



# Klimawandel, Nutzungswandel und Alpwirtschaft

## Teil 1

### Literaturstudie

Verena Blanke

### Interviews in Fallstudienregionen

Verena Blanke und Felix Herzog

Schlussbericht des AlpFUTUR-Teilprojektes 4 „Klima“



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-  
departement EVD  
Forschungsanstalt  
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



Autorin und Autor  
Verena Blanke und Felix Herzog  
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
Reckenholzstrasse 191  
CH-8046 Zürich

Kontakt  
verena.blanke@googlemail.com

#### Zitierung

BLANKE, V.; HERZOG, F.; 2012. Klimawandel, Nutzungswandel und Alpwirtschaft. Schlussbericht des AlpFUTUR-Teilprojektes 4 «Klima», Teil 1. [published online March 2013] Available from World Wide Web <<http://www.alpfutur.ch/berichte/klima1.pdf>>. Zürich, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 59 S.

Bildnachweis Umschlag von oben nach unten:

Alp Praditschöl, Val S-charl, Gemeinde Scuol GR (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)

Fluonalp, Gemeinde Giswil OW (Foto: Gabriela Brändle, Agroscope)

Les Croisettes, Gemeinde L'Abbaye VD (Foto: Stefan Lauber, WSL)

Alp Menigwald, Gemeinde Diemtigen BE (Foto: Stefan Lauber, WSL)

Alp de Mem, Gemeinde San Vittore GR (Foto: Stefan Lauber, WSL)

Alp Brischeru, Gemeinde Mund VS (Foto: Stefan Lauber, WSL)

# **Klimawandel, Nutzungswandel und Alpwirtschaft**

## **Teil 1**

Literaturstudie

Verena Blanke

Interviews in Fallstudienregionen

Verena Blanke und Felix Herzog

Schlussbericht des AlpFUTUR-Teilprojektes 4 „Klima“

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
<b>1. Literaturstudie</b>	<b>1</b>
1.1. Klimatische Grundlagen	1
1.1.1. Temperaturentwicklung in der Schweiz	1
1.1.2. Niederschlagsentwicklung in der Schweiz	2
1.1.3. Lokale Klimaszenarien	2
1.1.4. Extremereignisse	2
1.1.5. Schnee und Gletscher	3
1.1.6. Trockenheit	3
<b>1.2. Einflüsse auf alpine Vegetation, Sömmerungsweiden und ihre Nutzung</b>	<b>4</b>
1.2.1. Einflüsse von Temperatur und Schneedecke auf das Pflanzenwachstum	4
1.2.2. „Hochwandern“ von Pflanzenarten	5
1.2.3. Baumwachstum und Waldgrenze	7
1.2.4. Einflüsse von Trockenheit auf das Pflanzenwachstum	7
1.2.5. Auswirkungen auf die Landwirtschaft	8
1.2.6. Wallis und Jura	9
1.2.7. Einflüsse von Nutzung, Wetterextremen und ihre Wechselwirkungen	10
1.2.8. Einflüsse von N, CO <sub>2</sub> und O <sub>3</sub>	11
<b>1.3. Zusammenfassung Literaturstudie</b>	<b>12</b>
<b>2. Interviews</b>	<b>13</b>
2.1. Zusammenfassung Interviews	21
<b>3. Schlussfolgerungen</b>	<b>22</b>
Danksagung	23
Referenzen	24
Anhang (Klimadiagramme, Interviewprotokolle)	

## Einleitung

Das Verbundprojekt AlpFUTUR beschäftigt sich mit der Zukunft der Sömmerungsweiden in der Schweiz. In verschiedenen Teilprojekten werden darin vergangene, laufende und mögliche weitere Entwicklungen im Sömmerungsgebiet untersucht, um Perspektiven für die Alpwirtschaft innerhalb der nahen Zukunft, d.h. bis etwa 2050, aufzuzeigen.

Eine der im Mittelpunkt stehenden Entwicklungen der heutigen Zeit ist der Klimawandel, dessen Folgen auf z.B. Wasserverfügbarkeit und Vegetation durch überdurchschnittlich stark ansteigende Temperaturen bereits spürbar sind und sich weiter verstärken werden.

Im AlpFUTUR-Teilprojekt Klima geht es darum hauptsächlich um den Einfluss des Klimawandels auf Sömmerungsweiden, und dazu – da oft schwer davon trennbar – um Aspekte sich ändernder Nutzungseinflüsse.

Der vorliegende Bericht besteht aus zwei Teilen: einer Literaturstudie, in der existierende Informationen zu diesem Thema zusammengetragen worden sind, und einer Zusammenstellung von Interviews, in denen in verschiedenen Regionen der Schweiz Betriebsberater und weitere Vertreter(innen) aus der Praxis zu ihren Beobachtungen befragt worden sind.

## 1. Literaturstudie

### 1.1. Klimatische Grundlagen

Eine Zunahme der Emissionen aus Industrie, Landwirtschaft und fossiler Energiegewinnung hat weltweit zu einem Anstieg von reaktiven Stickstoff-(N-)Verbindungen, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan in der Atmosphäre geführt, und diese Entwicklungen werden weiterhin zunehmen. Durch chemische Reaktionen können dadurch weitere Luftschadstoffe entstehen, so sind z.B. Stickoxide Vorläufersubstanzen für die Bildung von troposphärischem Ozon (O<sub>3</sub>). Ausserdem führen – neben Wasserdampf – Stickoxide, CO<sub>2</sub> und Methan als Treibhausgase dazu, dass einfallendes Sonnenlicht, welches als Infrarotstrahlung von der Erdoberfläche reflektiert wird, zurückgehalten wird und die Erde erwärmt. Dieser Effekt hat durch den Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen zugenommen und wird in Zukunft das Klima überdurchschnittlich stark erwärmen (IPCC 2007).

Der Fokus dieser Literaturstudie soll auf der Klimaerwärmung (und der mit ihr einhergehenden Trockenheit) liegen, da mit zunehmender Höhe die Temperatur immer stärker das Pflanzenwachstum limitiert und ab dem Bereich der Baumgrenze der am stärksten limitierende Faktor ist (Körner 2003). Im Anschluss daran werden zusätzlich kurz mögliche direkte Einflüsse der Luftschadstoffe vorgestellt.

#### 1.1.1. Temperaturentwicklung in der Schweiz

Aktuelle Szenarien prognostizieren eine Änderung des Klimas, die sich deutlich vom Verlauf der letzten 150 Jahre unterscheidet (OcCC 2007, CH2011).

So ist das Jahresmittel in der Schweiz von 1864 bis 2010 um fast 1.7°C angestiegen, während es in den nächsten 40 Jahren (d.h. von der Referenzperiode 1980 bis 2009 zum projizierten Zeitraum 2020 bis 2049, der hier im Vordergrund stehen soll) voraussichtlich um 0.9 – 1.4°C ansteigen wird (CH2011). Bis 2050 spielen für die Prognosen unterschiedliche Emissions-Szenarien keine grosse Rolle und auch für verschiedene Jahreszeiten ähneln sich die absoluten Temperaturänderungen.

Nach 2050 hingegen wird die Entwicklung der Emissionen eine grosse Bedeutung haben, so könnten abhängig davon bis zum Ende des Jahrhunderts die mittleren Jahrestemperaturen um 3.2 – 4.8°C (starke Emissionszunahme, Szenario A2; für ausführlichere Informationen siehe auch IPCC 2007), 2.7 – 4.1°C (schwächere Emissionszunahme, mit Höhepunkt im Jahr 2050, A1B) oder nur um 1.2 – 1.8°C steigen (Senkung der Emissionen um 50% bis 2050, RCP3PD). Auch wird ab 2050 deutlich,

dass die Temperaturen im Sommer (Juni, Juli, August) stärker ansteigen werden als im Rest des Jahres.

Die Unsicherheit der Modelle liegt bei etwa 1°C (für detailliertere Informationen siehe CH2011)

### 1.1.2. Niederschlagsentwicklung in der Schweiz

Bis 2050 lässt sich aufgrund einer grossen Unsicherheit kein deutlicher Trend in der Entwicklung der Niederschläge feststellen.

Bis Ende des Jahrhunderts könnten die mittleren Niederschlagsmengen, wieder je nach Szenario, um 21 – 28%, 18 – 24% oder 8 – 10% abnehmen, hauptsächlich im Sommer. In der Südschweiz werden voraussichtlich die Winterniederschläge (Dezember, Januar, Februar) zunehmen (bis zu 23%).

Die Unsicherheit der Modelle liegt bei etwa 15% (CH2011).

### 1.1.3. Lokale Klimaszenarien

Aufgrund kleinräumiger Unterschiede ist in den präsentierten regionalen Szenarien der Alpenraum nicht eingeschlossen. Die CH2011-Daten enthalten aber auch lokale Tagesszenarien auf der Ebene einzelner Klimastation (mittleres Emissions-Szenario; A1B). Aus diesen Daten wurden aktuelle (1980 – 2009) und zukünftige (2021 bis 2050) Klimadiagramme für ausgewählte Stationen erstellt, die in oder in der Nähe von Fallstudienregionen des AlpFUTUR-Projekts liegen (Vallée de Joux (VD); Diemtigtal und Niedersimmental (BE); Visper-, Saas-, Baltschieder- und Nanztal (VS); Obwalden (OW); Misox (GR); Unterengadin (GR)); s. Abb. 1 und Anhang.

Die durch die Szenarien auf Stationsebenen prognostizierten Änderungen stimmen gut mit den bereits vorgestellten regionalen Modellen überein. Es ist zu beachten, dass auch hier die Prognose der Niederschlagsänderung mit einer grossen Unsicherheit behaftet ist und Änderungen bis 2050 nicht signifikant sind.

### 1.1.4. Extremereignisse

Auffälliger als mittlere Änderungen des Klimas werden wohl Zunahmen extremer Wetterereignisse sein.

Es ist von häufigeren, intensiveren und länger anhaltenden Wärme- und Hitzeperioden im Sommer auszugehen. Schweiz-weit könnten Hitzewellen<sup>1</sup> bis zur Mitte des Jahrhunderts um 5 bis 40 Tage zunehmen (10 – 80 bis Ende des Jahrhunderts; dann könnte jeder zweite Sommer mindestens so warm wie der Hitzesommer 2003 sein).

Aufgrund einer dadurch bedingten erhöhten Verdunstung wird sommerliche Trockenheit zunehmen. Die Prognose von Trockenperioden<sup>2</sup> weist eine grosse Unsicherheit auf; diese könnten bis Mitte des Jahrhunderts von 0 bis 40% zunehmen (0 – 70% bis Ende des Jahrhunderts).

Auch Wärmeperioden im Winter werden zunehmen, Kälteextreme abnehmen. Kalte Winternächte<sup>3</sup> könnten bis Mitte des Jahrhunderts um 40 bis 60% abnehmen (50 – 90% bis Ende des Jahrhunderts). Dadurch, dass wärmere Luft eine höhere Wasseraufnahmekapazität hat, werden Starkniederschläge voraussichtlich zunehmen, und zwar auch im Sommer, wenn die Gesamtniederschlagsmenge eher abnimmt. Die Prognose von Häufigkeit und Intensität von Niederschlagsereignissen ist wie die der Niederschlagsänderung insgesamt jedoch unsicher.

Die Entwicklung von Stürmen kann für die Schweiz nicht zuverlässig prognostiziert werden. (CH2011)

<sup>1</sup>Hitzewelle = Anzahl der Hitze-Tage von Mai bis September. Hitze ist dabei definiert als mindestens 6 aufeinanderfolgende Tage, deren Höchsttemperaturen das lokale 90er Perzentil der Referenzperiode 1980 – 2009 überschreiten.

<sup>2</sup>Trockenperiode = Maximale Anzahl aufeinanderfolgender Tage mit weniger als 1 mm Niederschlag von Mai bis September.

<sup>3</sup>Kalte Winternächte = Prozentsatz der Nächte von November bis März, deren Tiefsttemperatur unter dem 10er Percentil der Referenzperiode liegt.

Diesen Prognosen liegt das mittlere Emissions-Szenario zugrunde.

### 1.1.5. Schnee und Gletscher

In der Schweiz ist die Klimaänderung anhand schmelzender Gletscher schon deutlich wahrnehmbar, und bis zum Ende des 21. Jahrhunderts könnten Gletscher weitere 50 – 90% ihres aktuellen Volumens verlieren (Beniston 2012).

Solch eine Abnahme der Schnee- und Eisflächen führt durch positive Rückkopplungseffekte dazu, dass sich das Klima in diesen Bereichen (d.h. in der Höhe und global gesehen auch in hohen Breiten) stärker erwärmt als anderswo (OcCC 2007, CH2011). Das liegt daran, dass Schnee und Eis im Gegensatz zu Boden und Wasser einen Grossteil des einfallenden Sonnenlichts reflektieren und sich so, sowie die Luft darüber, weniger erwärmen. Verringert sich aber diese „Albedo“, weil Boden oder Wasser freigegeben werden, führt das dazu, dass einfallende Sonnenstrahlen die Region vergleichsweise stärker aufheizen.

