine Auswirkungen haben wird.

Zudem wurde die Veränderung durch eine erhöhte Mitteltemperatur aufgrund der Abschätzungen auf der Höhenstufe von Altdorf umgesetzt und die jährlichen Produktionswerte damit multipliziert. Gemäss der oben aufgeführten Abschätzung des potenziellen Jahresertrags ergeben sich daraus rund 10% Steigerung für das *Klimaszenario schwach* und rund 20% für das *Klimaszenario stark*. Es muss davon ausgegangen werden, dass die ertragsreichsten Wiesen sich in tieferen Lagen befinden und sich daher der gesamte Produktionswert entsprechend der Werte zur Veränderung in Altdorf verändert.

Es wird angenommen, dass die Mehrerträge pro Hektare eins zu eins zu mehr Produktionswerten führen³⁰.

³⁰ Es wird angenommen, dass der die zunehmenden Erträge keinen Einfluss auf den Produktionswert haben und dieser daher konstant bleibt.

Qualitative Auswirkungen

Änderungen aufgrund einer erhöhten Mitteltemperatur die nicht mit der vorhandenen Datenlage quantifiziert wurden, konnten nicht weiter erfasst werden.

Es ist zudem wahrscheinlich, dass durch die erhöhten CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre das Pflanzenwachstum begünstigt wird, dies wurde jedoch nicht weiter berücksichtigt. Hier besteht unter anderem eine weitere mögliche Chance für die Urner Landwirtschaft.

Nicht quantitativ berücksichtigt wurde ein möglicher Anstieg der Waldgrenze (siehe Kapitel 5.4). Der Anstieg könnte dazu führen, dass die Gesamtfläche der Sömmerungsweiden möglicherweise reduziert wird. Die daraus verminderten Erträge infolge weniger Weidefläche dürften vernachlässigbar oder kaum relevant sein im Vergleich zu den übrigen Kosten.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten und der getroffenen Annahmen wurde ein mittlerer jährlicher Produktionswert im Bereich Futterbau von 6.9 Mio. CHF festgelegt (BfS 2013a) gemäss Stand im Jahr 2009. Dieser dient jedoch nur als Hilfsgrösse um die Veränderung bis 2060 zu bestimmen und ist nicht alleine das Resultat der vorhandenen Mitteltemperatur. Die Veränderung wird jedoch vollumfänglich der steigenden Mitteltemperatur (respektive der sich verlängernden Vegetationsperiode) zugeordnet. Der Unschärfefaktor wird als 0 (sehr gering) eingestuft.

Aufgrund der kontinuierlichen Verschiebung der sich ändernden Mitteltemperatur ist eine Aussage zum 100-jährlichen Ereignis nicht sinnvoll, respektive unmöglich.

Veränderung der Mitteltemperatur 2060:

Die Veränderung der Mitteltemperatur im Jahre 2060 wird gemäss den Ausführungen und Annahmen oben angewandt. Demnach nehmen die Produktionswerte der Wiesen im Mittel um +10% gemäss *Klimaszenario schwach* zu und +20% gemäss *Klimaszenario stark* (siehe oben Seite 181). Der Unschärfefaktor wird als mittel erachtet (2). Man beachte, dass dieser Ansatz eher konservativ ist, da in höheren Lagen grundsätzlich grössere Ertragssteigerungen möglich sind, dies jedoch aufgrund der getroffenen Annahmen nicht berücksichtigt werden kann.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Die hier aufgeführten Kosten dienen lediglich der Herleitung der tatsächlichen Veränderung der Produktionswerte in der Landwirtschaft als Folge gesteigerter Erträge verursacht durch eine

höhere Mitteltemperatur. Tatsächlich kann nur das Delta, also die Veränderung, dem Klima zugeordnet werden, da bereits im heutigen Klima Erträge erzielt werden. Die in Tabelle 26 aufgeführten Beträge sind daher nicht als Erträge der veränderten Mitteltemperatur zu verstehen, sondern zeigen, wie die Veränderung berechnet wurde. Figur 55 zeigt hingegen, in Einklang mit der Methodik, die tatsächlich zu erwartenden Ertragsgewinne infolge dieser schleichenden Erhöhung der Mitteltemperatur.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	+6'925'000 CHF	0
Szenario schwach	+7'618'000 CHF	2
Szenario stark	+8'310'000 CHF	2

Tabelle 26 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Veränderung der Mitteltemperatur in der Landwirtschaft (gerundet). Die Beträge zeigen die Produktionswerte der Urner Wiesen. Für die Aggregation sind lediglich die Veränderungen in Bezug auf die ändernde Mitteltemperatur relevant.

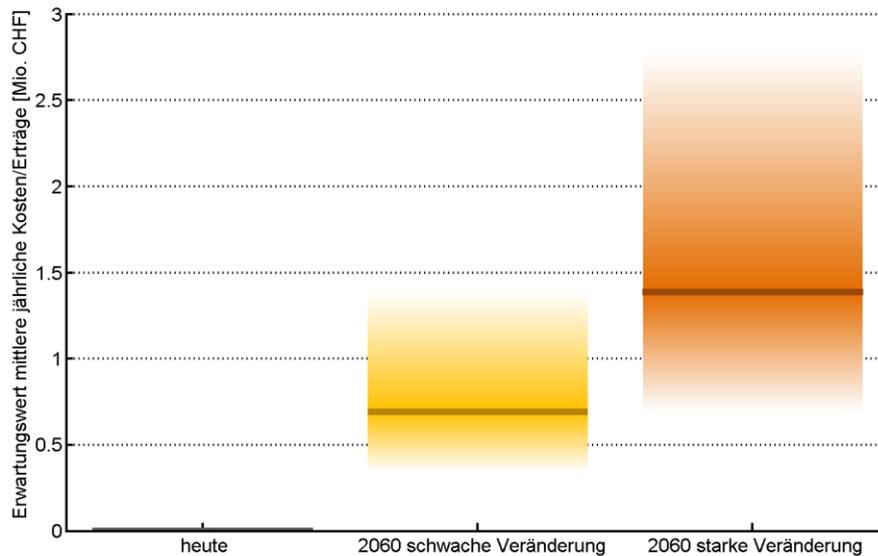
Es wird erwartet, dass die im jährlichen zu erwartenden Mittel durch die Änderung der Mitteltemperatur verursachten Produktionswerte in der Landwirtschaft bei einem *Klimaszenario schwach* von heute rund 6.9 Mio. CHF auf rund 7.6 Mio. CHF zunehmen (+700'000 CHF). (siehe Figur 55).

Betrachtet man das *Klimaszenario stark* so ist eine Zunahme der Kosten auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 8.3 Mio. CHF zu erwarten (+1'400'000 CHF) (siehe Figur 55).

Gemessen an der heutigen Gesamtproduktionswertes der Landwirtschaft von rund 38 Mio. CHF nimmt der Anteil des mittleren jährlichen Produktionswertes der Wiesen von heute rund 18.2% auf rund 21.9% (*Klimaszenario stark*) zu.

Grafische Darstellung:

Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze und infolge der vorgenommenen Abschätzungen, Vereinfachungen und Annahmen durch das Autorenteam alle Ertragswert infolge einer Änderung der mittleren Temperatur in der Landwirtschaft abgedeckt sind, wird bis 2060 eine Zunahme des mittleren jährlichen Erwartungswertes abgeschätzt. Die Unsicherheiten sind insgesamt mittel (Unschärfefaktor 2).



Figur 55 Mittlere, jährliche zu erwartende Erträge infolge Änderung der Mitteltemperatur im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen zeigen lediglich die Veränderung.

I) Sturm/Orkan (Sensitivitätsanalyse)

Betrachtete Bereiche

Gemäss Tabelle 17 werden die durch Sturm und Orkan verursachten Elementarschäden in der Landwirtschaft nur im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

Datenverfügbarkeit

Mit der Sensitivitätsanalyse soll aufgezeigt werden, inwiefern sich eine mögliche Änderung dieser Gefahr überhaupt in den Gesamtkosten des Auswirkungsbereichs Landwirtschaft ausdrückt.

Hierfür standen Sturmschadendaten des Kantons Uri von 1982-2012 zur Verfügung (Elementarschadendatenfonds 2013). Die rund 30 jährige Zeitreihe beinhaltet Schadendaten sowohl von Jahren mit und Jahren ohne Sturmschäden.

Der daraus abgeleitete mittlere jährliche Erwartungswert kann daher für die heutige Schätzung der Kosten als repräsentativ betrachtet werden (Annahme Autorenteam).

Vorbehalte und Annahmen

Um eine Quantifizierung aufgrund der Datenlage vornehmen zu können, wurde durch das Autorenteam vereinfacht angenommen, dass im Kanton Uri alle Kosten mit den zur Verfügung stehenden Zahlen des Elementarschadenfonds abgedeckt sind.

Aus diesem Grund wurde angenommen (durch das Autorenteam), dass die Schadenzahlen vom Elementarschadenfonds die relevanten Kosten in der Landwirtschaft aufgrund von Sturmschäden beinhalten. Der Unschärfefaktor wurde daher mit sehr gering festgelegt (Unschärfefaktor 0).

Wildcard

Sturmschäden von noch nie dagewesenen Ausmassen aufgrund des Zusammentreffens verschiedener begünstigender Faktoren können nicht analysiert werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass die Kosten deswegen um einiges höher oder geringer ausfallen könnten, als in den unten aufgeführten Berechnungen zur Sensitivitätsanalyse. Diese Wildcard lässt sich jedoch weder schätzen, noch in Relation zu den quantitativen Abschätzungen bringen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Aufgrund der vorhandenen Daten wurde ein mittlerer jährlicher Erwartungswert der Kosten, verursacht durch Sturmschäden in der Landwirtschaft, von rund 11'000 CHF abgeschätzt. Der Unschärfefaktor wird als 0 (sehr gering) eingestuft.

Es können jedoch keine Angaben zum 100-jährlichen Ereignis gemacht werden. Die Datenlage ist dafür zu dünn.

Sturm/Orkan 2060:

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde mit einer Ab-, bzw. Zunahme der Stürme/Orkane von 50% gerechnet (Annahme durch das Autorenteam).

Szenarienanalyse der Kosten und Erträge 2060:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-11'000 CHF	0
Oberer Bereich	- 6'000 CHF	-
Unterer Bereich	-17'000 CHF	-

Tabelle 27 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Sturm/Orkan in der Landwirtschaft (gerundet).

Aufgrund der Sensitivitätsanalyse wird erwartet, dass die im jährlichen Mittel zu erwartenden Kosten im AWB Landwirtschaft von heute rund 11'000 CHF auf rund 6'000 CHF abnehmen werden, respektive auf einen mittleren jährlichen Erwartungswert von rund 17'000 CHF zunehmen.

Gemessen am heutigen Faktoreinkommen der Landwirtschaft von rund 9.7 Mio. CHF sind die Schäden verursacht durch Sturm und Orkan nicht relevant.

5.3.3. SYNTHESE AUSWIRKUNGSBEREICH LANDWIRTSCHAFT

Kosten und Erträge heute und 2060 aller betrachteten Gefahren und Effekte

Der Vergleich der Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Landwirtschaft zeigt, dass heute allgemeine Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen, Hochwasser, Lawinen (tiefe Lagen), und Murgänge für den Hauptteil der Kosten verantwortlich sind, gefolgt von ein paar geringeren Beiträgen (starker Schneefall, Gewitter/Hagel, Steinschlag/Felssturz und Sturm/Orkan).

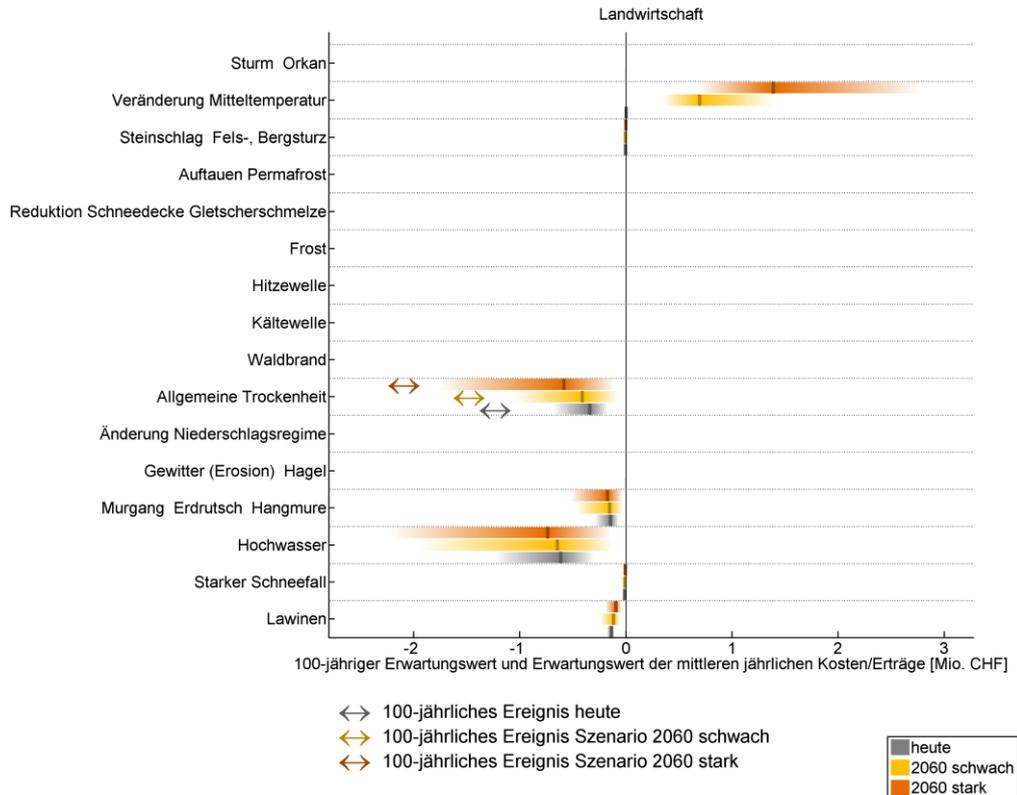
Bis ins Jahr 2060 könnten die Kosten verursacht durch Hochwasser, allgemeine Trockenheit in Kombination mit Hitzewellen und Murgängen weiter zunehmen, während die Kosten infolge von Lawinen abnehmen werden. Begünstigend dürfte sich zudem die Veränderung der mittleren Temperatur auswirken, wo ein mittlerer jährlicher Mehrertrag von rund 700'000 CHF für das *Klimaszenario schwach* und 1.4 Mio. für das *Klimaszenario stark* abgeschätzt wurde. Die zusätzlichen mittleren jährlichen Kosten könnten bis 2060 durch die zusätzlichen mittleren jährlichen Erträge und die abnehmenden Kosten hauptsächlich bei den Lawinen mehr als kompensiert werden.

Für die Landwirtschaft im Kanton Uri werden daher bis 2060 unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios schwach* eine Abnahme der durch die Gefahren und Effekte entstehenden Kosten von rund 600'000 CHF bilanziert. Beim *Klimaszenario stark* nehmen die Kosten um rund 1'000'000 CHF ab, so dass in der Summe noch mittlere jährliche Kosten von ca. 700'000 CHF, respektive 225'000 CHF durch die Gefahren und Effekte zu erwarten sein könnten.

Unter Berücksichtigung der Unschärfen könnte sich die Bilanz aber auch ändern und zwar in beide Richtungen. Die Berücksichtigung aller Unsicherheiten gewichtet nach den mittleren Kosten und Erträgen ergibt in der Gesamtanalyse eine Unschärfe des Faktors 3 (gross).

Die beiden Gefahren und Effekte Gewitter/Hagel und Sturm/Orkan wurden in einer Sensitivitätsanalyse näher betrachtet und sind für die klimabedingten Gesamtkosten irrelevant.

Werden die qualitativ betrachteten Aspekte hinzugenommen und gemäss der gültigen Methodik (siehe 3.2) ins Verhältnis zu den quantifizierten Kosten gebracht, kann geschlussfolgert werden, dass die zusätzlichen Kosteneinsparungen aus den qualitativen Abschätzungen (Rückgang Frost, Änderung Niederschlagsregime und Beeinträchtigung des Tierwohls) insgesamt geringer ausfallen als die Summe aller Kosten der quantitativen Gefahren und Effekte. Es sind somit zusätzliche Einsparungen von rund 0.2 Mio. CHF (*Klimaszenario schwach*) bis 0.3 Mio. CHF (*Klimaszenario stark*) zu erwarten.



Figur 56 Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge im AWB Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Landwirtschaft

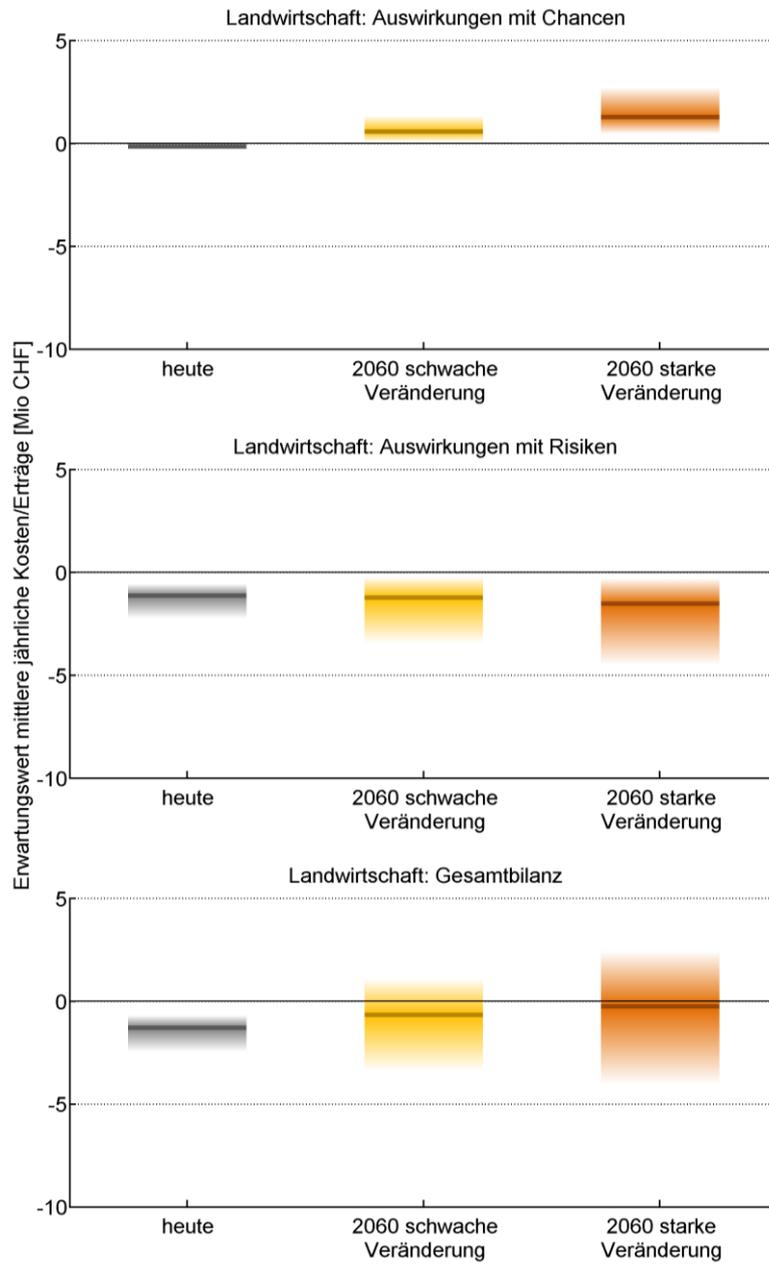
Die Gefahren und Effekte, bei denen die Auswirkungen nur über eine Sensitivitätsanalyse berücksichtigt werden konnten, werden in der Gesamtbilanz nicht berücksichtigt.

- Chancen:** Zusammenfassend sind in der Landwirtschaft aufgrund abnehmender Kosten durch Lawinen (tiefe Lagen), starker Schneefall und Steinschlag/Felssturz positive Auswirkungen zu erwarten. Es wird eine mittlere Abnahme der Kosten in der Höhe von rund 24'000–48'000 CHF erwartet (*Mittelwerte Klimaszenario schwach und stark*). Dies entspricht einer Abnahme von rund 15-30% im Vergleich zu heute. Zusätzlich wirkt sich auch die Veränderung der Mitteltemperatur zunehmend positiv auf die Erträge der landwirtschaftlichen Produktion aus. Es ist mit Mehrerträgen im Bereich von 0.7-1.4 Mio. CHF zu rechnen (*Mittelwerte Klimaszenario schwach und stark*). Dies entspricht einer Steigerung des Produktionswertes von 10-20%. Die Summe aller qualitativ

analysierten Auswirkungen (siehe Tabelle 17) sind im Vergleich zu den quantitativ analysierten Auswirkungen im Wirkungsbereich Landwirtschaft als leicht positiv, jedoch von der Summe als geringer einzustufen. Die zusätzlichen Kosteneinsparungen belaufen sich auf rund 260'000 CHF für das *Klimaszenario schwach* und rund 450'000 CHF für das *starke Klimaszenario*.

- **Risiken:** Negative Auswirkungen sind infolge von zunehmenden Hochwassern, Murgängen und der allgemeinen Trockenheit (in Kombination mit Hitzewellen) zu erwarten. Die zusätzlich zu erwarteten mittleren jährlichen Kosten belaufen sich auf rund 0.1-0.4 Mio. CHF (*Mittelwerte Klimaszenario schwach und stark*). Dies entspricht einer Zunahme von rund 10-25% im Vergleich zu den heutigen mittleren zu erwartenden Kosten. Die qualitativen Risiken (Beeinträchtigung des Tierwohls) tragen zu weiteren Kosten von rund 60'000 CHF (*schwaches Szenario*) und 100'000 CHF (*starkes Szenario*) bei.

Gesamtbilanz: Da die zusätzlich zu erwartenden mittleren jährlichen Erträge im Jahr 2060 die negativen Auswirkungen übertreffen werden, werden die Auswirkungen der klimabedingten Änderungen insgesamt positiv beurteilt. Gesamthaft ist mit einer Reduktion der bilanzierten Kosten von rund 0.6 Mio. CHF unter Berücksichtigung des *Klimaszenarios schwach* und gegen 1.1 Mio. CHF beim *Klimaszenario stark* zu rechnen. Es gilt jedoch zu beachten, dass die in der Einleitung gemachten Überlegungen in der Interpretation dieses stets mitberücksichtigt werden sollten und die Unsicherheiten entsprechend gross sind. Qualitative Aspekte tragen zu zusätzliche Einsparungen von rund 0.2 Mio. CHF (*Klimaszenario schwach*) bis 0.3 Mio. CHF (*Klimaszenario stark*) bei.



Figur 57 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Landwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.3.4. SOZIOÖKONOMISCHES SZENARIO LANDWIRTSCHAFT 2060

Bei den oben aufgeführten Betrachtungen wurde stets die Annahme getroffen, dass sich die Landwirtschaft strukturell nicht auf Veränderungen der Märkte und politischen Regulationen anpassen wird. In der Wirklichkeit werden diese Effekte den einzelnen Bauern stärker betreffen als die durch den Klimawandel möglicherweise eintretenden Veränderungen.

Insgesamt dürfte zudem der Druck auf die landwirtschaftlichen Flächen im Zuge von Bautätigkeiten weiter zunehmen, was zur Abnahme der landwirtschaftlichen Flächen und daher derer Produktion führen kann.

Internationale Deregulierung der Märkte und wegfallen staatlicher Einfuhrzölle könnten die Zahl der Landwirtschaftsbetriebe in der Schweiz und in Uri massiv verändern, was wiederum weitreichende Folgen in Bezug auf die Produktionszahlen haben könnte. Besonders betroffen könnten hiervon unter anderem die Berggebiete sein, welche heute schon unter erschwerten Produktionsbedingungen ihre Waren am Markt anbieten müssen.

Seit 1999 ist die Zahl Berglandwirtschaftsbetriebe jährlich um 1.7% gesunken (gesamte Schweiz). Die verbleibenden Betriebe konnten jedoch vom Strukturwandel profitieren und sind heute rund 30% grösser als 1999 (Agrimontana 2013). Dennoch dürfte die Zahl der Berglandwirtschaftsbetriebe weiter abnehmen.

Gemäss Branchenszenarien 2008-2030 (Ecoplan 2011) dürfte der Output im Sektor Landwirtschaft bis 2030 um 17% abnehmen. Es wird dabei erwartet, dass die Anzahl Vollzeitäquivalente parallel um rund 34% abnehmen werden.

Insgesamt dürfte der strukturelle Wandel in der Landwirtschaft zu grösseren Veränderungen in der Kosten- und Ertragsstruktur führen als die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen. Lediglich die Unsicherheiten sind bei beiden etwa gleich, nämlich gross.

5.4. AUSWIRKUNGSBEREICH WALDWIRTSCHAFT

5.4.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Urner Forstwirtschaft Heute

Waldfläche (Amt für Forst und Jagd (2006)):

Der Wald im Kanton Uri bedeckt mit 20'658 ha 19.2% der Kantonsfläche, rund ein Fünftel davon ist Gebüschwald. Die Waldfläche im Kanton Uri liegt unter dem gesamtschweizerischen Durchschnitt von 29.5%. Der Grund für die prozentual geringe Waldfläche liegt am hohen Anteil von unproduktiven Flächen sowie an den Rodungen, welche bis zum 19. Jahrhundert den Wald stark zurückgedrängt haben.

Der Urner Wald wächst vorwiegend in steilen und häufig unzugänglichen Lagen im Haupttal sowie dessen Seitentälern. Fast 80% des Waldes stockt auf über 1000 m ü.M. (Uri 2013).

Eigentumsverhältnisse (Amt für Forst und Jagd (2006)):

Über 80% der Waldfläche im Kanton Uri sind im Eigentum der 17 Korporationen bzw. Korporationsbürgergemeinden. Dazu kommen noch weitere öffentliche Waldeigentümer wie bspw. Einwohnergemeinden. Knappe 15% sind in privatem Eigentum, was unter dem schweizerischen Durchschnitt liegt (27%), für Alpenkantone jedoch üblich ist.

Baumartenzusammensetzung

Gemäss dem Landesforstinventar verteilt sich der Gesamtvorrat wie folgt (LFI3 (2004 – 2006)):

GESAMTVORRAT		
Baumart	Vorrat [1000 m³]	Anteil [%]
Fichte	3317	65.1
Tanne	634	13.0
Übrige Nadelhölzer	224	4.0
Buche	479	8.6
Übrige Laubhölzer	493	9.3
Total	5147	100

Tabelle 28 Verteilung des Gesamtvorrates im Kanton Uri

Waldleistungen (Amt für Forst und Jagd (2006)):

Der Wald spielt im Kanton Uri seit dessen Besiedlung durch den Menschen eine zentrale Rolle als Schutzwald. Die Bewohner nutzen den Wald als Schutz vor gravitativen Naturgefahren wie Lawinen, Sturzprozesse, Rutschungen und Murgänge. Die Waldbewirtschaftung richtet sich deshalb seit jeher explizit auf diese Waldleistung aus; bereits im Mittelalter regelten Bannbriefe die Bewirtschaftung der Schutzwälder.

Neben dem Schutz vor Naturgefahren erbringt der Urner Wald weitere Leistungen wie Holzproduktion, Natur- und Landschaftsschutz sowie Erholungsraum für den Menschen. Die Ausscheidung der Vorrangfunktion gemäss dem Waldentwicklungsplan ergibt folgende Verteilung:

WALDLEISTUNG		
Vorrangfunktion	Fläche [ha]	Anteil [%]
Schutz vor Naturgefahren	11'903	58
Natur- Landschaftsschutz	7'536	36
Holzproduktion	1'139	6
Erholung und Freizeit	80	1

Tabelle 29 Verteilung der Vorrangfunktion gemäss Waldentwicklungsplan (Amt für Forst und Jagd (2006))

Bewirtschaftung (Amt für Forst und Jagd (2006)):

Die aktuelle Holznutzung beschränkt sich grossteils auf die Pflege der Schutzwälder. Die Erhaltung der Schutzwälder kosten in den kommenden 20 Jahren 81.5 Mio. Franken wie Hochrechnungen im Waldentwicklungsplan ergeben. Davon kann nur rund ein Viertel mit dem Holzerlös gedeckt werden.

Das jährlich genutzte Holzvolumen schwankt stark aufgrund von Windwurfereignissen, Käferkalamitäten sowie Lawinenereignissen. In den Jahren 1996 – 2005 sind im Durchschnitt 15'000 – 20'000 m³ Holz genutzt worden, was nur rund 30 – 50 % des Hiebsatzes ausmacht. Faktisch wird weniger Holz geerntet als nachwächst, daher kommt es zu einer Vorratsakkumulation und zu verjüngungsarmen Wäldern. Gemäss dem Waldentwicklungsplan ist das mittelfristige Ziel die Nutzung auf 25'000 – 30'000 m³ zu erhöhen. So kann einerseits die Schutzfunktion der Wälder sowie andererseits die Biodiversität erhalten bzw. verbessert werden. In den letzten Jahren konnte dieses Ziel regelmässig erreicht werden, lag doch die Nutzungsmenge immer zwischen 25'000 - 30'000 m³ pro Jahr, teilweise auch über 30'000 m³.

5.4.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Waldwirtschaft

Gemäss den Aussagen in Kapitel 5.1 zur Relevanzmatrix, beschränkt sich die Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels im Bereich Waldwirtschaft auf die Gefahren und Effekte gemäss der nachfolgenden Tabelle: Als quantifizierbar gelten die Schäden am Wald, welche bei einem Windereignis anfallen. Weitere, nicht quantifizierbare Gefahren oder Effekte sind Trockenheit und die Veränderung der Mitteltemperatur.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Allgemeine Trockenheit		Veränderung der Baumartenzusammensetzung Erhöhte Waldbrandgefahr Änderung Holzzuwachs
Veränderung Mitteltemperatur		Änderung Holzzuwachs Änderung der Waldfläche
Sturm/Orkan	Zwangsnutzung	Verjüngung

Tabelle 30 Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Waldwirtschaft.

a) Allgemeine Trockenheit

Betrachtete Bereiche

Betrachtet wird der Einfluss der allgemeinen Trockenheit auf die veränderte Baumartenzusammensetzung, die erhöhte Waldbrandgefahr sowie die Änderung im Holzzuwachs.

Datenverfügbarkeit

Die Daten stützen sich auf die Expertenbefragung vom 7. März 2013 in Altdorf mit Herrn Beat Annen (Amtsvorsteher Amt für Forst und Jagd, Leiter Abteilung Forst) und verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zu dieser Fragestellung.

Vorbehalte und Annahmen

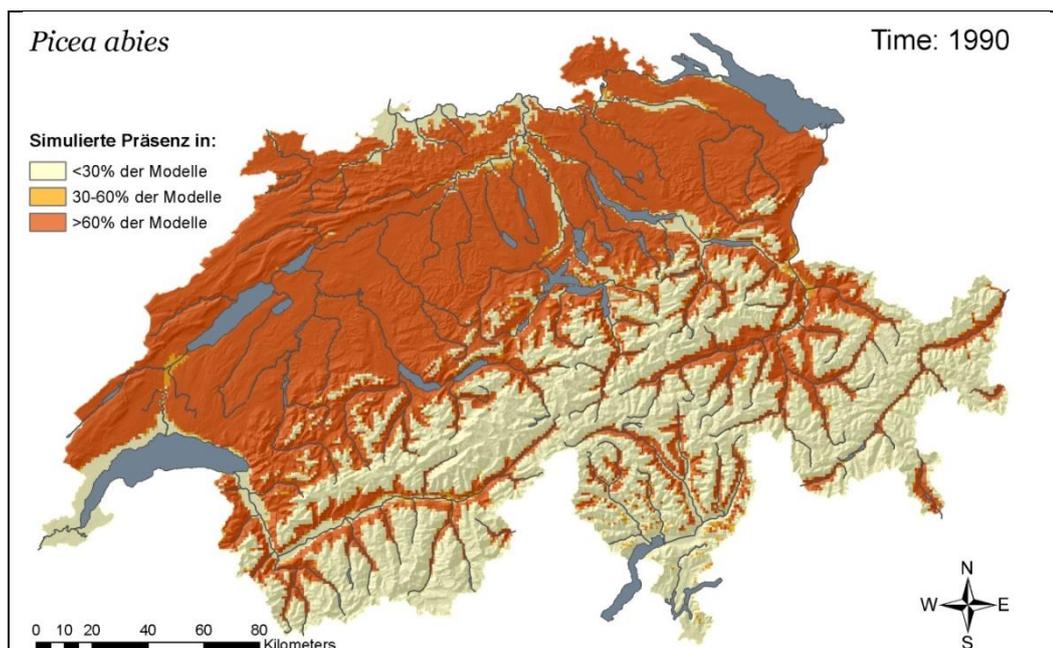
Die komplexen Verhältnisse des Waldökosystems sind nicht soweit bekannt, als das klare, einfache Aussagen zu den Auswirkungen der Trockenheit gemacht werden können.