So ist in der Schweiz und besonders in den Alpen im Verlauf des letzten Jahrhunderts die Temperatur bereits etwa doppelt bis dreimal so stark angestiegen wie im globalen Durchschnitt (Rebetz & Reinhard 2007, Beniston 2012).

Durch steigende Temperaturen verschiebt sich auch die Schneefallgrenze in grössere Höhen, um etwa 150 m pro °C Erwärmung (Beniston 2012), und Niederschläge werden eher in Form von Regen als Schnee fallen (CH2011).

Seit den 80er Jahren lässt sich in den Schweizer Alpen bereits eine Abnahme der mittleren Schneetiefe und Dauer der Schneebedeckung verfolgen (Laternser & Schneebeli 2003) und bis Ende des Jahrhunderts (bei einer Erwärmung um 4°C) könnte das Schneevolumen auf einer Höhe von 1000 m ü.M. um 90% abnehmen, auf 2000 m ü.M. um 50% und auf 3000 m ü.M. um 35%. Ausserdem könnte die Dauer der Schneebedeckung auf 2000 – 2500 m ü.M. bis zu 60 Tage abnehmen, auf 1000 m ü.M. sogar um 120 Tage, was hauptsächlich an einer früheren Schneeschmelze liegt (Beniston et al. 2003).

Aufgrund eines Ansteigens von Permafrostgrenzen werden zudem Hänge und Felsen instabil und es kommt vermehrt zu Hangrutschen und Steinschlägen; die genauen Entwicklungen hängen aber stark von Untergrund, Topographie und Exposition ab (Theurillat & Guisan 2001, OcCC 2007).

Durch das Abschmelzen von Gletschern und einer Zunahme von (Stark-)Regen gegenüber Schnee kommt es besonders im Winter und in den Übergangsjahreszeiten zu einem erhöhten Risiko von Überschwemmungen, die hauptsächlich tiefere Lagen betreffen. Im Gebirge ist hingegen mit einer Zunahme von Murgängen zu rechnen (OcCC 2007, CH2011).

Farinotti et al. (2012) prognostizieren, dass die jährlichen Abflüsse in neun Schweizer Gletscher-Einzugsgebieten, die einen grossen Bereich von morphologischen und klimatischen Gegebenheiten abdecken, vor 2050 ihr Maximum erreichen werden.

### 1.1.6. Trockenheit

Die Schweiz hat global gesehen durch relativ ergiebige Niederschläge und Schnee- und Eisreserven ein hohes Wasserdargebot und wird daher vergleichsweise wenig Trockenheitsprobleme bekommen. Schmelzende Gletscher und abnehmende Schneereserven führen jedoch langfristig zu grösserer Trockenheit, und die Grundwasserneubildung wird im Zeitraum bis 2050 im Sommer und Herbst in nicht vergletscherten Gebieten zurückgehen (OcCC 2007).

Ausserdem erhöht sich, wie schon erwähnt (s. 1.1.4. Extremereignisse), durch steigende Temperaturen – selbst wenn sich die Niederschlagsmenge nicht deutlich ändert – die Verdunstung und somit die

Gefahr von Trockenheit, besonders im Sommer (OcCC 2007, CH2011). So könnte bis Ende des 21. Jahrhunderts die potentielle Verdunstung um etwa 20% zunehmen, wobei es deutliche Unterschiede zwischen Regionen und Höhenlagen gibt (Calanca et al. 2006; Einzugsgebiete von Thur, Ticino und Rhone untersucht).

Die meisten (sub)alpinen Regionen der Schweiz, d.h. Bereiche, in denen Sömmerungsweiden liegen, werden voraussichtlich weniger Probleme mit sommerlicher Trockenheit haben als das Tiefland. Das liegt zum einen daran, dass Niederschläge im Durchschnitt mit der Höhe zunehmen (Theurillat & Guisan 2001, OcCC 2007), und zum anderen, dass mit steigender Höhe die potentielle Verdunstung aufgrund sinkender Temperaturen und Veränderungen von Dampfdruckdefiziten sinkt (Calanca et al. 2006).

Eine Modell-Studie in den Kitzbühler Alpen prognostiziert, dass die regionale Wasserverfügbarkeit, trotz Abnahmen, bis 2100 für alle Nutzer genügen wird. Dies wurde durch Beobachtungen während des Sommers 2003 in Österreich und auch in der Schweiz bestätigt (Vanham et al. 2009).

Einige Regionen wie inneralpine Täler, Wallis und Jura sind jedoch heute schon mit Wasserknappheit konfrontiert (OcCC 2007).

Im Wallis liegt das an geringen Niederschlagsmengen (s. auch Klimadiagramme im Anhang); einer Studie im Saastal zufolge werden aber Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt kurzfristig (bis 2050) als gering eingeschätzt (econcept 2011).

Im Jura sind Trockenheitsprobleme vor allem durch die kalkhaltigen Unterböden begründet, durch die Wasser sehr schnell abfließt (z.B. Mosimann et al. 2012). Im letzten Jahrhundert hat dort ein Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 1.5°C bereits zu spürbar häufigeren Dürreperioden geführt (Buttler et al. 2012).

Allgemein sind Klima-Einflüsse stärker in tieferen Gebieten, auf Kalk und an südexponierten Hängen (Theurillat & Guisan 2001).

## 1.2. Einflüsse auf alpine Vegetation, Sömmerungsweiden und ihre Nutzung

Die meisten der folgenden Prognosen beziehen sich auf die CH2007-Klimaszenarien wie sie im OcCC-Bericht von 2007 vorgestellt worden sind. Die (hauptsächlich) im vorigen Kapitel vorgestellten CH2011-Szenarien stimmen zwar grösstenteils damit überein, unterscheiden sich aber in diesen Punkten:

Laut CH2011 wird die Erwärmung und damit Trockenheit im Sommer gegenüber CH2007 etwas schwächer ausfallen, die Erwärmung im Winter bis 2050 aber stärker.

Während die CH2007-Szenarien bis Mitte des Jahrhunderts Schweiz-weit eine Zunahme der Winter-niederschläge um 10% und eine Abnahme der Sommerniederschläge bis zu 20% prognostizieren, gibt es laut CH2011 in dieser Zeit noch keine deutlichen Trends; und in der zweiten Hälfte des kommenden Jahrhunderts zwar insgesamt abnehmende Sommerniederschläge, aber zunehmende Winter-niederschläge nur in der Südschweiz (s. 1.1.2. Niederschlagsentwicklung in der Schweiz).

Dies, das heisst, dass es in naher Zukunft eher zu weniger Trockenheitsproblemen kommt, sollte also beim Lesen der folgenden möglichen Einflüsse auf die Vegetation berücksichtigt werden.

### 1.2.1. Einflüsse von Temperatur und Schneedecke auf das Pflanzenwachstum

In den Alpen ist die Schneedecke einer der wichtigsten Faktoren, der Mikroklima und Pflanzenwachstum bestimmt, und die Schneeschmelze ist für die meisten Arten der Beginn ihres Vegetationszyklus (Körner 2003, Wipf & Rixen 2010).



In den Schweizer Alpen wird die Mächtigkeit der Schneedecke und Dauer der Schneebedeckung voraussichtlich abnehmen (s. 1.1.5. Schnee & Gletscher), so dass sich die Vegetationsperiode verlängert; hauptsächlich durch eine frühere Schneeschmelze.

Einer Studie zufolge, in der an verschiedenen Meteorologischen Stationen in den Schweizer Alpen das Pflanzenwachstum gemessen und simuliert wurde, wird bis zum Ende des Jahrhunderts die Schneeschmelze und damit Vegetationsperiode im Durchschnitt 17 Tage früher beginnen. Dies und der damit verbundene Temperaturanstieg würde in den untersuchten Pflanzengesellschaften – überwiegend *Poion alpinae* (Milchkrautweiden) zwischen 1500 und 2500 m ü.M., und von Kühen beweidet – zu einer durchschnittlichen Zunahme der Pflanzenhöhe um 77% und der Biomasse um 45% führen; hauptsächlich dadurch, dass höher-wachsende Pflanzenarten von einer längeren Vegetationsperiode profitieren (Jonas et al. 2008, Rammig et al. 2010).

Im Hinblick auf funktionelle Pflanzengruppen nahm die Produktivität von Gräsern in diversen Studien, in denen die Schneeschmelze experimentell verzögert wurde, im Durchschnitt ab, während die der Kräuter zunahm; Zwergsträucher zeigten kein generelles Muster. Tendenziell nahm auch die Biodiversität durch eine längere Schneedecke ab. Darüber, ob dies umgekehrt aber auch für eine frühere Schneeschmelze gilt, lässt sich allerdings nur spekulieren.

Auch nimmt die Produktivität in Pflanzengesellschaften, in denen die Vegetationsperiode sehr kurz ist (z.B. Schneetälchen), durch eine frühere Schneeschmelze zu.

Was die Phänologie angeht, reagierten Gräser am wenigsten auf eine veränderte Schneeschmelze (was einen Einfluss darauf haben kann, dass ihre Biomasse in einer kürzeren Vegetationsperiode abnahm), aber Kräuter, und besonders Zwergsträucher passten ihre Blühzeit an (Wipf & Rixen 2010).

Es sind aber nicht alle Pflanzen in der Lage, flexibel auf Veränderungen der Vegetationsperiode zu reagieren, da ihre Entwicklung genetisch festgelegt ist; so können viele Arten ihre Wachstumsperiode maximal um 2 Wochen verlängern (OcCC 2007). Aus diesem Grund haben in einer Studie in den französischen Alpen Pflanzengesellschaften in Schneetälchen möglicherweise nicht von einer experimentelle Verlängerung der Vegetationsperiode profitiert; zudem können Schäden durch Spätfröste die Vorteile einer längeren Vegetationsperiode aufgehoben haben (Baptist et al. 2010).

Denn durch früheres Abschmelzen der isolierenden Schneedecke sind Pflanzen stärker dem Einfluss von Spätfrösten ausgesetzt (wenn das Risiko dafür konstant bleibt) (Inouye 2000, Wipf & Rixen 2010). Zwergsträucher können durch milde Winter oder einen frühen Frühlingsanfang ihre Frostresistenz verlieren und früher in die Wachstumsphase eintreten, was wiederum zu einem erhöhten Risiko von Frostschäden führt (Theurillat & Guisan 2001, Wipf et al. 2009).

Zudem beeinflusst die Schneedecke auch die mikrobielle Aktivität und damit Abbauraten und Nährstoffverfügbarkeit im Boden, wodurch sie zusätzlich einen indirekten Einfluss auf das Pflanzenwachstum hat (Wipf & Rixen 2010).

Solche indirekten Einflüsse existieren natürlich auch für die Temperatur generell und für weitere im Folgenden vorgestellte Faktoren (Trockenheit, Nährstoffeintrag...), sowie auf (pilzliche bis tierische) Nützlinge oder Schädlinge (Theurillat & Guisan 2001, Fuhrer 2003), die aber hier nicht detailliert vorgestellt werden sollen.

### 1.2.2. „Hochwandern“ von Pflanzenarten

Da verschiedene Pflanzenarten in ihrer Produktivität und Fortpflanzungsfähigkeit unterschiedlich auf klimatische Einflüsse reagieren, ändern sich ihre Konkurrenzfähigkeiten. Bleiben diese Einflüsse über längere Zeit bestehen, so verändert sich die Artenzusammensetzung in Pflanzengesellschaften.

Mittlerweile ist gut dokumentiert, dass sich durch die Klimaerwärmung die Verbreitung von Arten und Vegetationsgesellschaften in immer höhere Regionen verschiebt.

Dabei nimmt auf hohen Gipfeln, bzw. in der hochalpinen bis nivalen Zone der Artenreichtum häufig zu, während dies in tieferen Lagen weniger deutlich ist, oder die Biodiversität abnimmt. Kaltangepasste Arten nehmen oft zugunsten warmangepasster ab; so werden nivale Arten durch alpine verdrängt, und alpine Arten durch konkurrenzstärkere subalpine, wie z.B. Sträucher oder sich rasch ausbreitende Gräser, was in diesen Bereichen dann zu einer Abnahme der Artenvielfalt führen kann. (Grabherr et al. 1994 (Österreich und Schweizer Alpen), Walther et al. 2005 (Bernina Massiv, Schweiz), Pauli et al. 2007 (Schrankogel, Österreich), Erschbamer et al. 2009 (Dolomiten, Italien), Frei et al. 2010, Gottfried et al. 2012 (Europäische Alpen)). Dabei stellten Walther et al. (2005) im Vergleich zum Anfang der Jahrhunderts, ab 1985 eine beschleunigte Aufwärtsbewegung fest.

In hohen Lagen nehmen aber geeignete Habitats für die Ansiedlung von Pflanzen ab, da insgesamt der Platz abnimmt (wie bei einer Pyramide) und die Hänge steiler werden (ab mehr als 40° Steigung ist kaum mehr die Ansiedlung einer geschlossenen Vegetation möglich) (Theurillat & Guisan 2001). Zudem können Pflanzen möglicherweise nicht schnell genug ausweichen (besonders, wenn es an dem betrachteten Berg keine (besiedelbaren) höheren Habitats mehr gibt), da viele alpine Arten sich hauptsächlich klonal (z.B. über Ausläufer) und nur wenig über Samen vermehren (Theurillat & Guisan 2001, Körner 2003).

In den Europäischen Alpen sind Pflanzenarten seit Beginn des 21. Jahrhunderts bereits bis zu 100 Höhenmeter aufgestiegen (Frei et al. 2010), und Prognosen für das weitere Ansteigen der Verbreitung von Arten richten sich nach der erwarteten Erwärmung und der Tatsache, dass die Temperatur um etwa 0.56°C pro 100 Höhenmeter sinkt. Das heisst bei einer Temperaturzunahme von 3.3°C würden sich Ökosystemgrenzen um weitere 600 m in die Höhe verschieben (was einer ganzen Vegetationszone entspricht), und die alpine Zone in der Schweiz würde so um 63% an Fläche verlieren; die subalpine dagegen nur um 9% (Theurillat & Guisan 2001).

Diese Veränderungen passieren aufgrund von Ausbreitungslimitierungen natürlich über einen viel längeren Zeitraum, als es nur durch den Temperaturanstieg theoretisch möglich wäre (s. auch Grabherr et al. 1994).

Erschbamer et al. (2009) fanden allerdings schon innerhalb von fünf Jahren eine Artenzunahme um bis zu 10% in der alpinen und subnivalen Zone, wogegen es in der subalpinen Zone nur 1% war; und Pauli et al. (2007) registrierten nach 10 Jahren eine durchschnittliche Zunahme der Arten um 11.8%, die auf nivalen Untersuchungsflächen stärker war als auf alpinen.

Es wird einerseits angenommen, dass alpine Ökosysteme sehr empfindlich auf den Klimawandel reagieren werden (z.B. Theurillat & Guisan 2001, Pauli et al. 2007); auch, da sich in hohen Lagen das Klima stärker erwärmt (s. 1.1.5. Schnee und Gletscher).

Andererseits scheinen – verglichen mit natürlichen Schwankungen, denen alpine Pflanzen ausgesetzt sind – Klimaszenarien nur zu kleinen Änderungen zu führen (Körner 2003).

Ausserdem besteht die Gefahr, dass gröbere Modelle den Habitatverlust überschätzen, da durch ein in den Alpen vorkommendes Mosaik an Habitats, die sich stark in ihrem Mikroklima unterscheiden, viele Arten voraussichtlich „Flucht-Habitats“ finden werden. Insgesamt wird dadurch die Konkurrenz um kältere Habitats zwar zunehmen, es in alpinen Regionen aber wohl zu weniger Veränderungen kommen als im Tiefland (Scherrer & Körner 2011).

Vermutlich werden die meisten alpinen und nivalen Arten und Ökosysteme eine Temperaturerhöhung um 1 – 2°C tolerieren (Theurillat & Guisan 2001), das heisst nach den oben vorgestellten Klimaszenarien bis 2050 nicht vom Klimawandel beeinflusst.

Zudem wird sich eine geschlossene Vegetation, wie sie in subalpinem und alpinem Grasland – d.h. in dem Bereich, in dem Sömmerungsweiden zu finden sind – vorkommt, im Vergleich zu offenen, höher gelegenen Habitats langsamer ändern, da eine dichte Pflanzendecke neuen Arten die Einwanderung erschwert (Vittoz et al. 2009, Körner 2003).

Neben den vorgestellten Studien in den Alpen wurden auch im Jura Vegetationsaufnahmen aus Tannengesellschaften zwischen 550 und 1350 m ü.M. nach 30 (1989 – 2007) Jahren wiederholt, und auch dort fand man eine Zunahme von Tieflandarten, die allerdings im Vergleich zur Temperaturzunahme gering war, vielleicht aufgrund von Limitierungen bei der Ausbreitung der Pflanzen oder einem kälteren Mikroklima unter den Baumkronen (Lenoir et al. 2010).

### 1.2.3. Baumwachstum und Waldgrenze

Im Zusammenhang mit der Zunahme von warm-angepassten Pflanzen und dem Ansteigen von Vegetationszonen, kommt es auch zu einem stärkeren Baumwachstum und einem Ansteigen der Baumgrenze (Gehrig-Fasel et al. 2007, Grace et al. 2002), was jedoch aufgrund der langen Lebensspanne von Bäumen noch langsamer abläuft.

Zudem wird das Wachstum bzw. Vorrücken von Bäumen im Vergleich zu niedrigerer Vegetation stärker durch weitere Faktoren (neben dem Klima) beeinflusst, was zu einer zusätzlichen „Trägheit“ der Baumgrenze führt. Diese wären zum Beispiel Wind, Bodentiefe, Nährstoffe, und der Umstand, dass Einzelbäume im Vergleich zu Wald, Zwergsträuchern und flacher Vegetation durch das Fehlen eines eigenen Mikroklimas stärker den Schwankungen der Lufttemperatur ausgesetzt sind (Grace et al. 2002, Körner 2003, Theurillat & Guisan 2001). So kommt es bei einem Temperaturanstieg von 1 – 2°C in der Schweiz voraussichtlich nur zu einer Anhebung der Baumgrenze um 100 – 200m, obwohl die Temperatur allein einen stärkeren Anstieg bewirken würde; dies wurde auch durch Pollenanalysen aus Warmzeiten des Holozäns bestätigt (Theurillat & Guisan 2001).

Ein tatsächliches Ansteigen der Baumgrenze muss jedoch klar von einem Einrücken von Bäumen in nicht mehr beweidete Flächen unterschieden werden.

In einer Studie in den Schweizer Alpen wurde gezeigt, dass zwischen 1985 und 1997 die Baumbedeckung zwischen 1650 und 2450 m ü.M. deutlich zugenommen hat; davon waren allerdings nur 10% durch ein Ansteigen der Bäume in höhere Regionen bedingt und 90% durch Einwachsen in ehemals genutzte Flächen. Von den 10% Anstiegen lagen die meisten 300 m unterhalb der klimatischen Baumgrenze, so dass insgesamt nur in 4% der Fälle die Baumgrenze aufgrund der Erwärmung angestiegen ist (Gehrig-Fasel et al. 2007).

### 1.2.4. Einflüsse von Trockenheit auf das Pflanzenwachstum

Während sich wärmere Temperaturen *per se* grundsätzlich positiv auf das Wachstum von Pflanzen auswirken, führen sie über eine höhere potentielle Verdunstung zu stärkerer Trockenheit (s. auch 1.1.6. Trockenheit). Neben einer (wahrscheinlich erst nach 2050 signifikant werdenden) Abnahme von Niederschlägen verringert auch eine kürzere Schneebedeckung die Feuchtigkeit von Böden, und eine daraus resultierende verlängerte Vegetationsperiode und grössere Biomasse führt zu einer höheren Verdunstung auch über Pflanzen (Körner 2003, Wipf & Rixen 2010, CH2011).

Wie schon erwähnt, nehmen Trockenheitsprobleme für die Vegetation in höheren Regionen aber ab, und an der Baumgrenze ist die Temperatur der am stärksten limitierende Faktor (Körner 2003). Selbst der sehr trockene Hitzesommer 2003 hat ab der subalpinen Zone im Durchschnitt zu verbessertem Pflanzenwachstum geführt (Jolly et al. 2005).

So wurde auch in einer Studie im Stubaital in Österreich die Funktion eines Graslands auf 1000 m ü.M. durch Trockenperioden, wie sie heute vorkommen, nicht beeinträchtigt (Brilli et al. 2011). Dagegen ergaben eine Zusammenstellung von Studien und weitere Experimente, dass (sub)alpine Wiesen in den USA und in Asien auch durch Bodenfeuchte limitiert sind (Berdanier & Klein 2011).

Funktionelle Pflanzengruppen reagieren wieder unterschiedlich auch auf Trockenheit; so hat experimentelle Trockenheit in einer Borstgras-Schneetälchen-Gesellschaft in Schottland die Biomasse der Gräser reduziert (bei einer Abnahme auch der Gesamtbiomasse), während die Produktivität der Kräuter gefördert wurde (Johnson et al. 2011).

Auch im Tessin (allerdings in tieferen Lagen, d.h. 700 – 900 m ü.M.) verschob sich nach einer extremen Trockenperiode die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft zu Ungunsten der Gräser (Stampfli & Zeiter 2004).

In einer Studie in der Schweiz, in der auf verschiedenen Höhenstufen (ca. 400 (Chameau), 1000 (Frübüel), 2000 (Alp Weissenstein) m ü.M.) während 2-3 Sommern durch die Abschirmung von Niederschlägen sommerliche Trockenheit simuliert wurde, nahm die oberirdische Biomasse – wieder hauptsächlich aufgrund von Veränderungen bei den Gräsern – besonders im höchstgelegenen Gebiet ab. Die Alp Weissenstein war hier allerdings das Gebiet mit der geringsten Niederschlagsmenge im Jahr; d.h. Flächen mit geringem Niederschlag waren sensibler gegenüber Trockenheit (Gilgen & Buchmann 2009). In dieser Studie wurde jedoch eine sehr starke Trockenheit simuliert, und zwar eine Abnahme der Niederschlagsmenge von Mai bis August um 45%, wie sie bis 2050 wahrscheinlich nicht zu erwarten ist.

Was Bäume angeht, zeigen z.B. Wald-Föhren im Valle d'Aosta, einer trockenen Region in den italienischen Inneralpen (Vacchiano et al. 2012) und Arven in trockenen, tiefer liegenden Regionen der Schweizer Zentralalpen bereits Trockenstress, während das Wachstum von Arven an der Baumgrenze weiter temperaturabhängig ist (Vittoz et al. 2008). Für die Österreicher Alpen wird prognostiziert, dass die Produktivität von Fichten bis 2080 zunehmen wird (Kapeller et al. 2012), und im Vergleich zu anderen Arten könnten besonders Lärchen von einer Temperatur- und damit verbundenen Trockenheitszunahme profitieren (Theurillat & Guisan 2001).

Im Hinblick auf die Gefährdung von alpinen Pflanzen und Habitaten durch Trockenheit wurde in einer Studie in den Kalkalpen Österreichs prognostiziert, dass – in Übereinstimmung mit der oben vorgestellten Prognose im Hinblick auf die Temperatur – es erst ab einer Erwärmung von über 2°C und einer damit einhergehenden Niederschlagsabnahme von 30 – 80 mm im August zu Veränderungen kommen wird; hauptsächlich durch ein Vorrücken von Legföhren (Dirnböck et al. 2003).

### 1.2.5. Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Es wird angenommen, dass sich für die Schweizer Landwirtschaft eine moderate Erwärmung von 2 – 3°C im Jahresdurchschnitt insgesamt positiv auswirkt, das heisst auf die pflanzliche Produktivität und auf die Tierproduktion, besonders durch eine Verlängerung der Weideperiode und dadurch, dass Futtermittel vermehrt im Inland produziert werden können.

Dabei kann es aber zu einem Rückgang der Futterqualität kommen, da an wärmere Bedingungen angepasste Futterpflanzen oft einen geringeren Futterwert haben (OcCC 2007). Was Nährstoffkonzentrationen in Pflanzen angeht, ist es allgemein so, dass sich Nährstoffe in schneller/grösser wachsenden Pflanzen verdünnen, wenn sie nicht im Überschuss im Boden vorhanden sind (Jarrell & Beverly 1981), so dass Tiere mehr fressen müssen (vgl. Theurillat & Guisan 2001).

Eine zunehmende Trockenheit im Sommer wird sich natürlich immer negativer auf die Produktivität von Pflanzen auswirken. Auch wurde gezeigt, dass Trockenheit, wie sie im Sommer 2003 vorkam, die Fettsäurekonzentration von Pflanzen in einem alpinen Grasland verringert hat (Revello-Chion et al. 2011).

Auf nassen Weiden kann eine zunehmende Trockenheit hingegen zum Vorteil durch weniger Trittschäden führen.

Bei einer Erwärmung von mehr als 2 – 3°C werden die Nachteile des Wassermangels während der Vegetationsperiode überwiegen (OcCC 2007).

Die Pflanzen- und Tierproduktion in höheren Lagen wird durch steigende Temperaturen vergleichsweise stärker gefördert, da sie, wie in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellt, weniger Probleme mit sommerlicher Trockenheit haben werden. In alpinen Gebieten der Schweiz wird Wassermangel eine temperaturbedingte Zunahme der Produktivität bis Mitte des Jahrhunderts wohl nicht hemmen – ausser in Regionen, die schon jetzt Trockenheitsprobleme haben, wie im Wallis oder Jura (OcCC 2007).