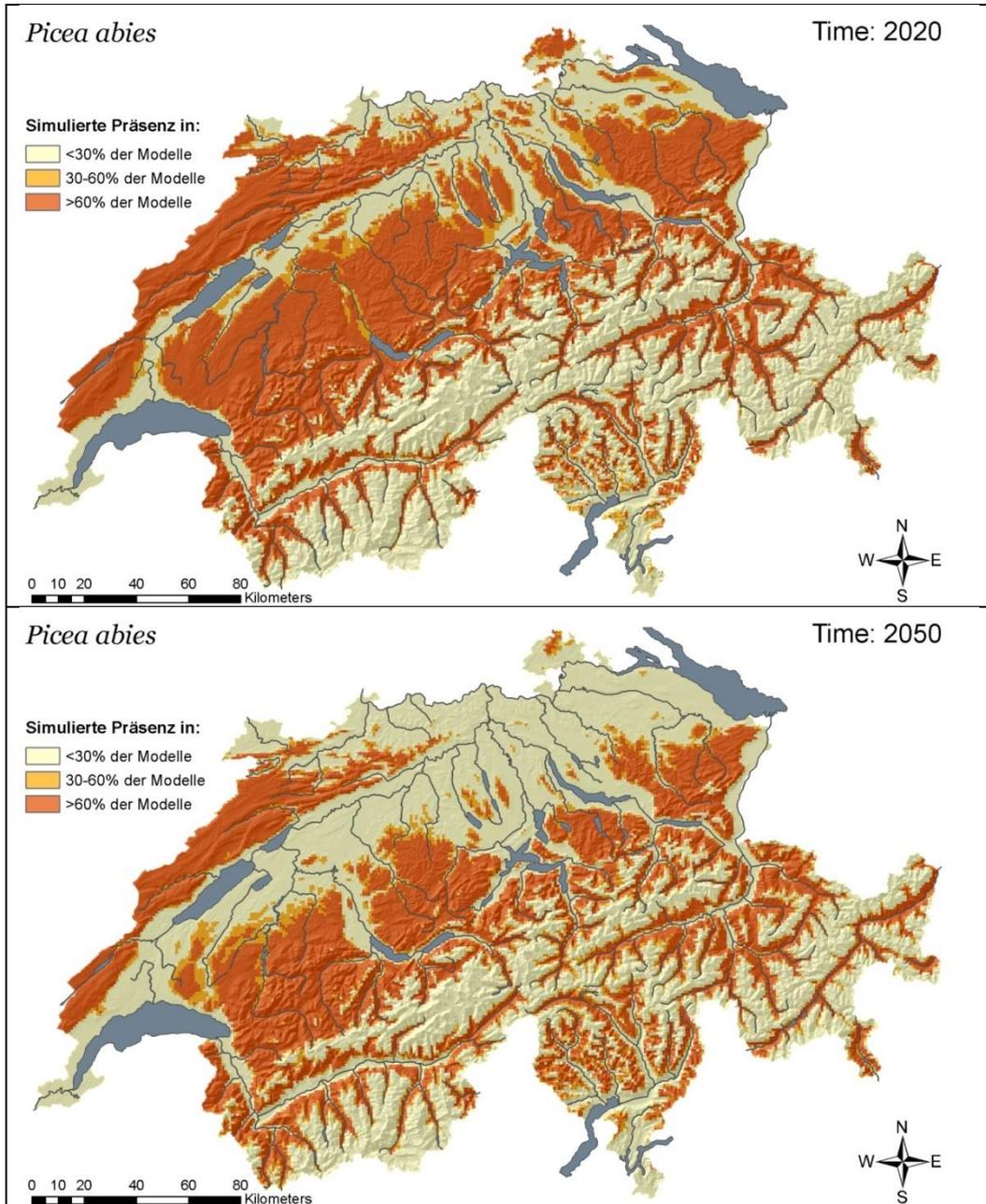
Qualitative Auswirkungen

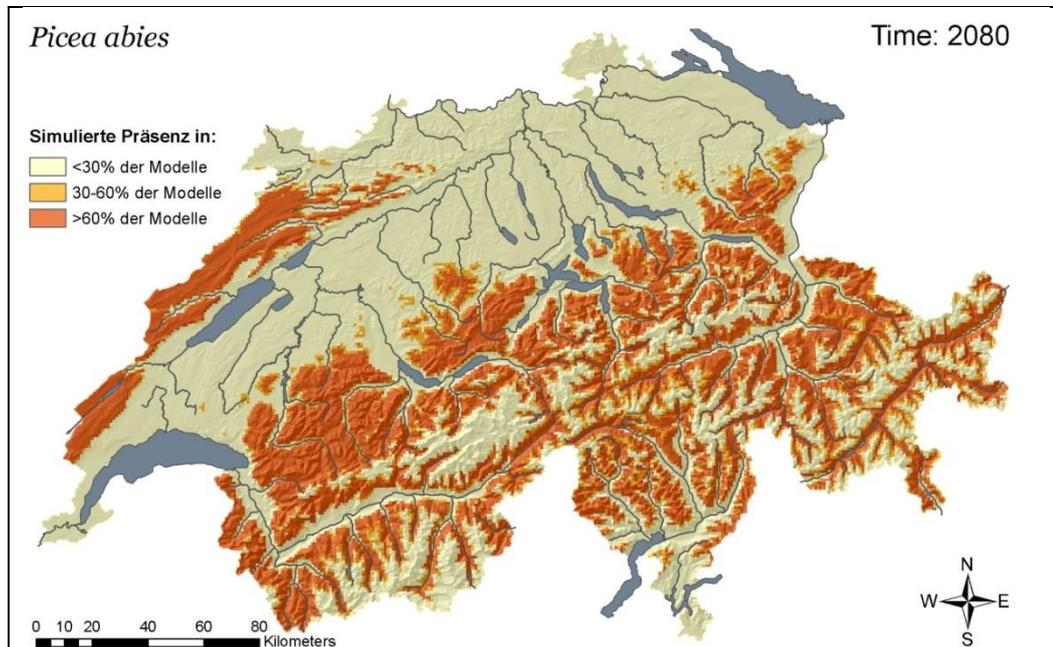
Veränderung der Baumartenzusammensetzung

Gemäss den Untersuchungen von Zimmermann et al. (2013, 2008) verändern sich die potentiellen Wuchsgebiete für die Baumarten in der Schweiz aufgrund der klimatischen Änderungen. Dies konnte Zimmermann et al. (2013, 2008) aufgrund der statistischen Verbreitungsmodellierung zeigen. Das statistische Modell verwendet verschiedene Eingangsvariable wie saisonaler Temperaturverlauf, Niederschlag im Sommer und Winter, jährliche Einstrahlung und Topographie. Dieses Modell geht davon aus, dass dort wo in Zukunft die heutigen Wachstumsbedingungen einer Baumart auftreten, die Baumart auch vorkommen könnte. Das Modell zeigt somit die potentiellen Wuchsgebiete (Potenzialgebiete) an, sagt jedoch nicht aus ob diese Gebiete auch wirklich durch die Baumart besiedelt werden. Die effektive Besiedlung hängt neben den modellierten klimatischen Faktoren von der Wanderungsdistanz und –geschwindigkeit der Baumarten ab, dazu kommen Faktoren wie die zukünftige Landnutzung, die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten und Entwicklung der Bodenbedingungen, welche in der Regel den klimatischen Änderungen hinterherhinken.

Die Untersuchung von Zimmermann et al. (2013, 2008) zeigt für die Schweiz einen sukzessiven Rückgang der potentiellen Fichten- sowie der Buchengebiete bis zum Jahr 2080. Für den Kanton Uri zeigt sich hingegen eine Ausweitung des potentiellen Wuchsgebietes für die Fichte und die Buche.







Figur 58 Potentielles Wuchsgebiet der Fichte (*Picea abies*) gemäss der Untersuchung von Zimmermann et al. (2013, 2008)

Aufgrund der Untersuchung von Zimmermann et al. (2013, 2008) nimmt das Autorenteam an, dass die potentiellen Wuchsgebiete im Kanton Uri, explizit der Fichte und Buche, zunehmen. Es kommt zu einer Vergrösserung der Waldfläche, ohne dass sich beim *Klimaszenario schwach* die Baumartenzusammensetzung ändern wird. Beim *Klimaszenario stark* geht das Autorenteam von kleinen Veränderungen aus (Tabelle 31, Baumartenanteil gemäss 2013). Insgesamt könnte also der Faktor allgemeine Trockenheit (aufgrund der Vergrösserung der Waldfläche) zu einer Zunahme der Holzernte und somit einem positiven Ertrag (Chance) führen. Allerdings sind die Faktoren (Kosten) der Holznutzung / Ernte, Verkaufspreise je Holzart für das Jahr 2060 nur mit grosser Unsicherheit zu bestimmen.

GESAMTVORRAT		
Baumart	Anteil 2013 [%]	Anteil 2060 [%]
Fichte	65.1	65 - 70
Tanne	13.0	10 - 15
Übrige Nadelhölzer	4.0	5
Buche	8.6	5
Übrige Laubhölzer	9.3	10

Tabelle 31 Baumartenzusammensetzung 2013 und 2060 für das *Klimaszenario stark*.

Waldbrandgefahr

Die Waldbrandgefahr ist von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig (vgl. Kap.4.2.11).

Für den Kanton Uri sind die erwähnten prädisponierenden Faktoren vorhanden. So sind die wichtigsten Faktoren eine genügende Menge an Niederschlag damit sich das Brandgut bilden kann, sowie häufige Trockenperioden. Fällt ein Waldbrand mit einem Starkwindereignis zusammen verschärft dies die Situation massiv.

Das Autorenteam geht von einer leichten Erhöhung der Waldbrandhäufigkeit beim *Szenario schwach* (5%) für den Kanton Uri aus. Weil die Waldbrand-begünstigenden Faktoren im Kanton beim *Klimaszenario stark* explizit vorhanden sind, rechnet das Autorenteam mit einer deutlichen Erhöhung der Waldbrandhäufigkeit für dieses Szenario um 20%. Daraus ist abzuleiten, dass der Faktor Waldbrandgefahr als Risiko für den Kanton Uri eingeschätzt werden muss. Die jeweiligen Schäden eines einzelnen Waldbrandereignisses können jedoch nicht beziffert werden.

Änderung Holzzuwachs

Die Trockenheit führt zu einem temporär geringeren Holzzuwachs. So konnten beispielsweise Dobbertin et al. (2006) nachweisen, dass die Trockenheit im Jahr 2003, trotz der verlängerten Vegetationsperiode, zu einem Rückgang des Stammzuwachses führte. Für das Tiefland (in deren Studie unter 1200 m ü.M.) reduzierte sich der Stammzuwachs um 20 – 60% im Vergleich zu den Jahren 1996-99, respektive 2002-04. Dieser Effekt ist gemäss der Studie von Dobbertin et al. in den Lagen über 1200 m ü.M. statistisch nicht mehr nachzuweisen.

Da sich im Kanton Uri fast 80% des Waldes auf über 1000 m ü.M. befinden (Uri 2013), geht das Autorenteam in Anlehnung an die Erkenntnisse von Dobbertin et al. von einem unveränderten Holzzuwachs im Jahr 2060 aus. Zudem limitieren die erwarteten Veränderungen im Niederschlagsregime gemäss dem *Klimaszenario stark* und *schwach* das Wachstum der Hauptbaumart Fichte nicht. Diese stellt geringe Ansprüche an den Boden und wächst auch problemlos bei einem Jahresniederschlag grösser 800 mm (Leitgeb et al. 2013).

b) Veränderung Mitteltemperatur

Betrachtete Bereiche

Die Veränderung der Mitteltemperatur hat Auswirkungen auf den Holzzuwachs eines Einzelbaumes und somit auf die Vorratsentwicklung eines ganzen Waldbestandes. Zusätzlich hat die Erhöhung der Mitteltemperatur während der Vegetationszeit eine potentielle Arealerweiterung des Waldes zur Folge.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt in Kapitel 5.4.2, a) dieses Kapitels – diese können sinn-
gemäss auch für die Veränderung der Mitteltemperatur übernommen werden.

Qualitative Auswirkungen*Änderung Holzzuwachs*

Geringe Niederschlagsmengen (< 800 mm/Jahr) und hohe Temperaturen machen der Fichte zu schaffen (Leitgeb et al. 2013). Aufgrund der heutigen tiefen Mitteltemperatur im Verbreitungsgebiet des Urner Waldes und den erwarteten Veränderungen bei den Mitteltemperaturen gemäss dem *Klimaszenario stark und schwach* ist der Holzzuwachs nicht eingeschränkt.

Änderung der Waldfläche

Die gegenwärtigen Verhältnisse lassen bereits ein Ansteigen der Baumgrenze beobachten (Nicolussi et al. 2006): Unter der Voraussetzung, dass die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse andauern, kann bereits von einem Anstieg der Waldgrenze in den Zentralalpen um 100 – 150 Höhenmeter ausgegangen werden. Diese Aussage wird auch durch die Untersuchung von Zimmermann et al. (2013, 2008) gestützt, welche eine Zunahme der potentiellen Wuchsgebiete für Fichte und Buche annimmt.

Gemäss den Aussagen der Experten kann kein genereller Anstieg der Baum- und Waldgrenze im Kanton Uri prognostiziert werden; es sind immer auch die mikroklimatischen Faktoren zu berücksichtigen.

Das Autorenteam geht davon aus, dass bis 2060 die Waldfläche zunehmen wird. Denn gemäss den wissenschaftlichen Untersuchungen nehmen die potentiellen, waldfähigen Standorte aufgrund der günstigen klimatischen Faktoren zu. Dieser Effekt wird unterstützt durch die Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung im Kanton Uri (Kapitel 5.4.4).

c) Sturm/Orkan**Betrachtete Bereiche**

Die Gefahren und Effekte aufgrund von Windereignissen haben vielfältige Auswirkungen auf das Waldökosystem. Relevant sind die Aspekte ‚Verjüngung und Biodiversität‘, ‚Schutzwald‘

und ‚Zwangsnutzungen‘. Die ersten beiden Aspekte können nur qualitativ beurteilt werden. Der Faktor Zwangsnutzung kann quantifiziert werden.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels – diese können sinngemäss auch für die Windeinwirkung übernommen werden.

Qualitative Auswirkungen

Verjüngung

Sturmereignisse können grossflächig Baumbestände zusammenbrechen lassen. Dadurch entstehen Verjüngungsflächen, welche bei der regulären Holzernte aufgrund der Gesetzgebung in diesem Masse nicht entstehen können. Ohne anthropogenen Einfluss, wie zum Beispiel Pflanzungen, entwickelt sich der Wald gemäss der natürlichen Sukzession. Aufgrund der fehlenden Aussagen zur Entwicklung der Sturm-/ Orkanaktivität für das Jahr 2060 (vgl. Kapitel 0: es muss eine Sensitivitätsanalyse für die qualitativen Auswirkungen durchgeführt werden), kann keine Aussage zur Entwicklung des Faktors Verjüngung gemacht werden.

Schutzwald

Die Schutzfunktion der Wälder gegenüber Naturgefahren hat im Kanton Uri eine herausragende Bedeutung. Diese Funktion könnte bei einer Zunahme der Sturm-Schadenereignisse temporär und lokal durch grosse Windwurfschäden eingeschränkt sein oder vollständig ausfallen. Aufgrund der fehlenden Aussagen zur Entwicklung der Sturm-/ Orkanaktivität für das Jahr 2060 (vgl. Kapitel 0: es muss eine Sensitivitätsanalyse für die qualitativen Auswirkungen durchgeführt werden), kann keine Aussage zur Entwicklung des Faktors Schutzwald gemacht werden.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Die reguläre Holznutzung im Kanton Uri ist defizitär: die Kosten für die Holzernte und Holzbringung (Bruttokosten) betragen 150 Fr./m³, der Holzerlös ist aufgrund der geringen Qualität mit 60 Fr./m³ klein. Daraus ergibt sich der erntekostenfreie Erlös von -90 Fr./m³.

Bei einem Windereignis verschärft sich die wirtschaftliche Situation weiter. Es entsteht:

- Ertragsverlust beim Holzerlös im Vergleich zu einer regulären Ernte, da der Markt nach einem Windereignis übersättigt ist.
- Ertragsverlust bedingt durch den Verkauf von schadhaftem Holz durch Druckstauchungen in der Holzstruktur.
- Höhere Erntekosten nach einem Windereignis (ungeplante Ernte in unzugänglichem Terrain, zusätzliche Aufräumarbeiten, etc.)
- Mehraufwand bei der Schädlingsbekämpfung.
- Mehraufwand bei der Waldverjüngung, evtl. sind Pflanzungen nötig. Möglicherweise fehlen geeignete Samenbäume für die Naturverjüngung und kostenintensive Pflanzungen sind nötig.

Aufgrund der Expertenbefragung, den Daten der Forststatistik (Bundesamt für Statistik, 2013) und der Einschätzung des Autorenteam, präsentiert sich heute die aktuelle Lage wie folgt:

KOSTEN ZWANGSNUTZUNG STURM / ORKAN					
	Regulär		Zwangsnutzung		Schaden [Fr.]
Bruttokosten [Fr./m ³]	150	*	200	***	50
Holznutzung [m ³ /Jahr]	26'000	**	zusätzlich 5'200 – 6'500		* 292'500
Schädlingsbekämpfung [Fr.]	80'000	***	500'000.- Fr. pro Ereignis		*

Tabelle 32 Heutige Kosten für Zwangsnutzungen (Quelle: * Experte, ** Forststatistik, ***Autorenteam)

Aufgrund der Werte gemäss Tabelle 32 betragen die jährlichen Mehrkosten (Bruttokosten: Ernte und Bringung) bedingt durch die Zwangsnutzung rund 290'000 CHF. Die effektiven Kosten sind höher als bei einer regulären Nutzung; der erntefreie Erlös steigt auf -140 Fr./m³ (Ernte und Bringung: 200 Fr./m³, Holzerlös 60 Fr./m³) an. So entstehen jährlichen Kosten für die Zwangsnutzungen von 820'000 CHF.

Die Kosten für die Bekämpfung von Schädlingskalamitäten beträgt gemäss Aussagen der Experten nach einem grossen Sturmereignis 500'000 CHF.

Sturm / Orkan 2060:

Gemäss den Ausführungen in Kapitel 0 wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Damit die jährlichen Kosten berechnet werden können, schätzt das Autorenteam die jährlichen Kosten für die Schädlingsbekämpfung auf rund 80'000 CHF.

Somit beläuft sich der jährliche Schaden für den Wald aufgrund von Sturm und Orkan auf 900'000 CHF. Im Folgenden wird gemäss den Aussagen in Kapitel 0 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-900'000 CHF	2
Oberer Bereich	-1'350'000 CHF	-
Unterer Bereich	-600'000 CHF	-

Tabelle 33 Sensitivitätsanalyse der jährlichen Kosten durch Windereignisse im AWB Waldwirtschaft

Beim Sturmereignis Vivian am 26./27. Februar 1990 war der Kanton Uri stark betroffen, während der Orkan Lothar 1999 den Kanton Uri nur wenig tangierte. Die Holznutzung nach dem Sturmereignis Vivian im Jahr 1990 war gemäss dem Bundesamt für Statistik mit knappen 47'000 m³ sowie im Jahr 1991 mit knapp 64'000 m³, das Mehrfache der jährlichen aktuellen Holznutzung (25'000 - 30'000 m³).

Generell sind Westwinde problematisch im Haupttal, da der Wald wenig an diese Windrichtung angepasst ist. Der Föhn hingegen verursacht hier wenig Schäden, vorausgesetzt er erreicht nicht Orkanstärke. Der Wald in den Seitentälern ist nicht auf die Einwirkung eines Föhnsturms angepasst. Die Kostenfolge eines seltenen, grossen Sturmes (100-jährliches Ereignis) schätzt das Autorenteam aufgrund des Sturmereignis Vivian. Der Sturmholzanteil liegt bei schätzungsweise 110'000 m³ mit einem erntekostenfreien Erlös von -140 Fr./m³:

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-15.5 Mio. CHF	2
Oberer Bereich	-23.25 Mio. CHF	-
Unterer Bereich	-10.33 Mio. CHF	-

Tabelle 34 Sensitivitätsanalyse der Kosten durch ein 100 – jährliches Windereignisse im AWB Waldwirtschaft

5.4.3. SYNTHESE: AUSWIRKUNGSBEREICH WALDWIRTSCHAFT

Kosten heute und 2060 aller Gefahren und Effekte

Der Vergleich der Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Waldwirtschaft zeigt, dass neben der erwarteten Zunahme der Waldbrandgefahr (5, respektive 20% für die Szenarien *schwach und stark*) vor allem die Gefahr Sturm und Orkan zu Risiken führen kann. Heute wird bereits mit einem jährlichen Schaden durch Sturmereignisse von rund 900'000 CHF gerechnet. Hundertjährige Ereignisse liegen dabei bei mehreren Millionen Schweizer Franken Schaden. Allerdings ist die Entwicklung der Sturm/Orkanverhältnisse im Jahr 2060 nicht eindeutig bestimmbar. Die Bandbreite der Risiken im Jahr 2060 ist in derselben Grössenordnung wie heute. Ob die erwartete Veränderung der Waldfläche (durch Veränderung der Mitteltemperatur) bis zum Jahr 2060 diese Risiken kompensieren kann ist fraglich. Dies vor allem auch, weil ein möglicher Mehrertrag durch Waldflächenzunahme im Jahr 2060 heute nicht quantifiziert werden kann. Im Allgemeinen (mit Ausnahmen Holzzuwachs) ist jedoch zu erwarten, dass die qualitativen Ergebnisse im Vergleich zu Risiko der Sturm/Orkanschäden unbedeutend klein sind.

Eine wichtige Funktion des Urner Waldes wird dem Schutzwald zugewiesen. Gemäss Aussage von Herrn Annen (Forst, Kanton Uri) produziert der Forstbetrieb primär Schutzwald und nicht Nutzholz. Gerade in diesem Bereich könnte auf den Kanton Uri im Jahr 2060 grössere Aufwendungen zukommen, damit aufgrund der obengenannten Gefahren und Effekten die Schutzfunktion erhalten werden kann.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Waldwirtschaft

- **Chancen:** Der Einfluss der Klimaänderung auf den Urner Wald hat positive Aspekte. Aufgrund der erwarteten Entwicklungen der Gefahren / Effekte Trockenheit und Veränderung Mitteltemperatur könnten eine Veränderung der Baumartenzusammensetzung sowie eine Zunahme der Waldfläche im Jahre 2060 zu einer grösseren Holzernte führen (grosse Unsicherheit). Mit der Vergrösserung der Waldfläche geht nur ein unbedeutender Verlust der Sömmerungsfläche einher (Kapitel 5.3.2).
- **Risiken:** Die Risiken liegen in der fehlenden oder mangelhaften Erfüllung der Waldleistungen. Dabei spielen die Gefahren Waldbrand sowie Sturm / Orkan eine einflussreiche, wenn gleich nicht zu quantifizierende Rolle. Starke Konsequenzen könnten diese Gefahren auf die Schutzfunktion der Wälder gegenüber Naturgefahren ausüben. Die Erfüllung dieser Schutzfunktion könnte temporär und lokal durch grosse Windwurf- oder

Waldbrandschäden eingeschränkt sein oder vollständig ausfallen. Wie sich der Faktor Sturm / Orkan für das Jahr 2060 entwickeln wird ist jedoch unklar (Kapitel 0).

- **Gesamtbilanz:** Die untersuchten Gefahren und Effekte ergeben gesamthaft gesehen mehr Risiken als Chancen im Auswirkungsbereich Waldwirtschaft für das Jahr 2060. Die Aussagen zu den qualitativ betrachteten Gefahren und Effekten sind oft mit grossen Unsicherheiten behaftet.

Wildcard

Durch ein extremes Windereignis oder durch einen verheerenden Waldbrand könnten grossflächige Schäden am Schutzwald entstehen. Dies könnte zu grossen Sicherheitsdefiziten führen oder hohe Kosten für technische Schutzmassnahmen auslösen.

5.4.4. SOZIO-ÖKONOMISCHES SZENARIO AUSWIRKUNGSBEREICH WALDWIRTSCHAFT 2060

Die oben gemachten Ausführungen gehen von einer sozio-ökonomisch isolierten Betrachtung aus. Werden aber diese Aspekte mit in die Betrachtung gezogen, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung im Alpenraum führt zu einer Zunahme der Waldfläche, auch im Kanton Uri. Gemäss dem Waldentwicklungsplan des Kantons Uri ist ein Ende dieser Entwicklung nicht absehbar - auch in Zukunft wird durch Strukturbereinigungen in der Landwirtschaft in intensiv genutzten Gebieten wie dem Schächen- oder Isenthal die Waldfläche zunehmen.
- Die anzunehmende steigende Nachfrage nach Energie wird auch den Bedarf nach Energieholz erhöhen.

Die mögliche Zunahme des Holzverbrauches und die strukturellen Änderungen in der Landwirtschaft haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Entwicklung der Waldwirtschaft. Diese Effekte sind jedoch heute nicht quantifizierbar. Deshalb wird in der Beurteilung des Auswirkungsbereiches Waldwirtschaft auf die Berücksichtigung sozioökonomischer Faktoren verzichtet.

5.5. AUSWIRKUNGSBEREICH ENERGIE

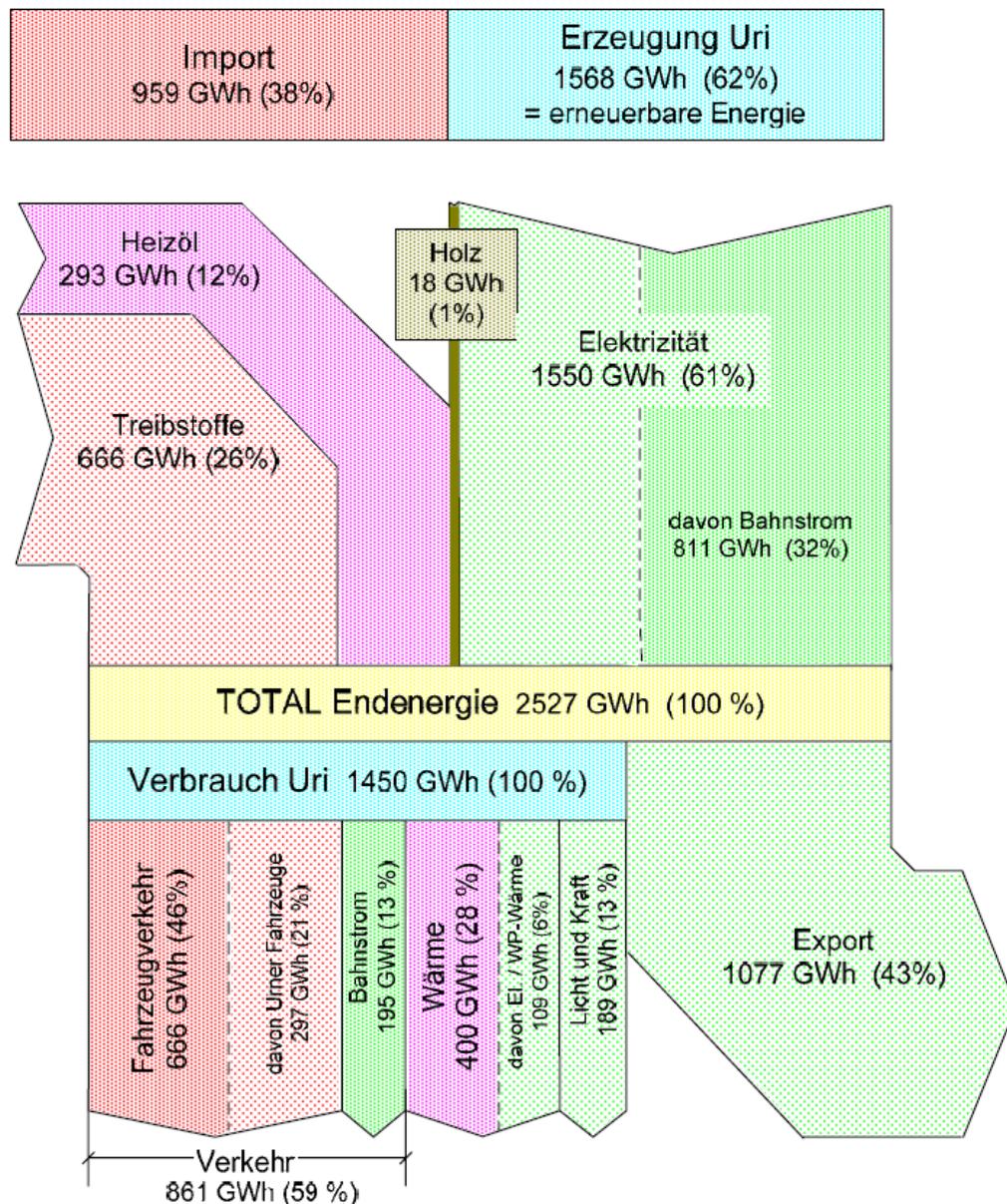
5.5.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Energie Uri heute

Gemäss der Gesamtenergiestrategie Uri wurden im Jahr 2004 99% der aus lokalen Energieträgern produzierten Energie durch Wasserkraft gewonnen (Jahresproduktion 1'550 GWh, davon 811 GWh Bahnstrom). Bei einem Verkaufspreis von 10Rp./kWh würde daraus ein Erlös von 155 Mio. CHF resultieren. Für den Kanton und die Korporationen Uri und Urseren ergibt dies jährliche Einkünfte von 25 Mio. CHF durch Wasserzinsen, Steuern sowie Erträgen aus Energiebezugsrechten (Regierungsrat Uri 2008). Der nächstkleinere einheimische Energielieferant ist Holz mit 18 GWh/Jahr. Da die Wasserkraft in der Energieerzeugung im Kanton Uri einen so hohen Stellenwert hat, wird für die Energieerzeugung in dieser Studie nur die Wasserkraft berücksichtigt. (Regierungsrat Uri 2008)

Mit der importierten Energie aus fossilen Energieträgern von 293 GWh/Jahr in Form von Heizöl und 666 GWh/Jahr in Form von Treibstoffen ergibt sich für Uri ein total verfügbare Endenergie von 2'527 GWh/Jahr. Uri ist nicht am Gasnetz angeschlossen und verbraucht daher kaum Gas. (Regierungsrat Uri 2008)

Der Energieverbrauch des Kanton Uri beträgt 1'450 GWh/Jahr. Für die Wärmeerzeugung werden 400 GWh/Jahr aufgewendet. Die importierte fossile Energie wird für den Fahrzeugverkehr (666 GWh) und zur Wärmeproduktion verwendet. Uri ist ein Alpentransitkanton (Nord-Süd-Achse), entsprechend ist der grösste Teil des Energieverbrauchs durch Fahrzeugverkehr auf ausserkantonalen Verkehr zurückzuführen (369GWh). Jährlich werden 1'077 GWh Strom exportiert (Figur 59). (Regierungsrat Uri 2008)



Figur 59 Energieproduktion und -verbrauch im Kanton Uri 2004. Quelle: Gesamtenergiestrategie Uri 2008

Als Strompreis im Verkauf wird in dieser Studie 10Rp./kWh angenommen. Laut dem Bericht Strompreisentwicklung in der Schweiz (BFE 2011) bewegten sich die Monatsdurchschnitte am Spotmarkt der European Energy Exchange EEX 2010 zwischen 5 bis 9 Rp./kWh für Grundlast und 6 bis 10 Rp./kWh für Spitzenlast.

Energie und Klimawandel

Bei der Urner Energieproduktion ist nur die Wasserkraft von Bedeutung, da die fossilen Brennstoffe importiert werden. Durch die Veränderung der Wasserregimes wird die Wasserkraft in

Zukunft vom Klimawandel beeinflusst. Beim Verbrauch wird primär die Heizenergie vom Klimawandel beeinflusst. Durch die erwartete Veränderung der Mitteltemperatur und die sinkende Häufigkeit der Kältewellen wird ein Rückgang des Heizenergieverbrauchs erwartet. Beim Energieverbrauch zur Kühlung wird ebenfalls mit einer Veränderung gerechnet, da im Sommer vermehrt Hitzewellen erwartet werden. Da heute der Verbrauch von Heizenergie sehr viel grösser ist als der Verbrauch von Kühlenergie, fallen die erwarteten Veränderungen im Bereich der Kühlung weniger ins Gewicht.

Wie sich der Klimawandel auf die Wasserkraftproduktion in der Schweiz auswirkt wurde schon verschiedentlich untersucht (SGHL 2011, Terrier et al. 2011). Generell wird davon ausgegangen, dass vergletscherte Einzugsgebiete durch das verstärkte Abschmelzen der Gletscher in den nächsten Jahrzehnten höhere Abflüsse haben werden. Wenn die Gletscher gegen Ende des Jahrhunderts verschwinden werden diese Gletscherschmelzwasserzuflüsse wieder wegfallen.

Gemäss dem Synthesebericht von der SGHL (2011) muss bis 2035 im südlichen und westlichen Wallis mit leichten Abnahmen der Zuflüsse gerechnet werden und bis 2085 muss mit Einbussen von vier bis acht Prozent gerechnet werden. In den tiefer gelegenen Gebieten der zentralen und östlichen Voralpen wird eine Zunahme von null bis neun Prozent erwartet. Die Unsicherheit wird mit 10% angegeben. Die Autoren schreiben, dass sich die Resultate aus einzelnen Kraftwerksbetrieben nicht verallgemeinern lassen, da je nach Begebenheiten und räumlicher Lage unterschiedliche Rahmenbedingungen bestehen.

Für den Stausee Göschenalp wurde 2011 eine Fallstudie erstellt (WSL 2011), welche sich auf zwei verschiedene Modelle abstützt. Eines der eingesetzten Modelle prognostiziert dabei keine Veränderung des Jahresabflusses, während das andere eine mittelfristige Zunahme von bis zu 20% des Jahresabflusses prognostiziert. Laut der Studie sind die zu erwartenden Änderungen, welche auf den Klimawandel zurückzuführen sind, relativ klein im Vergleich zu den heutigen, natürlichen jährlichen Schwankungen.

5.5.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Energie

Gemäss der Relevanzmatrix in Kapitel 5.1 sind im Auswirkungsbereich Energie die folgenden Gefahren und Effekte relevant und sind in geringerem Detaillierungsgrad zu analysieren:

Starker Schneefall, Hochwasser, Murgang / Erosion / Hangmure, Änderung im Niederschlagsregime, Kältewelle sowie Hitzewelle. Die Reduktion der Schneedecke sowie die Gletscherschmelze sind relevant und werden qualitativ beurteilt.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Starker Schneefall	(Auswirkungen an Kraftwerksgebäuden durch Schneedruck werden im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude berücksichtigt)	Produktionsausfall auf Grund von beschädigten Kraftwerksanlagen
Hochwasser	Nicht nutzbares Wasser sowie Räumungs- und Reinigungskosten	
Murgang/Erdrutsch/ Hangmure	Schäden an Kraftwerksinfrastruktur	Geschiebeablagerung in Stauseen
Änderung im Niederschlagsregime	Stromproduktion pro Jahr	
Kältewelle	Heizenergieverbrauch	
Hitzewelle		Kühlenergieverbrauch
Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze	-	Auswirkungen der Schmelzwasserabflüsse

Tabelle 35: Untersuchte Effekte des Klimawandels auf den Auswirkungsbereich Energie unter den Klimaszenarien stark und schwach.

a) Starker Schneefall

Betrachtete Bereiche

Starker Schneefall hat auf den Betrieb der Wasserkraftwerke keinen direkten Einfluss. Der Niederschlag wird im Unterkapitel „Änderung Niederschlagsregime“ betrachtet. Die Kosten für Schäden an Kraftwerksinfrastrukturen durch Schneedruck werden im Auswirkungsbereich Infra-

strukturen und Gebäude berücksichtigt. Auf den Energieverbrauch haben starke Schneefälle keinen Einfluss.

b) Hochwasser

Betrachtete Bereiche

Wasserkraftwerke sind für den Hochwasserfall ausgelegt, die Produktion kann jedoch während Hochwasser beeinträchtigt werden. Dies führt zu Mindereinnahmen. Auf den Energieverbrauch haben Hochwasser keinen Einfluss.

Datenverfügbarkeit

Die Daten stammen primär aus der Befragung der CKW (Centralschweizerische Kraftwerke AG) und beziehen sich auf die Kraftwerke Göschenen und Wassen. (Remo Infanger CKW per Mail am 03.06.13) Diese beiden Kraftwerke produzieren rund die Hälfte des Urner Stromes.

Vorbehalte und Annahmen

Gemäss R. Infanger entstehen durch extreme Hochwasser keine Schäden an den Anlagen. Wir gehen jedoch davon aus, dass Schäden bei einem HQ_{100} auftreten und rechnen mit 2% der Schäden, welche beim Hochwasser 1987 in Uri im Bereich Flussbau entstanden sind. Unter anderem kann viel Geschiebe in den Stauseen abgelagert werden. Dies führt zu einer Verringerung der Speicherkapazität oder es kann zu Problemen beim Einlass in die Druckleitungen entstehen. Dieser Effekt kann nicht quantifiziert werden, da keine genügende Datengrundlage vorhanden ist.

Qualitative Auswirkungen

Durch Hochwasser sowie allgemeine Erosion kann viel Geschiebe in den Stauseen abgelagert und damit die Speicherkapazität verringert werden. Zudem könnten Probleme beim Einlass in die Druckleitungen entstehen. Dieser Effekt kann nicht quantifiziert werden, da keine genügende Datengrundlage vorhanden ist.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Gemäss R. Infanger von der CKW resultieren aufgrund von Hochwasser jährlich ca. 80MWh Ertragsverluste durch „nicht produzierte Energie“ bei den Kraftwerken Göschenen und Wassen.

Wird diese Zahl auf den Kanton hochgerechnet, resultieren 160MWh, welche bei einem Verkaufspreis von 10Rp./kWh 16'000 CHF Ertragsausfälle pro Jahr ergeben. Dazu kommen die Schäden des 100-jährlichen Ereignisses sowie Räumungskosten. Das Autorenteam schätzt einen jährlichen Aufwand von 50'000 CHF.