Neben positiven Einflüssen auf die Zunahme der Pflanzenbiomasse, wird sich die Sömmerungsperiode verlängern; so erfolgt aufgrund früherer Ausaperung die Bestossung von Alpweiden heute schon 15 Tage früher als vor 30 Jahren, und es entstehen Vorteile durch eine kürzere Winterfütterungsperiode (OcCC 2007).

Die Rauhfutterernte im Berggebiet könnte besonders in Regionen, die vom Junimonsun betroffen sind, von einer Klimaerwärmung profitieren, und zwar, da es dort der frühere Wachstumsbeginn ermöglichen könnte, den ersten Schnitt vor dieser Regenperiode durchzuführen (Luder & Moriz 2005).

Und während es durch wärmere Temperaturen im Tiefland zunehmend zu direktem Hitzestress für das Vieh kommt und diese Gefahr in Zukunft steigen wird (Fuhrer & Calanca 2012), wird dies in höheren Lagen nicht so schnell der Fall sein.

Insgesamt könnte die Bedeutung der Hochlagen, inklusive der Sömmerungsweiden, für die Viehwirtschaft sogar zunehmen, als Ausgleichsflächen, wenn tiefere Gebiete verstärkt unter Wassermangel leiden. Dafür ist es wichtig, dass Weideflächen offengehalten werden (OcCC 2007). Dies wird aber wahrscheinlich zu einem sehr grossen Teil von ökonomischen und politischen Entscheidungen überlagert sein (siehe auch andere Berichte des Projekts AlpFUTUR).

### 1.2.6. Wallis und Jura

Da von den AlpFUTUR-Untersuchungsgebieten Wallis und Jura die grössten Trockenheitsprobleme haben und wohl auch weiterhin haben werden, soll hier noch einmal speziell auf diese Regionen eingegangen werden.

Einer Studie im Saastal zufolge wird im Zeitraum bis 2050 in tieferen Lagen der negative Einfluss von Trockenheit auf Bäume und krautige Vegetation zwar zunehmen, in höheren Lagen, inklusive der alpinen Wiesen und Weiden, wird jedoch die Produktivität temperaturbedingt zunehmen, mit positivem Effekt auf die Landwirtschaft. Auswirkungen auf die Biodiversität werden wohl auch erst nach 2050 sichtbar (econcept 2011). Eine Modellstudie von Briner et al. (2012) bestätigt die Produktivitätszunahme der Alpweiden, sieht jedoch aus ökonomischen Gründen keine Zunahme der Tierzahlen, wodurch die zusätzliche Biomasse genutzt würde. Stattdessen wird eine Abnahme der Produktion erwartet und zusätzlich eine vermehrte Umstellung von Milch- auf Fleischproduktion.

Im Jura hat sich im Sömmerungsgebiet (was deutlich tiefer als das der Alpen liegt) eine zunehmende Trockenheit zum Teil bereits auf die Futterproduktion ausgewirkt, so dass Betriebe mehr Futter zu kaufen müssen oder den Tierbestand angepasst haben (Buttler et al. 2012). Es nehmen aber auch dort Trockenheitsprobleme zu höheren Lagen hin ab, so dass die Sömmerungsflächen zukünftig als Ausweichflächen interessanter werden könnten (Mosimann et al. 2012).

Eine Besonderheit des Juras sind die Wytweiden (Waldweiden). Gegenüber offenen Weiden haben diese den Vorteil, dass durch Beschattung der Bäume die Bodenfeuchte nicht so schnell abnimmt. In einer experimentellen und Modell-Studie im Waadtländer Jura (zwischen Genfer See und Lac de Joux) wurde gezeigt, dass mit steigenden Temperaturen und weniger Niederschlägen die Futterproduktion auf offenen Weiden zurückgeht, während sie auf Wytweiden (d.h. licht bewaldet) stabil bleibt und auf dicht bewaldeten Weiden sogar leicht zunimmt. Wytweiden sollten es also erlauben, trotz einer Zunahme von Trockenperioden eine kontinuierliche Grasmenge zu produzieren. Deutlich wer-

den diese Entwicklungen und Unterschiede aber wieder erst bei einer Temperaturzunahme von mehr als 2°C und einer Niederschlagsabnahme von über 20% werden.

Die Erhaltung der Wytweiden hängt allerdings stark von der Nutzung ab; eine Übernutzung fördert die Entstehung offener, trockenheitsempfindlicher Weiden; durch eine längerfristige Unternutzung nimmt die Walddichte zu.

Bei zunehmender Trockenheit kann die momentan bestehende Nutzungsintensität zur Übernutzung von intensiv genutzten, offenen Weiden führen, weil das Futterangebot zurückgeht; die Auslastung extensiv genutzter, bewaldeter Weiden wird bis 2050 aber wohl unter der 100%-Schwelle bleiben. Führt die nächste Reform-Etappe der Agrarpolitik zu einer Extensivierung der Landnutzung, werden langfristig geschlossene Waldflächen gefördert (Buttler et al. 2012).

### 1.2.7. Einflüsse von Nutzung, Wetterextremen und ihre Wechselwirkungen

Wie im vorangegangenen Abschnitt und im Kapitel 1.2.3. Baumwachstum und Waldgrenze schon deutlich geworden, hängt die Entwicklung von Sömmerungsflächen in den Alpen und im Jura stark von der Nutzung ab, die im Vergleich zum Klimawandel einen viel grösseren Einfluss haben wird. Und dadurch, dass das Ökosystem der Alpweiden menschlich-gemacht ist, ist eine nachhaltige Nutzung nötig, um es zu erhalten (siehe z.B. Körner 2003).

Generell kommt es aber zu einer Intensivierung günstig gelegener oder gut nutzbarer Flächen und zu einer Extensivierung bis Aufgabe weniger geeigneter Flächen, wodurch die Sömmerungsfläche insgesamt durch Verbuschung und Wiederbewaldung abnimmt (Baur et al. 2007, OcCC 2007).

Eine veränderte Landnutzung hat natürlich auch einen grossen Einfluss auf die Biodiversität von Weiden (siehe z.B. OcCC 2007 und andere AlpFUTUR-Teilprojekte).

Neben der Nutzung werden bis 2050 auch Wetterextreme einen grösseren Einfluss auf Ökosysteme haben als die zu erwartenden mittleren Klimaänderungen, und auch die Landwirtschaft wird eher von Extremereignissen (Dürren, Starkniederschläge...) beeinflusst (OcCC 2007).

Es ist oft schwierig, die Einflüsse von Klima- und Nutzungsänderung trennen, da sich im Laufe der Zeit beide verändern; ausserdem können sie sich gegenseitig beeinflussen.

So wird durch Beweidung an der Baumgrenze ein klimatisch bedingtes Vorrücken der Bäume verhindert, während eine Klima-bedingte Zunahme der Produktivität das Einwachsen von extensivierten oder aufgegebenen Weiden verstärkt. (Kulakowski et al. 2011, Theurillat & Guisan 2001, OcCC 2007). Vor diesem Hintergrund sollte alpines Weideland zu seiner Erhaltung in Zukunft noch gründlicher offen gehalten werden (OcCC 2007).

Weiter entstehen Schäden durch Extremereignisse (wie Erosion, Hangrutsche nach Starkniederschlägen) besonders dort, wo schon menschliche Eingriffe in die natürliche Vegetation vorliegen (OcCC 2007, Beniston 2012). So wurde auch in einer Fallstudie im Urserental die Zunahme von Hangrutschen hauptsächlich durch eine Zunahme der Bestossungszahlen und Starkregenereignissen begründet (Meusburger & Alewell 2008). Umgekehrt erhöht eine Erhaltung der Biodiversität und nachhaltige Nutzung die Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen (OcCC 2007).

Und eine Nutzungsänderung kann wiederum über eine Veränderung der Bodeneigenschaften oder der Vegetation einen Einfluss auf Wasserabfluss oder Verdunstung haben und somit auf die lokale Wasserverfügbarkeit (OcCC 2007, Leitinger et al. 2010).

Unabhängig von der Nutzung sind überdurchschnittliche Folgen der Klimaerwärmung in klimatischen Grenzzonen zu erwarten, d.h. wo kleine Änderungen in Temperatur oder Trockenheit zu grossen Änderungen führen würden, wie z.B. in auftauenden Permafrostgebieten, an Trockenstandorten an der Grenze zur Versteppung und an nur schwach vernässten Feuchtstandorten (OcCC 2007).

### 1.2.8. Einflüsse von N, CO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

Die Konzentration reaktiver N-Verbindungen in der Atmosphäre ist im vergangenen Jahrhundert um das Dreifache angestiegen, und wird sich bis 2050 voraussichtlich noch einmal verdoppeln (Galloway et al. 2008), was zu einer erhöhten N-Deposition in Ökosysteme geführt hat und weiter führen wird. Auf diesem Wege werden in alpinen Regionen der Schweiz etwa 5 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> eingetragen, während es in einigen Regionen des Mittellandes bereits mehr als 40 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> sind (EKL 2005).

Da die meisten Ökosysteme Stickstoff-limitiert sind, fördert eine erhöhte atmosphärische N-Deposition das Pflanzenwachstum (Aerts & Chapin 2000). Besonders alpine Pflanzen reagieren sensibel auf N-Düngung, da sie typischerweise an eine geringe N-Verfügbarkeit angepasst sind (Bobbink et al. 2010, Körner 2003). So hat auf der Alp Flix in Graubünden bereits eine experimentelle Erhöhung der N-Deposition um 5 kg ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> zu einer Zunahme der Biomasse geführt (Bassin et al. 2007b). Eine erhöhte N-Verfügbarkeit fördert in den meisten Fällen das Wachstum von Gräsern oder Seggen (Bobbink et al. 2010, Bassin et al. 2007b, Blanke et al. 2012), während Leguminosen zurückgehen, da sie ihren Konkurrenzvorteil durch N<sub>2</sub>-fixierende Knöllchenbakterien verlieren.

Mit einem Anstieg von Stickoxiden einhergehend hat sich im Verlauf des letzten Jahrhunderts auch die Hintergrundkonzentration von troposphärischem O<sub>3</sub> verdoppelt, und liegt heute in mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre zwischen 20 und 50 ppb. Bis 2100 könnten sich nach pessimistischen Szenarien die Werte bis um 20 – 30 ppb erhöhen (Vingarzan 2004, Fuhrer 2009).

O<sub>3</sub> ist phytotoxisch und schädigt Pflanzen direkt über die Zerstörung von Zellen. Dabei unterscheiden sich funktionelle Pflanzengruppen wieder; Kräuter und Leguminosen sind meist sensitiver gegenüber erhöhten O<sub>3</sub>-Werten als Gräser (Fuhrer & Booker 2003, Volk et al. 2006).

Alpine Vegetation scheint einer experimentellen Erhöhung der O<sub>3</sub>-Konzentration (auf bis zu 100 ppb) gegenüber aber tolerant zu sein; möglicherweise aufgrund ihres langsamen Wachstums, durch das sie im Vergleich zu schnell-wachsenden Pflanzen nur wenig O<sub>3</sub> aufnehmen (Bassin et al. 2007b).

Vorindustrielle CO<sub>2</sub> Konzentrationen lagen bei etwa 280 ppm, sind mittlerweile auf etwa 380 ppm angestiegen und könnten (je nach Emissions-Szenario) Mitte des Jahrhunderts zwischen 450 und 600 ppm liegen; zum Ende des Jahrhunderts bei mindestens 550 ppm (IPCC 2007).

Erhöhtes CO<sub>2</sub> kann durch Förderung der Photosynthese ebenfalls positive Effekte auf die Produktivität von Grasländern haben und fördert dabei häufig besonders das Wachstum von Leguminosen (Fuhrer 2003).

Auf Höhe der Baumgrenze bei Davos hatte eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 575 ppm über neun Jahre einen positiven Einfluss auf das Wachstum von Heidelbeeren und Lärche, auf Kosten krautiger Pflanzen. Aufrechte Bergföhren reagierten nicht auf erhöhtes CO<sub>2</sub>, so dass Lärchen in Zukunft einen Konkurrenzvorteil haben könnten (Dawes et al. 2011a, b).

Dagegen blieb die oberirdische Produktivität in einem alpinen Grasland am Furkapass konstant (Körner et al. 1997), und alpine Pionierarten reagierten sogar mit einer reduzierten oberirdischen Biomasse auf eine dreijährige Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 580 ppm, zugunsten einer grösseren unterirdischen Biomasse (Inauen et al. 2012). In beiden Studien nahmen Zuckerkonzentrationen in Blättern zu, während Stickstoff-/Proteinkonzentrationen abnahmen.

Auch Theurillat & Guisan (2001) berichten von einer Abnahme der N-Konzentration unter erhöhtem CO<sub>2</sub>, was in dem Fall aber an einem Verdünnungseffekt aufgrund erhöhter Produktivität lag.

Ausserdem kann eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration zur erhöhter Frostsensibilität führen (Martin et al. 2010).

Schwierig werden Prognosen wieder dadurch, dass diese Faktoren, inklusive der mit ihnen einhergehenden Klimaerwärmung, nicht isoliert gesehen werden dürfen, und sich in ihren Effekten gegenseitig verstärken oder abschwächen; so mag z.B. ein Temperaturanstieg positive CO<sub>2</sub>-Effekte reduzieren (Fuhrer 2003) und eine erhöhte N-Verfügbarkeit kann positive CO<sub>2</sub>-Effekte verstärken (Sillen & Dieleman 2012). In den meisten Studien, in denen eine Stickstoff x Ozon-Interaktion gefunden wurde,

fürte N-Düngung zu einer Verringerung von O<sub>3</sub>-Schäden (z.B. Sanz et al. 2005, Jones et al. 2010), und O<sub>3</sub>-Schäden können mit der Feuchtigkeit variieren (Theurillat & Guisan 2001, Bassin et al. 2007a), d.h. Pflanzen, die aufgrund von Trockenheit ihre Spaltöffnungen nicht lange geöffnet haben, nehmen nicht so viel O<sub>3</sub> auf.

Diese Interaktionen wurden allerdings nicht speziell in alpinen Grasländern gefunden. Dagegen wird Eutrophierung den positiven Effekt der Klimaerwärmung auf Alpweiden wohl fördern und auch das Eindringen von Arten aus tieferen Regionen (Theurillat & Guisan 2001, Körner 2003).

### 1.3. Zusammenfassung Literaturstudie

Schweiz-weit ist ein Anstieg der mittleren Jahrestemperatur um 0.9 bis 1.4°C bis zur Mitte dieses Jahrhunderts zu erwarten. Laut lokaler Prognosen für Stationen die in den oder in der Nähe der Untersuchungsgebiete von AlpFUTUR liegen, werden dort die Temperaturen um 1.1°C (Jura) bis 1.25°C zunehmen (Saastal & Umgebung und Misox & Umgebung). Beim mittleren Niederschlag sind in diesem Zeitraum noch keine signifikanten Änderungen zu erwarten.

Durch eine höhere Verdunstung wird besonders sommerliche Trockenheit trotzdem zunehmen, was in subalpinen und alpinen Regionen durch eine frühere Schneeschmelze verstärkt wird. Im Vergleich zu tiefen Lagen erhalten diese Regionen aber höhere Niederschläge und auch die Verdunstung nimmt mit der Höhe ab, so dass es dort zu weniger Trockenheitsproblemen kommen wird.

Auf alpinen Wiesen und Weiden verlängert sich durch Temperaturzunahme und frühere Schneeschmelze die Vegetationsperiode, was häufig zu einer Zunahme der oberirdischen Pflanzenbiomasse führt. Es steigt aber die Gefahr für Schäden durch Spätfröste.

Auch wird bereits ein Ansteigen der Verbreitung von Arten in grössere Höhen festgestellt, was einerseits zu einer höheren Biodiversität führen kann, andererseits aber zu einem Aussterben von Kälteangepassten Arten. Das Ansteigen der Waldgrenze erfolgt vergleichsweise langsam.

Dies zeigt, dass alpine Ökosysteme empfindlich auf den Klimawandel reagieren, was wohl auch durch die Tatsache verstärkt wird, dass sich Regionen mit schmelzenden Schnee- und Gletschermassen überdurchschnittlich stark erwärmen.

Es wird aber angenommen, dass eine Temperaturerhöhung um bis zu 2°C und die mit ihr einhergehende Trockenheit – und somit die prognostizierte Änderungen bis 2050 – noch keine deutlichen, negativen Effekte auf subalpine und alpine Ökosysteme haben werden.

Auch werden in subalpine Wiesen und Weiden aufgrund der geschlossenen Vegetationsdecke wärmeliebende Arten wohl langsamer einrücken als in spärlicher bewachsene, grössere Höhen.

Selbst für die Schweizer Landwirtschaft in tieferen Lagen wird prognostiziert, dass die Pflanzen- und Tierproduktion bei einer Klimaerwärmung um 2°C positiv beeinflusst wird. Höhere Temperaturen, Trockenheit und eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration könnten sich aber negativ auf den Futterwert auswirken.

Im Vergleich zum Tiefland werden Sömmerungsweiden aufgrund geringerer Trockenheitsprobleme stärker von einer mässigen Klimaerwärmung profitieren, besonders auch durch eine Verlängerung der Sömmerungsperiode. Zudem werden Tiere dort weniger unter direktem Hitzestress leiden.

Auch für das Wallis, das generell von Wasserknappheit betroffen ist, wird eine Zunahme der Produktivität auf alpinen Wiesen und Weiden bis 2050 erwartet.

Im Jura wirkt sich dagegen zunehmende Trockenheit schon negativ auf die Sömmerungsweiden aus; die Probleme werden bei einer Erwärmung von bis zu 2°C jedoch auch nicht deutlich zunehmen. Besonders auf Wytweiden hat die Beschattung durch Bäume einen günstigen Einfluss auf die Bodenfeuchte.

Die Bedeutung der Sömmerungsweiden für die Viehwirtschaft könnte zumindest vom klimatischen Gesichtspunkt in allen Gebieten zunehmen, wenn tiefere Regionen verstärkt unter Wassermangel leiden werden.



Im Vergleich zum Klima hat aber die Nutzung einen viel grösseren Einfluss auf die Entwicklung von Sömmerungsflächen; ein grosses Problem ist das Einwachsen nach Nutzungsaufgabe.

Auch werden Wetterextreme einen grösseren Einfluss haben als mittlere Klimaänderungen bis 2050, wie z.B. extreme Trockenperioden oder Hangrutsche nach Starkniederschlägen, die durch Schäden wie etwa Übernutzung verstärkt werden können.

Im Hinblick auf andere atmosphärische (Schad-)Stoffe wie CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> oder N-Einträge scheint für alpine Weiden N den grössten Einfluss zu haben, und schon kleine Erhöhungen bei der Deposition führen zu einer erhöhten Produktivität, besonders zugunsten von Gräsern und Seggen. Dabei können sich Effekte durch ein wärmeres Klima und Eutrophierung gegenseitig verstärken.

Da es aber kaum spezielle Literatur über den Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung von Alpweiden und ihre Nutzung gibt, und sich viele Studien auf stärkere Veränderungen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts beziehen, ist ein genauer Blick auf die nahe Zukunft sehr schwierig. Zudem sind gerade die Prognosen über zukünftige Niederschläge mit grosser Unsicherheit behaftet. Daher gibt diese Literaturstudie eher einen Überblick über mögliche Zusammenhänge und die Richtung von Entwicklungen.

## 2. Interviews

Für detailliertere Informationen zu den Untersuchungsgebieten von AlpFUTUR wurden daher zusätzlich Interviews mit Betriebsberatern und Vertretern aus der Praxis in den Fallstudienregionen des Projekts AlpFUTUR (s. Abb. 1) durchgeführt.

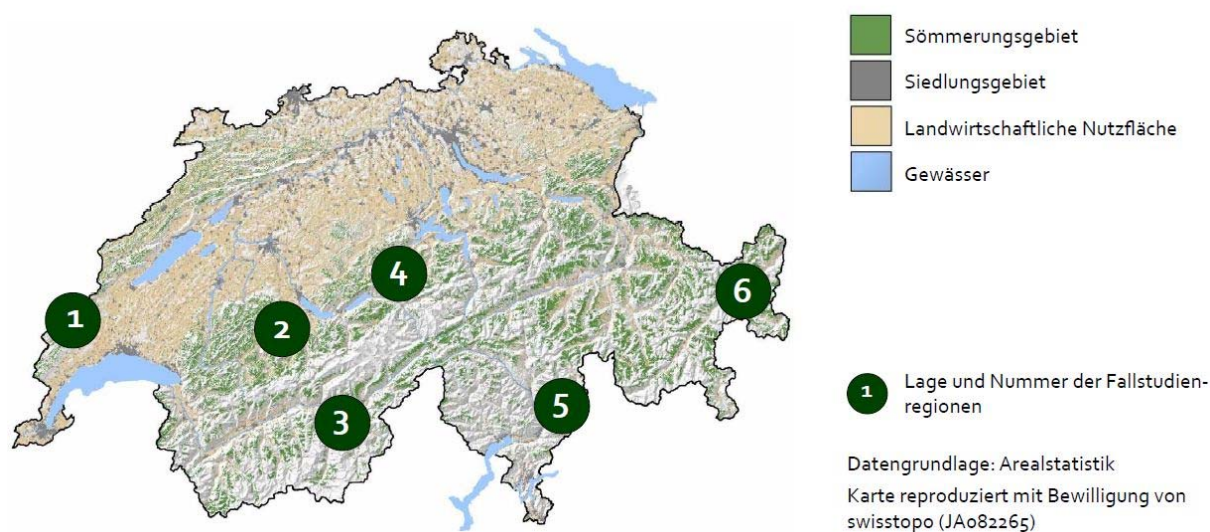


Abb. 1. Übersichtskarte der Schweiz mit Fallstudienregionen (aus AlpFUTUR 2011); (1) Vallée de Joux (VD); (2) Diemtigtal und Niedersimmental (BE); (3) Visper-, Saas-, Baltschieder- und Nanztal (VS); (4) Obwalden (OW); (5) Misoix (GR); (6) Unterengadin (GR)

Obwohl die Befragungen nicht auf quantitative Vergleiche der Gebiete ausgelegt waren, sind in der folgenden Tabelle (mehr oder weniger vergleichbare) Aussagen aus den Interviews tabellarisch aufgelistet. Eigene Bemerkungen sind in kursiv eingefügt. Die vollständigen Interviewprotokolle befinden sich im Anhang.

	<b>Alpen im Diemtig- &amp; Nidersimmental (BE)</b> Martin Jutzeler	<b>Alpen in Obwalden (OW)</b> Martin Amgarten, Niklaus Ettlin	<b>Alpen im Unterengadin, Misox, Seewis (Prättigau), Alp Puzetta (Medel/Lucmagn) (GR)</b> Curdin Foppa Hans Jegen Yvonne Panzer Thomas Kohl	<b>Alpen im Visper-, Saas-, Baltschieder- und Nanztal (VS)</b> Norbert Agten	<b>Alpen im Vallée de Joux (VD)</b> Guy Reymond Silvain Meylan Jean-Pierre Rochat Louis-François Berney
(1) <i>Lage der Sömmerungsweiden</i>	1250 – 2200 m ü.M. (grösstenteils 1300 – 1900 m ü.M.) Berner Alpen im Vergleich zu anderen Regionen gut erschlossen.	1100 – 2300 m ü.M. Viele Alpen in relativ tiefen und guten Futterbaulagen im Voralpenraum; gut erschlossen	<i>Unterengadin 1700 – 2600 m ü.M.</i> Seewis 1300 – 2100; Alp Puzetta 1800 – 2400 Alpen im Süden GRs unterscheiden sich deutlich von denen im Norden, s. <i>Angaben zur Nutzungsintensität.</i>	grösstenteils 1900 – 2400 m ü.M.	1100 – 1400 m ü.M. d.h. deutlich tiefere Lagen als in den Alpen; wüchsiger und oft auch weniger steil.
(2) <i>Aktuell gesömmerte Tiere</i>	Hauptsächlich Milchkühe zur Alpkäseproduktion, dazu Jungvieh und Mutterkühe	Milchkühe, dazu Rinder, Kälber, Mutterkühe	GR: Hauptsächlich Rinder, Milch- und Mutterkühe; Alp Puzetta: Geissen	Milchkühe, Galtvieh, etwas Jungvieh, Eringer, Schafe (Schwarznasen)	Milchkühe, Rinder, Mutterkühe
(3) <i>Aktuelle Nutzungsintensität</i>	Ø entsprechend dem verfügbaren Normalbesatz (100%)	Auf guten Alpen 90 – 105% des Normalbesatzes; (Einstellung) intensiv bewirtschaftet. Auf schlecht erschlossenen und Alpen im Flyschgebiet 75 – 90% des Normalbesatzes.	Im Unterengadin und Misox zunehmend schwierig, Alpen zu füllen; Seewis: 100%; Alp Puzetta: 75%	An der Besatzuntergrenze, Ø 70 – 75%; Alpen haben oft Mühe, die 75% für Sömmerungsbeiträge nicht zu unterschreiten	An der Besatzobergrenze, Ø 100 – 110%, so intensiv wie möglich genutzt.
(4) <i>Vergleichszeitraum</i>	40 – 50 Jahre	20 – 30 Jahre	(maximal) 40 Jahre	etwa 30 Jahre	etwa 50 Jahre
(8; 9) <i>Intensivierungen, Extensivierungen, Veränderungen beim Tierbesatz oder bei</i>	Etwa konstante Tierzahlen (gilt allgemein für Berner Oberland), hauptsächlich aufgrund der Sömmerungsbeiträge. Zunahme der Mutterkühe auf Kosten der Rinder; Milchkühe konstant, auf-	Tendenziell leicht abnehmende Tierzahlen, besonders im Flyschgebiet (auch Moorschutz). Zunahme der Mutterkühe gleicht geringere Alping von Rindern aus; Rinder werden aufgrund des Zuchtfortschrit-	Im Engadin und besonders Misox rückläufige Tierzahlen, v.a. aufgrund weiter Transportwege und auf schlecht erschlossenen Alpen. In Seewis sind Tierzahlen konstant; auf der Alp Puz-	Tierzahlen haben tendenziell abgenommen und Milchkühe gehen gegenüber Galtkühen stärker zurück, was auf den Strukturwandel und auf wirtschaftliche Gründe zurückzuführen ist.	Etwa konstante Tierzahlen, Leistung nimmt aber zu. In jüngerer Zeit nehmen Mutterkühe auf Kosten der Rinder zu. Der Grund für konstante Milchkuhzahlen ist der gute Käsemarkt (Vacherin