Beim 100-jährlichen Hochwasser wird mit 1.3 Mio. CHF Verlusten gerechnet (2% der Flussbauschäden im Kanton Uri des Hochwassers 1987, aus EVED 1991)

Hochwasser 2060

Wir gehen davon aus, dass sich die hochwasserbedingten Schäden analog zur Auftretensveränderung der Hochwasser verhalten.

- › Veränderung der Hochwasser bei *Szenario schwach*: +5%
- › Veränderung der Hochwasser bei *Szenario stark*: +20%

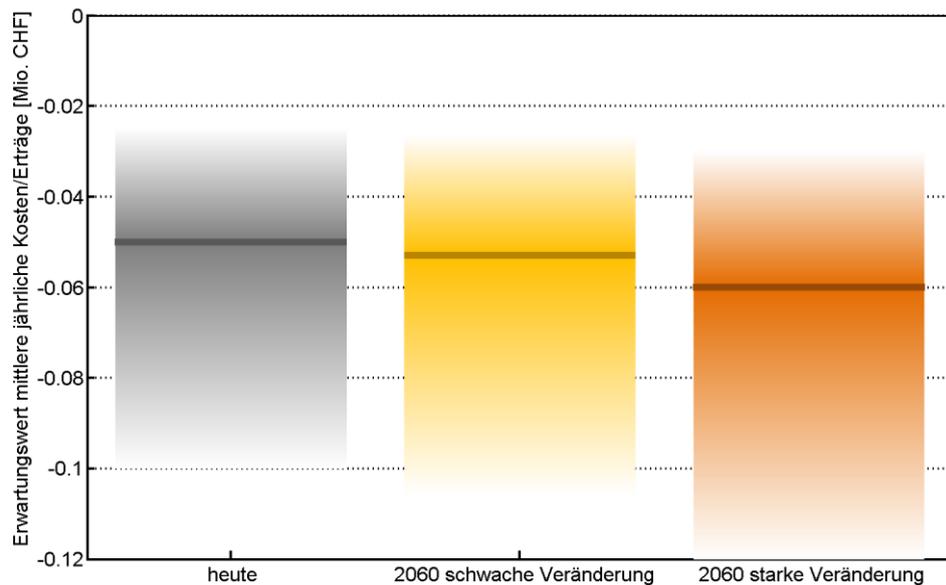
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-50'000 CHF	2
Szenario schwach	-53'000 CHF	2
Szenario stark	-60'000 CHF	2

Tabelle 36 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hochwasser im Auswirkungsbereich Energie

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-1.3 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-1.37 Mio. CHF	2
Szenario stark	-1.56 Mio. CHF	2

Tabelle 37 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hochwasser im Auswirkungsbereich Energie

Grafische Darstellung



Figur 60 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Hochwasser im AWB Energie im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

c) Murgang / Erosion / Hangmure

Betrachtete Bereiche

In diesem Bereich werden nur die Schäden an Anlagenteilen der Kraftwerksanlagen betrachtet. Auf den Energieverbrauch haben Murgänge, Erosion und Hangmure keinen Einfluss.

Datenverfügbarkeit

Die Daten stammen primär aus der Befragung der CKW (Centralschweizerische Kraftwerke AG) und beziehen sich auf die Kraftwerke Göschenen und Wassen. (Remo Infanger per Mail am 03.06.13) Diese beiden Kraftwerke produzieren rund die Hälfte des Urner Stromes.

Gemäss R. Infanger sind Murgang, Erosion und Hangmure für die Produktion und den Kraftwerksbetrieb „vernachlässigbar“, die jährlichen Schäden belaufen sich im Bereich von 10'000 CHF.

Vorbehalte und Annahmen

Wir gehen davon aus, dass die Schäden bei einem 100-jährlichen Ereignis 200'000 CHF betragen.

Qualitative Auswirkungen

Durch Murgänge sowie allgemeine Erosion kann viel Geschiebe in den Stauseen abgelagert und damit die Speicherkapazität verringert werden, oder es können Probleme beim Einlass in die Druckleitungen entstehen. Dieser Effekt kann nicht abschliessend quantifiziert werden, wird jedoch in der Gesamtbilanz im Rahmen der Gegenüberstellung „Qualitative zu Quantitativen Auswirkungen“ miteinander verglichen.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Das Autorenteam geht von jährlichen Kosten von 10'000 CHF aus und schätzt die Kosten für ein 100-jährliches Ereignis auf 200'000 CHF.

Murgang / Erosion / Hangmure 2060

Wir gehen davon aus, dass sich die Kosten analog zur Zunahme der Murgänge verhalten

- › Veränderung von Murgang / Erosion / Hangmure bei *Szenario schwach*: +5%
- › Veränderung von Murgang / Erosion / Hangmure bei *Szenario stark*: +20%

Erwartete Kosten und Erträge 2060

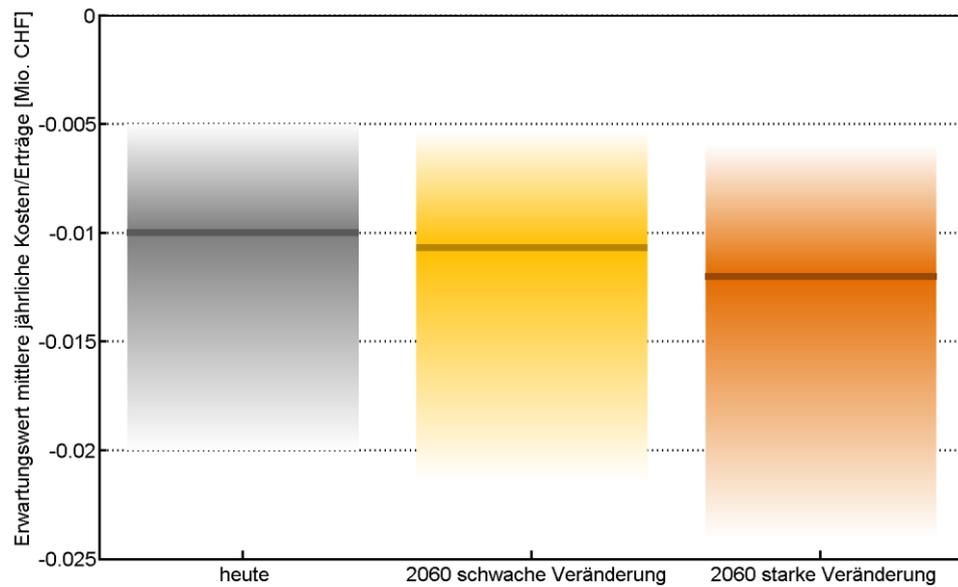
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-10'000 CHF	2
Szenario schwach	-10'500 CHF	2
Szenario stark	-12'000 CHF	2

Tabelle 38 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Murgang / Erosion / Hangmure im Auswirkungsbereich Energie

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-200'000 CHF	2
Szenario schwach	-210'000 CHF	2
Szenario stark	-240'000 CHF	2

Tabelle 39 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Murgang / Erosion / Hangmure im Auswirkungsbereich Energie

Grafische Darstellung



Figur 61: Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Murgang / Erosion und Hangmure im AWB Energie im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

d) Änderung Niederschlagsregime

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt wird der Einfluss der Änderung des Niederschlagsregimes auf die Jahresstromproduktion beurteilt. Auf den Energieverbrauch hat die Änderung des Niederschlagsregimes keinen Einfluss.

Datenverfügbarkeit

Die Jahresstromproduktion aus Wasserkraft ist in der Gesamtenergiestrategie Uri (2008) mit 1'550 GWh/Jahr angegeben.

Vorbehalte und Annahmen

In dieser Studie wird nur die Jahresproduktion berücksichtigt. Wie sich die saisonalen Unterschiede auswirken wird hier nicht untersucht. Laut WSL 2011 würden die modellierten, zukünftigen Abflussregimes beim heutigen Preisgefüge gemäss dem Betriebsmodell der CKW eine deutliche Steigerung des Ertrags mit sich bringen.

Ein grosser Teil des Stromes wird durch die beteiligten Parteien (z.B. SBB) direkt verbraucht und gelangt nicht auf den öffentlichen Strommarkt.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Die Kosten und die Erträge können für den heutigen Zeitpunkt nicht eruiert werden, da keine Zahlen öffentlich verfügbar sind.

Änderung Niederschlagsregime 2060

Wir gehen davon aus, dass der Jahresniederschlag für die Stromproduktion massgebend ist. Dieser bleibt bei beiden Klimaszenarien unverändert.

Erwartete Kosten und Erträge 2060

Da sich die Jahresniederschläge kaum verändern werden, wird die Stromproduktion der Wasserkraftwerke stabil bleiben. Der Klimawandel wird bei der Stromproduktion eine untergeordnete Rolle spielen.

e) Kältewellen

Betrachtete Bereiche

Durch die erwartete Abnahme der Kältewellen und durch den Anstieg der Mitteltemperatur wird es in Zukunft weniger Heizgradtage geben und daher wird der Heizenergieverbrauch sinken. Auf die Wasserkraftproduktion haben Kältewellen keinen Einfluss.

Datenverfügbarkeit

Gemäss Gesamtenergiestatistik des Kantons Uri (Regierungsrat Uri 2008), beträgt der Wärmeverbrauch 400 GWh pro Jahr. Für die Bereitstellung von Warmwasser werden etwa 30 GWh

aufgewendet. Der Wärmeverbrauch der Industrie beträgt etwa 38 GWh. Das Autorenteam nimmt an, dass der Heizenergieverbrauch der Industrie vernachlässigt werden kann. Somit beträgt der geschätzte Heizenergieverbrauch von Gewerbe- und Wohngebäuden etwa 332 GWh pro Jahr.

Qualitative Auswirkungen

Durch die erwartete Abnahme von Kältewellen sind keine nicht-quantifizierbaren Auswirkungen auf den Energieverbrauch vorhersehbar.

Vorbehalte und Annahmen

Es wird ein konstanter Energiepreis von 0.1 CHF/kWh angenommen. Da der grösste Teil des Siedlungsgebiets im Tal liegt, wird die Veränderung des Heizenergieverbrauchs basierend auf der Veränderung der Heizgradtage in Altdorf berechnet.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Die jährlichen Heizkosten betragen heute etwa 33 Mio. CHF.

Kältewellen 2060

Der Heizenergieverbrauch wird über die Veränderung der Heizgradtage in Altdorf berechnet (Kapitel 4.1.2).

- › Veränderung der Anzahl Heizgradtage beim *Szenario schwach*: -15%
- › Veränderung der Anzahl Heizgradtage beim *Szenario stark*: -30%

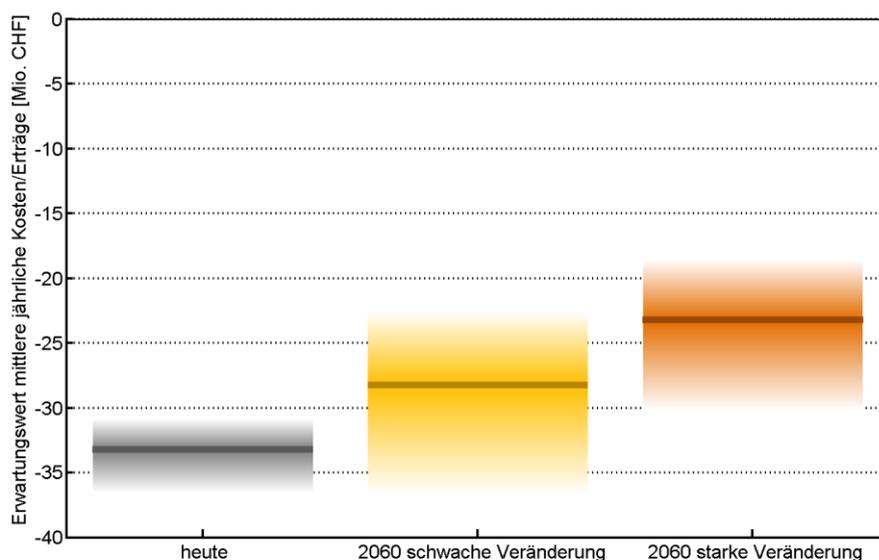
Erwartete Kosten und Erträge 2060

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-33.2 Mio. CHF	0
Szenario schwach	-28.2 Mio. CHF	1
Szenario stark	-23.2 Mio. CHF	1

Tabelle 40 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Kältewellen im Wirkungsbereich Energie

Grafische Darstellung

Für den Heizenergieverbrauch wird aufgrund der Abnahme von Kältewellen und aufgrund des Anstiegs der Mitteltemperatur eine starke Abnahme erwartet.



Figur 62 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Kältewellen im AWB Energie im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

f) Hitzewellen

Betrachtete Bereiche

Auf die Wasserkraftproduktion haben Hitzewellen keinen Einfluss. Der heutige Kühlenergieverbrauch wurde in der Gesamtenergiestrategie des Kantons Uri als vernachlässigbar eingestuft.

Datenverfügbarkeit

Es ist keine ausreichende Datengrundlage für eine quantitative Analyse vorhanden. Daher werden die Auswirkungen der Veränderung der Hitzewellen auf den Energieverbrauch nur in der qualitativen Abschätzung berücksichtigt.

Qualitative Auswirkungen

Aufgrund des erwarteten Anstiegs der Anzahl Kühlgradtage (+80% im Szenario schwach und +225% im Szenario) ist auch mit einem steigenden Kühlenergieverbrauch zu rechnen. Da der

Kühlenergieverbrauch zum heutigen Zeitpunkt jedoch eher gering eingeschätzt wird, ist trotz dieser starken Zunahme der Kühlgradtage kein hohes Risiko im Bereich des Kühlenergieverbrauchs zu erwarten.

g) Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze

Betrachtete Bereiche

Der Einfluss von der Reduktion der Schneedecke sowie der Gletscherschmelze auf das Abflussregime der für die Wasserkraft genutzten Gewässer wird betrachtet. Auf den Energieverbrauch hat die Reduktion der Schneedecke keinen Einfluss.

Datenverfügbarkeit

In der Fallstudie zum Göschenalpsee (WSL 2011) wurde die zukünftige Entwicklung der Zuflüsse des Göschenalpsees modelliert. Der Anteil der Gletscherschmelze am totalen Abfluss ist jedoch nicht ersichtlich. Die Auswirkungen der Reduktion der Schneedecke und der Gletscherschmelze können daher nur qualitativ abgeschätzt werden.

Qualitative Auswirkungen

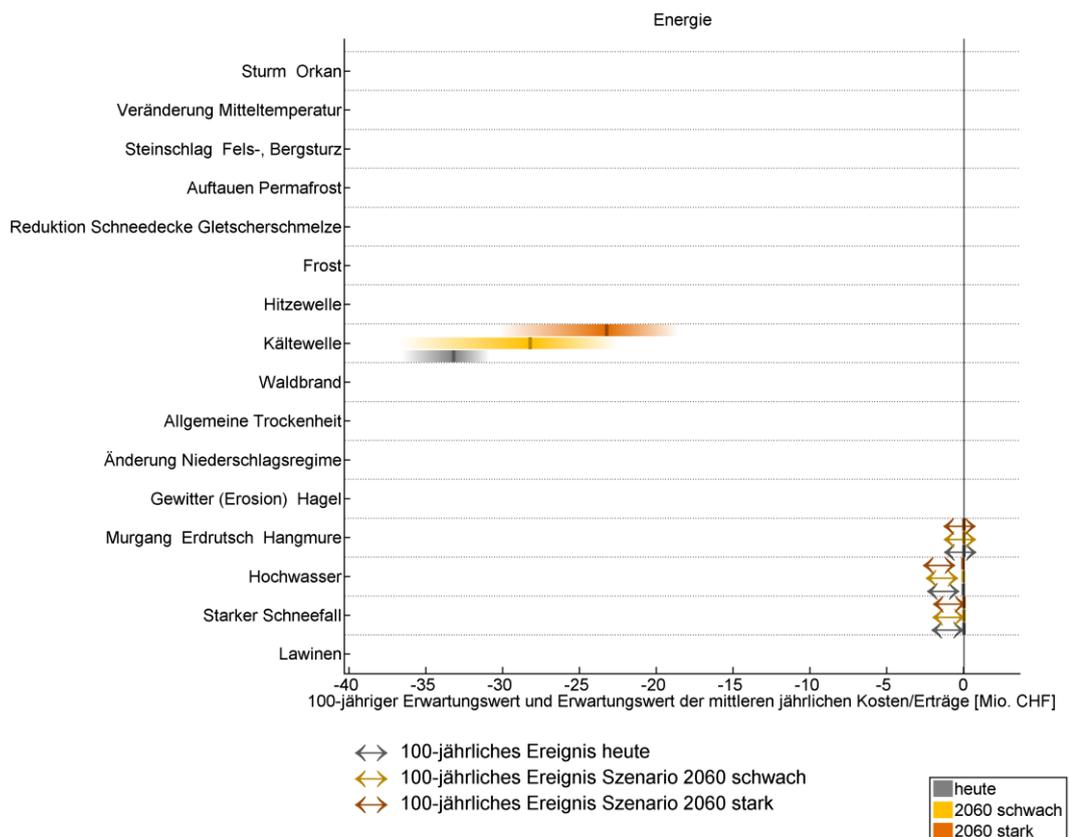
Durch die Reduktion der Schneedecke und die Gletscherschmelze wird für die Stromproduktion bis ca. Ende Jahrhundert eine erhöhte Produktion aufgrund der Zunahme des Schmelzwassers erwartet. Gemäss den Ausführungen in Kapitel 4.2.14 ist auch im Jahr 2060 im Vergleich zu heute mit mehr Schmelzwasser aus Gletschern zu rechnen.

5.5.3. SYNTHESE: AUSWIRKUNGSBEREICH ENERGIE

Kosten heute und 2060 aller Gefahren und Effekte

Im Auswirkungsbereich Energie wurde der Einfluss von Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure sowie die Änderung des Niederschlagsregimes auf die Wasserkraftwerke quantifiziert. Geschiebeablagerungen in Stauseen durch Murgang/Erdrutsch/Hangmure sowie die Veränderung von Schmelzwasserabflüsse durch die Reduktion der Schneedecke und dem Abschmelzen der Gletscher werden qualitativ betrachtet.

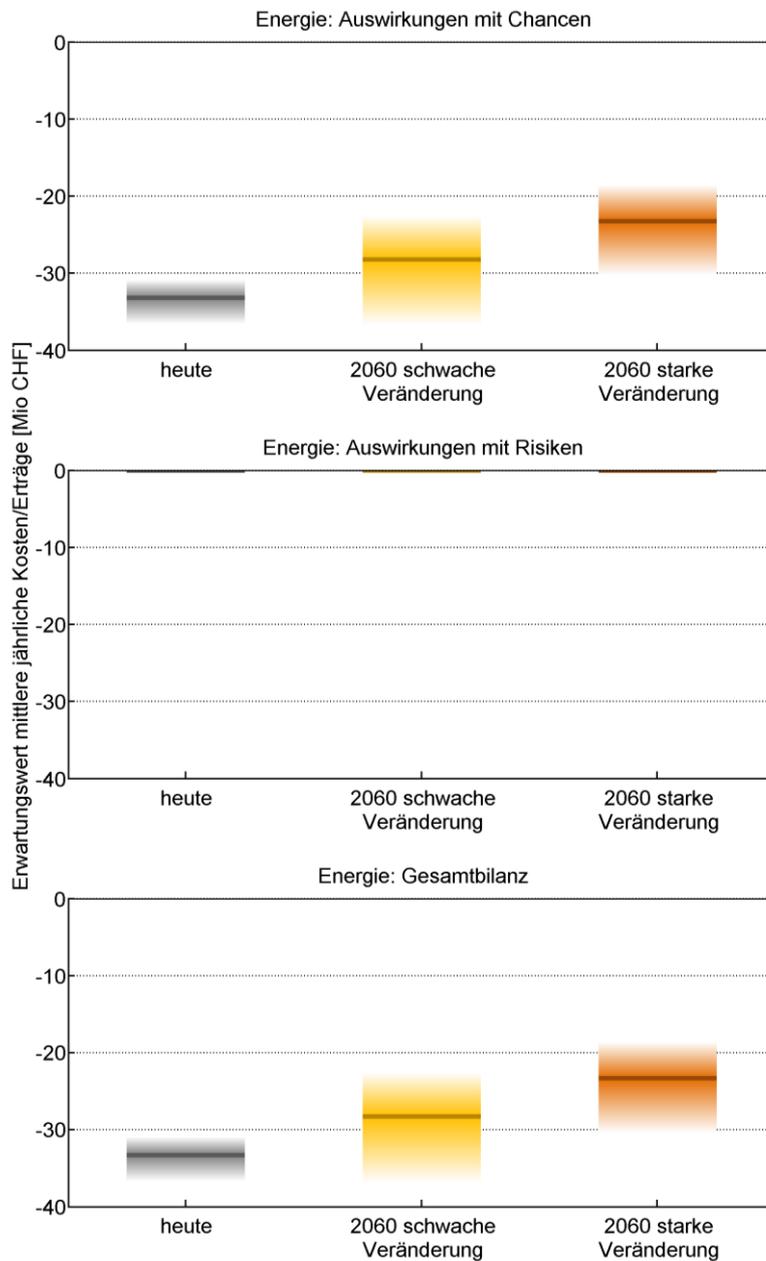
Die folgende Darstellung zeigt als Gesamtübersicht die betrachteten Gefahren und Effekte sowie deren quantitativen Auswirkungen für das Jahr 2060, unter Berücksichtigung beider Klimaszenarien.



Figur 41: Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge im AWB Energie im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Energie

- **Chancen:** Bei der Energieproduktion durch Wasserkraft ergeben sich Chancen durch die erhöhten Zuflüsse aufgrund des Schmelzens von Schnee und Gletscher. Zusätzlich wird das Abflussregime für die Stromproduktion eher günstiger. Die Schäden durch Starkschneefälle werden zudem eher abnehmen. Zusätzlich wird eine starke Abnahme des Heizenergieverbrauchs erwartet. Dadurch werden gesamthaft Chancen in der Höhe von 5 Mio. CHF im Szenario schwach respektive 10 Mio. CHF im Szenario stark erwartet. Die qualitativ analysierten Chancen werden im Vergleich mit den quantitativ analysierten Chancen als geringer eingestuft.
- **Risiken:** Für die Energieproduktion bestehen Risiken aufgrund der erwarteten Zunahme von Hochwasser sowie Murgang, Erosion und Hangmuren. Die erwarteten Risiken betragen jedoch weniger als 10'000 CHF. Die qualitativ analysierten Risiken (u.a. Eintrag von Schwemmgrachten in Stauseen und der steigende Kühlenergieverbrauch) sind im Vergleich zu den quantitativ analysierten als ähnlich hoch einzustufen.
- **Gesamtbilanz:** Gesamthaft überwiegen im Bereich Energie die Chancen, vor allem beim Heizenergieverbrauch. Die Auswirkungen der klimabedingten Gefahren und Effekte auf die Energieproduktion sind gesamthaft gesehen relativ klein. Durch das Abschmelzen von Schnee und Gletscher werden kurzfristig Chancen erwartet, die längerfristig jedoch wieder wegfallen.



Figur 63 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Energie im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.5.4. SOZIO-ÖKONOMISCHES SZENARIO AUSWIRKUNGSBEREICH ENERGIE 2060

Die Preisentwicklungen im Strommarkt werden wohl einen viel grösseren Einfluss auf die Erträge der Stromproduktion durch Wasserkraft haben, als alle klimatisch bedingten Gefahren und Effekte zusammen. Der Strompreis ist sehr stark von politischen Entscheiden sowie den europäischen Rahmenbedingungen abhängig. Das Autorenteam geht davon aus, dass die Strompreise in Zukunft eher volatil werden. Diese Entwicklung bietet möglicherweise durch die schnelle Reaktionsfähigkeit für die Speicherkraftwerke Chancen im Bereich Systemdienstleistungen.

Gemäss Gesamtenergiestrategie Uri (Regierungsrat Uri 2008) beträgt das erwartete zusätzliche Wasserkraftnutzungspotential 150 GWh/Jahr, was 10% der heutigen Stromproduktion aus Wasserkraft entspricht. Dieser Ausbau wird in diesem Bericht nicht berücksichtigt.

Beim Energieverbrauch werden durch die sozioökonomischen Veränderungen ebenfalls grosse Auswirkungen erwartet. Die leichte Zunahme der Bevölkerung sowie die erwartete Ausdehnung des Siedlungsgebiets werden tendenziell zu einem höheren Energieverbrauch führen. Auch können steigende Komfortansprüche zu einem höheren Kühlenergieverbrauch führen. Zudem ist der Energieverbrauch ebenfalls von der Strompreisentwicklung abhängig.

5.6. AUSWIRKUNGSBEREICH INFRASTRUKTUREN UND GEBÄUDE

5.6.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude heute

Im Kanton Uri existieren 21'442 Gebäude (Geoshop, Abfrage 10.09.2013, Stand April 2013) und 27'845 registrierte Fahrzeuge (ASSV 2013, Stand 30.09.2012). Die Strasseninfrastruktur umfasst gemäss BFS (2013) 371 km Strassen (69.5 km Nationalstrassen, 152 km Kantonsstrassen, 149 km Gemeindestrassen). Des Weiteren sind Bahninfrastrukturen der SBB, der Matterhorn Gotthard Bahn, sowie Bergbahnen vorhanden. Der Kanton Uri ist nicht an das Gasnetz angeschlossen. In der Nord-Süd-Achse verlaufen zwei Hochspannungsübertragungsleitungen der Alpiq, eine Hochspannungsübertragungsleitung der CKW (Netzebene 1, je ca. 50 km Länge) sowie eine Hochspannungsübertragungsleitung der SBB.

Als Transitkanton hat der Kanton Uri eine nationale und internationale Bedeutung. Die Gotthardachse ist sowohl für den Strassen- wie auch für den Bahnverkehr von zentraler Bedeutung auf der Nord-Süd-Achse.

Zum Schutz vor Naturgefahren wurden in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Schutzbauten erstellt, welche in der vorliegenden Risikoanalyse auch berücksichtigt werden.

Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude und Klimawandel

Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Infrastrukturen und Gebäude werden in OcCC / ProClim (2007) beschrieben. Gemäss diesen Quellen sind in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur vor allem gravitative Naturgefahren (Lawinen, Hochwasser, Murgang, Steinschlag, usw.) sowie Erosion massgebende Schadensgründe. Das grösste Schadenpotential für Infrastrukturen geht dabei von Hochwassern aus. Lawinen sowie Schneedruck können in schneereichen Wintern zu beträchtlichen Schäden führen. Als Hauptschadensgründe an Fahrzeugen werden primär Hagel, Überschwemmung und Stürme genannt.

5.6.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

Gemäss Relevanzmatrix (Kapitel 5.1) sind Lawinen, Starker Schneefall, Hochwasser, sowie Steinschlag / Fels-, Bergsturz von hoher Relevanz und detailliert zu untersuchen. Murgang / Erdbeben / Hangmuren, Gewitter / Hagel sowie Sturm / Orkan wurden als relevant eingestuft, diese Gefahren und Effekte sind in geringerem Detaillierungsgrad zu analysieren.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Lawinen	Schäden und Sperrung von Strassen- und Bahninfrastruktur sowie Schäden an Gebäude und Fahrhabe. Kosten von Lawinenverbauungen.	
Starker Schneefall	Schäden durch Schneedruck an Gebäuden und Fahrhabe, Strassen- und Bahninfrastruktur sowie an Lawinenverbauungen.	
Hochwasser	Schäden an Gebäude und Fahrhabe, Strassen- und Bahninfrastruktur, Produktionsausfälle von Industrie und Gewerbe sowie Kosten für wasserbauliche Schutzmassnahmen.	Kosten durch Strassen- und Bahnstreckensperrungen.
Murgang/Erdbeben/ Hangmure	Schäden an Gebäude und Fahrhabe sowie an Bahn- und Strassenverkehrsinfrastruktur. Kosten von Hochwasserschutzmassnahmen.	Kosten durch Strassen- und Bahnstreckensperrungen.
Gewitter (inkl Erosion)/Hagel	Hagelschäden an Gebäude und Fahrhabe.	Kosten für Hagelschaden an Fahrzeugen.
Steinschlag / Fels-, Bergsturz	Schäden an Gebäuden, Fahrhabe, Strasseninfrastruktur sowie Kosten an Schutzmassnahmen.	Kosten durch Strassen- und Bahnstreckensperrungen.
Sturm / Orkan	Schäden an Gebäuden, Fahrhabe sowie Hochspannungsübertragungsleitungen.	Kosten durch Strassen- und Bahnstreckensperrungen.

Tabelle 42 Untersuchte Effekte des Klimawandels auf den Auswirkungsbereich Infrastruktur und Gebäude.

a) Lawinen

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden, Fahrhabe, Strassen- und Bahninfrastruktur (inkl. Sperrung) aufgrund von Lawinnenniedergängen oder Lawinengefahr sowie Kosten von Schutzmassnahmen betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Daten aus dem Elementarschaden-Pool (gepoolte Schäden von 2001-2010), zu Nationalstrassen (Angabe der jährlichen Schäden) sowie der Matterhorn Gotthard Bahn sind verfügbar. Von den SBB sind keine Schadenszahlen verfügbar. In der Ereignisanalyse zum Lawinenwinter 1999 (SLF 2000) sind umfangreiche Schadenszahlen enthalten.

Vorbehalte und Annahmen

Da nicht zu allen betrachteten Bereichen Daten verfügbar sind, mussten zum Teil Abschätzungen durch das Autorenteam vorgenommen werden. Der Lawinenwinter 1999 – welcher als Referenz für ein 100-jährliches Ereignis herangezogen wurde - wird im Kanton Uri aufgrund der 5- und 30-Tages-Neuschneemengen als rund 30-jährliches Ereignis eingestuft (SLF 2000). Um die Schadenszahlen für einen 100-jährlichen Lawinenwinter abschätzen zu können, wurden durch das Autorenteam die Werte aus dem Winter 1999 entsprechend nach oben korrigiert.

Da von den SBB keine Angaben zu jährlichen Schäden zur Verfügung standen, wurden diese Kosten durch das Autorenteam geschätzt. Unterbrüche der Verkehrsinfrastrukturen werden im Rahmen dieser Fallstudie qualitativ betrachtet.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Das Autorenteam geht von jährlichen Kosten, welche durch Lawinenereignisse verursacht werden von 4.7 Mio. CHF aus. Diese setzen sich dabei wie folgt zusammen:

- › 315'000 CHF Schäden an Gebäude und Fahrhabe (SVV 2013)
- › 150'000 CHF Schäden an Nationalstrassen plus 5 Tage Sperrung von 3.-Klasse-Strassen (AfBN 2013)
- › 100'000 CHF Schäden an Kantonsstrassen (gem. Mitteilung von Stefan Flury, Kantonsingenieur Uri 2013)
- › 5-10'000 CHF Infrastrukturschäden der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB 2013)
- › 130'000 CHF Schäden an SBB- und Bergbahninfrastruktur (durch das Autorenteam geschätzt)

- › 3 Mio. Kosten für Schutzmassnahmen gegen Lawinen (5-9 Mio. CHF betragen die jährlichen Ausgaben für Schutzwald und technische Bauwerke gegen Naturgefahren (ohne Hochwasserschutz) gemäss Herr Annen vom AFJ Uri. Diese Kosten wurden vom Autorenteam auf die Prozesse Lawinen (3 Mio. CHF), Murgang (2 Mio. CHF), sowie Steinschlag (2 Mio. CHF) verteilt.)
- › 1 Mio. CHF aus seltenen Grossereignissen, welche gleichmässig auf die Jahre umgerechnet werden.

Gemäss SLF (2000) entstanden durch Lawinen im Lawinenwinter 1999 insgesamt 64.1 Mio (nicht indexiert). CHF Schäden plus Schäden der SBB in unbekannter Höhe. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › Gebäude 8.3 Mio. CHF
- › Fahrhabe 2.9 Mio. CHF
- › Bergbahnen 0.4 Mio. CHF
- › Strassensperrungen 52.5 Mio. CHF
- › SBB Streckenunterbruch für 9.5 Stunden, nicht quantifiziert

Daraus schätzte das Autorenteam einen Schaden von 100 Mio. CHF für einen 100-jährlichen Lawinenwinter ab.

Lawinen 2060

Wir gehen davon aus, dass sich die jährlichen Schäden analog zur Entwicklung der Lawinen verhalten. Lawinen in hohen und tiefen Lagen werden dabei gleich stark gewichtet. Für 100-jährliche Ereignisse geht das Autorenteam davon aus, dass sich die Veränderung analog der Lawinen in hohen Lagen entwickelt.

- › Veränderung der jährlichen Lawinenaktivität bei *Szenario schwach*: -7.5%
- › Veränderung der jährlichen Lawinenaktivität bei *Szenario stark*: -15%
- › Veränderung der 100-jährlichen Lawinenaktivität bei *Szenario schwach*: keine Veränderung
- › Veränderung der 100-jährlichen Lawinenaktivität bei *Szenario stark*: keine Veränderung

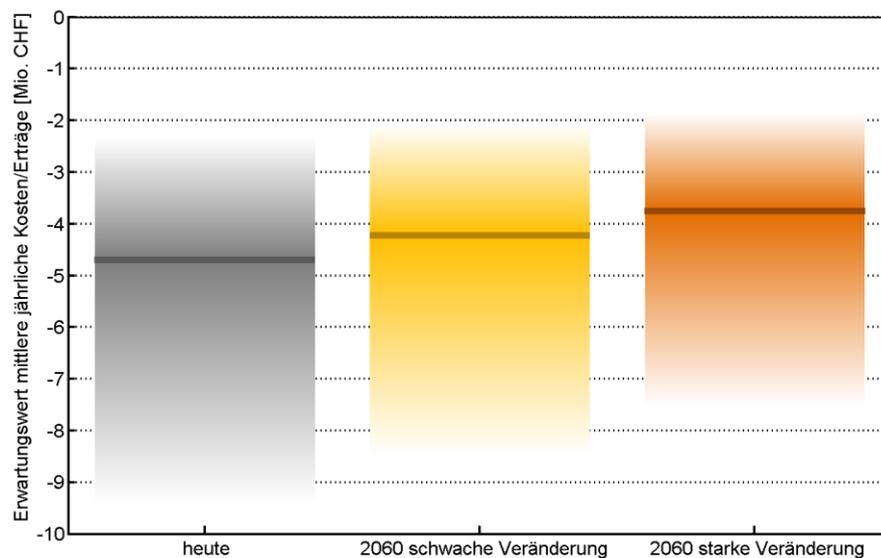
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-4.7 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-4.35 Mio. CHF	2
Szenario stark	-4.0 Mio. CHF	2

Tabelle 43 Durch jährliche Lawinenereignisse verursachte Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-100 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-100 Mio. CHF	2
Szenario stark	-100 Mio. CHF	2

Tabelle 44 Durch 100-jährliche Lawinenereignisse verursachte Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

Grafische Darstellung



Figur 64 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Lawinen im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

b) Starker Schneefall

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden, Fahrhabe, Strassen- und Bahninfrastruktur sowie Lawinenverbauungen betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Daten aus dem Elementarschaden-Pool (gepoolte Schäden von 2001-2010), über die Nationalstrassen (jährlichen Schäden) sowie der Matterhorn Gotthard Bahn sind verfügbar. Von den SBB sind keine Schadenszahlen verfügbar. In der Ereignisanalyse zum Lawinenwinter 1999 (SLF 2000) sind weitere Schadenszahlen enthalten die auf Schneedruck zurückzuführen sind.