<i>den Tierkategorien</i>	grund höherer Direktzahlungen für Milchkühe als für Jungvieh und eines guten Käsemarkts. Die Milchleistung pro Kuh nimmt aber zu (von 4000 auf 6000 kg/Jahr gestiegen). Günstige Flächen sind intensiviert, ungünstige extensiviert worden; aufgegeben werden hauptsächlich schwer zugängliche und steile Flächen.	tes nur noch 2x statt 3x gealpt. Anzahl der Milchkühe konstant, aber Milchleistung ist gestiegen.	zetta ebenso, dort aber zunehmend schwierig, Tiere für Mindestbesatz zusammenzubekommen (bei Ziegen viele Ausfälle durch CAE). Traditionelle Braunviehnachzucht ist zugunsten von Mutterkühen oder (Hochleistungs-) Milchkühen stark zurückgegangen; aus wirtschaftlichen Gründen. Kriterien für Flächenaufgaben sind hpts. Gefährlichkeit, Zugänglichkeit.	Aufgegeben werden hauptsächlich gefährliche oder sumpfige Flächen.	Mont d'Or, Gruyere d'Alpage).
(5) <i>Länge der Sömmerungsperiode</i>	Innerhalb der letzten 20 – 30 Jahre bis zu 5 Tage länger, durch früheren Alpauftrieb. Grund ist ein früherer Vegetationsbeginn und das Bestreben, das frühe, hochwertige Futters besser zu nutzen. Zudem werden Reglemente zum Alpauf- und -abtrieb heute flexibler gehandhabt.	Alpauftrieb etwa 1 Woche früher; z.T. aufgrund früheren Vegetationsbeginns, aber Hauptgrund ist wohl, dass es heute aufgrund besserer Infrastruktur einfacher ist, die Tiere wieder ins Tal zu bringen, bzw. in witterungsbedingten Notzeiten durch Futterzufuhr durchzufüttern. Alpabtrieb ist tendenziell etwas früher, so dass Alpdauer nur unwesentlich zugenommen hat. Die Sömmerungszeit beträgt 100 – 130 Tage.	Kann je nach Jahr und Gebiet zwar etwas schwanken, aber es ist kein Trend erkennbar. In GR war und ist Alpzeit etwa 90 Tage.	Etwas verlängert, aber hauptsächlich dadurch, dass weniger Vieh aufgetrieben wird. Alpauftrieb lässt sich aufgrund von Traditionen oft nicht verschieben. Zudem hat Talbauer immer ein Interesse, Kühe früh auf die Alp zu bringen (mehr Zeit für anfallende Arbeiten am Hof) und auch früh wieder zurückzuhaben (Kosten Alppersonal).	Bis zu drei Wochen längere Sömmerung, v.a. durch früheren Auftrieb. Hauptgrund ist, dass versucht wird, Weiden früher zu nutzen, wenn die Futterqualität am besten ist, besonders weil Hochleistungskühe immer höhere Futteransprüche stellen.
(6) <i>Qualität der Weiden</i>	Auf Fettweiden hat bei guter Bewirtschaftung (Weidesystem, Düngung) die Futtermenge und Qualität zugenommen; eine zusätzliche, temperaturbedingte Zunahme lässt sich	Futtermenge und -qualität hat aufgrund besserer Bewirtschaftung (Weidesystem, Düngung, Stallhaltung) zugenommen, obwohl Düngemenge abgenommen hat.	Auf zunehmend weniger genutzten Weiden (besonders im Miso) nimmt Biomasse zwar zu, aber die Futterqualität ist aufgrund eines höheren Faserteils schlechter.	Besonders auf südexponierten und tiefergelegenen Weiden werden Trockenprobleme sichtbar. Gebiete mit Weideflächen über einen grossen Bereich von Höhenlagen und Expositi-	Futtermenge und -qualität hat eher abgenommen; Hauptgründe sind Einschränkungen bei der Düngung der Weiden. Zunahme von Disteln und Wolfsmilchgewächsen, an

	<p>schwer davon trennen. Bei Übernutzung oder – düngung kommt es zur Verunkrautung (bes. durch Alpenblacke). Einige Pflanzenarten rücken offenbar in höhere Habitate vor: auf tiefgelegenen Alpen sind heute Jakobskreuzkraut und besonders Ackerkratzdistel zu finden, deren Einwandern aus tieferen Lagen möglicherweise durch die Einfuhr von Stroh und Futtermitteln erleichtert worden ist. Mehr zugefüttert werden muss nur bei immer schwereren Hochleistungskühen.</p>	<p>Durch fehlende Pflege (auch durch Wissensverlust) kommt es zu Problemen mit Farn, Alpenkreuzkraut; in nassen Gebieten nehmen Binsen zu. Zunehmende Versauerung aufgrund unfrässigen Pflanzenbestands durch geringen Weidedruck (Borstgras, Zwergsträucher). Bei hochlaktierenden Milchkühen wird generell Heu zugefüttert.</p>	<p>In Seewis hat die Futtermenge aufgrund besserer Bewirtschaftung (Weidesystem, Düngung) zugenommen. Z.T. nimmt Produktivität aufgrund einer Einstellung der Kunstdüngung ab, wodurch zudem Kräuter auf Kosten der Gräser zugenommen haben (wie auf der Alp Uina Dadaint im Unterengadin), und es muss mehr zugefüttert werden, weil Weiden mittlerweile zu wenig Futter für Hochleistungsvieh bieten.</p>	<p>onen bieten Ausweichflächen. In den letzten Jahren gab es manchmal schon im Frühling Trockenheitsprobleme. Daher wurden in den vergangenen fünf Jahren sogar auf ein paar Alpen Bewässerungsanlagen installiert. Auf generell zu Trockenheit neigenden Flächen gibt es Probleme z.B. durch zunehmenden Rotschwengel und Fiederzwenke, die aber eher nutzungsbedingt sind.</p>	<p>Strassenrändern auch Jakobskreuzkraut.</p>
<p>(7) <i>Waldgrenze, Einrücken von Bäumen und Sträuchern</i></p>	<p>Besonders auf Magerweiden kommt es bei einer Abnahme der Bestossung zur Verbuschung. Zudem ist die Pflege von Flächen aufgrund Personalmangels kaum noch möglich. Alpen im Waldstreifen unterliegen einem (gleichbleibend) hohen Verbuschungs- und Bewaldungsdruck, zunehmend auch durch Laubgehölze. Über der Waldgrenze hat Verbuschung eher zugenommen, was – neben fehlender Pflege – durch wärmere Temperaturen gefördert sein kann.</p>	<p>Vergandung besonders in den Voralpen, was v.a. an fehlender Weidepflege liegt, und eventuell durch eine längere Vegetationsperiode verstärkt wird. Während es früher „Vollzeit-Äpler“ gab, bewirtschaften heute viele nebenher ihren Heimbetrieb weiter, so dass ihnen die Zeit zur Weidepflege fehlt. Weideland kann aber insgesamt aufgrund guter Nutzung recht gut erhalten werden. Und aufgrund der diesbezüglichen Sensibilisierung der Alpbewirtschafter wird</p>	<p>Verbuschungs- (besonders Grünerlen) und Bewaldungsdruck ist unterhalb der Waldgrenze stärker, aber nimmt überall zu, begünstigt durch wärmeres Klima, aber hauptsächlich aufgrund fehlender Pflege. Im Zuge des Strukturwandels werden Betriebe grösser und weniger, so dass Landwirten Zeit für Arbeitseinsätze auf der Alp fehlt, während Besitzer auswärtiger Tiere oft kein Alpwerk machen. Besonders im Calancatal wachsen Alpen aufgrund Nutzungsaufgabe stark</p>	<p>Bäume und Sträucher rücken aufgrund zurückgehender Bestossungszahlen und abnehmendem Alpwerch verstärkt in die Weiden ein; in Waldweiden auch aufgrund fehlender Forstwirtschaft. Die Waldgrenze rückt aber auch (unabhängig von der Nutzung/ temperaturbedingt?) höher.</p>	<p>Viele Waldweiden sind zugewachsen, da in den letzten Jahren der Wald geschützt wurde. Mittlerweile werden sie wieder geöffnet, weil der landwirtschaftliche Wert der Waldweiden erkannt wird (unterstützt durch „Programme biodiversité“ des Bundes) und auch Brennholz an Wert gewinnt.</p>

	Extensiv bewirtschaftete Flächen laufen – besonders unterhalb der Waldgrenze – Gefahr einzuwachsen.	wieder mehr gegen Vergandung unternommen.	ein. Waldweiden bieten aber auch Schutz für die Tiere. Bei der Ausscheidung dieser Flächen gibt es z.T. Differenzen zwischen Alp- und Forstwirtschaft. Mittlerweile erkennt man aber immer mehr den Wert der Waldweiden für Landschaft und Biodiversität. Insgesamt wird ein Ansteigen der Waldgrenze beobachtet, und das Baum- und Strauchwachstum nimmt z.T. auch bei gleichem Beweidungsdruck zu, was auf einen Klima-Einfluss hindeutet.		
(11; 12) <i>Wetter-trends, Ex-treme-reignisse, Hitzesommer 2003</i>	Seit den 80er Jahren im Durchschnitt abnehmende Schneemengen im Winter; Gewitter und Starkniederschläge nehmen zu. Dazu ist es tendenziell länger trocken, so dass Niederschläge schlechter vom Boden aufgenommen werden können. Es gibt aber kaum Trockenheitsprobleme (nördliche Voralpen erhalten im Vergleich viel Niederschlag). 2003 hatten sowieso trockene Alpen Probleme und Tiere mussten auf andere Alpen getrieben werden; Alpen waren aber insgesamt weniger betroffen als	Die Stärke von Gewittern, Regenfällen Temperaturspitzen und Trockenperioden (besonders im Frühling) nimmt zu. Dadurch, dass der Schnee tendenziell früher taut und der Graswuchs früh beginnt, steigt die Gefahr von Schäden durch Spätfröste. Wettertrends haben bisher aber kaum einen feststellbaren Einfluss auf die Alpwirtschaft. Maikäfer steigen temperaturbedingt in immer höhere Lagen auf; bei Pflanzen noch nicht zu beobachten, aber Tiere reagieren möglicherweise schneller auf Klimaänderungen.	Schmelzende Gletscher (Alp Puzetta, Scesaplana) und insgesamt weniger Schnee. Extreme scheinen stärker zu werden (können aber nicht quantitativ mit früheren Beobachtungen verglichen werden): z.B. höhere Temperaturspitzen; mehr Abfluss und Geschiebe nach (Stark-)Regen; Alpflächen in Seewis werden durch Geröll-Lawinen kleiner ( <i>auftauender Permafrost?</i> ). 2003 war auch auf den Alpen sehr trocken und die Wasserversorgung hat auf vielen nicht ausgereicht. Im Uina-Gebiet fanden	Zunahme von Trockenheit und Starkregenfällen, weniger Schnee im Sommer. Im Extremfall (wie 2011) haben Weiden nach der Schneeschmelze schon Trockenschäden. Aufgrund einer frühen Schneeschmelze im 2011 sind Wasserleitungen durch Spätfröste eingefroren. Hangrutschungen nach Unwettern nehmen zu (extrem war Oktober 2011 im Lötschental); wird in hohen Lagen auch durch auftauende Permafrostregionen verstärkt. 2003 war wie überall sehr heiss und trocken.	Zunehmende Starkregenfälle. Durch Hitzeperioden sind Weiden z.T. im Frühling schon trocken, weil der Schnee direkt verdunstet. Hitzeperioden im Sommer führen dazu, dass Tiere mehr trinken.