Vorbehalte und Annahmen

Da nicht zu allen betrachteten Bereichen Daten verfügbar sind, mussten zum Teil Abschätzungen durch das Autorenteam vorgenommen werden. Der Lawinenwinter 1999 – welcher als Referenz für ein 100-jährliches Ereignis herangezogen wurde - wird im Kanton Uri aufgrund der 5- und 30-Tages-Neuschneemengen als rund 30-jährliches Ereignis eingestuft (SLF 2000). Um

die Schadenszahlen für einen 100-jährlichen Lawinenwinter abschätzen zu können, wurden durch das Autorenteam die Werte aus dem Winter 1999 entsprechend nach oben korrigiert.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Das Autorenteam geht von jährlich 2.3 Mio. CHF Schäden und Aufwände durch Starkschneefälle aus. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › 0.7-1.5 Mio. CHF Drittrechnungen für den allgemeinen Winterdienst (Workshop „Infrastrukturen und Gebäude“ mit Vertretern Kanton Uri, 2013)
- › 0.75 Mio. CHF Personalkosten Kanton für Winterdienst
- › 59'000 CHF Schäden an Gebäude und Fahrhabe (SVV 2013)
- › 200'000 CHF aus seltenen Grossereignissen, welche gleichmässig auf die Jahre umgerechnet werden
- › 200'000 CHF Schäden für Bahninfrastruktur und Lawinenverbauungen (vom Autorenteam geschätzt)

Gemäss SLF 2000 entstanden im Lawinenwinter 1999 Schäden in der Höhe von 13.95 Mio. CHF (nicht indexiert). Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › 11 Mio. CHF durch Schneedruck an Gebäuden
- › 150'000 CHF durch Schneedruck an Lawinenverbauungen
- › 2.8 Mio. CHF durch Schneedruck an Fahrhabe

Für ein 100-jährliches Ereignis geht das Autorenteam von Schäden im Bereich von 20 Mio. CHF aus.

Für jährliche Starkschneefälle geht das Autorenteam davon aus, dass die Schadenskosten eher in den tiefen Lagen entstehen, da dort der Grossteil der Infrastruktur steht.

Starker Schneefall 2060

Wir gehen davon aus, dass sich die jährlichen Schäden analog zur Entwicklung der Starkschneefälle verhalten. Da die Schäden eher in den tiefen Lagen entstehen, wird für die Abnahme der Starkschneefälle ein Wert gewählt, welcher näher am Wert der tiefen Lagen liegt.

- › Veränderung der jährlichen Starkschneefälle bei *Szenario schwach*: -15%
- › Veränderung der jährlichen Starkschneefälle bei *Szenario stark*: -30%

Für die 100-jährlichen Starkschneefälle gehen wir von einer Veränderung analog zur Änderung der Starkschneefälle in hohen Lagen aus.

- › Veränderung der 100-jährlichen Starkschneefälle bei *Szenario schwach*: -5%
- › Veränderung der 100-jährlichen Starkschneefälle bei *Szenario stark*: -10%

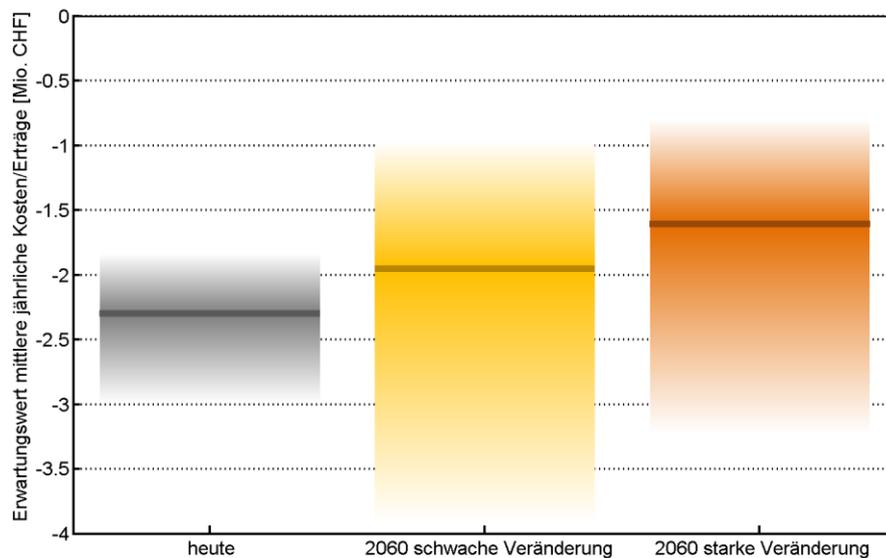
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-2.3 Mio. CHF	1
Szenario schwach	-2.0 Mio. CHF	2
Szenario stark	-1.6 Mio. CHF	2

Tabelle 45 Durch jährliche starke Schneefälle verursachte Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-20 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-19 Mio. CHF	2
Szenario stark	-18 Mio. CHF	2

Tabelle 46 Durch 100-jährliche starke Schneefälle verursachte Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

Grafische Darstellung



Figur 65 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch starken Schneefall im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

c) Hochwasser

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden und Fahrhabe, Strassen- und Bahninfrastrukturen betrachtet. Zusätzlich werden Produktionsausfälle in Industrie und Gewerbe betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Daten aus dem Elementarschaden-Pool (gepoolte Schäden von 2001-2010), über die Nationalstrassen sowie der Matterhorn Gotthard Bahn sind verfügbar. Von den SBB sind keine Schadenszahlen verfügbar. Schadenszahlen der Hochwasserereignisse 1987 (EVED 1991) und 2005 (Bezzola und Hegg 2007) sind verfügbar.

Vorbehalte und Annahmen

Wie sich das Schadenpotential in Zukunft entwickelt, hängt stark von der sozioökonomischen Entwicklung, von raumplanerischen Massnahmen sowie den Schutzmassnahmen ab. Zu den Kosten von Produktionsausfällen in Industrie und Gewerbe liegen keine Zahlen vor, deshalb

wurde der Wert durch das Autorenteam geschätzt. Auch die Schäden von der SBB mussten durch das Autorenteam geschätzt werden.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Heute entstehen jährlich durch Hochwasser rund 21.5 Mio. CHF Kosten. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › 770'000 CHF Schäden an Gebäuden und Fahrhabe (SVV 2013)
- › 50'000 CHF Schäden an Nationalstrassen (AfBN 2013)
- › 0.7 Mio. CHF Annahme des Autorenteam für Schäden der SBB
- › 1.0 Mio. CHF Produktionsausfall von Industrie und Gewerbe (Schätzung des Autorenteam)
- › 12.5 Mio. CHF Investitionen für Schutzmassnahmen (Daten am 14.8.2013 von E. Philipp, Abteilungsleiter Wasserbau per Mail erhalten)
- › 1.5 Mio. CHF für Unterhalt von Gewässer (Amt für Tiefbau 2013)
- › 5 Mio. CHF welche von einem 100-jährlichen Hochwasser gleichmässig auf die Jahre verteilt werden

Die Kosten für ein 100-jährliches Hochwasser werden aus den Kosten des 87'-Ereignisses abgeleitet (480 Mio. CHF gem. EVED 1991). Indexiert auf das Jahr 2010 betragen die Kosten rund 672 Mio. CHF. Das 87'-Ereignis wird als 100-jährliches Ereignis gewertet. Das Schadenspotential ist seither gestiegen, durch die Massnahmen werden diese jedoch besser geschützt. Im Jahre 2005 entstanden in Uri Schäden von 365 Mio. CHF (Bezzola und Hegg 2007). Es führten jedoch im Kanton Uri nur einige Bäche grosse Wassermengen. Ansonsten wären die Schäden höher ausgefallen. Gemäss der Studie von Swiss Re (2012) wird damit gerechnet, dass Schäden in der Grössenordnung des Ereignisses von 2005 über die ganze Schweiz betrachtet eine Wiederkehrperiode von 45 Jahren haben.

Auf Grund dieser Informationen nimmt das Autorenteam Kosten von 500 Mio. CHF für ein 100-jährliches Hochwasser in Uri an.

Hochwasser 2060

Es wird angenommen, dass sich die Schäden analog zur Entwicklung von Hochwassern verhalten.

- › Veränderung der Hochwasser bei *Szenario schwach*: +5%
- › Veränderung der Hochwasser bei *Szenario stark*: +20%

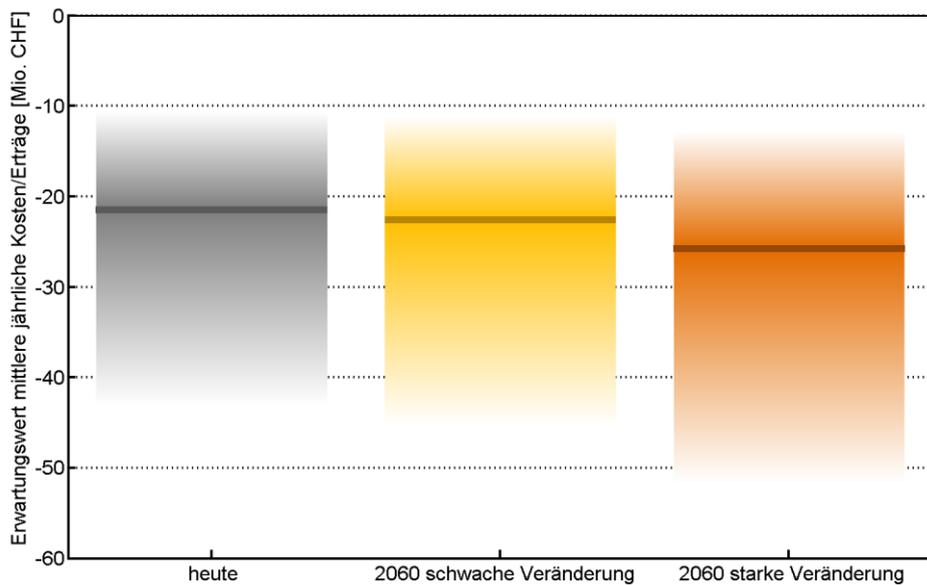
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-21.5 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-22.6 Mio. CHF	2
Szenario stark	-25.8 Mio. CHF	2

Tabelle 47 Jährliche durch Hochwasser entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-500 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-525 Mio. CHF	2
Szenario stark	-600 Mio. CHF	2

Tabelle 48 100-jährliche durch Hochwasser entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

Grafische Darstellung



Figur 66 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Hochwasser im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

d) Murgang / Erdbeben / Hangmure

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden und Fahrwege, Strassen- und Bahninfrastruktur sowie Schutzmassnahmen betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Daten aus dem Elementarschaden-Pool (gepoolte Schäden von 2001-2010), über die Nationalstrassen (Angabe der jährlichen Schäden) sowie der Matterhorn Gotthard Bahn sind verfügbar. Von den SBB sind keine Schadenszahlen verfügbar.

Vorbehalte und Annahmen

Die Schäden der SBB wurden vom Autorenteam geschätzt.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Das Autorenteam geht von jährlichen Schäden von rund 2.3 Mio. CHF aus. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › 110'000 CHF Elementarschäden (SVV 2013)
- › 200'000 CHF Schäden an Nationalstrassen, dazu kommen Strassensperrungen von 2 Tagen pro Jahr (AfBN 2013).
- › Ca. 10'000 CHF Schäden an der Matterhorn Gotthard Bahn (die MGH hatte in den letzten 20 Jahren kaum Schäden durch Murgänge / Erosion / Hangmuren zu verzeichnen) (MGB 2013).
- › 2 Mio. Kosten für Schutzmassnahmen gegen Murgänge (5-9 Mio. CHF betragen die jährlichen Ausgaben für Schutzwald und technische Bauwerke gegen Naturgefahren (ohne Hochwasserschutz) gemäss Herr Annen vom AFJ Uri. Diese Kosten wurden vom Autorenteam auf die Prozesse Lawinen (3 Mio. CHF), Murgang (2 Mio. CHF), sowie Steinschlag (2 Mio. CHF) verteilt.)

Bei einem 100-jährlichen Ereignis rechnet das Autorenteam mit Kosten in der Höhe von 20 Mio. CHF. Diese setzen sich aus 10 Mio. CHF Sachschäden sowie zwei Todesopfern (gemäss Methode mit je 5 Mio. CHF quantifiziert) zusammen.

Murgang / Erdrutsch / Hangmure 2060

Wir gehen davon aus, dass sich die Schäden durch Murgang / Erdrutsch / Hangmure analog zu deren klimawandelbedingten Veränderung verhalten.

- › Veränderung von Murgang / Erdrutsch / Hangmure bei *Szenario schwach*: +7%
- › Veränderung von Murgang / Erdrutsch / Hangmure bei *Szenario stark*: +20%

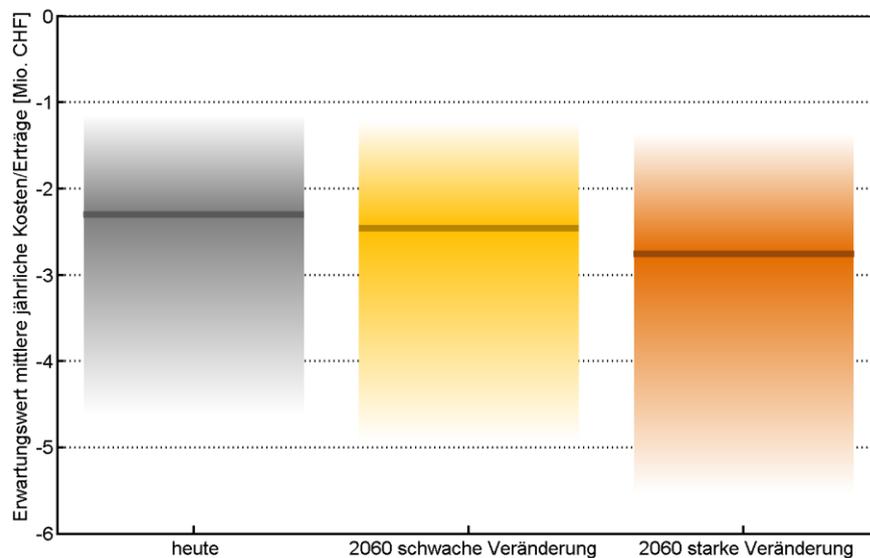
KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-2.3 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-2.5 Mio. CHF	2
Szenario stark	-2.8 Mio. CHF	2

Tabelle 49 Jährliche durch Murgang / Erdrutsch / Hangmure entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-20 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-21.4 Mio. CHF	2
Szenario stark	-24 Mio. CHF	2

Tabelle 50 100-jährliche durch Murgang / Erdbeben / Hangmure entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Wirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

Grafische Darstellung



Figur 67 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Murgang, Erdbeben und Hangmure im Wirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

e) Gewitter / Hagel

Betrachtete Bereiche

In diesem Bereich werden Hagelschäden an Immobilien und Fahrhabe sowie Fahrzeugen untersucht.

Datenverfügbarkeit

Daten aus dem Elementarschaden-Pool (gepoolte Schäden von 2001-2010) zu Hagelschäden an Gebäude und Fahrhabe sind verfügbar.

Vorbehalte und Annahmen

Schadenszahlen zu Hagelschäden an Fahrzeugen im Kanton Uri sind keine verfügbar (Angefragt wurde die Mobiliar) und werden nicht berücksichtigt. Bei einem grösseren Hagelzug können beträchtliche Schäden an Fahrzeugen entstehen. Die zukünftige Entwicklung von Gewittern und Hagel kann nicht zuverlässig abgeschätzt werden, deshalb wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Wir gehen von jährlichen Hagelschäden von 150'000 CHF aus. Die Schäden für ein 100-jährliches Ereignis werden durch das Autorenteam auf 10 Mio. CHF geschätzt (2'000 Gebäude sind betroffen mit einem durchschnittlichen Schaden von 5'000 CHF).

Gewitter / Hagel 2060

Da die Entwicklung dieser Prozesse nicht abgeschätzt werden kann, wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Szenarioanalyse der Kosten und Erträge 2060

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: JÄHRLICHE EREIGNISSEKOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-150'000 CHF	2
Oberer Bereich	-225'000 CHF	-
Unterer Bereich	-75'000 CHF	-

Tabelle 51 Sensitivitätsanalyse der jährlichen Kosten durch Gewitter / Hagel im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-10 Mio. CHF	2
Oberer Bereich	-15 Mio. CHF	-
Unterer Bereich	- 6.7 Mio. CHF	-

Tabelle 52 Sensitivitätsanalyse der 100-jährlichen Kosten durch Gewitter / Hagel im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

f) Steinschlag / Felssturz

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden und Fahrhabe sowie Strasseninfrastruktur betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt d) dieses Kapitels. Gemäss Workshop Infrastrukturen und Gebäude (2013) gab es 2006 zwei Tote.

Vorbehalte und Annahmen

Wir gehen davon aus, dass durch Steinschlag / Fels-, Bergsturz wichtige Verkehrsachsen (Bahn oder Nationalstrasse) pro Jahr durchschnittlich während drei Tagen gesperrt werden müssen. Bei einem 100-jährlichen Ereignis nimmt das Autorenteam eine Vollsperrung wichtiger Verkehrsachsen während zwei Wochen an. Bei extremen Ereignissen ist es jedoch auch möglich, dass wichtige Verkehrsachsen bedeutend länger als zwei Wochen total gesperrt werden müssen. Dieser Fall wird in der Form einer Wildcard betrachtet. Sperrungen können nicht quantifiziert werden.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Das Autorenteam geht von jährlichen Schäden durch Steinschlag / Fels- und Bergsturz von rund 2.9 Mio. CHF aus. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › 200'000 CHF Schäden an Nationalstrassen (AfBN 2013)
- › 100'000 CHF Schäden an Kantonsstrassen (gem. Mitteilung von Stefan Flury, Kantonsingenieur Uri 2013)
- › 108'000 CHF Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen (SVV 2013)
- › 2 Mio. Kosten für Schutzmassnahmen gegen Steinschlag (5-9 Mio. CHF betragen die jährlichen Ausgaben für Schutzwald und technische Bauwerke gegen Naturgefahren (ohne Hochwasserschutz) gemäss Herr Annen vom AFJ Uri. Diese Kosten wurden vom Autorenteam auf die Prozesse Lawinen (3 Mio. CHF), Murgang (2 Mio. CHF), sowie Steinschlag (2 Mio. CHF) verteilt.)

Die Kosten für ein 100-jährliches Sturzereignis können auf Grund von fehlenden Daten nicht abgeschätzt werden.

Steinschlag / Felssturz 2060

Für die jährlichen Ereignisse geht das Autorenteam von einer Abnahme der Schäden analog der Veränderung von Steinschlag / Felssturz aus. Für 100-jährliche Ereignisse gehen wir davon aus, dass diese gleich intensiv bleiben wie heute.

- › Veränderung jährlicher Steinschlag / Felssturz bei *Szenario schwach*: -5%
- › Veränderung jährlicher Steinschlag / Felssturz bei *Szenario stark*: -10%

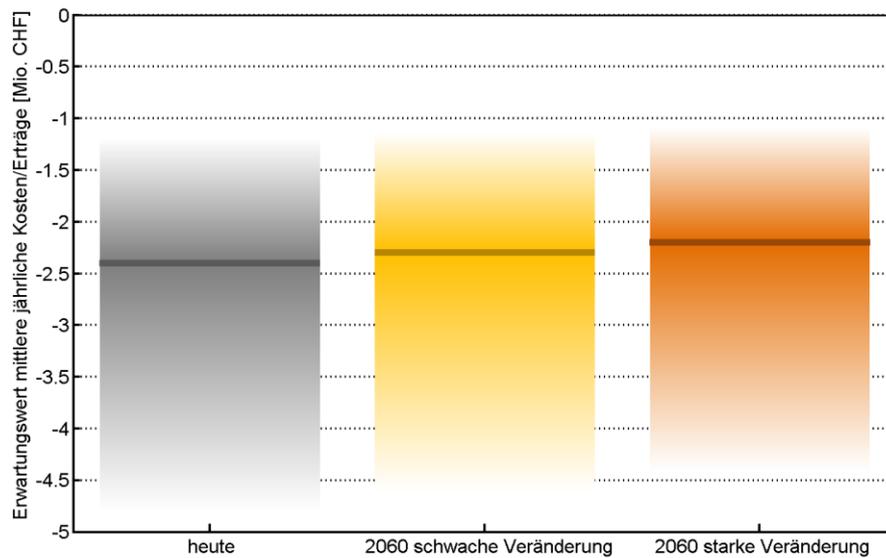
Erwartete Kosten und Erträge 2060

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-2.4 Mio. CHF	2
Szenario schwach	-2.3 Mio. CHF	2
Szenario stark	-2.2 Mio. CHF	2

Tabelle 53 Jährliche durch Steinschlag / Felssturz entstehende Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Wirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude.

Bei Sturzereignissen mit extremer Prozessgrösse ist es möglich, dass wichtige Verkehrsachsen bedeutend länger als zwei Wochen komplett gesperrt werden müssen. Die Auswirkungen daraus auf die entstehenden Kosten sind beträchtlich und hätten weit grössere Kostenfolgen als die hier gemachten Aussagen.

Grafische Darstellung



Figur 68 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten/Erträge durch Steinschlag, Fels- und Bergsturz im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

g) Sturm / Orkan

Betrachtete Bereiche

In diesem Abschnitt werden Schäden an Gebäuden, Fahrhabe und Hochspannungsübertragungsleitungen betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt d) dieses Kapitels.

Daten zu Schäden durch den Sturm Lothar an Hochspannungsleitungen stammen aus WSL (2001).

Vorbehalte und Annahmen

Das Autorenteam geht davon aus, dass durch Sturm / Orkan pro Jahr durchschnittlich eine wichtige Verkehrsachse (Bahn oder Nationalstrasse) einen Tag gesperrt werden muss. Bei einem 100-jährlichen Ereignis rechnen wir mit einer Sperrung von zwei Tagen. Zusätzlich schätzen wir

für ein 100-jährliches Sturmereignis Sturmschäden an 2'000 Gebäuden (Annahme Einzelschäden je Gebäude von 7'000 CHF).

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute

Heute entstehen jährlich Schäden durch Sturm / Orkan von 440'000 CHF. Diese setzen sich wie folgt zusammen:

- › An Gebäude und Fahrhabe entstehen jährlich 390'000 CHF Schäden (SVV 2013).
- › Jährlich rund 50'000 CHF Schäden sind im Bereich Nationalstrassen zu erwarten (AfBN 2013).
- › Zusätzlich entstehen Schäden in unbekannter Höhe durch Unterbrüche von Strasse und Bahn.

Für ein 100-jährliches Ereignis schätzt das Autorenteam Schäden von 25 Mio. CHF mit einem Unschärfefaktor 3.

Sturm / Orkan 2060

Da die Entwicklung dieser Prozesse nicht abgeschätzt werden kann, wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

Erwartete Kosten und Erträge 2060

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: JÄHRLICHE EREIGNISEKOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-2.5 Mio. CHF	2
Oberer Bereich	-3.75 Mio. CHF	-
Unterer Bereich	-1.25 Mio. CHF	-

Tabelle 54 Sensitivitätsanalyse der jährlichen Kosten 2060 durch Sturm / Orkan im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-25 Mio. CHF	3
Oberer Bereich	-37.5 Mio. CHF	-
Unterer Bereich	-16.7 Mio. CHF	-

Tabelle 55 Sensitivitätsanalyse der 100-jährliche Kosten 2060 durch Sturm / Orkan im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

5.6.3. SYNTHESE: AUSWIRKUNGSBEREICH INFRASTRUKTUREN UND GEBÄUDE

Kosten und Erträge heute und 2060 aller betrachteten Gefahren und Effekte

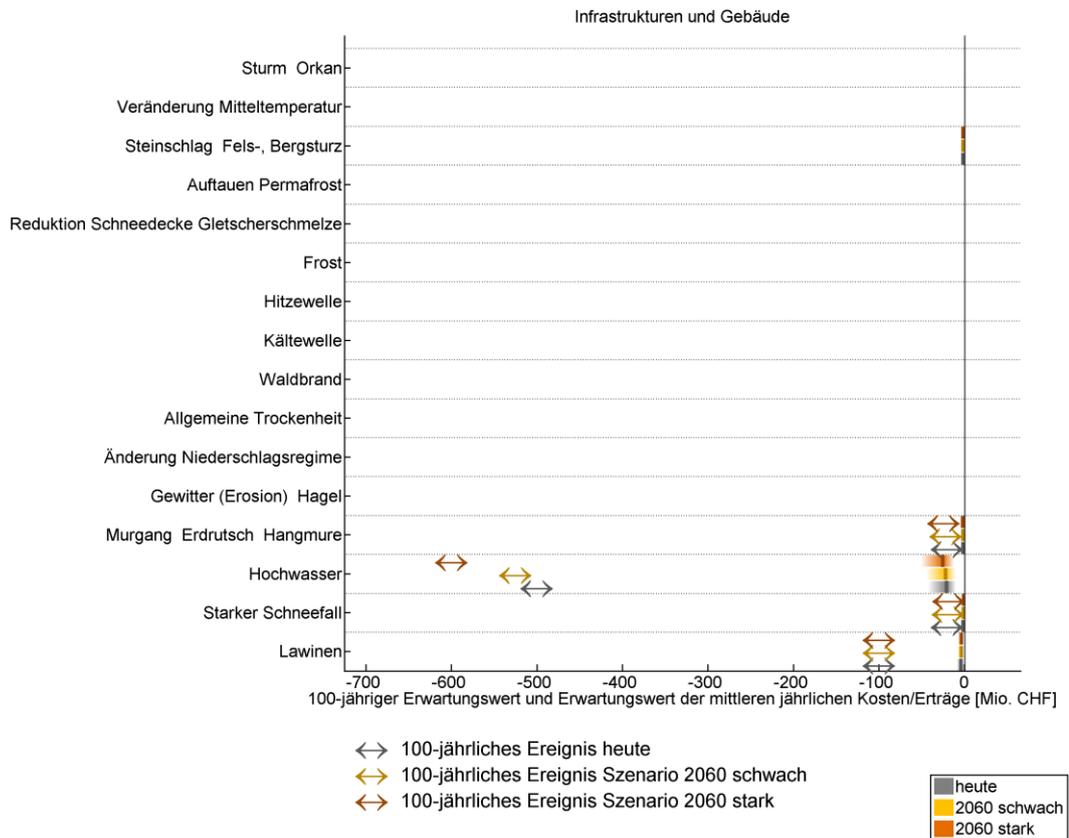
Im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude wurden Schäden an Strassen, Bahninfrastruktur, Gebäude, Fahrhabe sowie Kosten an Schutzmassnahmen für die Gefahren und Effekte Lawinen, Starker Schneefall, Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure sowie Steinschlag/Fels-, Bergsturz (exkl. Bahn) quantifiziert. Für Hochwasser wurde zusätzlich Produktionsausfälle von Industrie und Gewerbe quantifiziert. Für Gewitter/Hagel wurden Schäden an Gebäude und Fahrhabe quantifiziert. Für Sturm/Orkan wurden neben den Schäden an Gebäuden und Fahrhabe auch Schäden an Hochspannungsübertragungsleitungen quantifiziert.

Qualitativ wurde die Sperrung von Bahn und Strasse für die Gefahren und Effekte Hochwasser, Murgang/Erdrutsch/Hangmure, Steinschlag/Fels-, Bergsturz sowie Sturm/Orkan betrachtet. Für Gewitter/Hagel wird eine qualitative Aussage zu den Schäden an Fahrzeugen gemacht.

Alle betrachteten Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude verursachen Kosten. Der Prozess Hochwasser verursacht jährlich deutlich die höchsten Kosten (21.5 Mio. CHF). Zum Vergleich: Lawinen verursachen jährlich mit 4.7 Mio. CHF die zweitgrössten Kosten.

Auch bei den 100-jährlichen Ereignissen muss bei Hochwasser mit den weitaus grössten Schäden gerechnet werden (500 Mio. CHF). Für einen 100-jährlichen Lawinenwinter muss mit 100 Mio. CHF gerechnet werden.

Steinschlag / Fels-, Bergsturz stellt das drittgrösste Risiko dar. Sturzprozesse können durch Streckenunterbruch hohe Kosten verursachen, die hier nicht quantifiziert wurden. Die restlichen Gefahren und Effekte wirken sich in Uri weniger stark auf die Kosten aus.



Figur 69 Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

Die Gefahren und Effekte, bei denen die Auswirkungen nur über eine Sensitivitätsanalyse berücksichtigt werden konnten, werden in der Gesamtbilanz nicht berücksichtigt.

- **Chancen:** Die Abnahme der Lawinenaktivität, von Steinschlag / Felssturz und von starken Schneefällen führen zu abnehmenden Risiken im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude im Bereich von jährlich 0.8 bis 1.6 Mio. CHF (ohne Berücksichtigung der Unschärfe, *Szenario schwach/stark*).
- **Risiken:** Die Zunahme von Hochwassern, Murgang / Erdrutsch / Hangmuren führen zu grösseren Risiken im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude in der Grössen-

ordnung von jährlich 1.3 bis 4.8 Mio. CHF (ohne Berücksichtigung der Unschärfe, *Szenario schwach/stark*).

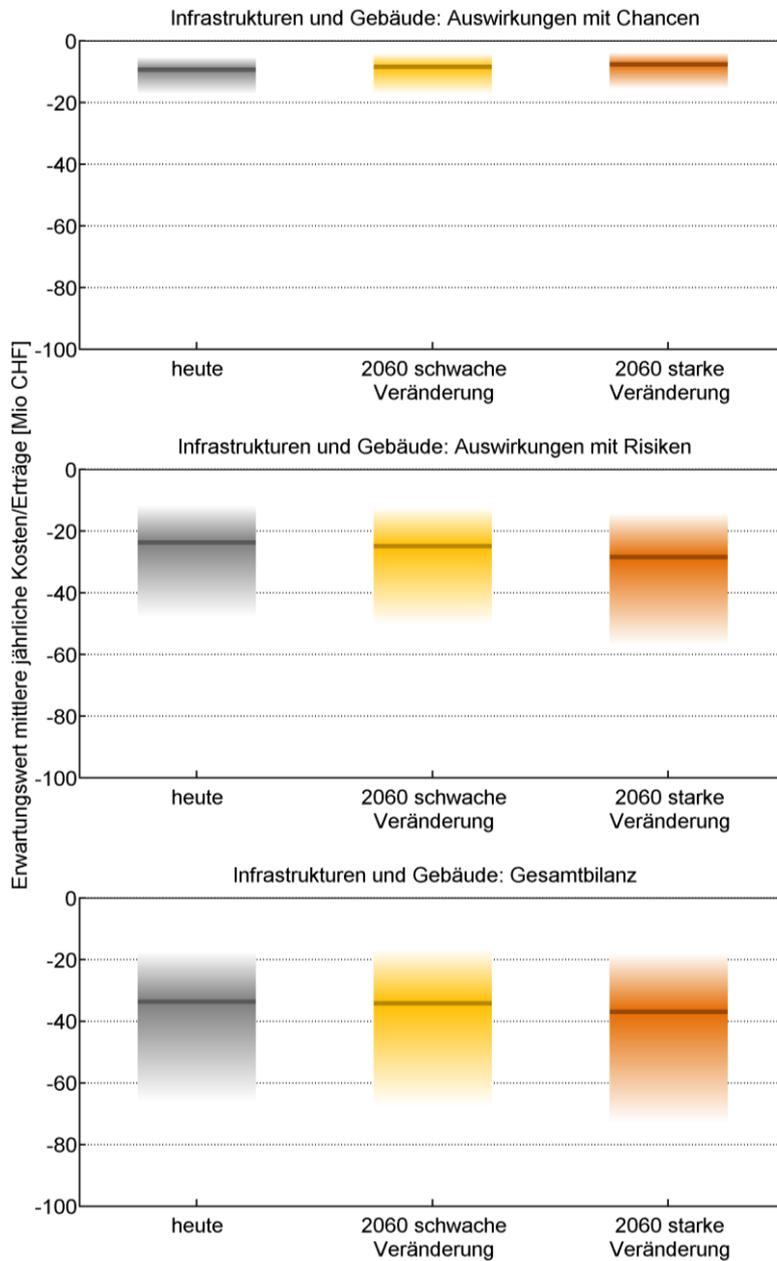
- **Gesamtbilanz:** Da Hochwasser den grössten Kostenpunkt darstellt und die durch Hochwasser verursachten Kosten in Zukunft zunehmen werden, überwiegen die Risiken im Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude. Die jährlichen Kosten werden bis 2060 im Mittel um 0.5 bis 3.2 Mio. CHF zunehmen (ohne Berücksichtigung der Unschärfe, *Szenario schwach/stark*). Dies bedeutet eine Zunahme für die jährlichen Kosten um 1% bis 8% (*Szenario schwach/stark*).

Für Sturm / Orkan und Gewitter / Hagel können keine Prognosen gemacht werden, aus diesem Grund ist das Gesamtergebn mit einigen Unsicherheiten behaftet.

Die nicht quantitativ erfassten Auswirkungen (u.a. Unterbruch von Strasse und Schiene) sind in der Grössenordnung vergleichbar gross wie die quantitativ erfassten Auswirkungen.

Wildcard

Wie oben beschrieben können grosse Sturzereignisse (Bergsturz) wichtige Verkehrsachsen über lange Zeiträume komplett unterbrechen. Dies würde zu sehr grossen Kosten für die Instandstellung der Verkehrsinfrastruktur sowie sehr grossen volkswirtschaftlichen Kosten führen, die nicht abgeschätzt werden können. Zudem könnten mehrere Personen tödlich getroffen werden oder verunfallen.



Figur 70 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Infrastruktur und Gebäude im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.6.4. SOZIO-ÖKONOMISCHES SZENARIO AUSWIRKUNGSBEREICH INFRASTRUKTUREN UND GEBÄUDE 2060

Auf Grund der Wertentwicklung wird das Schadenpotential durch Hochwasserschäden tendenziell noch grösser werden. Gleichzeitig wurden in den letzten Jahren diverse Schutzmassnahmen umgesetzt, welche diesem Trend entgegenwirken. Es ist wahrscheinlich, dass ein 100-jährliches Hochwasser deshalb in Zukunft weniger Schäden verursachen wird als angenommen. Welche Wirkungen diese Schutzmassnahmen entfalten ist im Rahmen dieser Fallstudie nicht abschätzbar.

Die Verletzlichkeit der SBB-Gotthardstrecke wird mit dem Gotthard-Basistunnel stark reduziert. Dank dem neuen Tunnel mit dem Tunnelportal in Erstfeld wird die durch Sturzprozesse stark gefährdete Strecke um Gurtnellen wegfallen. Somit wird die Gefahr eines Streckenunterbruchs durch klimabedingte Gefahren und Effekte im Bereich Uri massiv verringert. Das Autorenteam geht davon aus, dass die Auswirkungen des sozioökonomischen Szenarios grösser sind als die Auswirkungen der klimatisch bedingten Gefahren und Effekte.

5.7. AUSWIRKUNGSBEREICH WASSERWIRTSCHAFT

5.7.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft heute

Für die Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels im Auswirkungsbereich „Wasserwirtschaft“ wird in dieser Studie auf die beiden Teilgebiete Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung fokussiert. Der Bereich Wasserkraft wird im Auswirkungsbereich Energie beurteilt.

Wasserversorgung

Die Wasserversorgung im Bereich Trinkwasser ist im Kanton Uri auf Stufe Gemeinde organisiert. Die Wasserversorgung basiert dabei hauptsächlich auf Quellfassungen sowie Grundwasservorkommen. Nach Wüthrich (2011) befindet sich im Urner Reusstal zwischen Amsteg und Seedorf ein national bedeutendes Grundwasservorkommen. Im gesamten Kanton befinden sich 21 Grundwassermessstellen, welche punktuell seit 1985 Daten aufzeichnen. Im „Hydrographischen Jahrbuch 11“ werden Minimalstände der Grundwasserspiegel im Spätsommer 2003 sowie im März 2010 genannt (AfU 2012). Nach Wüthrich (2011) liefert die Reuss, als grösster Zufluss des Vierwaldstättersees, den mittleren Abfluss von $45 \text{ m}^3/\text{s}$. 9% des Reuss-Einzugsgebietes sind heute vergletschert. Im Kanton Uri bestehen diverse Bergseen (natürlich / anthropogen), der grösste ist der Göscheneralpstauee.