	Talbetriebe.	Im Frühling 2011 kam es besonders auf tiefergelegenen Alpen zu Trockenheitsproblemen, während Hochalpen aufgrund höherer Niederschlagsmengen von den Temperaturen profitieren konnten und in dem Jahr eine bessere Weidequalität hatten.	2003 Geröll-Lawinen in ungewöhnlichem Ausmass statt. Dort ist 2012 besonders nachts als wärmster Sommer aufgefallen, in dem es zwischen Juni und September keinen Frost oder Schnee gegeben hat.		
(10) Wasserverfügbarkeit	Keine Probleme; Qualität des Wassers auch gut. Vereinzelt sind Pumpen nötig; das war aber schon immer so. Für nasse Alpen war Sommer 2003 günstig.	Keine Probleme und kein Trend. Aber Extremereignisse beeinflussen Wasserverfügbarkeit und Qualität. Im Sommer 2003 war abnehmende Wasserverfügbarkeit spürbar; dagegen sind 2005 durch sehr viel Regen Wasserfassungen übergelaufen oder gesprengt worden. Wasserqualität wird immer wichtiger, da Anforderungen für die Milchverarbeitung steigen.	Besonders in Südbünden müssen zunehmen neue Quellen erschlossen werden; auf Alp Uina Dadaint keine Veränderungen festgestellt. Auf Seewiser Alpen hat die Wasserverfügbarkeit abgenommen; wo früher Bäche ausgereicht haben, müssen z.T. Brunnen gebaut werden. Auf der Alp Puzetta seit 2004 schlechtere Wasserversorgung festgestellt, was zu Problemen bei der Kühlung von Käse führt.	Aufgrund der Trockenheit gibt es schon seit langem Bewässerungsgräben für Wiesen und Weiden (z.T. auch im Sömmerungsgebiet); diese sind heute aber grösstenteils nicht mehr in Betrieb. Es gibt versiegende Quellen; aber nicht sicher, ob das an zunehmender Trockenheit liegt, da die Quellen z.T. durch heute nicht mehr existente Bewässerungsgräben gespiesen wurden. Bei Bächen und Seen, die oft zur Tränke genutzt werden, bis jetzt keine Probleme.	Wasserknappheit nimmt zu, besonders beim Tränken der Tiere. Alpgebäude haben oft Zisternen, die mit Regenwasser gespiesen werden; diese waren in den letzten Frühjahren oft nicht voll, hauptsächlich durch Hitzeperioden und weil durch zunehmende Starkregeneignisse Dachrinnen überlaufen und nicht alles Wasser aufgefangen werden kann. Ein weiterer Grund für den Wassermangel ist ein steigender Wasserbedarf der Hochleistungstiere und für die Käseproduktion und sanitäre Anlagen fürs Personal, aufgrund von Hygieneanforderungen. Wasser wird daher zum Teil auf die Alpen gefahren; es werden Teiche und Auffangbecken als Viehtränken angelegt, individuell Wasserschläuche auf Alpen gezogen oder Alpen

					an die zentrale Wasserversorgung im Tal angeschlossen.
(13) <i>Erwartete Entwicklungen bis 2050</i>	Günstig gelegene Flächen werden weiter intensiviert, ungünstige extensiviert werden, und das Einwachsen von Flächen wird weiter ein Problem sein. Da die Kuhwirtschaft aber eine grosse Bedeutung in der Region hat, wird sie so wohl erhalten bleiben.	Milchkuhhalpung wird hauptsächlich durch den Milchmarkt bestimmt und ist am ehesten durch sinkende Preise bedroht. Dem steht aber die gute Wertschöpfung von Alpmilch bei der Herstellung von Alprodukten gegenüber. Im Hinblick auf Vergandung muss entschieden werden, welche Flächen erhalten bleiben können/ sollen. (Qualifiziertes und interessiertes) Personal wird weiter abnehmen, aber möglicherweise steigt die Zahl der Leute, die hobbymäßig auf Alpen helfen. Alpen sind aber weiterhin wichtig als Futtergrundlage, da im Tal aufgrund von Überbauungen viel Land verloren geht.	Intensivierungen werden weiter zunehmen, extensiv genutzte Flächen weiter extensiviert. Anreize hauptsächlich durch Direktzahlungen. Probleme mit Einwachsen von Flächen werden zunehmen; es muss entschieden werden, welche Flächen erhalten bleiben können/ sollen. Die Sömmerung ist weiterhin von Bedeutung, da Bergbetriebe nicht genug Futter für die Winterfütterung haben und die Nachfrage nach Alpkäse gross ist.	Die Bedeutung höher gelegener Alpen wird zunehmen, da sie im Vergleich weniger Trockenheitsprobleme haben. Von grösserer Bedeutung sind aber Sanierungsbedarf, Personalkosten (verteilen sich auf immer weniger Tiere), Abnahme des Alpwerts.	Wasserverfügbarkeit ist Hauptsorge; kann aber mit technischen Anpassungen behoben werden. Es gibt Schwierigkeiten mit den Einschränkungen für Düngung und Zufütterung durch Sömmerungsbeitragsverordnung, da insbesondere der Vacherin Mont d'Or in der zweiten Hälfte der Alpengperiode produziert wird, wenn Futter und Milchleistung zurückgehen.
(14) <i>Stellenwert Klimawandel bis 2050</i>	Kein hoher.	Fast keiner. Es ist zudem schwierig, ihn von anderen Entwicklungen wie Nutzungsänderungen zu trennen.	Im Vergleich zu Nutzungseinflüssen gering. Aber: Extremereignisse können grosse Veränderungen bewirken.	Gering. Vielseitige Topographie der Alpen bietet genügend Ausweichflächen.	<i>Zunehmender Wassermangel scheint ein wichtiges Thema zu sein. Ein Teil der Probleme entsteht aber durch steigenden Wasserbedarf.</i>
(15) <i>Informationsbedarf, Ausblicke</i>	Klimamessreihen geben gute Informationen. Langzeitmessungen zur Biomasse-Entwicklung auf Alpen könnten interessant		Da die Alpwirtschaft wenig technisiert ist, helfen Informationen über den Klimawandel wenig. Bewirtschaftung muss sich an-	Informationsveranstaltungen von Projekten werden geschätzt.	

	<p>sein. Für die Alpwirtschaft insgesamt guter Informationsstand vorhanden. Alpen sollten nicht weiter intensiviert werden, auch wenn mittlerweile z.T. mehr Futter wächst, da sie empfindliche Ökosysteme sind, die nach Übernutzung schwer wieder herzustellen sind. Die Düngezufuhr sollte weiterhin stark eingeschränkt bleiben.</p>		<p>passen. Gegen Verbuschung/ zum Artenschutz wird versucht, vermehrt mit Geissen zu beweiden (Bergwaldprojekt Alp Puzetta), die auch Grünerlen fressen. Es würde auch Sinn machen, Sömmerungsbeiträge stärker an die Pflege zu koppeln; oder Abbrennen von Kleinsträuchern in Erwägung zu ziehen. Eine weitere Alternative sind Freiwilligeneinsätze.</p>		
--	--	--	--	--	--



## 2.1. Zusammenfassung Interviews

Die Untersuchungsgebiete von AlpFUTUR unterscheiden sich im Hinblick auf Nutzung und Klima deutlich voneinander; diese beiden Faktoren hängen dabei aber offenbar nicht zusammen.

Im Diemtig- und Nidersimmental, in Obwalden und in Seewis (Prättigau) werden Sömmerungsweiden etwa entsprechend dem verfügbaren Normalbesatz und mit in den letzten Jahren konstanten Tierzahlen genutzt (in Obwalden leicht abnehmend, hpts. in moorigen Gebieten). Gründe dafür sind z.B. gute Erschliessung von Alpen, ein guter Käsemarkt und gute Futterbaulagen im Voralpenraum.

Im Jura werden Weiden so intensiv wie möglich genutzt (und gedüngt), ebenfalls aufgrund eines sehr guten Käsemarkts, wobei sich die Sömmerung dort deutlich von der in den Alpen unterscheidet, da sich die Weiden in tieferen und wüchsigeren Lagen befinden.

Mit (besonders im Misox) abnehmenden Tierzahlen und z.T. an der Besatzuntergrenze genutzt werden Alpen im Unterengadin, Misox (aufgrund weiter Transportwege und oft schlecht erschlossener Alpen) und Wallis (Strukturwandel, Wirtschaftlichkeit).

Aufgegeben werden hauptsächlich schlecht zugängliche, steile, gefährliche oder auch sumpfige Flächen.

Die Sömmerungsperiode hat sich in einigen Gebieten hpts. durch früheren Auftrieb verlängert; als Gründe dafür werden neben einem früheren Vegetationsbeginn auch Nutzungsaspekte angegeben. So hat die Sömmerungszeit im Diemtig- und Nidersimmental in den letzten 40 – 50 Jahren um 5 Tage zugenommen, im Jura um bis zu 3 Wochen (für eine frühere Nutzung des guten Futters durch einen grösseren Bedarf von Hochleistungskühen), und im Wallis ebenfalls etwas (weil weniger Tiere aufgetrieben werden und das Futter so länger reicht). Im Wallis können Alpauf- und Abtrieb aber aufgrund von Traditionen nicht beliebig verschoben werden.

In Obwalden hat sich in den letzten 30 Jahren die Sömmerungsperiode lediglich um eine Woche vorverschoben (d.h. sie endet auch früher), da es neben dem früheren Vegetationsbeginn heute aufgrund besserer Infrastruktur einfacher ist, die Tiere wieder zurückzuziehen, wenn es z.B. noch einmal viel Schnee gibt. In Graubünden ist die Alpzeit dagegen etwa gleich geblieben.

Die Futtermenge und -qualität nimmt in Obwalden, in Seewis und auf Fettweiden im Berner Oberland zu, was hauptsächlich einer besseren Bewirtschaftung (wie z.B. gezieltere Düngung, verbesserte Weideführung) zugeschrieben wird, wovon sich eine gleichzeitige, temperaturbedingte Zunahme jedoch schwer trennen lässt.

Dagegen nehmen Futtermenge und -qualität im Jura ab, was an Dünge-Einschränkungen liegt. Auch kommt es im Jura durch zunehmende Hitzeperioden z.T. schon im Frühling zu trockenen Weiden, weil der Schnee direkt verdunstet.

Im Wallis werden besonders auf südexponierten und tiefergelegenen Weiden ebenfalls Trockenprobleme sichtbar, in den letzten Jahren oft schon im Frühling, weswegen sogar auf einigen Alpen Bewässerungsanlagen installiert wurden.

Eine z.T. gestiegene Zufütterung liegt an zunehmendem Futterbedarf von Hochleistungstieren.

Durch abnehmende Weidepflege (Personalmangel, weniger Alpwerk) kommt es in allen Gebieten und Höhen zu zunehmender Verunkrautung, Verbuschung und Bewaldung; besonders dort, wo die Bestossung abnimmt oder die Nutzung ganz aufgegeben wird, wobei der Druck durch Einwachsen unterhalb der Waldgrenze grösser ist. Während z.B. in Obwalden Weideflächen durch gute Nutzung recht gut erhalten werden können, wachsen im Calancatal durch häufige Nutzungsaufgabe Alpen stark ein (was dort wohl auch durch relativ hohe Niederschlagsmengen (Misox 1650 – 1800 mm im Jahr, s. Klimadiagramme im Anhang) begünstigt wird). Im Jura wurde früher zudem der Wald geschützt, mittlerweile werden Weiden aber wieder geöffnet.

Auch hier ist der Klimaeinfluss wieder schwer vom Nutzungseinfluss zu trennen; es gibt aber Anzeichen für (nutzungsunabhängiges) verstärktes Baum- oder Strauchwachstum und Ansteigen der Baumgrenze.

Insgesamt wird beobachtet, dass weniger Schnee im Winter (und auch im Sommer) fällt, der Schnee früher schmilzt (was die Gefahr für Schäden durch Spätfröste erhöht), und die Stärke von Gewittern, Niederschlägen (mit zunehmenden Hangrutschungen und Gerölllawinen), Hitze- und Trockenperioden zunimmt.

Alpen mit relativ hohen Niederschlagsmengen, wie im Berner Oberland (1350 – 1650 mm im Jahr) und in Obwalden (1550 – 2100 mm) haben keine Wasserprobleme; und obwohl 2003 oder 2011 abnehmende Wasserverfügbarkeit zu spüren war, hatten selbst in diesen Jahren nur wenige der dortigen Alpen Probleme. Besonders in Südbünden (Unterengadin 800 – 900 mm Niederschlag pro Jahr) müssen allerdings zunehmend neue Quellen erschlossen werden, und 2003 hat auf vielen Alpen die Wasserversorgung nicht ausgereicht.

Obwohl im Wallis (etwa 650 mm Niederschlag pro Jahr) Trockenschäden auf Weiden zunehmen, lassen sich bisher keine Veränderungen am Wasservolumen von Seen und Flüssen erkennen.