Im Rahmen dieser Studie werden vier Gemeinden zu ihrer Situation der Trinkwasserversorgung befragt. Es handelt sich um die beiden Gemeinden Seelisberg und Altdorf in den tiefen, sowie Göschenen und Andermatt in den hohen Lagen. Die Aussagen dieser vier Gemeinden werden durch das Autorenteam als Referenz für den Kanton Uri herangezogen und für die Berechnung der Gesamtkosten / -Erträge mit der Anzahl Gemeinden im Kanton hochgerechnet.

Wasserentsorgung

Der Kanton Uri organisiert seine Abwasserentsorgung kantonal, gegliedert in vier Abwasserregionen (Altdorf, Andermatt, Erstfeld, Seelisberg - ab 2014 geplante Reduktion auf drei Regionen). Das Gesamtsystem der Abwasserentsorgung Uri besteht aus 12 ARA's (davon eine „Pflanzenkläranlage“), 1200 km Kanalisationsleitungen vorwiegend im Mischsystem (davon sind die Besitzverhältnisse wie folgt: rund 350 km Abwasser Uri, 470 km Bund und Private, 90 km Kanton und 290 km Diverse), rund 150 Pumpwerken und 5 Regenklärbecken. Im Kanton

Uri sind rund 98% der bewohnten oder nur jahreszeitlich bewohnten (bspw. landwirtschaftliche Alpbäude) Gebäude an das Abwasserentsorgungsnetz angebunden.

Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft und Klimawandel

Der Bereich „Wasserversorgung“ ist primär durch die Faktoren „Mittlere Niederschläge“, „Extremtemperaturen“ sowie „mittlere Temperaturen“ beeinflusst. Dabei wirken die Gefahren und Effekte „Änderung Niederschlagsregime“, allgemeine Trockenheit“, „Hitzewellen“ sowie „Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze“ auf diesen Teilbereich ein. Im Bereich „Wasserentsorgung“ ist primär ein Einfluss durch den Faktor „Intensivniederschläge“ zu erwarten. Dabei spielen Fassungsvermögen des Abwassersystems bei Starkniederschlagsereignissen sowie Murgang- / Rutschungsprozesse in Bezug auf das Leitungssystem eine wichtige Rolle.

Die durch das Amt für Umweltschutz Uri durchgeführte „Klimarisikoanalyse des Kantons Uri“ (Wüthrich 2011, internes Dokument) weist im Zusammenhang mit dem Klimawandel erwartete Risiken aus: Diese stehen im Zusammenhang mit der erwarteten Veränderung der Mitteltemperatur, der Hitzewellen sowie der jährlichen Niederschlagsmengen. Hierbei sind Konflikte in der Wasserversorgung aus dem Grundwasservorkommen, den Restwassermengen (Gewässer im Kanton Uri stark durch die Wasserkraft genutzt) und den Gewässertemperaturen (Qualität Wasserversorgung und Gewässerfauna und –Flora) zu erwarten. Die Eintretenswahrscheinlichkeit wird von „sehr klein“ (einheimische Fischarten verlieren ihr Habitat) bis „sehr gross“ (Konflikte mit den Restwassermengen der Kraftwerke) eingestuft. Die verschiedenen Einflussfaktoren, explizit deren Kombination, sind sehr schwierig bis nicht abzuschätzen. Die lokalen Experten können zu diesen Bereichen auch keine quantitative Aussage machen. Das Autorenteam schätzt demnach, auch auf den Aussagen in Kapitel 4 zu den entsprechenden Gefahren und Effekten basierend, dass sich diese Bereiche im Vergleich zu den hier Quantifizierbaren als „deutlich geringer“ auswirken werden (vgl. auch die Ausführungen zur Wasserkraft im Kapitel 5.5). Bei der Entsorgung erwartet der Kanton beispielsweise ein vermehrt nicht-ausreichendes Fassungsvermögen der ARA / Kanalisation bei Starkniederschlägen (mittlere-grosse Eintretenswahrscheinlichkeit). Im Allgemeinen wird vom Kanton eine Divergenz des Wasserbedarfs versus Wasserdargebot erwartet.

5.7.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft

Gemäss den Aussagen in Kapitel 5.1 zur Relevanzmatrix, werden für die Beurteilung der Auswirkungen des Klimawandels im Bereich Wasserwirtschaft die folgenden Gefahren und Effekte als „relevant, mit geringerem Detaillierungsgrad zu analysieren“ betrachtet. Es handelt sich dabei um Hochwasser, Murgang / Erdbeben / Hangmure, Änderung Niederschlagsregime, Allgemeine Trockenheit, Hitzewelle sowie Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze. In Punkto „Gewitter / Hagel“ spielen vor allem die Gewitter begleitenden Starkniederschläge eine Rolle und werden mit demselben Detaillierungsgrad beurteilt.

Mit der nachfolgend aufgeführten Tabelle soll dargestellt werden, welche Auswirkungen der einzelnen Gefahren und Effekte quantitativ, respektive nicht-quantitativ beurteilt wurden.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS		
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen	Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen
Hochwasser	Schäden an Einrichtungen der Wasserversorgung / -entsorgung	- Veränderung Grundwasser- verhältnisse
Murgang/Erdrutsch/ Hangmure	Schäden an Einrichtungen der Wasserversorgung / -entsorgung	
Gewitter (inkl Erosion)/Hagel	Schäden an Einrichtungen der Wasserentsorgung	
Änderung im Niederschlagsregime		- Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und – qualität - Aufrechterhaltung der Wasserentsorgung
Allgemeine Trockenheit	- Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und -qualität	- Absinken des Grundwasserspiegels nach Trockenperioden
Hitzewelle		- Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und – qualität - Aufrechterhaltung der Wasserentsorgung
Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze		- Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und – qualität

Tabelle 56 Untersuchte Effekte des Klimawandels auf den AWB Wasserwirtschaft unter den Klimaszenarien stark und schwach.

a) Hochwasser

Betrachtete Bereiche

Betrachtet werden die direkten Einflüsse (Schäden) an der Infrastruktur der Wasserver- und entsorgung. Diese Infrastruktur umfasst dabei primär Quellfassungen, Quellableitungen, Reservoirs und Grundwasserpumpwerke sowie ARA's, Regenklärbecken, Kanalisationsleitungen und Pumpwerke.

Datenverfügbarkeit

Für die Datenbeschaffung im Teilbereich „Wasserentsorgung“ wurde „Abwasser Uri“ befragt. Die Abwasserentsorgung ist in Uri auf Kantonsebene organisiert. Die telefonischen Befragungen fanden mit Herrn Ivan Meyer, Technischer Mitarbeiter (28.08.13) sowie dem Geschäftsführer, Herrn Beat Furger (04.09.13) statt. Aufgrund der verfügbaren Daten konnten einzelne Fragestellungen quantitativ beantwortet werden, während andere in einer qualitativen Aussage resultieren (bspw. Aktivierung der biologischen Abbauprozesse durch Hitzewellen).

Für die Datenbeschaffung in Punkto Teilbereich „Wasserversorgung“ wurde gemäss den Ausführungen in Kapitel 5.7.1 die Verantwortlichen der Trinkwasserversorgung der Gemeinden telefonisch am 04. und 05.09.13 befragt. Hierbei handelt es sich um: Herrn Josef Zwissig (Seelisberg), Herrn Marco Tarelli (Altdorf), Herrn Raimund Walker (Göschenen) sowie Herrn Pius Bonetti (Andermatt). Die Aussagen waren, mit Ausnahme Altdorf, meistens qualitativer Art.

Vorbehalte und Annahmen

Die Vereinfachung (vier befragte Gemeinden für den Bereich Wasserversorgung, Hochrechnung der Aussagen auf die 20 Gemeinden des Kantons) muss für weiterführende Beurteilungen mit grosser Vorsicht berücksichtigt werden, gibt jedoch im Rahmen dieser Studie einen ersten Überblick zur Situation.

Die Gemeinden beziehen heute ihr Trinkwasser primär aus Gebirgsquellen, welche in der subalpinen bis nivalen Stufe zu Tage treten. Die eigentliche Herkunft des Wassers dieser Quellen ist in den meisten Fällen nicht bekannt (stellenweise tracer-Versuche durchgeführt). Eine mögliche Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität der heute primären Wasserversorgung kann also in Bezug auf Hochwasser in diesen vier Gemeinden eher ausgeschlossen werden (da Herkunft Wasser aus der subalpinen bis nivalen Stufe). Eine Verschmutzung des Grundwasserspeichers im Reusstal durch Hochwasserereignisse der Reuss (durch in dieser Studie betrachteten Ereignisgrössen, bis und mit 100-jährlichem Ereignis) wird aufgrund des bestehenden Hochwasserschutz-Gesamtsystems nicht erwartet.

Es wird angenommen, dass der Grundwasserspeicher im Reusstal auf „ähnlich tiefem“ Grundwasserspiegel verbleibt wie in den letzten Jahren (vergleiche Wüthrich 2011), nicht jedoch massiv absinkt. Dies unter der Annahme, dass der jährliche Grundwasserbezug bis ins Jahr 2060 konstant bleibt und unter Berücksichtigung der Ausführungen zum Jahresniederschlag (Kap. 4.1.2), der Schneedeckenentwicklung und Gletscherschmelze (Kap. 4.2.14) sowie der allgemeinen Trockenheit (Kap. 4.2.9).

Qualitative Auswirkungen

Die Mehraufwendungen für Stromkosten bei Pumpleistungen des Grundwassers aufgrund Ausfall (Verwurf / Trübung) einer / aller Quellen konnte durch die Befragten nicht quantifiziert werden. Jedoch schätzten die jeweiligen Befragten diesen Mehraufwand im Vergleich zu den Schadenskosten als deutlich geringer ein.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge Heute:

In Bezug auf die Trinkwasserversorgung werden heute in einem Durchschnittsjahr nur vereinzelte, kleinere Schäden hervorgerufen. Es handelt sich gemäss den Aussagen der Brunnenmeister um punktuelle Überschwemmungen von Grundwasserpumpwerken, Verteilschächten oder Steuerungsleitungen. Vereinzelt findet durch Hochwasser eine Trübung oder Verwurf von Quellen statt, in Ausnahmefällen muss deshalb diese Quelle „vom Leitungsnetz genommen werden“ und als Ersatz Grundwasser gepumpt werden. Die Kosten für die Pumpaufwände sowie die Instandstellungen der Anlagen konnten jedoch durch die Befragten nicht quantifiziert werden und werden deshalb grob abgeschätzt (Unschärfefaktor 2). In Altdorf entstand beim 2005-Hochwasser ein Schaden an der Wasserversorgungsinfrastruktur von rund einer halben Million Franken.

In Bezug auf die Wasserentsorgung werden heute durch jährliche Hochwasser keine Schäden ausgelöst. Die Schäden bei den Grossereignissen 1977, 1987 respektive 2005 an den Anlagen der Schmutzwasseraufbereitung schätzt Abwasser Uri auf rund 4-6 Mio. Schweizer Franken je Ereignis. Diese Ereignisse werden im Folgenden als 100-jährliche Ereignisse angenommen.

Hochwasser 2060:

Gemäss den Aussagen im Kapitel 4.2.4 muss in beiden Klimaszenarien mit einer Zunahme sowie mit einer jahreszeitlichen Verschiebung (vom Sommer in den Herbst, dabei primär für Fliessgewässer in den tiefen Lagen) von Hochwasserereignissen im Jahr 2060 gerechnet werden.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Die Kostenentwicklung für die jährlichen und 100-jährlichen Ereignisse beider Klimaszenarien wird durch das Autorenteam linear zur Auftretens-Veränderung (heute-2060) der Hochwasserereignisse angenommen. Für das *Klimaszenario schwach* wird eine Zunahme von 5%, für das *Klimaszenario stark* eine Zunahme von 20% verwendet.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-500'000 CHF	2
Szenario schwach	-525'000 CHF	2
Szenario stark	-600'000 CHF	2

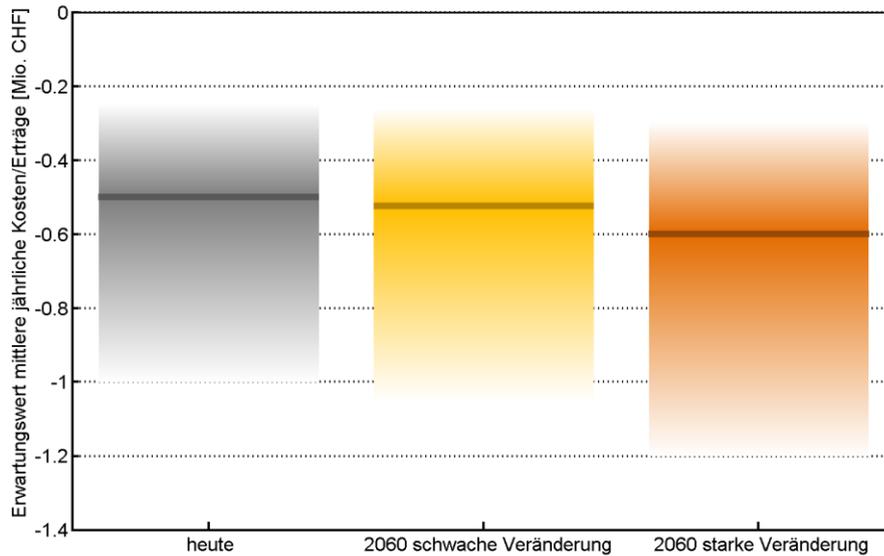
Tabelle 57 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hochwasser im AWB Wasserwirtschaft

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-5'500'000 CHF	2
Szenario schwach	-5'775'000 CHF	2
Szenario stark	-6'600'000 CHF	2

Tabelle 58 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Hochwasser im AWB Wasserwirtschaft

Grafische Darstellung

Die folgende Figur zeigt die mittleren, jährlichen Schadenserwartungswerte heute sowie für die beiden Klimaszenarien. Die Entwicklung der Schadenskosten wird analog der Zunahme der Hochwasserereignisse beider Klimaszenarien gerechnet.



Figur 71 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Hochwasser im AWB Wasserwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

b) Murgang

Betrachtete Bereiche

Es werden dieselben Bereiche wie unter Punkt a) dieses Kapitels betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

Qualitative Auswirkungen

Die Mehraufwendungen für Stromkosten bei Pumpleistungen des Grundwassers aufgrund Ausfall (Verwurf / Trübung) einer / aller Quellen kann durch die Befragten nicht quantifiziert werden. Jedoch schätzen die jeweiligen Befragten diesen Mehraufwand im Vergleich zu den Schadenskosten als deutlich geringer ein.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Die jährlich entstehenden Kosten durch Murgänge bei der Trinkwasserversorgung können durch die Gemeinden nicht abgeschätzt werden, da gemäss deren Aussage nur selten bis gar nie die Infrastruktur tangiert wird. Abwasser Uri kann keine Aussagen zu den jährlich auftretenden Kosten tätigen (rund 20'000-30'000 CHF / Ereignis, bei 1-2 Schadens-Ereignissen pro Jahr). Wir rechnen im Sinne einer Annahme mit jährlichen Kosten bei der Trinkwasserversorgung der vier befragten Gemeinden mit demselben Betrag, welcher Abwasser Uri an Schaden nennt. Anschliessend wird dieser Betrag auf den Kanton mit Faktor 5 hochgerechnet.

In Bezug auf die Schadenskosten der 100-jährlichen Ereignisse können in beiden Bereichen keine Kosten angegeben werden. Das Autorenteam nimmt deshalb folgende Annahme / Schätzung vor: Es werden kantonsweit 10 Quellableitungseinheiten stark tangiert, wobei ein Schaden von 0.5 Mio. CHF je Leitungseinheit entsteht. Im Bereich der Entsorgung entstehen für Räumungs- und Sanierungsarbeiten Kosten von rund 2 Mio. CHF.

Murgänge 2060:

Grundsätzlich ist eine ähnliche Entwicklung der Murgangaktivität zu erwarten wie dies bei den Hochwassern der Fall ist (vgl. Kap.4.2.4). Die Zunahme der Ereignisse findet stärker in den hohen als in den tiefen Lagen statt, mit einer jahreszeitlichen Verschiebung der Ereignisse in den tiefen Lagen vom Sommer in den Herbst.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Die Kostenentwicklung für die jährlichen und 100-jährlichen Ereignisse beider Klimaszenarien wird durch das Autorenteam linear zur Intensitäts-Veränderung (heute-2060) der Murgangereignisse angenommen. Für das *Klimaszenario schwach* wird eine Zunahme von 10%, für das *Klimaszenario stark* eine Zunahme von 30% verwendet.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-170'000 CHF	2
Szenario schwach	-187'000 CHF	2
Szenario stark	-221'000 CHF	2

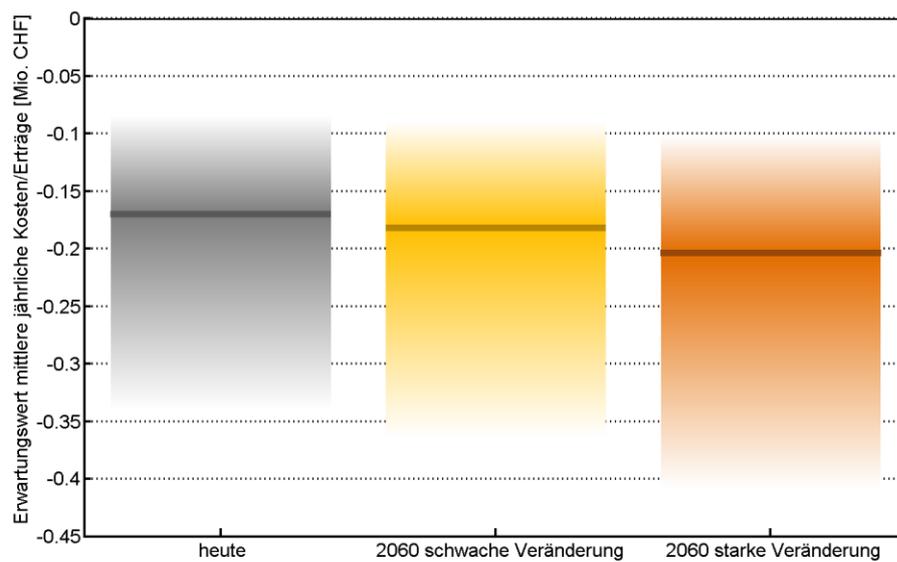
Tabelle 59 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Murgänge im AWB Wasserwirtschaft

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-7'000'000 CHF	2
Szenario schwach	-7'700'000 CHF	2
Szenario stark	-9'100'000 CHF	2

Tabelle 60 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Murgänge im AWB Wasserwirtschaft

Grafische Darstellung

Die folgende Figur zeigt die mittleren, jährlichen Schadenserwartungswerte heute sowie für die beiden Klimaszenarien. Die Entwicklung der Schadenskosten wird durch das Autorenteam analog der Zunahme der Murgangereignisse beider Klimaszenarien gerechnet.



Figur 72 Mittlere zu erwartende Kosten durch Murgänge im AWB Wasserwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

c) Gewitter (inkl. Erosion) / Hagel

Betrachtete Bereiche

Es werden dieselben Bereiche wie unter Punkt a) dieses Kapitels betrachtet.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

Qualitative Auswirkungen

Die Kosten an Infrastrukturen durch Gewitter / Hagel können durch die Befragten nicht genannt werden. Die entstehenden Kosten durch Hagelschlag auf die Infrastruktur sind bereits im Wirkungsbereich Gebäude und Infrastruktur erfasst.

Die als Folge der Gewitter- und Hagelereignisse entstehenden Hochwasser-Schäden sind bereits unter Punkt a) berücksichtigt.

In Einzelfällen sind gemäss Aussagen von Abwasser Uri Überlastfälle der Kanalisation oder Regenklärbecken durch Starkniederschläge vorgekommen. Schäden können dabei aber nicht eruiert, respektive quantifiziert werden. Daher geht das Autorenteam davon aus, dass diese Schäden deutlich geringer als die quantifizierbaren Schäden sind.

d) Änderung Niederschlagsregime

Betrachtete Bereiche

Betrachtet werden die Einflüsse der Änderung des Niederschlagsregimes auf die Verfügbarkeit von Trinkwasser sowie dessen Qualität.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

Qualitative Auswirkungen

Die Aussagen in Kapitel 4.2.8 (die Jahresniederschlagsmengen bleiben für beide Klimaszenarien gegenüber heute konstant, weisen jedoch eine Umverteilung über das Jahr aus) lassen das Autorenteam darauf schliessen, dass die Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung aufgrund dieses Effekts nach wie vor gewährleistet ist. Dies bestätigten auch die befragten Verantwortlichen der Wasserversorgung der Gemeinden. So sind deren Quellen heute auch bei trockenen Wintern zuverlässige Trinkwasserlieferanten.

Auch Abwasser Uri sieht in Punkto Änderung des Niederschlagsregimes keine Einflüsse auf die Abwasserentsorgung.

e) Allgemeine Trockenheit

Betrachtete Bereiche

Betrachtet werden Einflüsse der allgemeinen Trockenheit in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und die mögliche Verschlechterung der Trinkwasserqualität sowie die Einflüsse auf die Schmutzwasserentsorgung.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

Qualitative Auswirkungen

Punktuell findet bei trockenen Witterungsphasen eine Trübung oder Verwurf von Quellen bei den befragten Gemeinden statt. Das Frischwasser dieser Quellen wird abgeleitet und nicht ins Trinkwasserversorgungsnetz eingespiesen. Dieses Defizit kann jedoch in allen Fällen durch weitere Quellen oder durch das vorhandene Grundwasser (Pumpaufwand) kompensiert werden.

Wie in Punkt a) dieses Kapitels, unter „Vorbehalte und Annahmen“ erwähnt, geht das Autorenteam aufgrund des Zusammenspiels der erwarteten Veränderung der Gefahren und Effekte nicht von einem weiteren, massiven Absinken des Grundwasserspiegels aus.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge Heute:

In Bezug auf die Trinkwasserversorgung entstehen heute durch Trockenheit in einem Durchschnittsjahr in einzelnen der befragten Gemeinden geringfügige Mehraufwände durch zusätzlichen Aufwand für Stromkosten der Grundwasserpumpen. Dies wenn die primäre Wasserversorgung durch einzelne Quellen kurzzeitig nicht mehr ausreicht oder in selteneren Fällen ausfällt. Genaue Aussagen zu diesen Aufwendungen können die befragten Wasserversorgungsverantwortlichen nicht tätigen. Wir schätzen diese Kosten (inkl. der Hochrechnung auf den gesamten Kanton Uri) für das jährliche Ereignis auf rund 50'000 CHF pro Jahr. Auch im Hitzesommer 2003 konnte die Wasserversorgung Altdorf nach wie vor primär die Wasserversorgung durch Quellwasser sicherstellen, nur einzelne Gehöfte und Alpen waren von der Quellwasserversorgung abgeschnitten. Gemäss OcCC (2005) war der Sommer 2003 in den Alpen im Kontext der letzten 500 Jahre der wärmste und trockenste Sommer. Für das 100-jährliche Ereignis geht das Autorenteam deshalb von einer Kostenschätzung für die zusätzlichen Grundwasserpumpleistungen von rund 100'000 CHF aus.

Gemäss den Aussagen von Abwasser Uri tangiert die allgemeine Trockenheit die Wasserentsorgung bei einem jährlichen Ereignis nicht. Jedoch fallen bei längeren Trockenperioden, so bspw. im Jahr 2003 rund 20'000 CHF an Kosten für Kanalisationsreinigungen aufgrund von Staubeintrag an.

Allgemeine Trockenheit 2060:

Gemäss den Aussagen im Kapitel 4.2.9 muss für das *Klimaszenario schwach* mit keiner Veränderung der allgemeinen Trockenheit gerechnet werden. In Bezug auf das *Klimaszenario stark* wird eine Zunahme der allgemeinen Trockenheit von 10% erwartet.

Kosten und Erträge 2060:

Die Kostenentwicklung für die jährlichen und 100-jährlichen Ereignisse beider Klimaszenarien wurde linear zur Auftretens-Veränderung (heute-2060) der allgemeinen Trockenheit-Ereignisse angenommen. Für das *Klimaszenario schwach* werden die Kosten als gleichbleibend angenommen, für das *Klimaszenario stark* wird eine Kosten-Zunahme von 10% erwartet.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-50'000 CHF	2
Szenario schwach	-50'000 CHF	2
Szenario stark	-55'000 CHF	2

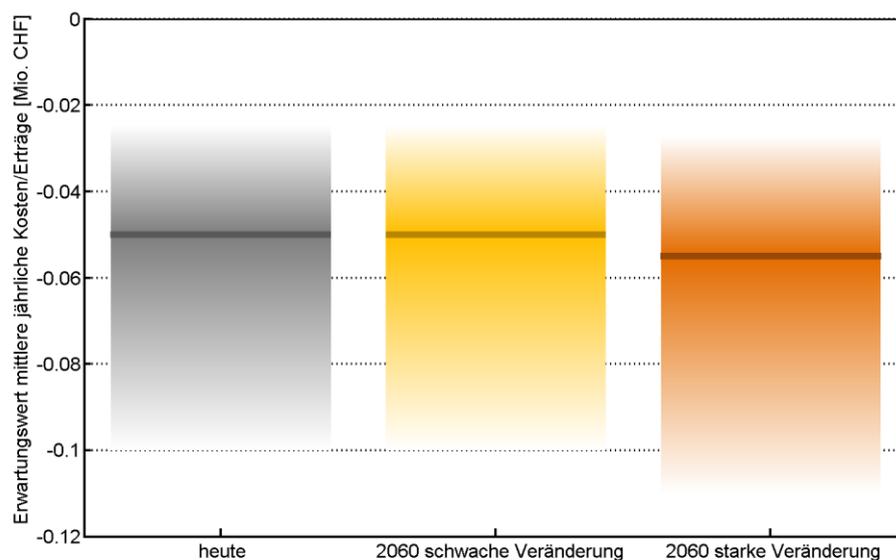
Tabelle 61 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch allgemeine Trockenheit im AWB Wasserwirtschaft

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-120'000 CHF	2
Szenario schwach	-120'000 CHF	2
Szenario stark	-132'000 CHF	2

Tabelle 62 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch allgemeine Trockenheit im AWB Wasserwirtschaft

Grafische Darstellung

Die folgende Figur zeigt die mittleren, jährlichen Schadenserwartungswerte heute sowie für die beiden Klimaszenarien. Die Entwicklung der Schadenskosten wird analog der Entwicklung der Trockenheit-Ereignisse beider Klimaszenarien gerechnet.



Figur 73 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch allgemeine Trockenheit im AWB Wasserwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

f) Hitzewellen

Betrachtete Bereiche

Betrachtet werden die direkten Einflüsse der Hitzewellen auf die Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung und –qualität sowie der Schmutzwasserentsorgung.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

Qualitative Auswirkungen

Gemäss den Aussagen der Wasserversorgungsverantwortlichen der befragten Gemeinden sind Hitzewellen heute kein Problem für die Trinkwasserversorgung. Die Seelisberger Wasserversorgung beobachtet die Wassertemperatur bereits seit mehreren Jahren und misst einen mehr oder weniger konstanten Wert von 6°C des austretenden Quellwassers. Die Gemeinde Altdorf hat in einzelnen Quartieren, in welchen in den letzten Jahrzehnten ein starker demographischer Wandel von „vielen Jungen“ hin zu vermehrt älteren Leuten stattfand, in Koppelung mit nicht vorhandenen Trinkwasser-Ringleitungen, vereinzelt kleinere Probleme bei der Qualität des Trinkwassers. Dies zeigt sich dahingehend, dass das Trinkwasser leicht erwärmt war. Im Allgemeinen, speziell beim Einsatz von Trinkwasserringleitungen, bestehen jedoch keine Probleme für die Trinkwasserqualität unter diesem Gesichtspunkt.

Für die Schmutzwasserentsorgung wirken Hitzewellen im Allgemeinen eher positiv, da die biologischen Abbauprozesse im Rahmen der Wasseraufbereitung stärker gefördert werden.

g) Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelzen

Betrachtete Bereiche

Betrachtet werden die direkten Einflüsse der Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze auf die Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung sowie –qualität.

Datenverfügbarkeit

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels.

Vorbehalte und Annahmen

Vergleiche die Aussagen unter Punkt a) dieses Kapitels (Befragung von vier Gemeinden, Hochrechnung auf den gesamten Kanton).

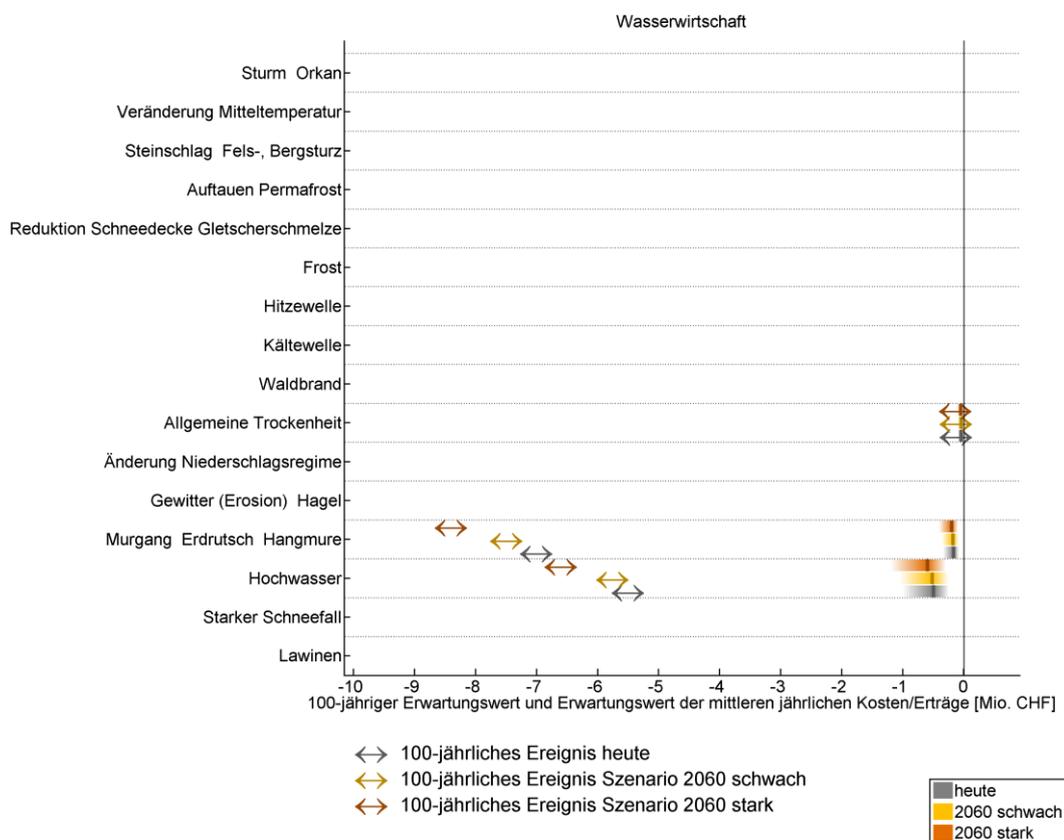
Qualitative Auswirkungen

Wie in Kapitel 4.2.14 ausgeführt, ist mit einer Reduktion der Schneedecke je nach Höhenlage und Klimaszenario von 10% bis 80% zu rechnen. Die Gletscher im Kanton Uri werden gemäss der Modellrechnungen (Linsbauer 2008) der Universität Zürich nach wie vor vorhanden, allerdings je nach Klimaszenario volumenmässig stark verkleinert sein (30% respektive 66% Volumenabnahme gegenüber heute). Der heutige Einfluss auf die Trinkwasserversorgung durch Schnee- und Gletscherschmelzwasser, also primär auf die Quellsituation, ist gemäss den befragten Gemeinden nicht bekannt. Es ist anzunehmen, dass eine Versorgung der Grundwasserspeicher durch diese beiden Wasservorkommnisse stattfindet. Die direkten Einflüsse und Volumina sind jedoch nicht zu quantifizieren.

5.7.3. SYNTHESE: AUSWIRKUNGSBEREICH WASSERWIRTSCHAFT

Kosten heute und 2060 aller Gefahren und Effekte

Die folgende Darstellung zeigt als Gesamtübersicht die betrachteten Gefahren und Effekte sowie deren quantitativen Auswirkungen für das Jahr 2060, unter Berücksichtigung beider Klimaszenarien.



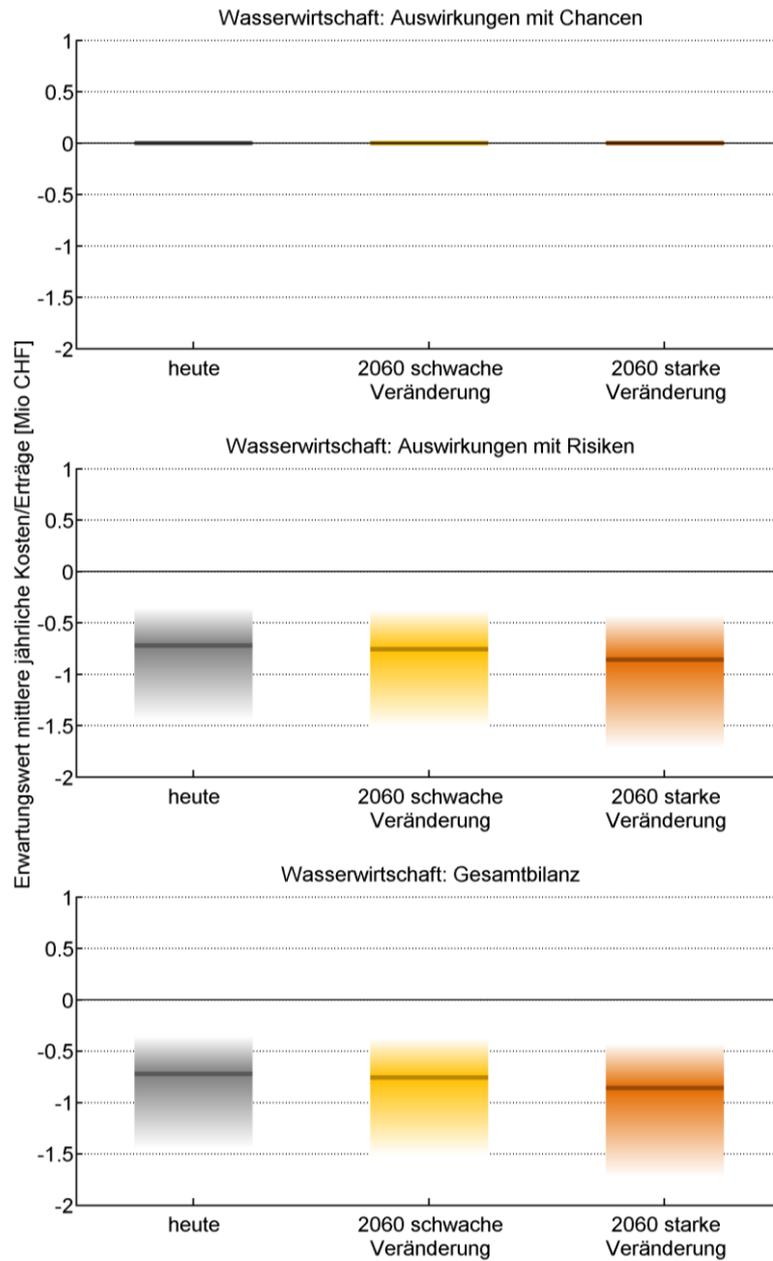
Figur 74 Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge im AWB Wasserwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft

- **Chancen:** Unter Betrachtung beider Klimaszenarien ist im AWB Wasserwirtschaft allenfalls mit einer geringen Chance im Bereich der Wasserentsorgung aufgrund von Hitzewellen zu rechnen. Dies könnte sich in Kosteneinsparungen durch Produktivitätsstei-

gerungen der wärmebedingten biologischen Abbauprozesse auswirken. Diese Chance ist jedoch in deren Ausmass eher von untergeordneter Bedeutung.

- **Risiken:** Die grössten Risiken in der Wasserwirtschaft sind aufgrund von Hochwassern sowie Murgangprozessen der 100-jährlichen Ereignisse unter der Betrachtung des *Klimaszenario stark* im Jahr 2060 zu erwarten. Hierbei wird eine Kostenzunahme gegenüber heute von 20% erwartet.
- **Gesamtbilanz:** Gesamthaft gesehen überwiegen die erwarteten Risiken die einzelne (nicht-quantifizierbaren) Chance im Wirkungsbereich Wasserwirtschaft für das Jahr 2060. Allerdings sind die im Jahr 2060, unter Berücksichtigung beider Klimaszenarien, zu erwartenden Kosten gegenüber heute nur leicht höher.



Figur 75 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.7.4. SOZIO-ÖKONOMISCHES SZENARIO AUSWIRKUNGSBEREICH WASSERWIRTSCHAFT 2060

Bei den oben aufgeführten Ausführungen zur Wasserwirtschaft wird durch das Autorenteam angenommen, dass sich die einzelnen Bereiche dieses Auswirkungsbereiches nicht strukturell verändern (bspw. Trinkwasserverbundssystem mehrerer Gemeinden). Gemäss den Ausführungen in Kapitel 4.3.2 soll der Bevölkerungszuwachs gegenüber heute nur schwach (rund 2%), die Siedlungsfläche jedoch um rund 15-25% im Kanton Uri zunehmen. Daraus ist zu schliessen, dass eine Zunahme des Wasserverbrauches zu erwarten ist. Diese Zunahme könnte zum einen aus der leicht steigenden Bevölkerungszahl resultieren. Auf der anderen Seite kann angenommen werden, dass aufgrund der erwarteten Zunahme der Siedlungsfläche (bei quasi konstanter Bevölkerungszahl) im Kanton Uri die Industriestandorte grösser werden. Den zunehmenden Wasserverbrauch ausgelöst durch die neuen Industriebetriebe zu quantifizieren ist jedoch nicht möglich, da es heute unklar ist, welche Art von Industriebetrieben (mit unterschiedlich starkem Wasserverbrauch) sich im Kanton Uri ansiedeln könnten. Des Weiteren ist heute nicht klar, wie der eigentliche Verbrauch von Trink-, im Verhältnis zu Brauchwasser, sein wird und ob es hierzu gesetzliche Regelungen geben wird.

Im Rahmen einer möglichen Reduktion der heute primären Trinkwasserversorgung durch Quellwasser bis ins Jahr 2060 ist bspw. ein „Trinkwasserverbund Uri“ durchaus denkbar. Alternative Quellen könnten hierbei vermehrt Grundwasser oder die Aufbereitung von Seewasser aus dem Urnersee sein. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist auch anzunehmen, dass die Wasserressource „Schmelzwasser“ (dabei von Schnee sowie Gletscher) im Jahr 2060 im Kanton Uri nach wie vor vorhanden sein wird (jedoch in deutlich geringerem Volumen als heute).

Die mögliche Zunahme des Wasserverbrauches sowie eine mögliche Diversifikation der Nutzung der „Wasserarten“ würden einen beträchtlichen Einfluss auf die Entwicklung der Wasserwirtschaft ausüben, sind in deren Effekt jedoch heute nicht quantifizierbar. Deshalb wird in der Beurteilung des Auswirkungsbereiches Wasserwirtschaft auf die Berücksichtigung sozio-ökonomischer Faktoren verzichtet. Es ist aber anzunehmen, dass diese Effekte durchaus grösseren Einfluss auf die Wasserwirtschaft haben werden, als dies durch die in diesem Kapitel beurteilten Gefahren und Effekte der Fall ist.

5.8. AUSWIRKUNGSBEREICH TOURISMUS

5.8.1. WICHTIGE KENNGRÖSEN

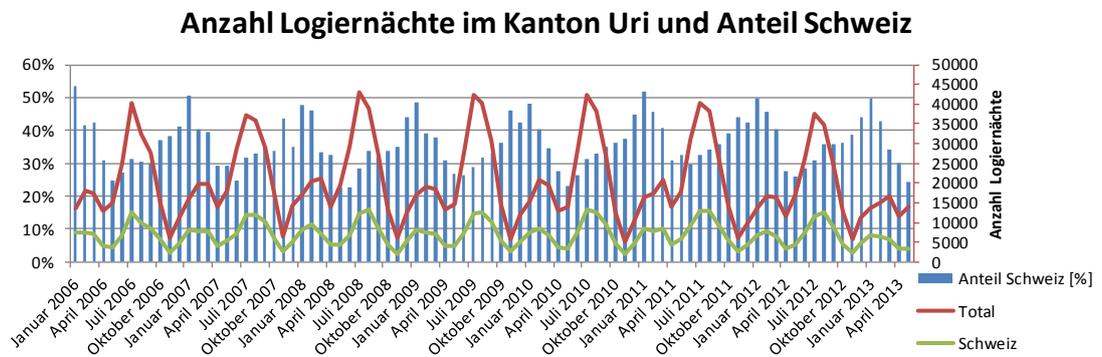
Tourismus heute

Im Kanton Uri ist hauptsächlich der Bergtourismus von Bedeutung. Die wichtigste Tourismusdestination ist Andermatt. Zum heutigen Zeitpunkt ist dies ein sehr schneesicherer Wintersportort. Es gibt jedoch auch einige weitere kleinere Skigebiete in tieferen Lagen, welche potentiell durch den Klimawandel gefährdet sein könnten. Andermatt ist das ganze Jahr hindurch eine wichtige Tourismusdestination aber es gibt auch einige Orte, die nur im Sommer für Aktivitäten wie Wandern oder Mountainbiking touristisch genutzt werden. Aufgrund der guten Erreichbarkeit sind auch die kleineren Tourismusdestinationen sehr attraktive und beliebte Ausflugsgebiete. Wenn das Angebot für den Sommertourismus entsprechend erweitert wird, kann der Klimawandel für diese Gebiete auch Chancen bieten.

Vor allem in der Region Andermatt sind viele Projekte zum Ausbau und zur Erweiterung des touristischen Angebots geplant. Die geplanten Ausbauprojekte werden in dieser Fallstudie jedoch nicht berücksichtigt, da der Fokus auf den heutigen Risiken und Chancen liegt. Die sozioökonomischen Szenarien werden daher nur am Rande betrachtet, obwohl beim Tourismus in diesem Bereich Auswirkungen von ähnlicher Grössenordnung zu erwarten sind.

Im Jahr 2012 wurden im den Monaten von Juni bis August rund 100'000 Logiernächte verzeichnet. In den Wintermonaten Dezember bis Februar waren es nur rund 40'000 Logiernächte. Auch im Herbst und im Frühling war die Anzahl Logiernächte ähnlich hoch (HESTA 2012). Insgesamt wurden 220'000 Logiernächte verzeichnet.

Die Anzahl an Logiernächten von Schweizer Gästen zeigt einen charakteristischen Jahresverlauf mit einem Maximum im Sommer und einer kleineren Spitze im Winter. Die totale Anzahl Logiernächte zeigt einen ähnlichen Verlauf, jedoch ist die Spitze im Sommer sehr viel ausgeprägter. Daher ist der Anteil Logiernächte von Schweizer Gästen an der Gesamtzahl im Sommer kleiner. Im Winter beträgt der Anteil der Logiernächte von Schweizer Gästen fast 50 %.



Figur 76: Logiernächte pro Monat im Kanton Uri: Prozentualer Anteil der Schweizer Bevölkerung am Total (blau), Absolute Anzahl Logiernächte Total (rot), Absolute Anzahl Logiernächte von Schweizern (grün). Quelle: HESTA BFS

In verschiedenen Gemeinden des Kantons Uri hat der Tourismus eine sehr hohe Bedeutung, mit rund einem Viertel der Gesamtbeschäftigung im Tourismussektor (CS 2011). Im ganzen Kanton sind etwa 9% der Vollzeitäquivalente in den Sektoren Gastronomie und Beherbergung (je 4%) und in weiteren touristischen Sektoren (Reisebüros, Erbringung von Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung) (BFS 2008).

In der Zentralschweiz werden knapp 40% der Erträge aus dem Personentransport im Sommer erwirtschaftet (Seilbahnen 2012). Dies zeigt, dass der Wintertourismus zwar bedeutender ist, aber auch der Sommertourismus eine wichtige Rolle spielt.

Die Bruttowertschöpfung (BWS) des Schweizer Tourismus belief sich im Jahr 2009 14'000 Millionen CHF (Bfs 2013a), was einer BWS pro Vollzeitäquivalent von 101'270 CHF entspricht. Die Bruttowertschöpfung des Tourismus im Kanton Uri wird über die Anzahl Vollzeitäquivalente im Tourismussektor berechnet und beträgt etwa **120 Mio. CHF**. Verglichen mit der gesamten Bruttowertschöpfung des Kantons Uri von 1549 Mio. CHF (Bfs 2013a) generierte der Tourismus demnach 7.7% der BWS im Jahr 2009. Im Vergleich zum gesamtschweizerischen Mittelwert von 2.80% (Bfs für das Jahr 2009) ist dieser Anteil fast dreimal grösser.

Tourismus und Klimawandel

In Berggebieten finden die meisten touristischen Aktivitäten im Freien statt und der Tourismus ist daher stark wetterabhängig. Durch den Klimawandel und die damit verbundenen Änderungen der Witterung sind daher starke Auswirkungen zu erwarten. Da sich die touristischen Aktivitäten im Sommer stark von denen im Winter unterscheiden und da die Klimaszenarien auch grosse Unterschiede zwischen den Jahreszeiten zeigen, werden die Auswirkungen jeweils getrennt für den Sommer- und den Wintertourismus analysiert. Das Autorenteam nimmt an, dass die Zwi-

schensaison im Frühling und im Herbst nicht von den klimatischen Veränderungen betroffen ist. Die Erträge aus der Zwischensaison werden daher nicht mitgerechnet.

5.8.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Tourismus

Die für den Auswirkungsbereich Tourismus relevanten Gefahren und Effekte des Klimawandels sind in der Relevanzmatrix (Kapitel 5.1) aufgeführt. Im Folgenden werden sie entsprechend ihrer Quantifizierbarkeit in quantitativ und qualitativ zu behandelnde Gefahren und Effekte eingeteilt.

Die relevanten Bereiche sind Lawinen, Änderungen im Niederschlagsregime, Hitzewellen, die Reduktion der Schneedecke und auftauender Permafrost. Die grössten Auswirkungen sind durch die Reduktion der Schneedecke zu erwarten. Eine Quantifizierung der erwarteten Schäden und Erträge ist bis auf den Gletscherrückgang für alle Gefahren und Effekte möglich.

Im Auswirkungsbereich Tourismus werden folgende Aspekte berücksichtigt.

- › Touristischer Transport (Bergbahnen)
- › Unterkunft (Hotellerie, Parahotellerie)
- › Dienstleistungen (Skianlagen)

Für den touristischen Transport sind in Berggebieten vor allem die Seilbahnen von Bedeutung. Die touristischen Dienstleistungen konzentrieren sich hauptsächlich auf die Skigebiete. Daher stützt sich die quantitative Analyse der erwarteten Auswirkungen auf den Tourismussektor vor allem auf Daten zu Erträgen aus Logiernächten und Seilbahnfahrten, sowie auf Daten zu Beschneigungskosten und Lawinensprenungen. Da Andermatt das einzige grosse Skigebiet ist, wurden Beschneigungs- und Sprengungskosten nur dort untersucht. Alle anderen Kosten und Erträge basieren auf Daten oder Schätzungen für das gesamte Kantonsgebiet. Die Auswirkungen auf touristische Infrastruktur und Gebäude wird im Kapitel Infrastrukturen und Gebäude behandelt (Kapitel 5.6).

Die unter Kapitel 4.1.2 beschriebenen Klimaszenarien „schwach“ und „stark“ führen zu einer Veränderung der Gefahren und Effekte, die sich auf den Tourismussektor auswirken kann. Die für den Tourismus relevanten Effekte des Klimawandels und das Ausmass der erwarteten Auswirkungen sind in Tabelle 63 zusammengefasst. Auswirkungen die sich quantitativ analysieren

lassen, werden im Weiteren vertieft behandelt. Qualitative Auswirkungen werden ebenfalls erläutert und werden bei der Gesamtbeurteilung mitberücksichtigt, da insbesondere hier zum Teil grosse Risikopotenziale und Unsicherheiten vorhanden sind.

Da im Kanton Uri hauptsächlich der Bergtourismus wichtig ist, sind hauptsächlich die klimatischen Veränderungen in den höheren Lagen von Bedeutung. Daher wird für die Quantifizierung der erwarteten Auswirkungen das Klimaszenario des Standorts Andermatt verwendet.

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS				
Gefahr/Effekt	Quantitativ analysierte Auswirkungen		Nicht quantitativ analysierte Auswirkungen	
	Sommertourismus	Wintertourismus	Sommertourismus	Wintertourismus
Lawinen	Schäden an Wanderwegen	weniger Schutzmassnahmen (Sprengungen, Verbauungen),	nicht relevant	keine
Änderung Niederschlagsregime	mehr Logiernächte und Seilbahnfahrten	keine	keine	keine
Hitzewellen	mehr Logiernächte und Seilbahnfahrten	nicht relevant	keine	nicht relevant
Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze	mehr Logiernächte und Seilbahnfahrten da sich die Sommersaison verlängert	weniger Logiernächte und Seilbahnfahrten wegen schlechterer Schneeverhältnisse in tiefergelegenen Skigebieten, zusätzliche Kosten für Pistenbeschneigung	Tourismusdestinationen verlieren durch Gletscherrückgang an Attraktion, durch die Entstehung neuer Gletschervorfeldseen können neue touristische Attraktionen entstehen	
Auftauender Permafrost	Schäden an Wanderwegen	Die Schäden an touristischen Infrastrukturanlagen werden im Kapitel Infrastruktur und Gebäude behandelt	keine	keine
Veränderung Mitteltemperatur	siehe Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze			

Tabelle 63 Untersuchte Effekte des Klimawandels auf den Wirkungsbereich Tourismus unter den Klimaszenarien stark und schwach.

a) Lawinen

Betrachtete Bereiche

Wintertourismus: Für den Skitourismus sind vor allem Lawinen in hohen Lagen von Bedeutung. Die grössten Kosten entstehen durch Schäden an touristischen Infrastrukturanlagen. Diese werden im Kapitel Infrastruktur und Gebäude behandelt (Kapitel 5.6). Ausserdem entstehen Kosten durch Lawinensprengungen in Skigebieten. Auf den präparierten Pisten wird dem Lawinenrisiko mit Sprengungen entgegengewirkt. Die damit verbundenen Kosten werden bei abnehmender Häufigkeit der Lawinenniedergänge entsprechend sinken. Durch das leicht geringere Lawinenrisiko nehmen die Kosten für Lawinensprengungen geringfügig ab.

Sommertourismus: Lawinen verursachen Schäden am Wanderwegnetz und führen dadurch zu geringfügigen Kosten.

Datenverfügbarkeit

Der heutige Aufwand für Lawinensprengungen wird gemäss Angaben der Bergbahnen Andermatt-Gemsstock auf durchschnittlich ca. 150'000 CHF pro Jahr geschätzt. Die damit verbundene Unschärfe wird als gering eingestuft. Es gibt nach Kenntnis der Autoren keine Studien über die zukünftige Entwicklung der Kosten für Lawinensprengungen. Es wird daher angenommen, dass sich die Kosten proportional zum Lawinenrisiko verändern und die Unschärfen geringfügig zunehmen.

Vorbehalte und Annahmen

Es wird angenommen, dass sich bei einer Reduktion der Lawinenhäufigkeit die damit verbundenen Kosten um den gleichen Faktor reduzieren.

Qualitative Auswirkungen

Die Schäden an Bike- und Wanderwegen sind vernachlässigbar klein und werden daher nicht in der Quantifizierung berücksichtigt.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Der heutige Aufwand für Lawinensprengungen wird auf ca. 150'000 CHF pro Jahr geschätzt und die Schäden an Wanderwegen sind vernachlässigbar klein. Die Gesamtkosten belaufen sich somit auf etwa 150'000 CHF.

Lawinen 2060:

In beiden Szenarien wird davon ausgegangen, dass sich die Lawinenintensität nicht verändern wird.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Es ist keine Veränderung der Kosten und Erträge zu erwarten.

Die heutigen lawinenbedingten Kosten im Tourismussektor können aus Daten abgeschätzt werden und haben somit eine sehr geringe Unschärfe. Die zukünftige Entwicklung der Häufigkeit und Intensität von Lawinenniedergängen hat eine grössere Unsicherheit, und wird als mittel eingestuft (0.5-2). Es werden zudem keine nennenswerten Veränderungen in den Kosten der einzelnen Lawinensprengung erwartet. Beim 100-jährlichen Lawinenereignis nimmt das Autorenteam an, dass die Kosten um einen Faktor 10 höher sein können.

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	- 150'000 CHF	0
Szenario schwach	- 150'000 CHF	2
Szenario stark	- 150'000 CHF	2

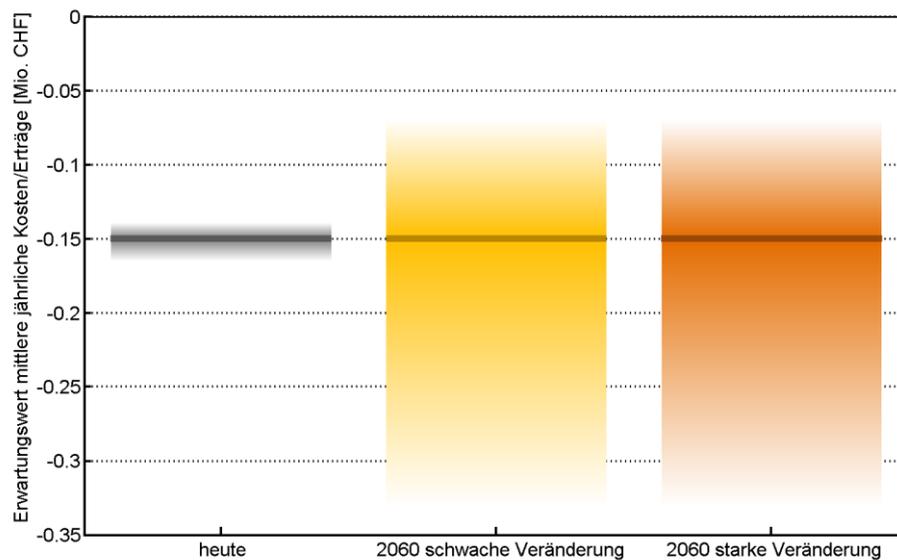
Tabelle 64 Kosten 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Lawinen im AWB Tourismus

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: 100-JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	-1.50 Mio. CHF	0
Szenario schwach	-1.50 Mio. CHF	2
Szenario stark	-1.50 Mio. CHF	2

Tabelle 65 Durch 100-jährliche Lawinenereignisse verursachte Kosten mit resultierenden Unschärfefaktoren im Auswirkungsbereich Tourismus.

Grafische Darstellung

Die untenstehende Grafik zeigt die Veränderung des Erwartungswerts der jährlichen Schäden durch Lawinen. Unter der Annahme, dass durch die zur Verfügung stehenden Datensätze alle Schäden durch Lawinen erfasst sind, werden sich die entsprechenden Kosten bis 2060 im Mittel nicht verändern. Aufgrund der Unsicherheit in den Klimaszenarien könnten die Kosten unter beiden Szenarien auch geringfügig zu- oder abnehmen.



Figur 77 Mittlere, jährlich zu erwartende Kosten durch Lawinen im Auswirkungsbereich Tourismus im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

b) Änderung Niederschlagsregime

Wintertourismus: Die Niederschlagsmengen im Winter werden etwa gleich bleiben (Klimaszenario schwach) oder sogar leicht zunehmen (Klimaszenario stark (Andermatt +10%). Der erwartete Temperaturanstieg führt jedoch dazu, dass der Niederschlag vermehrt in Form von Regen fällt und die Schneemenge trotz gleichbleibendem oder leicht steigendem Gesamtniederschlag abnimmt. Die damit verbundenen Auswirkungen auf den Tourismus sind unter dem Punkt „c) Reduktion Schneedecke/“ aufgeführt.

Sommertourismus: Durch die geringfügige Abnahme der Niederschlagsmengen im Sommer und die Verlängerung der schneefreien Saison sind leicht positive Auswirkungen auf den Tourismus

im Sommer zu erwarten. Diese werden ebenfalls unter dem Punkt „c) Reduktion Schneedecke“ behandelt.

Die Auswirkungen auf den Tourismus sind vor allem auf den Anstieg der Schneefallgrenze zurückzuführen. Da die Veränderung des Niederschlagsregimes in Kombination mit dem Anstieg der Mitteltemperatur hauptsächlich für die Reduktion der Schneedecke verantwortlich ist, werden diese Gefahren und Effekte gemeinsam im folgenden Kapitel „Reduktion Schneedecke/Gletscherschmelze“ behandelt.

c) Reduktion Schneedecke/Gletscherschmelze

Betrachtete Bereiche

Wintertourismus: Obwohl die Niederschlagsmengen im Winter in etwa gleich bleiben (Klimaszenario schwach) oder sogar leicht zunehmen (Klimaszenario stark (Andermatt +10%)), ist aufgrund der ansteigenden Temperaturen eine Verschiebung der Schneefallgrenze in höhere Lagen zu erwarten und somit eine Reduktion der Schneedecke. Dadurch reduziert sich die Schneesicherheit der Wintersportorte und die Pisten müssen vermehrt beschneit werden, was mit steigenden Kosten verbunden ist.

Mit dem Anstieg der Schneefallgrenze verbunden ist eine Verlängerung der schneefreien Saison, was für Wintersportorte eine kürzere Betriebsdauer zur Folge hat. Da die Skigebiete im Kanton Uri bereits heute eher eine kurze Betriebsdauer haben (44 Tage im Jahr 2011, 150 Tage im Jahr 2012 (Vanat, 2011, Vanat 2012)), ist diese Entwicklung problematisch. Dies kann dazu führen, dass die Skigebiete aufgrund schlechter Schneeverhältnisse weniger lange oder nur teilweise in Betrieb sein können. Da vor allem im Frühwinter (November - Dezember) eine Abnahme der Schneehöhe erwartet wird, ist vor allem mit einem späteren Betriebsbeginn zu rechnen. Da die Weihnachtsferien einen bedeutenden Anteil am gesamten Wintertourismus haben, kann eine solche Verzögerung zu grossen Einnahmeeinbussen führen. Die Skigebiete in den tieferen Lagen, die bereits heute kurze Betriebsdauern haben, sind sehr klein und werden hauptsächlich von der lokalen Bevölkerung genutzt und daher für den Tourismus von untergeordneter Bedeutung. Das einzige grosse Skigebiet in Andermatt liegt in einer höheren Lage und wird daher weniger stark von dieser Entwicklung betroffen sein,

Wenn die Skigebiete auch in Zukunft eine ähnlich lange Betriebsdauer haben sollen, müssen die Pisten verstärkt beschneit werden, was mit zusätzlichem Energie und Wasserverbrauch verbunden ist. Ein Gebiet gilt als schneesicher, wenn in mindestens 7 von 10 Wintern vom 1. De-

zember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Schneesport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 cm liegt. Nach einer Faustregel steigt die Schneesicherheitslinie um ca. 120 bis 150 m wenn sich die mittlere Temperatur um 1 °C erhöht (vgl. Abegg 1996, S. 59ff). Für Andermatt wird bis im Jahr 2060 eine Erwärmung von etwa 3 °C erwartet und somit ein Anstieg der Schneesicherheitslinie um etwa 400 m.

Die Auswirkungen einer verkürzten Betriebsdauer der Skigebiete und von zusätzlicher Beschneigung, werden in diesem Kapitel über die Ertragseinbussen im Bereich der Seilbahnfahrten und der Logiernächte sowie über die zusätzlichen Kosten der Pistenbeschneigung quantifiziert.

Sommertourismus: Durch die leicht abnehmenden Niederschlagsmengen und die steigenden mittleren Temperaturen wird der Sommertourismus im Kanton Uri profitieren. Die Reduktion der Schneedecke hat ausserdem zur Folge, dass sich die schneefreie Saison verlängert und entsprechend auch die Sommersaison. Diese Auswirkungen werden im Zusammenhang mit der Zunahme an Hitzewellen behandelt (siehe Punkt d) Hitzewellen).

Datenverfügbarkeit

Durch die erwartete Verkürzung der Betriebsdauer ist mit einer Abnahme der Logiernächte im Winter und Einbussen bei den Erträgen der Bergseilbahnen zu rechnen. Die heutige Anzahl an Logiernächten ist verfügbar. Die Reduktion der Schneedecke hat höhere Investitions- und Betriebskosten bei der Pistenbeschneigung zur Folge.

Seilbahnertrag: Die heutigen Erträge der Seilbahnen werden basierend auf den Daten aus dem Jahresbericht von Seilbahnen Schweiz berechnet (Seilbahnen, 2012). Im Jahr 2010 betrug der Verkehrsertrag im Sommer für alle Seilbahnen der Schweiz etwa 170 Mio. CHF. Die Zentralschweiz hat einen Marktanteil von 23 % am Sommergeschäft der ganzen Schweiz. Dies entspricht 38 % vom jährlichen Verkehrsertrag in der Zentralschweiz. Der Jahresertrag in der Zentralschweiz wird somit auf 105 Mio. CHF geschätzt. Der Verkehrsertrag im Kanton Uri wird über den Flächenanteil berechnet. Dies ergibt einen geschätzten Jahresertrag der Urner Seilbahnen von 25 Mio. CHF. Der Sommerertrag wird auf 9.5 Mio. CHF geschätzt und es wird angenommen, dass die Erträge aus der Zwischensaison vernachlässigbar klein sind und sich die Erträge der Wintersaison auf **15.6 Mio. CHF** belaufen.

Logiernächte: Die Anzahl Logiernächte für die heutige Situation sind verfügbar (HESTA, 2012). Unter der Annahme, dass der Ertrag pro Logiernacht 80 CHF beträgt (Hotelleriesuisse 2012),

ergibt sich heute ein Gesamtertrag von etwa **4.6 Mio. CHF** pro Wintersaison (Dezember - März).

Beschneigung: Durch den Rückgang der Schneedecke muss mit zusätzlichen Betriebs- und Investitionskosten gerechnet werden. Heute belaufen sich die Betriebskosten auf ca. 30'000 CHF pro Pistenkilometer³¹. Heute werden etwa 11 km des Skigebiets Andermatt-Sedrun beschneit. Damit belaufen sich die heutigen Betriebskosten auf **330'000 CHF**. In Zukunft muss mit einer Zunahme der beschneiten Fläche gerechnet werden. Daher ist in Zukunft auch mit zusätzlichen Investitionskosten³² in der Höhe von ca. 1 Mio. CHF pro km zu rechnen.

Vorbehalte und Annahmen

Daten zur Abnahme der Betriebsdauer unter den erwarteten klimatischen Veränderungen sind nicht verfügbar. Es wird daher angenommen, dass sich die Betriebsdauer im Szenario schwach um 1 Woche verkürzt und im Szenario stark um 2 Wochen. Es wird mit einer entsprechenden Abnahme der Anzahl Logiernächte und der Erträge aus den Seilbahnen gerechnet.

Da sich die Betriebsdauer der Skigebiete verkürzt, fallen während dieser Zeit Kosten für die Beschneigung weg. Daher wird beim Szenario stark von einer Zunahme der beschneiten Fläche (Pistenkilometer) um 40 % ausgegangen.

Weiter wird angenommen, dass sich die Investitionskosten für die zusätzlichen Beschneigungsanlagen über 10 Jahre verteilen und daher werden bei der Abschätzung der jährlichen Kosten jeweils 1/10 der Investitionskosten mitberücksichtigt.

Qualitative Auswirkungen

Die vergletscherte Fläche des Kantons Uri beträgt etwa 30 km², was etwa 3% der Kantonsfläche entspricht. In den letzten Jahren hat diese Fläche tendenziell abgenommen (VAW 2011). Dieser Trend wird auch in Zukunft anhalten und aufgrund der steigenden Temperaturen ist sogar ein stärkerer Rückgang zu erwarten. Da die Gletscher zur touristischen Attraktivität der Landschaft beitragen, sind durch deren Rückgang Auswirkungen auf den Tourismus zu erwarten.

Zudem wird durch den Rückgang der Gletscher sehr viel Sediment freigelegt und die Instabilität der freigelegten Hänge ist zum Teil sehr gross (OECD, 2007). Dies erhöht das Risiko von

³¹ http://www.seilbahnen.org/MM_02121999_Zahlen_und_Fakten.html (Zugriff 19.09.2013)

³² http://www.seilbahnen.org/MM_02121999_Zahlen_und_Fakten.html (Zugriff 19.09.2013)

Hangrutschungen und Murgängen und daher sind in Zukunft vermehrt Schäden an Gebäuden und Infrastrukturanlagen zu erwarten. Da jedoch nicht nur touristische Infrastruktur betroffen ist, werden diese Auswirkungen im Kapitel Gebäude und Infrastrukturen behandelt (Kapitel 5.6).

Sommertourismus: Die vergletscherten Flächen tragen zur touristischen Attraktivität der Region bei und der erwartete Rückgang der Gletscher führt zu einer wesentlichen Veränderung des Landschaftsbildes. Durch die Bildung von Gletscherseen können jedoch auch neue touristische Attraktionen entstehen. Die Auswirkungen sind daher nicht absehbar und stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig (NELAK 2013). Eine Quantifizierung der Veränderung des Landschaftsbildes und deren Auswirkung auf den Tourismus ist daher nicht möglich.

Wintertourismus: Eine Reduktion der schneebedeckten Flächen hat negative Auswirkungen auf den Wintertourismus. In Skigebieten muss zum Beispiel vermehrt künstlich beschneit werden.

Quantifizierbare Auswirkungen

Basierend auf den vorhandenen Daten konnten folgende Kenngrössen abgeleitet werden:

Kosten und Erträge heute:

Heute belaufen sich die Erträge aus Seilbahnen und Logiernächten auf etwa **20 Mio. CHF** und die Kosten durch die Beschneigung auf etwa **330'000 CHF**.

Reduktion Schneedecke 2060:

Szenario schwach: Es wird in hohen Lagen mit einer Reduktion der Schneedecke um 10 % gerechnet.

Szenario stark: Es wird in hohen Lagen mit einer Reduktion der Schneedecke um 60 % gerechnet.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Szenario schwach: Im Vergleich zu heute muss mit höheren Kosten, respektive Ertragsausfällen in der Höhe von etwa 1.5 Mio. CHF gerechnet werden.

Szenario stark: Im Vergleich zu heute muss mit höheren Kosten, respektive Ertragsausfällen in der Höhe von etwa 3 Mio. CHF gerechnet werden.

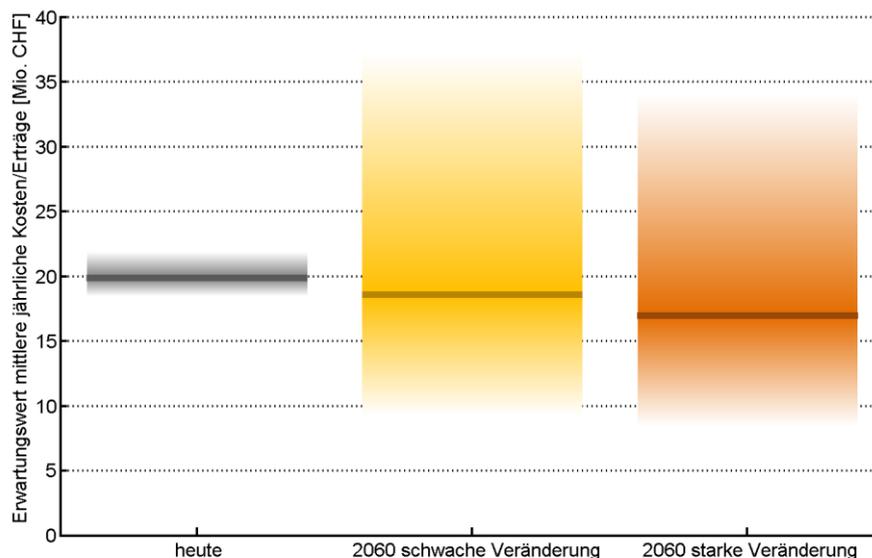
Da für die heutige Situation eine gute Datengrundlage vorhanden ist, wird die Unschärfe als gering eingestuft (0.93-1.1). Für die beiden Szenarien wird eine mittlere Unschärfe geschätzt (0.5-2).

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	+ 20.0 Mio. CHF	0
Szenario schwach	+ 18.5 Mio. CHF	2
Szenario stark	+ 17.0 Mio. CHF	2

Tabelle 66 Kosten und Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Lawinen im AWB Tourismus

Grafische Darstellung

Die untenstehende Grafik zeigt, dass durch die Reduktion der Schneedecke grosse Ertragseinbussen und steigende Kosten für die Pistenbeschneieung erwartet werden. Die grosse Unsicherheit in der Veränderung der Schneedecke führt auch zu grossen Unsicherheiten in den erwarteten Veränderungen der Kosten und Erträge.



Figur 78 Mittlere zu erwartende Erträge durch die Reduktion der Schneedecke im Auswirkungsbereich Tourismus im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

d) Hitzewellen

Betrachtete Bereiche

Sommertourismus: Für Andermatt wird mit eine Zunahme der Hitzewellen um 20 respektive 70 % gerechnet. Da Hitzewellen in den Bergen weniger ausgeprägt sind, kann sich die erwartete Häufung von Hitzewellen dort positiv auf den Sommertourismus auswirken. Tourismusdestinationen in den Bergen können davon profitieren, dass vermehrt Tages- und Wochenendtouristen aus den Städten, die von Hitzewellen besonders stark betroffen sind, in den Bergen Erholung suchen.

Daher werden eine Zunahme der Logiernächte im Sommer und höhere Erträge bei den Seilbahnen in der Sommersaison erwartet.

Datenverfügbarkeit

Die Datengrundlage zu den Seilbahnerträgen und den Logiernächten ist im Kapitel „c) Reduktion Schneedecke/“ beschrieben.

Vorbehalte und Annahmen

Es wird angenommen, dass sich die erwartete Zunahme der Hitzewellen nicht proportional auf die Erträge aus dem Sommertourismus auswirkt, sondern nur in abgeschwächter Form. Es wird daher mit einer Zunahme der Erträge aus Logiernächten und Seilbahnen um 4 % (Szenario schwach) respektive 14% (Szenario stark) gerechnet.

Qualitative Auswirkungen

Die Auswirkungen von Hitzewellen auf den Tourismus wurden nur quantitativ analysiert.

Quantifizierbare Auswirkungen

Kosten und Erträge heute:

Heute belaufen sich die Erträge aus Seilbahnen und Logiernächten im Sommer auf etwa **17 Mio. CHF**.

Hitzewellen 2060:

Szenario schwach: Die Häufigkeit der Hitzewellen wird sich um 20% erhöhen.

Szenario stark: Die Häufigkeit der Hitzewellen wird sich um 70% erhöhen.

Erwartete Kosten und Erträge 2060:

Szenario schwach: Im Vergleich zu heute kann mit einem Anstieg der Erträge um etwa 0.5 Mio. CHF gerechnet werden.

Szenario stark: Im Vergleich zu heute kann mit einem Anstieg der Erträge um etwa 2.5 Mio. CHF gerechnet werden.

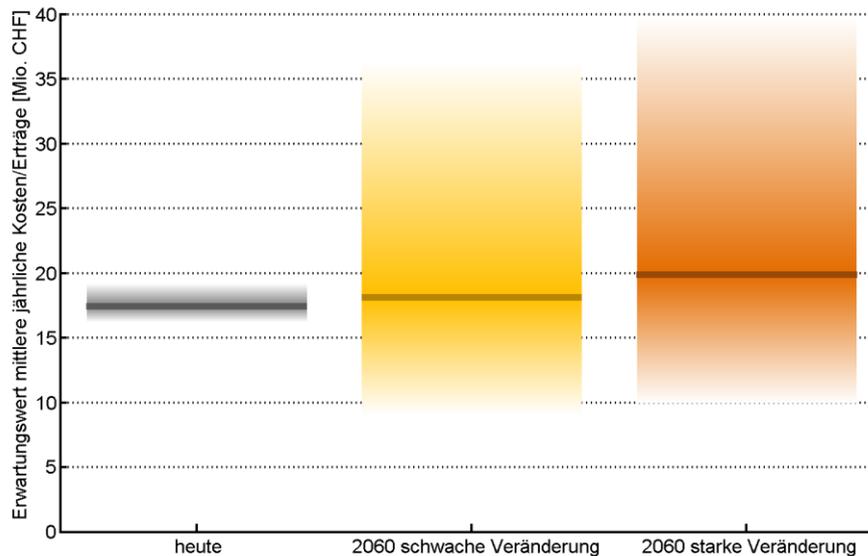
Da für die heutige Situation eine gute Datengrundlage vorhanden ist, wird die Unschärfe als gering eingestuft (0.93-1.1%). Für die beiden Szenarien wird eine mittlere Unschärfe geschätzt (0.5-2).

KOSTEN UND ERTRÄGE 2060: MITTLERE JÄHRLICHE EREIGNISSE		
Heute/Szenario	Kosten/Erträge	Unschärfefaktor
Heute	+ 17.5 Mio. CHF	0
Szenario schwach	+ 18 Mio. CHF	2
Szenario stark	+ 20 Mio. CHF	2

Tabelle 67 Erträge 2060 mit resultierenden Unschärfefaktoren durch Lawinen im AWB Tourismus

Grafische Darstellung

Die untenstehende Grafik zeigt, dass durch die Veränderung der Häufigkeit von Hitzewellen im Sommer tendenziell steigende Erträge aus Seilbahnen und Logiernächten erwartet werden. Die grosse Unsicherheit in der Veränderung der Häufigkeit der Hitzewellen führt auch zu grossen Unsicherheiten in den erwarteten Veränderungen der Kosten und Erträge.



Figur 79 Mittlere, jährlich zu erwartende Erträge durch Hitzewellen im Auswirkungsbereich Tourismus im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

e) Auftauender Permafrost / Erdbeben, Murgänge, Hangmure

Betrachtete Bereiche

Durch auftauenden Permafrost und die daraus entstehenden Instabilitäten des Untergrunds sind vor allem die Auswirkungen auf touristische Infrastrukturen und Gebäude relevant. Auch durch das vermehrte Auftreten von Naturgefahren wie Erdbeben, Murgänge sowie Überschwemmungen, sind in Zukunft grössere Schäden an solchen Anlagen zu erwarten. Diese Auswirkungen werden im Auswirkungsbereich Gebäude und Infrastrukturen behandelt (Kapitel 5.6). Zusätzlich zu den Infrastrukturschäden an touristischen Anlagen ist auch mit grösseren Schäden an Bike- und Wanderwegen aufgrund von Erdbeben zu rechnen. Die damit verbundenen Kosten werden in diesem Kapitel behandelt.

Datenverfügbarkeit

Das Amt für Raum und Umwelt des Kantons Uri verfügt über eine Statistik der jährlichen Aufwendungen für die Reparatur von beschädigten Bike- und Wanderwegen. Das langjährige Mittel der Gesamtkosten für Instandsetzung von Winter- und Unwetterschäden beträgt etwa 66'000 CHF. Etwa 80% der Gesamtkosten sind auf Schäden durch Unwetter und Gewitter zurückzuführen.

ren. Die restlichen 20% der Gesamtkosten werden durch Lawinen verursacht. Da diese Schäden im Vergleich zu den erwarteten Ertragseinbussen durch andere Gefahren und Effekte vernachlässigbar klein sind, werden die Schäden durch Massenbewegungen nicht in der quantitativen Analyse berücksichtigt.

Qualitative Auswirkungen

Murgänge und Erdbeben können die Erreichbarkeit von Tourismusregionen beeinträchtigen. So können bereits kleinere Ereignisse z.B. im engen Tal zwischen Amsteg und Andermatt schnell zu Unterbrüchen von bestehenden Verkehrsachsen führen. Durch diese Unterbrüche sind somit nachteilige Folgen für den Tourismus zu erwarten.

f) Veränderung Mitteltemperatur

Betrachtete Bereiche

Sommertourismus: Die ansteigenden Temperaturen führen zu einer Verlängerung der schneefreien Saison und davon kann der Sommertourismus profitieren.

Wintertourismus: Die ansteigenden Temperaturen wirken sich negativ auf den Wintertourismus aus, da es bis in höhere Lagen regnen wird und dadurch in Wintersportorten nicht genügend Schnee vorhanden sein wird (siehe Kapitel Reduktion Schneedecke).

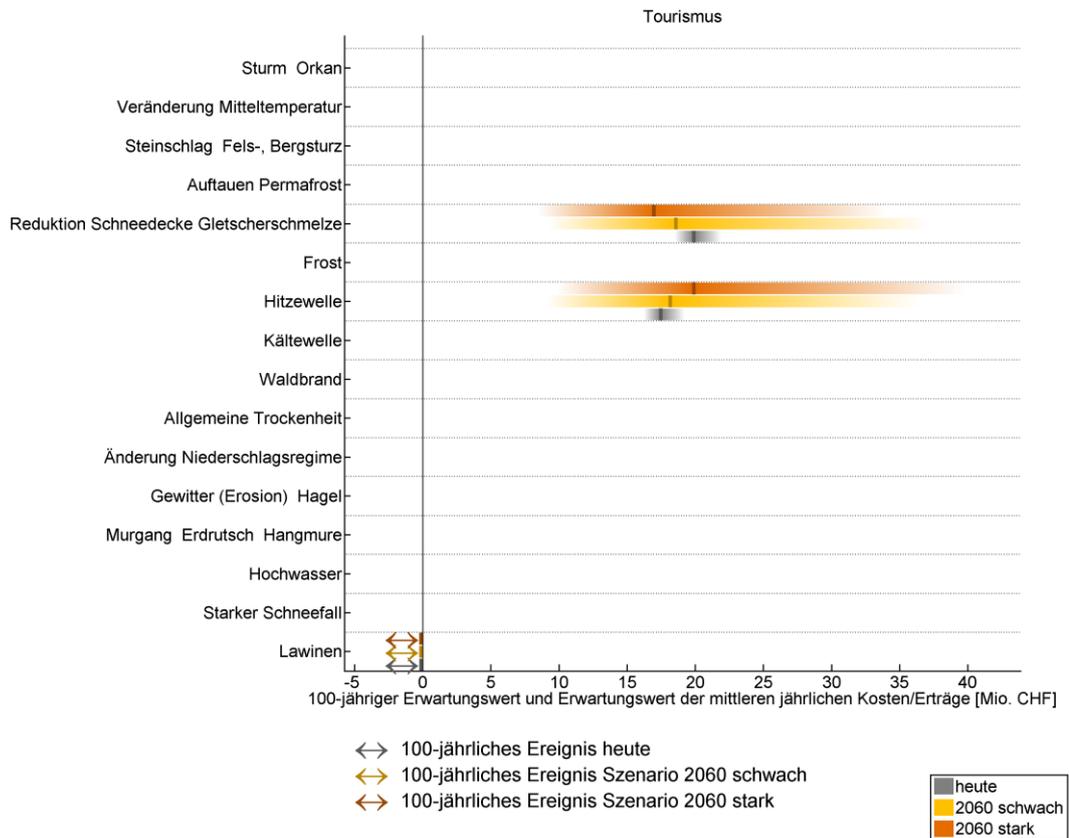
Die Auswirkungen auf den Tourismus aufgrund der Änderung des Niederschlagsregimes werden in Kombination mit der Reduktion der Schneedecke und dem Temperaturanstieg untersucht. Der Rest dieses Kapitel wird daher im Kapitel Reduktion Schneedecke behandelt.

5.8.3. SYNTHESE: TOURISMUS

Kosten und Erträge heute und 2060 aller Gefahren und Effekte

Der Vergleich der Gefahren und Effekte zeigt, dass sich hauptsächlich die Hitzewellen und die Reduktion der Schneedecke, welche auch die Veränderung der Mitteltemperatur und die Änderung des Niederschlagsregimes beinhalten, auf den Tourismussektor auswirken. Der Sommer- und Wintertourismus ist sehr unterschiedlich von den erwarteten klimatischen Veränderungen betroffen. Die Zunahme der Hitzewellen führen zu grösseren Erträgen im Sommer, während im Winter aufgrund der Reduktion der Schneedecke durch den Temperaturanstieg mit steigenden Beschneiekosten und Ertragseinbussen bei den Logiernächten und bei den Seilbahnen zu rechnen ist.

Die Unsicherheit der erwarteten Veränderungen der Gefahren und Effekte wird als mittelgross eingestuft, Daher sind auch die erwarteten Auswirkungen im Tourismussektor entsprechend unsicher und es können sowohl positive als auch negative Veränderungen eintreten. Im Mittel überwiegen jedoch die negativen Auswirkungen auf den Wintertourismus, sodass gesamthaft mit negativen Auswirkungen auf den Tourismussektor gerechnet werden muss.

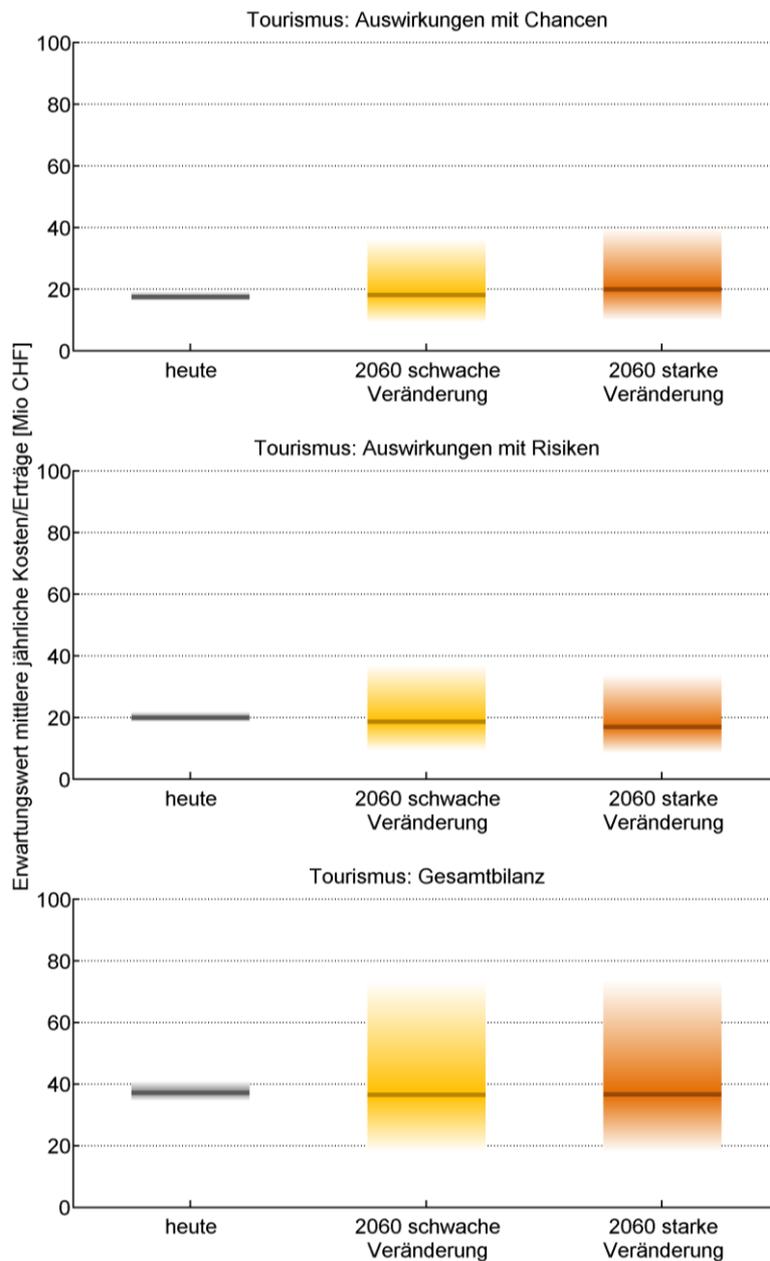


Figur 80 Mittlere zu erwartende Kosten und Erträge und Erträge im Auswirkungsbereich Tourismus im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

Gesamtbilanz aller Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Tourismus

- **Chancen:** Zusammenfassend sind im Sommer aufgrund der höheren Temperaturen und der Verlängerung der schneefreien Saison positive Auswirkungen zu erwarten. Es wird eine Zunahme der Erträge in der Höhe von 0.7-2.4 Mio. CHF erwartet. Dies entspricht einer Zunahme von 4-14% im Vergleich zu heute.
- **Risiken:** Starke negative Auswirkungen sind für den Wintertourismus zu erwarten, da durch die abnehmende Schneesicherheit mit Einbussen und zusätzlichen Kosten gerechnet werden muss. Die erwarteten Kosten und Ertragseinbussen belaufen sich auf 1.3-3 Mio. CHF. Die qualitativ analysierten Auswirkungen sind im Vergleich zu den quantitativ analysierten als deutlich geringer einzustufen.

- **Gesamtbilanz:** Da der Wintertourismus einen grösseren Anteil am Gesamtertrag ausmacht, werden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus insgesamt negativ beurteilt. Gesamthaft ist mit einer Reduktion der Erträge und zusätzlichen Kosten in der Grössenordnung von 0.5-0.6 Mio. CHF zu rechnen.



Figur 81 Mittlere, jährlich zu erwartende Risiken, Chancen sowie gesamte Auswirkungen im Auswirkungsbereich Tourismus im Jahre 2060 durch klimabedingte Veränderungen im Kanton Uri. Die Zahlen sind absolute Werte und zeigen nicht die Veränderung.

5.8.4. SOZIOÖKONOMISCHES SZENARIO TOURISMUS 2060

Durch die steigende Bevölkerungszahl wird auch die touristische Nachfrage ansteigen. Jedoch wird seit einigen Jahren ein abnehmendes Interesse am Wintersport beobachtet. Aufgrund dieser gegenläufigen Tendenzen sind die Auswirkungen aufgrund der steigenden Bevölkerungszahl im Vergleich zu den Klimaszenarien vernachlässigbar.

Der erwartete Zustrom von Touristen aus den Nachbarländern, wo die Skigebiete tendenziell stärker vom Klimawandel betroffen sind, kann sich positiv auf den Tourismus des Kantons Uri auswirken. Der ausländische Tourismus ist jedoch unter anderem auch stark vom Wechselkurs abhängig und der Wintertourismus ist generell stark konjunkturabhängig (CS, 2011). Daher sind Prognosen zum sozioökonomischen Szenario mit grosser Unsicherheit behaftet.

Weiter wird das touristische Angebot laufend angepasst und daher sind Prognosen basierend auf der heutigen Situation sehr unsicher. Es wird vor allem das touristische Angebot im Sommer erweitert. Aufgrund des operativen Starts des Tourismusresorts Andermatt ab Dezember 2013 ist ab dann mit einer markanten Steigerung der Beschäftigtenzahl in Uri bzw. im Urserntal im Bereich Tourismus zu rechnen.

Zusammenfassend sind die Auswirkungen durch die erwartete sozioökonomische Entwicklung auf den Tourismus schwer abschätzbar und durch viele Faktoren beeinflusst. Potentiell können die Auswirkungen der sozioökonomischen Szenarien in einer ähnlichen Grössenordnung sein wie die Veränderungen, die aufgrund der Klimaszenarien erwartet werden. Insbesondere eine Veränderung des touristischen Angebots im Sommer kann auch eine positive Auswirkung haben.

Bei den oben aufgeführten Betrachtungen wurde stets die Annahme getroffen, dass sich die der Tourismus strukturell nicht auf Veränderungen der Märkte und Regulationen anpasst. Die tatsächlichen Veränderungen können daher je nach Anpassungsstrategie deutlich von den erwarteten Auswirkungen abweichen.

5.9. AUSWIRKUNGSBEREICH BIODIVERSITÄT

5.9.1. WICHTIGE KENNGRÖSSEN

Biodiversität heute

Biodiversität zeichnet sich aus durch Artenreichtum, Vielfältigkeit an Ökosystemen und genetische Vielfalt innerhalb einer Art. Aufgrund der grossen Höhenunterschiede, der Topographie und der geologischen Vielfalt ist die Schweiz charakterisiert durch eine hohe Biodiversität auf kleinem Raum. Die Alpen tragen wesentlich zur Artenvielfalt bei, da sie aufgrund der klimatischen, topografischen und geologischen Bedingungen auf engstem Raum eine sehr grosse Vielfalt an Lebensräumen bieten. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist die Biodiversität der Schweiz unter anderem durch die intensivierete Landnutzung stark zurückgegangen (BAFU 2012a). Durch den Klimawandel und das Bevölkerungswachstum sind in Zukunft grosse Auswirkungen auf die Artenvielfalt und -zusammensetzung zu erwarten (BAFU 2012a). Da sich diese Effekte nur schwer quantifizieren lassen, wurden sie in dieser Studie nur qualitativ untersucht.

Für die Biodiversität besonders wertvolle Gebiete sind einerseits Lebensräume mit einer hohen Artenvielfalt, aber auch solche, die Nischen für wenige sehr spezialisierte Arten bilden (BAFU 2012a). Daher werden Flächen mit hoher Artenvielfalt oder Vorkommen seltener Arten inventarisiert und viele davon sind unter Schutz gestellt³³. Gemäss dem nationalen Inventar sind für den Kanton Uri hauptsächlich Feuchtgebiete und Trockenwiesen von Bedeutung. Neben den nationalen Inventaren gibt es auch zahlreiche kantonale und kommunale Schutzgebiete³⁴. Zu einem hohen Artenreichtum tragen auch die traditionell bewirtschafteten, naturnahe Kulturlandschaften in den höheren Lagen bei. Diese werden jedoch durch die intensivierete touristische und landwirtschaftliche Nutzung heute zunehmend beeinträchtigt (Richtplan Uri, 2012). Besonders bedeutsam für die Biodiversität ist ausserdem die alpine Höhenstufe, die Lebensraum für sehr spezialisierte Arten bietet, die weltweit nur an sehr wenigen Standorten vorkommen.

Die Biodiversität zu erhalten ist unter sich wandelnden klimatischen Bedingungen von besonderer Bedeutung. Funktionierende Ökosysteme haben zum einen sehr wichtige regulierende

³³ <http://map.sachplan.admin.ch/>

³⁴ <http://www.lisag.ch/geodaten/zonenplaene-uri.html>

Funktionen. Sie bieten zum Beispiel Schutz vor Erosion, was bei der erwarteten Zunahme von Extremereignissen von grosser Bedeutung ist und im Zusammenhang mit dem Temperaturanstieg durch steigende Konzentration an Treibhausgasen ist die Funktion von organischen Böden als Kohlenstoffspeicher besonders wichtig. Zum anderen wird auch die Versorgungsleistung der Oekosysteme weiterhin von grosser Bedeutung sein, da die Bevölkerungszahl weiter steigen wird.

Biodiversität und Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität sind sehr unterschiedlich für verschiedene Oekosysteme. Daher werden die erwarteten Auswirkungen im nächsten Kapitel für die ausgewählten Oekosysteme einzeln analysiert.

5.9.2. ANALYSE DER GEFAHREN UND EFFEKTE 2060

Analysierte Gefahren und Effekte im Auswirkungsbereich Biodiversität

ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS	
GEFAHR/EFFEKT	NICHT QUANTITATIV ANALYSIERTE AUSWIRKUNGEN
Änderung Niederschlagsregime Hitzewellen	Verlust feuchtliebender Arten, Zunahme von Arten die an Trockenheit angepasst sind. Die leicht abnehmenden Niederschlagsmengen in Kombination mit höheren Temperaturen und mehr Hitzewellen führen zu sinkender Bodenfeuchte. Dies kann zu einem Verlust an Feuchtgebieten führen (BAFU, 2007).
Reduktion Schneedecke / Gletscherschmelze	Durch den Rückgang der Gletscher verändert sich das Abflussregime von Fließgewässern in hohen Lagen. Dies hat negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt dieser Fließgewässer. Im Vorfeld sich zurückziehender Gletscher können bei ausreichendem Schutz vor anderen Nutzungen neue Lebensräume wie alpine Auen entstehen (Essel, 2013).
Änderung Temperaturregime	Veränderung der Artenzusammensetzung; Verschiebung der Verbreitungsgrenzen nach oben und Verlust von Arten, die auf die alpine und nivale Höhenstufe spezialisiert sind (Scherrer und Körner 2010). Ausbreitung von wärmeliebenden Neophyten und Neozoen, die sich z.T. invasiv verhalten und dadurch einheimische Arten verdrängen (Kueffer, 2011). Höhere Temperaturen in Fließgewässern und Seen können aquatische Lebewesen beeinträchtigen Kürzere Periode mit Schneebedeckung führt zu einer veränderten Artenzusammensetzung und ermöglicht intensivere Bewirtschaftung (Essel, 2013).
Zunahme von Extremereignissen	Bildung von neuen Nischen und Pionierstandorten beeinflusst die Biodiversität positiv (Vittoz et al., 2013). Invasive Arten können besser mit Extremsituationen umgehen und dadurch die Artenvielfalt negativ beeinflussen (Essel, 2013).

Tabelle 68 Untersuchte Effekte des Klimawandels auf den Auswirkungsbereich Biodiversität unter den Klimaszenarien stark und schwach.

Die Auswirkungen der Klimaszenarien (Kapitel 4.1.2) wurden für ausgewählte Standorte, die für die Biodiversität von besonderer Bedeutung sind, qualitativ untersucht. Dieses Kapitel ist daher nach den verschiedenen Standorten und weiteren für die Biodiversität relevanten Bereiche gegliedert.

Qualitative Effekte

Trockenwiesen

Die generell höheren Temperaturen werden, zusammen mit leicht abnehmenden Niederschlagsmengen im Sommer, für Trockenwiesen tendenziell am wenigsten negative Auswirkungen haben, da die dort vorkommenden Arten an Trockenheit und hohe Temperaturen angepasst sind. Unter den erwarteten klimatischen Veränderungen, wird für diesen Lebensraum sogar eine Ausdehnung der bestehenden Flächen erwartet.

Gewässer und Feuchtgebiete

Sehr viel grössere Auswirkungen sind für Feuchtgebiete zu erwarten. Die Häufung von Trockenperioden kann dazu führen, dass Flachmoore austrocknen und Hochmoore sind auf ausreichend Niederschläge angewiesen (BAFU, 2007). Für diese Lebensräume werden daher durch die erwarteten klimatischen Veränderungen starke negative Auswirkungen erwartet. Da diese Lebensräume auch eine wichtige Funktion haben in der Regulierung des Wasserhaushalts der umliegenden Lebensräume, werden die Veränderungen nicht nur lokal Auswirkungen haben. Organische Böden funktionieren zudem als wichtige Kohlenstoffspeicher und sind daher von zentraler Bedeutung im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Wenn Moore trockenfallen, werden grosse Mengen an CO₂ frei, was den Klimawandel zusätzlich beschleunigt. Feuchtgebieten in höheren Lagen können durch den Rückgang der Gletscher und die entsprechende Veränderung des Abflussregimes negativ beeinträchtigt werden. In Fließgewässern, welche hauptsächlich von Schmelzwasser aus Gletschern gespeist werden, ist daher langfristig mit einer Veränderung der Artenzusammensetzung zu rechnen.

Hohe Biodiversität ist entlang von verschiedenen Altersstadien eines Ökosystems zu finden. Aufgrund der häufigen Überschwemmungen können zum Beispiel in Auengebieten verschiedene Stadien eines Lebensraumes nebeneinander bestehen oder durch Waldbrände und Stürme kann sich in neu entstandenen Lichtungen Pioniervegetation ansiedeln, was die Biodiversität des Waldes erhöht. Das Auftreten von Extremereignissen kann somit durch die Bildung von neuen Nischen die Artenvielfalt positiv beeinflussen (Vittoz et al., 2013). Da die Klimaszenarien ein vermehrtes Auftreten von Extremniederschlägen voraussagen, kann die klimati-

sche Veränderung auch positive Auswirkungen auf die Biodiversität haben in dem sie die Dynamik von Ökosystemen gewährleistet. Ökosysteme haben auch eine stabilisierende Funktion indem sie Schutz vor Erosion durch Wind und Wasser gewährleisten. Im Zusammenhang mit dem vermehrten Auftreten von Extremereignissen wird diese Schutzfunktion von Ökosystemen zunehmend wichtig.

Durch die steigenden Temperaturen in der Luft ist vor allem in tieferen Lagen eine weitere Erwärmung der Gewässer zu erwarten und der dadurch sinkende Sauerstoffgehalt hat negative Auswirkungen auf aquatische Lebewesen.. Der Klimawandel wird daher auch in aquatischen Ökosystemen zu einer veränderten Artenzusammensetzung führen (Vittoz et al., 2013).

Alpine Ökosysteme

Die Alpen bieten einer Vielzahl von sehr spezialisierten Arten Lebensraum und sind daher von grosser Bedeutung für den Erhalt der Biodiversität. Charakteristisch für die alpinen Ökosysteme ist die starke örtliche Variabilität des Mikroklimas. Dies begünstigt eine hohe Artenvielfalt auf kleinem Raum und bietet für die Arten Ausweichmöglichkeiten, um sich an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen. Stark bedroht sind allerdings Arten, welche an Standorte mit tiefen Temperaturen angepasst sind. Eine Studie (Scherrer und Körner 2010) zum Einfluss des Temperaturanstiegs auf die Habitatvielfalt alpiner Pflanzenarten in einem Studiengebiet von etwa 2 km² zeigt, dass bei einer Erwärmung um 2 °C die kältesten Habitate, welche heute einen Flächenanteil von 3% haben, ganz verschwinden werden. Für die anderen Habitate wird eine Reduktion der Fläche um 75% erwartet (Scherrer und Körner 2010).

Die höheren mittleren Jahrestemperaturen führen tendenziell zu einer Verschiebung dieser Lebensräume nach Norden und in höhere Lagen. Da der Flächenanteil mit zunehmender Höhe abnimmt, werden die davon betroffenen Lebensräume kleiner und stärker isoliert. Durch die fehlende Vernetzung und die kleinere Anzahl an Individuen nimmt die genetische Vielfalt einer Art ab. Dies reduziert die Fähigkeit einer Art sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen und dadurch erhöht sich das Aussterberisiko für die betroffenen Arten (Pauli et al. 2001). Zusätzlich erhöht sich der Konkurrenzdruck, da Arten aus tieferen Lagen einwandern. Im Kanton Uri ist eine solche Entwicklung vor allem für alpine Ökosysteme zu erwarten. Zusätzlich ist in höheren Lagen bei steigenden Temperaturen eine höhere Produktivität des Kulturlandes zu erwarten. Die daraus resultierende intensivere Bewirtschaftung beeinflusst die Biodiversität negativ (Vittoz et al., 2013).

Smaragd Gebiete

Für die Biodiversität besonders bedeutsame Lebensräume in Europa wurden im Rahmen der Berner Konvention als sogenannte Smaragdgebiete³⁵ unter Schutz gestellt. Ein solches Gebiet ist das Smaragdgebiet „Walenstöcke-Brisen“, welches teilweise auf dem Gebiet des Kantons Uri liegt. Es ist charakterisiert durch eutrophe Feuchtwiesen und daher für verschiedene seltene Arten von Bedeutung (BAFU 2012b). Durch die steigenden Temperaturen und längeren Dürreperioden ist dieses Gebiet durch den Klimawandel stark beeinträchtigt. Da es sich grösstenteils über 1800 m ü.M. befindet, ist durch die Temperaturerhöhung eine Verschiebung in höhere Lagen und dadurch eine Flächenabnahme zu erwarten.

Invasive Neobiota

Invasive Neobiota umfassen diejenigen gebietsfremden Arten, welche sich wegen dem Fehlen natürlicher Feinde, einer hohen Fortpflanzungsrate oder dank einer hohen Anpassungsfähigkeit stark vermehren können und somit eine Bedrohung einheimischer Arten darstellen. Viele dieser Arten haben unter den erwarteten klimatischen Veränderungen gute Wachstumsvoraussetzungen und daher ist in Zukunft mit einer zunehmenden Bedrohung durch invasive Arten zu rechnen. Dadurch werden sehr spezialisierte Arten verdrängt, die weltweit nur an wenigen Standorten vorkommen. Dies bedroht die globale Biodiversität, obwohl lokal der Rückgang der Anzahl einheimischer Arten durch die Zunahme von Neophyten kompensiert werden kann.

Oekosysteme in hohen Lagen sind tendenziell weniger stark von invasiven Neophyten bedroht. Aufgrund der extremen klimatischen Bedingungen im Gebirge können sich nur spezialisierte Arten ansiedeln. Invasive Arten sind tendenziell keine Höhenspezialisten und besiedeln daher anfänglich nur tiefe Lagen und breiten sich erst später in höheren Lagen aus. Diese indirekten Einfuhrwege führen dazu, dass das Problem der invasiven Ausbreitung im Gebirge weniger gross ist, da die einheimischen Arten in höheren Lagen weniger stark dem Konkurrenzdruck durch invasive gebietsfremde Arten ausgesetzt sind. Zudem sind die alpinen Gebiete weniger stark durch anthropogene Störungen beeinträchtigt und somit ist das Risiko der Einführung von invasiven Arten geringer (Kueffer, 2011).

Die Ausbreitung invasiver Neozoen wurde im Kanton Uri bis zum heutigen Zeitpunkt noch nicht beobachtet, jedoch ist die Einwanderung von invasiven Neophyten bereits heute ein Problem (Kt. Uri, Strategie Neobiota, 2012). Tendenziell ist das Risiko der Ausbreitung invasiver

³⁵ <http://www.bafu.admin.ch/schutzgebiete-inventare/07847/index.html?lang=de>

Arten in alpinen und subalpinen Gebiete geringer, da unter den extremen klimatischen Bedingungen nur spezialisierte Arten überleben können. Es wurden jedoch bereits heute Neophyten in höheren Lagen nachgewiesen und eine weitere Verbreitung ist unter den erwarteten Klimaveränderungen sehr wahrscheinlich.

Veränderte Interaktionen zwischen Arten

Verschiedene Arten unterscheiden sich stark in ihrer genetischen Vielfalt, ihrer Ausbreitungsstrategie und ihrem Raumbedarf und können sich daher unterschiedlich gut an veränderte klimatische Bedingungen anpassen. Sehr anpassungsfähige Arten haben gegenüber sehr spezialisierten Arten einen Konkurrenzvorteil und dadurch ist unter sich wandelnden klimatischen Bedingungen eine Veränderung der Artenzusammensetzung zu erwarten (BAFU, 2011).

Die Veränderung der klimatischen Bedingungen beeinflussen die Arten in sehr unterschiedlicher Art. So sind zum Beispiel durch die höheren Temperaturen phänologische Verschiebungen und Änderungen im Brutverhalten vieler Arten zu erwarten. Da sich jedoch die Arten unterschiedlich anpassen, werden Arten, welche heute die gleichen Ökosysteme besiedeln in Zukunft nicht mehr an den gleichen Standorten vorkommen. Solche zeitlichen oder räumlichen Verschiebungen können gravierende Auswirkungen haben, wenn die Arten in gegenseitiger Abhängigkeit leben (z.B. Räuber-Beute-Beziehungen oder Wirtsbeziehungen). So sind zum Beispiel Schmetterlinge, deren Ausbreitungsgebiet durch das der Wirtspflanze der Larve limitiert ist, einer zusätzlichen Bedrohung ausgesetzt im Vergleich zu Arten, bei denen die Verbreitung der Wirtspflanze kein limitierender Faktor ist (Schweiger et al. 2012).

Solche Verschiebungen verändern die Interaktionen mit anderen Arten und können dadurch vor allem das Fortbestehen von sehr spezialisierten Arten gefährden und somit die Leistung von Ökosystemen beeinträchtigen. Das Risiko einer räumlichen oder zeitlichen Verschiebung der Verbreitungsgebiete von Arten, welche gegenseitig abhängig sind, ist umso grösser je schneller sich die klimatischen Bedingungen verändern (z.B. Schweiger et al. 2012).

Vergleich Szenario stark/schwach

Je nach Szenario sind unterschiedliche Effekte auf die Biodiversität zu erwarten. Je schneller sich die klimatischen Bedingungen verändern, desto mehr ist die Anpassungsfähigkeit einer Art ausschlaggebend für deren Fortbestehen. Das Aussterberisiko ist daher umso grösser, je schneller sich das Klima verändert. Bei langsamen Veränderungen können sich auch weniger anpassungsfähige Arten an die veränderte Umgebung anpassen und mit neu eingewanderten Arten konkurrieren. Bei starken Veränderungen innerhalb kurzer Zeit sind solche Anpassungen für

viele Arten schwierig und die Ausbreitung von anpassungsfähigen und invasiven Arten wird begünstigt. Dies führt zu einer stärkeren Veränderung der Artenzusammensetzung und das Aussterberisiko für sehr spezialisierte Arten ist grösser. Daher sind im *Szenario stark* deutlich mehr negative Auswirkungen auf die Biodiversität zu erwarten als im *Szenario schwach*.

Wildcard

Da die einzelnen Arten sehr unterschiedlich auf veränderte klimatische Bedingungen reagieren, werden sich auch die Interaktionen zwischen den Arten stark verändern, was wiederum Auswirkungen auf die Funktionsweise der Ökosysteme hat. Aufgrund der komplexen Wechselwirkung zwischen den einzelnen Arten und zwischen den Arten und ihrer Umwelt, sind die Veränderungen nur schwer abzuschätzen und sind somit als wildcard zu behandeln. D.h. bei starken klimatischen Veränderungen innert kurzer Zeit sind potentiell gravierende, irreversible Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu erwarten.

Beispiele möglicher wildcards sind das Umkippen von stehenden Gewässern bei grossem Nährstoffeintrag und Erwärmung, das Austrocknen von Mooren bei Absinken des Wasserspiegels oder die Verschiebung der Waldgrenze in Richtung höhere Lagen (Essel, 2013). Werden die kritischen Schwellenwerte überschritten, sind in den betroffenen Ökosystemen weitreichende und möglicherweise irreversible Veränderungen zu erwarten

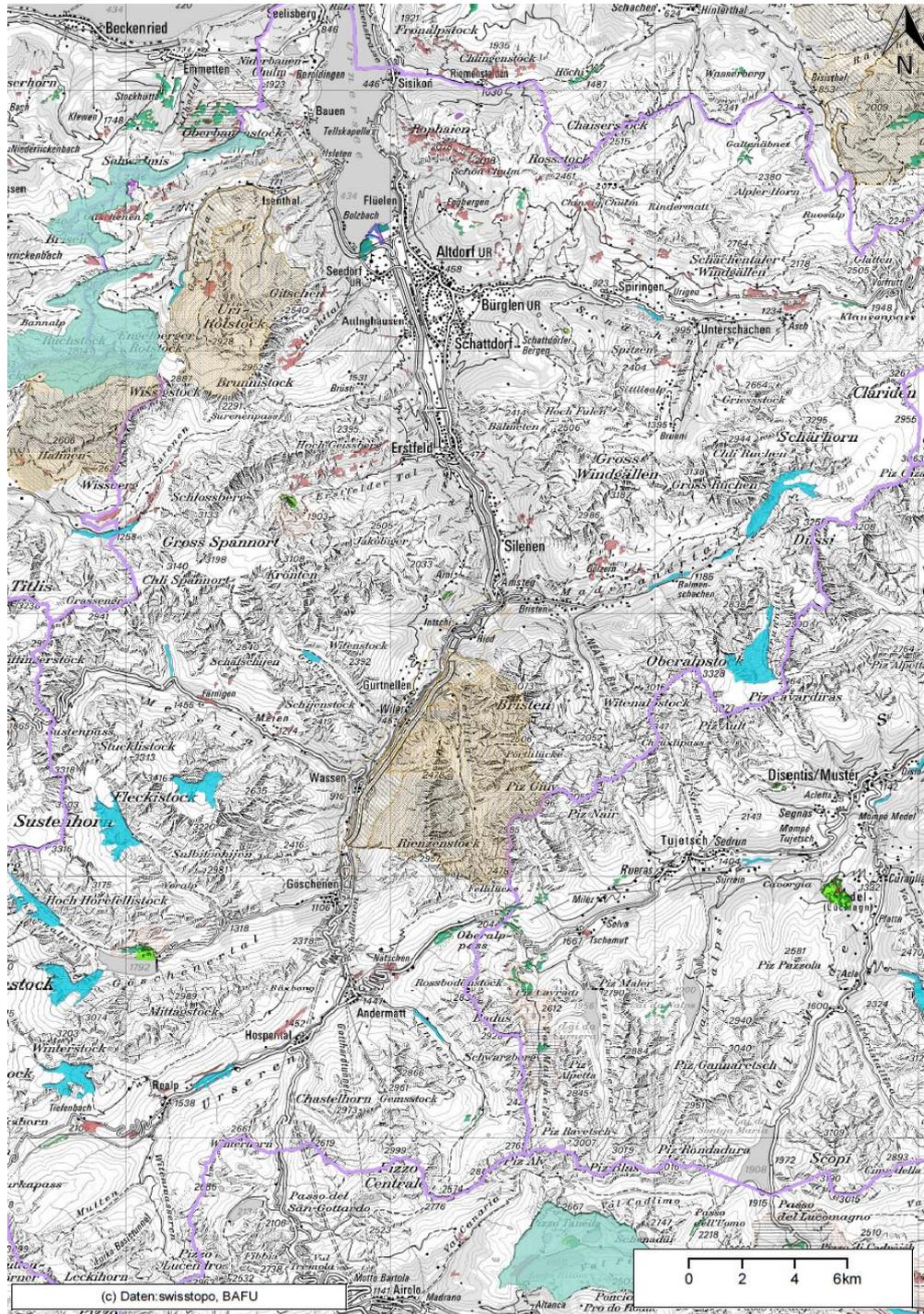
5.9.3. SYNTHESE AUSWIRKUNGSBEREICH BIODIVERSITÄT

Zusammenfassend sind die Auswirkungen auf die Biodiversität negativ, wobei durch die steigenden Temperaturen und sehr leicht abnehmenden Niederschläge im Sommer vor allem Feuchtgebiete gefährdet sind. Besonders betroffen sind feuchteliebende Arten, Fische und andere aquatische Lebewesen, welche an kalte Wassertemperaturen angepasst sind. Gefährdet sind zudem auch die sehr spezialisierten Arten, die einen engen Toleranzbereich bezüglich veränderter Umweltbedingungen haben und kleine Populationen, die aufgrund der geringen genetischen Vielfalt weniger anpassungsfähig sind.

Starke negative Auswirkungen sind ausserdem auf der alpinen Höhenstufe zu erwarten. Diese Standorte sind nicht nur für die Artenvielfalt im Kanton Uri sondern auch für die globale Biodiversität von grosser Bedeutung und die erwartete Flächenabnahme dieser Habitats könnte potentiell zu einem irreversiblen Verlust an biologischer Vielfalt führen.

Weiter werden wandernde Arten und solche, die einen grossen Platzbedarf haben, durch die Zerschneidung der Landschaft durch Infrastruktur und Siedlungen beeinträchtigt. Diese Prozesse führen zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung in bestehenden Ökosystemen, da nicht alle Arten gleich anpassungsfähig sind. Neben dem Verlust der Artenvielfalt führt dies auch zu einer Veränderung der Ökosysteme und einer Beeinträchtigung ihrer Funktionen.

Die Beurteilung der Auswirkungen ist mit grosser Unsicherheit behaftet. Die Anpassungsfähigkeit einer Art ist nicht genau abzuschätzen und da verschiedene Arten unterschiedlich betroffen sind, sind die Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem nur schwer zu beurteilen. Da Arten zum Teil mit einer grossen zeitlichen Verzögerung auf veränderte Umweltbedingungen reagieren, werden die effektiven Auswirkungen erst viel später sichtbar. Langfristig ist jedoch mit einer markanten Veränderung der Artenzusammensetzung und Funktion der heutigen Ökosysteme zu rechnen und die Bedeutung der noch verbleibenden ungestörten Gebiete hoher Lagen weiter zunehmen.



Figur 82 Karte der Standorte im Kanton Uri, die für die Biodiversität von nationaler Bedeutung sind. Standorte von kantonalen und kommunalen Inventaren sind hier nicht abgebildet. (Quelle: Sachplan des Bundes: Bundesinventare: <http://map.sachplan.admin.ch/>)

Legende generell für Anlagestatus (FacilityStatus)

	Bestehende Anlage
	Anpassung/Umnutzung, Stilllegung
	Neubau
	Aufhebung

Legende generell für Koordinationsstand (CoordinationLevel)

	Festsetzung
	Zwischenergebnis
	Vororientierung

Smaragd

	Smaragd
--	---------

Flachmoore

	Flachmoore
--	------------

Hochmoore

	Primäres Hochmoor
	Sekundäres Hochmoor
	Hochmoorumfeld
	Wasser
	Torf

Amphibien Ortsfeste Objekte

	Laichgebiet Bereich A
	Laichgebiet Bereich B

Auengebiete

	Auenfläche
--	------------

Jagdbanngebiete

	Gebiet mit integralen Schutzbestimmungen
	Gebiet mit partiellen Schutzbestimmungen
	Wildschadenperimeter

Kantonsgrenzen

	Kanton
--	--------

Trockenwiesen und -weiden (TWW...)

	Trockenwiesen und -weiden
--	---------------------------

Wasser- und Zugvogelreservate

	Jagd und Schifffahrt verboten
	Jagd verboten; Schifffahrt eingeschränkt
	Jagd verboten; Schifffahrt nicht eingeschränkt; weitere Bestimmungen nach Anhang 2 WZV
	Spezialfälle
	Wildschadenperimeter

Moorlandschaften

	Moorlandschaften
--	------------------

Figur 83: Legende zu Figur 82

5.9.4. SOZIOÖKONOMISCHES UND DEMOGRAPHISCHES SZENARIO

Die Bevölkerungszunahme führt zu einer intensiveren Landnutzung und durch Überdüngung, Verdichtung und Versiegelung werden verschiedene Ökosysteme beeinträchtigt. Insbesondere die traditionell bewirtschafteten, naturnahen Kulturlandschaften in den höheren Lagen sind von Veränderungen in der landwirtschaftlichen Nutzung betroffen. Zum einen sind gut zugängliche Gebiete durch die Intensivierung der Bewirtschaftung bedroht und zum anderen kann in schwer erreichbaren Gebieten die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung zu einem Rückgang der Artenvielfalt führen. Der Bau von Infrastrukturanlagen führt zu einer Fragmentierung bestehender Lebensräume. Vor allem Arten mit grossem Raumbedarf sind davon negativ betroffen. Durch die Zerschneidung der Landschaft entstehen isolierte Lebensräume mit wenig Vernetzung, was zu einer Reduktion der genetischen Vielfalt innerhalb einer Art führt.

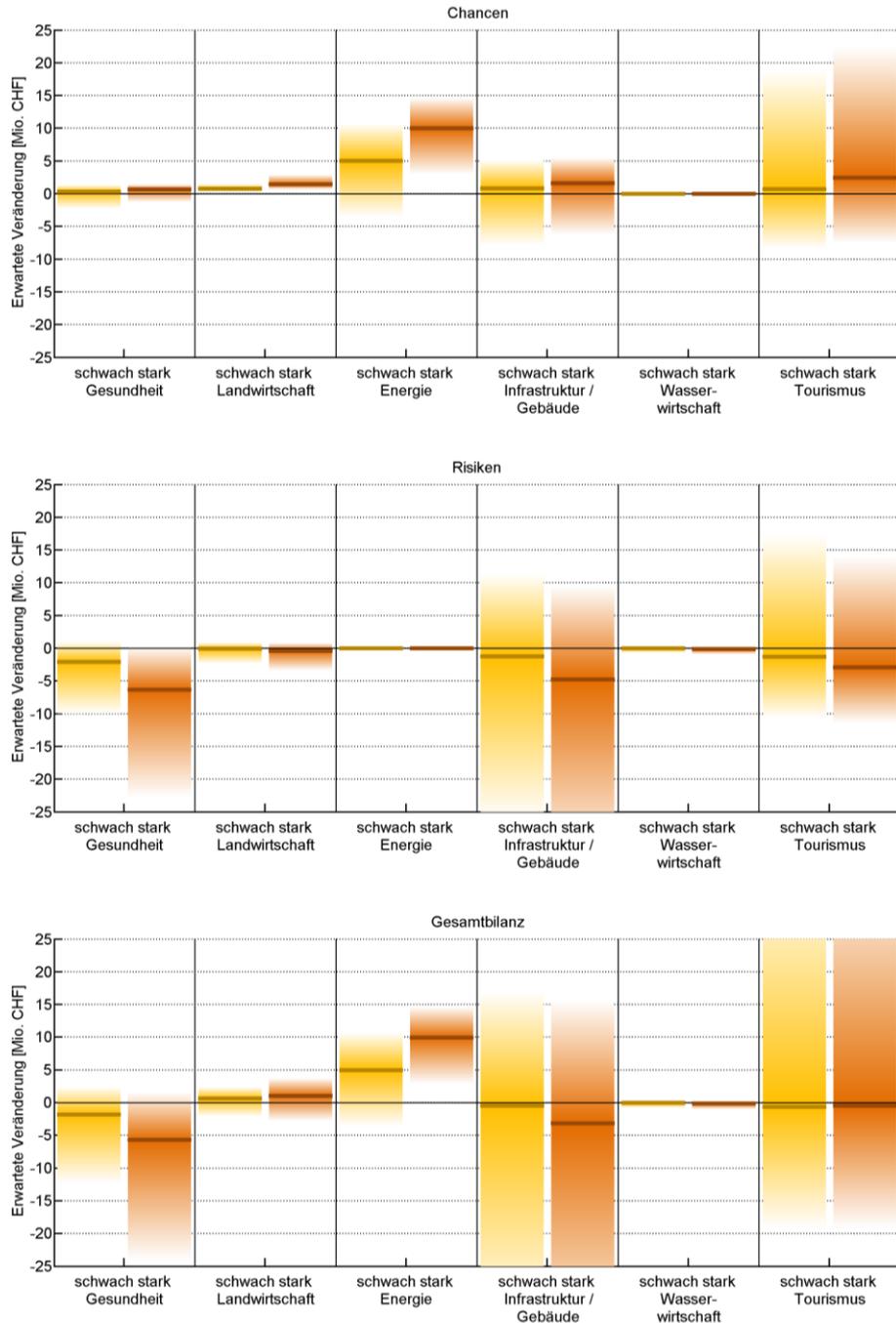
Durch die Ausdehnung der Siedlungsgebiete sind vor allem Lebensräume in oder nahe bei bestehenden Siedlungen gefährdet. Durch Überbauung werden diese Lebensräume radikal verändert und dadurch die Vielfalt an natürlichen Lebensräumen stark reduziert. Invasive Neophyten können sich in dicht besiedeltem Gebiet besser durchsetzen und somit ist ein stärkerer Konkurrenzdruck für einheimische Vegetation zu erwarten (FBD, 2007). Das Risiko der Ausbreitung von invasiven Neobiota wird im Kanton Uri durch den hohen Anteil an Transitverkehr zudem noch verstärkt.

Wie bei den Klimaszenarien wird die Biodiversität beim sozioökonomischen Szenario insgesamt ebenfalls negativ beeinflusst.

5.10. ÜBERBLICK DER AUSWIRKUNGEN PRO AUSWIRKUNGSBEREICH

5.10.1. QUANTITATIVE AUSWIRKUNGEN

Die zusammengefassten, quantitativ analysierten Veränderungen der Risiken und Chancen in den verschiedenen Wirkungsbereichen sind in Figur 84 dargestellt. Es ergeben sich sowohl Risiken als auch Chancen.



Figur 84 Veränderung der mittleren, jährlich zu erwartenden Risiken (oben), Chancen (Mitte) und Gesamtbilanz (unten) aller Auswirkungsbereiche in der Übersicht. Dargestellt sind jeweils die klimabedingte *Veränderung* der jährlichen Erwartungswerte zwischen dem heutigen Klimaszenario und dem schwachen (gelb) resp. dem starken Klimaszenario (orange). Die Balken mit Farbverlauf stellen jeweils eine Abschätzung der Unschärfe dar. Die Auswirkungsbereiche Wald und Biodiversität werden nur qualitativ bewertet.

Ein Gesamtbeurteilung der Auswirkungen und Diskussion findet sich in Kapitel 1.

5.10.2. QUALITATIVE AUSWIRKUNGEN

Da für viele Bereiche zum heutigen Zeitpunkt keine genügende Datengrundlage für eine quantitative Analyse der Auswirkungen zur Verfügung steht, können entsprechend keine erwarteten Kosten oder Erträge beziffert werden. Solche Auswirkungen sind jedoch nicht zu vernachlässigen, da sie in einer ähnlicher Grössenordnung liegen können wie die quantifizierten Chancen und Risiken. Um die potentiellen Auswirkungen der nicht-quantifizierten Chancen und Risiken in die Gesamtbilanz zu integrieren, werden die qualitativen Auswirkungen klassifiziert und zu den quantitativen ins Verhältnis gesetzt. Für jeden Wirkungsbereich werden die qualitativen Auswirkungen gesamthaft als deutlich geringer, geringer, vergleichbar oder grösser eingestuft und mit einem entsprechenden Faktor beziffert (Tabelle 69). Diese Faktoren definieren den Anteil der qualitativen Auswirkungen an den berechneten Chancen und Risiken. Basierend auf dieser Grundlage können dann die gesamthaften Auswirkungen berechnet werden.

Der Faktor wird sowohl für die Risiken als auch für die Chancen definiert und die Gesamtbilanz ergibt sich aus der Summe der Risiken und Chancen.

Quantifizierung der qualitativen Auswirkungen	Faktor qualitative Auswirkungen			
	Chancen		Risiken	
	schwach	stark	schwach	stark -
Gesundheit	0%	0%	100%	100%
Landwirtschaft	33%	33%	0%	0%
Energie	0%	0%	100%	100%
Infrastrukturen und Gebäude	100%	100%	100%	100%
Wasserwirtschaft	0%	0%	10%	10%
Tourismus	0%	0%	33%	33%

Tabelle 69 Einstufung der qualitativen Auswirkungen im Vergleich zu den quantitativen Auswirkungen („deutlich geringer“: 10%, „geringer“: 33%, „vergleichbar“: 100%, „grösser“: 300%).

Die qualitative Abschätzung der Auswirkungen fliesst mit diesen Faktoren in die Gesamtbeurteilung in der Synthese in Kapitel 1 ein.

LITERATUR KAPITEL 5

Auswirkungsbereich Gesundheit

- BAG 2007:** Schutz bei Hitzewellen – Klimaänderung: Auswirkungen auf die Gesundheit. Bundesamt für Gesundheit BAG und Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Amt für Gesundheit Kanton Uri 2011:** Kennzahlen und Daten des Gesundheitswesens in Uri. Gesundheits-, Sozial- und Umweltdirektion
[\[http://www.ur.ch/dl.php/de/50755cac15e9e/Kennzahlen_Gesundheitswesen Uri_Sept2012.pdf\]](http://www.ur.ch/dl.php/de/50755cac15e9e/Kennzahlen_Gesundheitswesen Uri_Sept2012.pdf)
- Bux, K. 2006:** Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse - Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund.
- EBP/SLF/WSL 2013a:** Klimabedingter Risiken und Chancen in der Schweiz, Methodenbericht. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- EBP/SLF/WSL 2013c:** Risiken und Chancen des Klimawandels in der Schweiz; Ergebnisbericht; Ernst Basler + Partner AG, WSL, SLF; Bundesamt für Umwelt, Bern. (Version vom 15.8.2013)
- Grize, L., Huss, A., Thommen, O., Schindler, C. and Braun-Fahrlander C. 2005:** Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. Swiss Medical Weekly, 135, 200-205.
- INFRAS 2014:** Berechnung der klimabedingten Risiken und Chancen im Auswirkungsbereich Gesundheit. Interne Arbeitsdokumentation der Berechnungen.
- Kantonspolizei Uri 2013a:** Verkehrsunfallstatistik 2012. Kantonspolizei Uri, Medienstelle, Altdorf.
- Kantonspolizei Uri 2013b:** Spezifische Auswertungen zur Anzahl Unfälle in Uri bei Schneematsch, vereister und verschneiter Fahrbahn der Jahre 2007-2012. E-Mail von Marcel Jann (Kantonspolizei Uri) an Mario Betschart (Infras) vom 10.09.2013.
- Kovats, S., Wolf, T. and Menne B. 2004:** Heatwave of August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality. Eurosurveillance Weekly 2004, 8(11).
- MeteoSchweiz 2013a:** Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz - Klimaindikatoren Browser. MeteoSchweiz 2013.
[\[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_heute/klimaindikatoren/indikator_en_browser.html\]](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_heute/klimaindikatoren/indikator_en_browser.html).

OcCC 2007: Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.

OcCC/SCNAT 2005: Hitzesommer 2003 – Synthesebericht. OcCC/SCNAT, ProClim – Forum for Climate and Global Change, Platform of the Swiss Academy of Sciences, Bern.

Robine et al. 2007: Report on excess mortality in Europe during summer 2003.

SLF 2013: Tödliche Lawinenunfälle in der Schweiz der Winter 2011/2012, 2010/2011, 2009/2010 und 2008/2009.

[http://www.slf.ch/praevention/lawinenunfaelle/unfaelle_alt/index_DE]

Thommen, O. und Braun-Fahrländer C. 2004: Gesundheitliche Auswirkungen der Klimaänderung mit Relevanz für die Schweiz. Literaturstudie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und des Bundesamtes für Gesundheit (BAG).

UNEP 2004: Impacts of summer 2003 heat wave in Europe. 2nd issue of Early Warning on Emerging Environmental Threats. United Nations Environment Programme (UNEP) – United Nations Environment Programme.

WWF 2007: Kosten des Klimawandels – Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Aktualisierte Fassung vom Juli 2007. Institut für Weltwirtschaft Kiel im Auftrag des WWF Deutschland, Frankfurt.

Auswirkungsbereich Landwirtschaft

Agrimontana 2013: Strukturentwicklung der Berglandwirtschaft. Agrimontana Agroscope Forschungsgruppe. [<http://www.agroscope.admin.ch/agrimontana/index.html?lang=de>]

Amt für Meliorationen Kanton Uri 2014: Schriftliche Mitteilung zu den mittleren jährlichen Meliorationsbeiträgen des Kantons Uri. Email von Alois Ulrich Amt für Meliorationen Kanton Uri an Mario Betschart INFRAS, 04.02.2014.

BFS Bundesamt für Statistik 2013a: System der Gesamtrechnung und Satellitenkonten des Primärsektors, Regionale landwirtschaftliche Gesamtrechnung (R-LGR). Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

[<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/02/blank/data/01/03.html>]

BFS Bundesamt für Statistik 2013b: Panorama – Land- und Forstwirtschaft 2013, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

BFS Bundesamt für Statistik 2013c: Statistische Grundlagen, Definition Faktoreinkommen.

Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/11/def.html>

BFS Bundesamt für Statistik 2012: Landwirtschaftliche Betriebsstrukturerhebung 2011, Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.

[<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/03/blank/ind24.indicator.240204.2402.html>]

BFS Arealstatistik 1992/97: Bundesamt für Statistik, Arealstatistik 1992/97, Neuchâtel.

Ecoplan 2012: Beschäftigungs- und Wertschöpfungsstruktur im Kanton Uri – Verteilung der Beschäftigung und Wertschöpfung auf die Gemeinden und Gemeindegruppen. Kurzbericht im Auftrag der Baudirektion des Kantons Uri, 2012. Ecoplan, Altdorf.

Ecoplan 2011: Branchenszenarien 2008-2030 – Schlussbericht. Ecoplan im Auftrag des Bundesamtes für Statistik.

Elementarschadenfonds 2013: Datenlieferung zu Schadenssummen von Erdbeben, Überschwemmungen, Lawinen, Schneelasten, Sturmschäden und Felsstürzen/Steinschlag in der Landwirtschaft im Kanton Uri. Email von Marco Grütter Elementarschadenfonds an Mario Betschart INFRAS, 05.09.2013.

Fuhrer, J. 2013a: Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Berglandschaft. SAB Tagung – Anpassung an den Klimawandel im Berggebiet, 20.03.2013, p.12, Bern.

Fuhrer, J. 2013b: Spezifische Abschätzung der potenziell bewässerten Fläche des Kantons Uri sowie Ertragssteigerung von Wiesen bis 2060. Email von J. Fuhrer Agroscope an Mario Betschart INFRAS, 03.06.2013.

Fuhrer, J. und Calanca, P. 2012: Klimawandel beeinflusst das Tierwohl bei Milchkühen. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Agrarforschung Schweiz 3(3), 132-139.

Fuhrer J. 2010: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs in der Schweizer Landwirtschaft. Abschlussbericht vom 08. März 2010. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und die Kantone BE, LU, FR, AG, VD, VS, GE und ZH vertreten durch Dr. Fritz Zollinger, Amt für Landwirtschaft, Zürich.

Fuhrer, J. und Jasper, K. 2009: Bewässerungsbedürftigkeit von Acker und Grasland im heutigen Klima. Agrarforschung 16, 396-401.

INFRAS 2014: Berechnung der klimabedingten Risiken und Chancen im Wirkungsbereich Landwirtschaft. Interne Arbeitsdokumentation der Berechnungen.

- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. 2002:** Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 77, 59-91.
- Keller, F. und Fuhrer, J. 2004:** Die Landwirtschaft und der Hitzesommer 2003. *Agrarforschung* 11, 403-410.
- MeteoSchweiz 2013b:** Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht, Fachbericht MeteoSchweiz, 243, 36 pp.
[\[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/publikationen/alle_publicationen/Klimaszenarien_Schweiz_2013.Par.0001.DownloadFile.tmp/fb243klimaszenarien2013.pdf\]](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/forschung/publikationen/alle_publicationen/Klimaszenarien_Schweiz_2013.Par.0001.DownloadFile.tmp/fb243klimaszenarien2013.pdf).
- Mosimann, E., Meisser, M., Deléglise, C., Jeangros, B. 2012:** Das Futterpotenzial der Jura-weiden. *Agrarforschung Schweiz*, 3(11-12), 516-523.
- OcCC/ProClim- (Hrsg.), 2007:** Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.
- OcCC/SCNAT 2005:** Hitzesommer 2003 – Synthesebericht. OcCC/SCNAT, ProClim – Forum for Climate and Global Change, Platform of the Swiss Academy of Sciences, Bern.
- SchweizerHagel 2013:** Datenlieferung zu Schadenssummen von Hagel, Lawinen und Erosion/Murgänge in der Landwirtschaft im Kanton Uri. Email von Hansueli Lusti Schweizer-Hagel an Mario Betschart INFRAS, 31.05.2013.
- SCNAT 2005:** Hitzesommer 2003 – Synthesebericht. SCNAT, ProClim – Forum for Climate and Global Change, Platform of the Swiss Academy of Sciences, Bern.
- Wanner, C. 2013:** Climate change and soil erosion in Switzerland. Modeling the impacts of two climate scenarios on soil erosion for different managements and crops. Master thesis in soil science and bio geography. Department of Geography, University of Zurich (UZH).
- West, J.W. 2003:** Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 2131-2144.

Auswirkungsbereich Waldwirtschaft

- Amt für Forst und Jagd, 2006:** Waldentwicklungsplan, Kanton Uri. Sicherheitsdirektion, Altdorf.
- Bundesamt für Statistik, 2013:** Forststatistik 2012. www.bfs.admin.ch
- Dobbertin, M., Giuggiola, A., 2006:** Baumwachstum und erhöhte Temperaturen. *Forum für Wissen* 2006: 35 – 45.
- Forststatistik:** Holznutzung der Schweiz 1975 – 2003, Bundesamt für Statistik.

- Leitgeb, E., Englisch, M., Herzberger, E., Starlinger, F., 2013:** Fichte und Standort - Ist die Fichte besser als ihr Ruf? BFW-Praxisinformation 31: 7 – 9.
- LFI3 (2004 – 2006):** Schweizerischen Landesforstinventar 3, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Nicolussi, K., Patzelt, G. 2006:** Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze - aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit. BFW-Praxisinformation 10, April 2006, Wien, S. 3 - 5
- Uri, 2013:** www.uri.ch am 29. August 2013
- Wohlgemut, T., Conodera, M., Kupferschmid Alisetti, A., Moser, B., Usbeck, T., Brang, P., Dobbertin, M. 2008:** Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Wald-dynamik im Schweizer Wald. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 159, 10: 336-343.
- Zimmermann, N., Jandl, R., Hanewinkel, M., Kunstler, G., Kölling C., Gasparini, P., Breznikar, A., Meier, E., Normand, S., Ulmer, U., Gschwandtner, T., Veit, H., Naumann, M., Falk, W., Mellert, K., Rizzo, M., Skudnik, M., Psoomas, A., 2013:** Potential Future Ranges of Tree Species in the Alps. Management Strategies to Adapt Alpine Space Forests to Climate Change Risk. Page 37 – 48.
- Zimmermann, N., E., Bugmann, H. 2008:** Die Kastanie im Engadin – oder was halten Baumarten von modellierten Potenzialgebieten? Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 159, 10: 326-335.

Auswirkungsbereich Energie

- BFE 2011: Strompreisentwicklung in der Schweiz. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 08.3280 Stähelin vom 4. Juni 2008. 31 S.**
- EVED 1991:** Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Schlussbericht. Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, 46 S.
- Regierungsrat Uri 2008:** Gesamtenergiestrategie Uri 2008, Altdorf, 129 S.
- VKF-Schadensstatistik 2011:** unveröffentlichte Statistik der Kantonalen Gebäudeversicherungen.
- WSL 2011:** Klimaänderung und Wasserkraft. Fallstudie Stausee Göschenalp. Unveröffentlicht.

Auswirkungsbereich Infrastrukturen und Gebäude

AfBN 2013: Informationen zu den Nationalstrassen per Mail von Richard Püntener erhalten am 20.06.2013. Amt für Nationalstrassen, Baudirektion Uri.

Amt für Tiefbau 2013: Informationen zu Gewässerunterhalt und Hochwasserschutz. Per Mail am 14.8.2013 von Philipp Ernst, Baudirektion, Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau.

ASSV 2013: Jahresstatistik 2012. Amt für Strassen- und Schiffsverkehr Uri ASSV.

Bezzola G. R., Hegg C. (Ed.) 2007: Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707, 215 S.

BFS 2013: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/03/blank/01.html>. Bundesamt für Statistik BFS, Dokument „je-d-11.03.01.04.xls“, Stand 31.12.2011.

EVED 1991: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. Schlussbericht. Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, 46 S.

Geoshop Uri 2013: <http://geoshop.lisag.ch/data/gdeinfo/uri.html> (Abfrage 10.09.2013)

MGB 2013: Schäden an der Infrastruktur der Matterhorn Gotthard Bahn im Perimeter Uri. Matterhorn Gotthard Bahn, erhalten von G. Monn per Mail am 16.08.2013.

OcCC / ProClim 2007: Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. S. 109-122, Bern.

SLF (Hg.) 2000: Der Lawinenwinter 1999. Ereignisanalyse. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, 588 S.

SVV 2013: Auszüge der durch den Elementarschaden-Pool versicherten Schäden der Jahre 2001 bis 2010 nach Jahr, Solidaritätskreise und Schadensursache. Schweizerischer Versicherungsverband SVV, erhalten von P. Brunner per Mail am 18.06.2013.

Swiss Re (Hg.) 2012: Überschwemmungen in der Schweiz – ein unterschätztes Risiko.

VKF-Schadensstatistik 2011: unveröffentlichte Statistik der Kantonalen Gebäudeversicherungen.

Workshop Gebäude und Infrastruktur 2013: Workshop mit Stefan Flury (Kantonsingenieur, Baudirektion) und Sonja Zraggen (Projektleiterin, Abteilung Wasserbau) vom 07.03.2013.

WSL 2001: Lothar. Der Orkan 1999. Ereignisanalyse. Herausgeber: Eidg. Forschungsanstalt WSL und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Birmensdorf, 365 S.

Auswirkungsbereich Wasserwirtschaft

Abwasser Uri, 2013: Telefoninterview mit Herren Yvan Meier und Beat Furger am 28.08.13 sowie 04.09.13)

Amt für Umweltschutz Uri, 2012: Hydrographisches Jahrbuch 11, Niederschläge, Abflüsse, Wasserstände, Wasserbeschaffenheit.

Bonetti, P. 2013: Wasserversorgung Andermatt, Telefoninterview am 04.09.13.

OcCC, 2005: Synthesebericht Hitzesommer 2003. ProClim – Forum for Climate and Global Change (Hrsg.). Bern, 2005.

Tarelli, M. 2013: Wasserversorgung Altdorf, Telefoninterview am 05.09.13.

Walker, R. 2013: Wasserversorgung Göschenen, Telefoninterview am 04.09.13.

Wüthrich, C. 2011: Klimarisikoanalyse des Kantons Uri. Eine Arbeit im Hinblick auf Anpassungsmassnahmen im Umgang mit dem Klimawandel. Amt für Umweltschutz Uri, internes Dokument.

Zwissig, J. 2013: Wasserversorgung Seelisberg, Telefoninterview am 04.09.13.

Auswirkungsbereich Tourismus

BFS 2013a: Bundesamt für Statistik, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 2013

BFS, 2008: Betriebszählung: Arbeitsstätten nach Kanton und Wirtschaftssektor (NOGA 2008), Sektoren 1-3, BFS (2008)

CS, 2011: Credit Suisse Economic Research; Tourismus Schweiz – Wintersportorte im Wettbewerb (Dezember 2011)

HESTA, 2012: Beherbergungsstatistik (HESTA), BFS (2012)

Hotelleriesuisse, 2012, Kennzahlen zur Hotellerie 2009, Hotelleriesuisse (2009)

NELAK (2013): Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge – Chancen und Risiken. Formation des nouveaux lacs suite au recul des glaciers en haute montagne – chances et risques. Forschungsbericht NFP 61. Haeberli, W., Bütler, M., Huggel, C., Müller, H. & Schleiss, A. (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, 300 S.

OECD, 2007: Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management, OECD Publishing (2007). doi: 10.1787/9789264031692-en

Seilbahnen 2012: Seilbahnen Schweiz, Bern, Oktober 2012

- SLF, 2007:** 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. [published online 2007] Available from [http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf] Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 169 S.
- STV, 2012:** Schweizer Tourismus-Verband, Bern 2012, 59 Seiten (2012)
- Vanat 2012:** Vanat, L.; Saisonbilanz 2011/12 – Schweiz; Analyse der Besucherzahlen der Ski-gebiete; (September 2012)
- Vanat 2011:** Vanat, L.; Saisonbilanz 2010/11 – Schweiz; Analyse der Besucherzahlen der Ski-gebiete; (September 2011)
- VAW, 2011:** The Swiss Glaciers 2005/06 and 2006/07, Glaciological Report von Andreas Bauder und Claudia Ryser, Nr. 127/128, 99 pp., 2011
- WSL 2013:** Stoffel, L.; Vergleich der Sprengmethoden: Gazex, Lawinenwächter / -mast Inauen-Schätti, Wyssen Sprengmast, Avalancheur (2013)

Auswirkungsbereich Biodiversität

- BAFU, 2012a:** Strategie Biodiversität Schweiz; Bern
- BAFU, 2012b:** Steckbriefe der Schweizer Smaragd-Gebiete; Bern
- BAFU, 2011:** Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz im Sektor Biodiversitätsmanagement.; Bern.
- BAFU, 2007:** Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz; Bern.
- Essel, 2013:** Essl F., Rabitsch W. (Hrsg.); Biodiversität und Klimawandel; Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa; ISBN 978-3-642-29691-8; Springer Berlin Heidelberg 2013
- FBD, 2007:** Hotspot - Biodiversität und Klimawandel. Biodiversität: Forschung und Praxis im Dialog. Forum Biodiversität Schweiz, Bern
- Kt. Uri Strategie Neobiota, 2012:** Gesundheits-, Sozial-, und Umweltdirektion, Invasive gebietsfremde Organismen, Strategie und Umsetzungskonzept, 2012
- Kueffer, 2011:** Christoph Kueffer, Neophyten in Gebirgen – Wissensstand und Handlungsbedarf, Gesunde Pflanzen (2011) 63:63–68, Springer-Verlag, April 2011, DOI 10.1007/s10343-011-0248-8

- OCCC / PROCLIM 2007:** Klimaänderung und die Schweiz 2050 - Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern
- Pauli et al. 2001:** Pauli H., Gottfried M., Grabherr G., High summits of the Alps in a changing climate, "Fingerprints" of Climate Change, Edited by Walther et al. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York 2001
- Schweiger et al. 2012:** Oliver Schweiger, Risto K. Heikkinen, Alexander Harpke, Thomas Hickler, Stefan Klotz, Otakar Kudrna, Ingolf Kühn, Juha Pöyry, Josef Settele, Increasing range mismatching of interacting species under global change is related to their ecological characteristics, *Global Ecology and Biogeography*, (Global Ecol. Biogeogr.) (2012) 21, 88–99
- Richtplan Uri, 2012:** Richtplan Uri, Natur und Landschaft, Stand 4.4.2012
- Vittoz et al. 2013:** Vittoz P., Cherix D., Gonseth Y., Lubini V., Maggini R., Zbinden N, Zumbach S., Climate change impacts on biodiversity in Switzerland: A review, *Journal for Nature Conservation*, Volume 21, Issue 3, June 2013, Pages 154-162, ISSN 1617-1381, 10.1016/j.jnc.2012.12.002.