Im Jura fällt zwar relativ viel Niederschlag (1350 – 1700 mm pro Jahr), jedoch wird es durch tiefere Lagen der Sömmerungsweiden im Sommer wärmer und durch die kalkhaltigen Böden fließt das Wasser schnell ab. Dort kommt es zusätzlich zu Trockenheitsproblemen auf Weiden auch verstärkt zu Wasserknappheit während der Alpsaison, besonders beim Tränken der Tiere. Dies liegt zum einen daran, dass Regen, der zunehmend in Form von Starkniederschlägen fällt, nicht mehr vollständig aufgefangen werden kann und zum anderen steigt der Wasserbedarf dadurch, dass Hochleistungstiere – besonders in heißen Sommern – mehr trinken und aufgrund von gestiegenen Hygienevorschriften bei der Käseherstellung. Alpen müssen daher zusätzlich mit Wasser versorgt werden.

Insgesamt wird beobachtet, dass höher gelegene Alpen weniger Trockenprobleme haben als tiefer gelegene, so dass ihre Bedeutung in trockenen Gebieten wie im Wallis wohl zunehmen wird, und in feuchten Gebieten (genau wie feuchte Alpen allgemein) wie im Berner Oberland oder in Obwalden sogar von heißen Sommern wie 2003 profitieren können.

Ausser im Jura wird dem Klimawandel und der damit einhergehenden Zunahme von Trockenheit in den Sömmerungsgebieten bis 2050 aber keine oder nur eine geringe Bedeutung zugeschrieben. Und selbst im Jura kann Wassermangel durch technische Anpassungen behoben werden; und es werden eher Schwierigkeiten bei Einschränkungen für Düngung und Zufütterung gesehen.

Zukünftige Veränderungen werden überall hauptsächlich von der Nutzung abhängen; intensiv genutzte, günstige Flächen werden weiter intensiviert, extensiv genutzte oder ungünstige Flächen weiter extensiviert werden, und die Sömmerungsfläche wird wohl aufgrund von Vergandung weiter abnehmen. Wichtiger als Klimaeinflüsse werden abnehmende Tierzahlen, Personal-mangel/ abnehmendes Alpwerch, Entwicklung des Milchmarkts und Einfluss von Direktzahlungen angesehen.

In vielen Gebieten sind Alpen als Futtergrundlage aber weiterhin wichtig, und auch die Nachfrage nach Alpkäse ist vorhanden.

### 3. Schlussfolgerungen

Die Aussagen aus der Literaturstudie und den in den Untersuchungsgebieten durchgeführten Interviews decken sich recht gut im Hinblick auf zu erwartende Entwicklungen auf Sömmerungsweiden.

Die Sömmerungszeit sowie Produktivität der Weiden hat in vielen Regionen der Alpen tendenziell zugenommen, letzteres besonders in feuchteren, gut genutzten Gebieten, wie im Berner Oberland oder in Obwalden. Dies ist wohl zum Teil auf zunehmende Temperaturen und eine längere Vegetationsperiode, zum Teil auf zunehmende Luft-Stickstoffeinträge und zum Teil auf eine verbesserte Bewirtschaftung zurückzuführen. In trockeneren, weniger intensiv genutzten Gebieten, wie im Unterengadin und Wallis war dagegen keine Zunahme der Produktivität zu beobachten.

Stattdessen werden im Wallis Trockenschäden der Weiden sichtbar und im südlichen Graubünden nimmt die Wasserverfügbarkeit spürbar ab.

So könnte die Alpwirtschaft in einigen Regionen der Schweiz tatsächlich von einem (mässigen, bis zu 2°C) Temperaturanstieg profitieren, aber nicht in allen.

Im Jura kommt es sowohl zunehmend zu Trockenschäden auf Weiden als auch zu Wasserknappheit für die Tränke, was dort durch die tiefere und wärmere Lage der Sömmerungsweiden und durch einen steigenden Wasserverbrauch verstärkt wird. Auf den dort typischen Wytweiden haben Bäume durch Beschattung einen günstigen Einfluss auf die Bodenfeuchte und bieten Tieren Schutz vor der Witterung und sommerlicher Hitze; daher sollten diese Weiden erhalten bleiben.

Aufgrund abnehmender Trockenheitsprobleme mit der Höhe wird vom klimatischen Gesichtspunkt her die Bedeutung von Sömmerungsweiden in Zukunft wohl überall zunehmen; genau wie höher gelegene Weiden innerhalb der Sömmerungsgebiete. Dafür ist es wichtig, dass Weideflächen offengehalten werden. Allerdings sollte dies und eine z.T. zu beobachtende Zunahme der Produktivität von alpinen Weiden nicht dazu führen, dass Alpen weiter intensiviert werden, da sie empfindliche Ökosysteme sind.

Obwohl zu beobachten ist, dass Sträucher und Bäume temperaturbedingt besser wachsen und die Baumgrenze ansteigt, ist eine momentane und auch weiterhin zu erwartende Zunahme der Verbuchung und Bewaldung der Sömmerungsweiden hauptsächlich durch eine Abnahme der Bestosungszahlen, der Weidepflege und Flächenaufgaben (die nirgendwo klimabedingt zu sein scheinen) begründet. Dies wird allerdings durch zunehmend wärmere Temperaturen verstärkt werden, so dass die Offenhaltung von alpinem Weideland in Zukunft zunehmend schwieriger aber wichtiger wird. Dazu könnte es hilfreich sein, Sömmerungsbeiträge stärker an die Pflege zu koppeln, vermehrt mit Geissen zu beweiden, Werbung für Freiwilligeneinsätze zu machen oder auch das Abbrennen von Kleinsträuchern zu prüfen.

Beide Studien (Literatur- und Interview-Vergleich) deuten darauf hin, dass bis 2050 im Vergleich zu Nutzungseinflüssen nur ein geringer Einfluss des Klimawandels auf Sömmerungsweiden zu erwarten ist.

Auch Extremereignisse wie Hitze-/ Trockenperioden oder Starkniederschläge werden bis 2050 einen stärkeren Einfluss haben als mittlere Klimaänderungen, wobei Schäden durch z.B. Hangrutschungen nach starken Regenfällen durch eine Übernutzung der Flächen verstärkt werden können. So erhöht eine nachhaltige Nutzung neben der Erhaltung der Biodiversität auch die Stabilität und Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen.

Auffällig ist bei einem Vergleich der Untersuchungsgebiete aber trotzdem, dass im Diemtig- und Nidersimmental und in Obwalden eine ausreichende Wasserverfügbarkeit mit recht intensiver Nutzung zusammenfällt, und im Unterengadin und besonders im Wallis auftretende Trockenheitsprobleme mit abnehmender Bestosung an der Besatzuntergrenze. Daher ist zu vermuten, dass die Niederschlagsmengen in verschiedenen Gebieten einen gewissen Einfluss auf die Entwicklung der Nutzung gehabt haben und haben werden.

Dass dies aber nicht der einzige Grund ist, erkennt man an zunehmenden Flächenaufgaben im Misox, und an der möglichst intensiven Nutzung im Jura, die dort aber Probleme mit Trockenheit und Wasserknappheit verstärkt. Daher sollten besonders zu Trockenheit neigende Regionen nicht übernutzt werden.

## Danksagung

Für wertvolle Informationen über die Entwicklung der Alpwirtschaft in verschiedenen Regionen der Schweiz bedanken wir uns herzlich bei Norbert Agten, Martin Amgarten, Louis-François Berney, Niklaus Ettl, Curdin Foppa, Hans Jegen, Martin Jutzeler, Thomas Kohl, Silvain Meylan, Yvonne Panzer, Guy Reymond und Jean-Pierre Rochat.

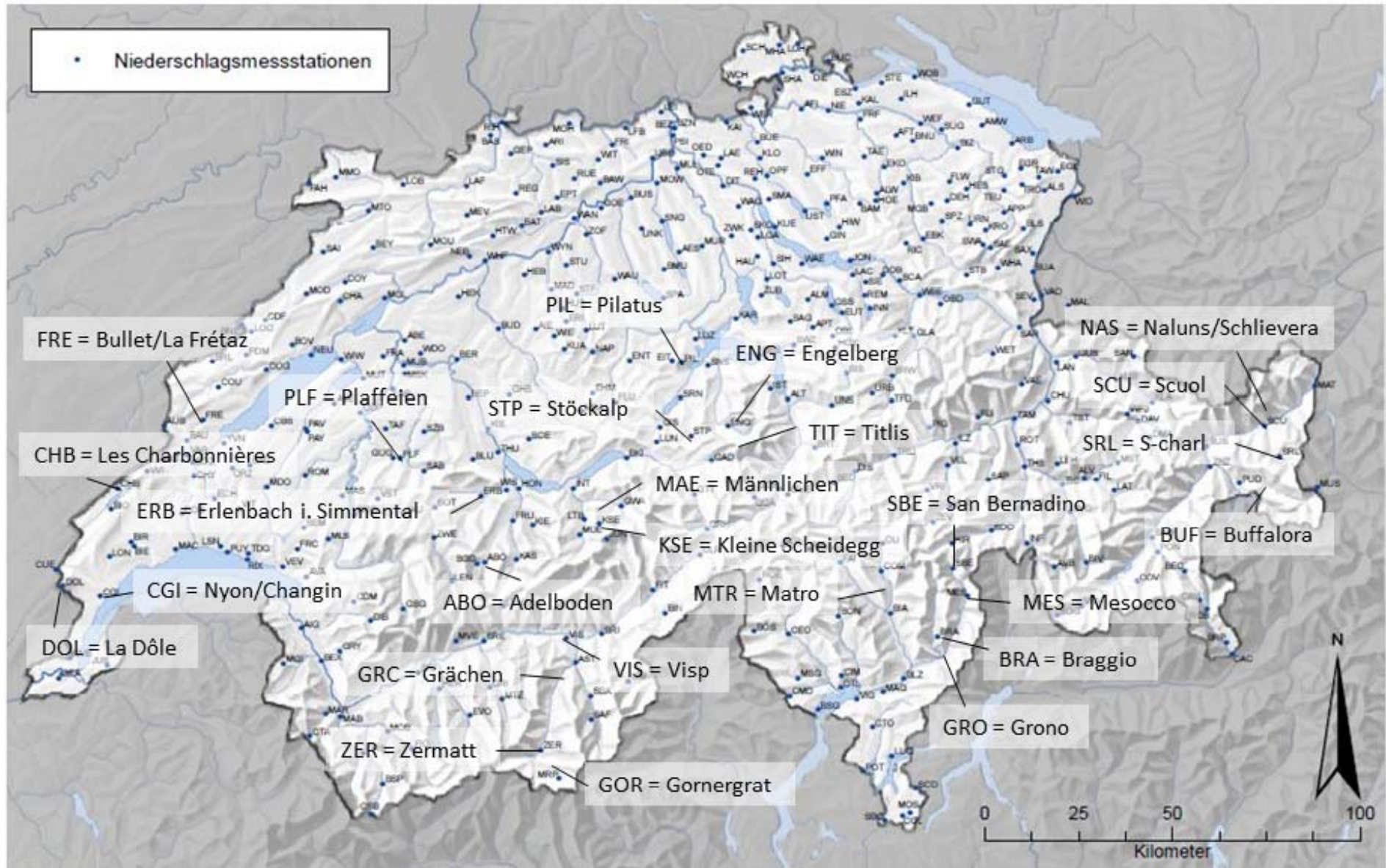
## Referenzen

- Aerts R., Chapin III F.S. 2000. The mineral nutrition of higher plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* 30, 1-67.
- AlpFUTUR 2011. AlpFUTUR, Zukunft der Sömmerungsweiden in der Schweiz. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Schweiz.
- Baptist F., Flahaut C., Streb P., Choler P. 2010. No increase in alpine snowbed productivity in response to experimental lengthening of the growing season. *Plant Biology* 12, 755-764.
- Bassin S., Volk M., Fuhrer J. 2007a. Factors affecting the ozone sensitivity of temperate European grasslands: An overview. *Environmental Pollution* 146, 678-691.
- Bassin S., Volk M., Suter M., Buchmann N., Fuhrer J. 2007b. Nitrogen deposition but not ozone affects productivity and community composition of subalpine grassland after 3 yr of treatment. *New Phytologist* 175, 523-534.
- Baur P., Müller P., Herzog F. 2007. Alpweiden im Wandel. *Agrarforschung* 14, 254-259.
- Beniston M. 2012. Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps. *Journal of Hydrology* 412-413, 291-296.
- Beniston M., Keller F., Koffi B., Goyette S. 2003. Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions. *Theoretical and Applied Climatology* 76, 125-140.
- Berdanier A.B., Klein J.A. 2011. Growing season length and soil moisture interactively constrain high elevation aboveground net primary production. *Ecosystems* 14, 963-974.
- Blanke V., Bassin S., Volk M., Fuhrer J. 2012. Nitrogen deposition effects on subalpine grassland: The role of nutrient limitations and changes in mycorrhizal abundance. *Acta Oecologica* 45, 57-65.
- Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J.-W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., de Vries W. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20, 30-59.
- Brilli F., Hörtnagl L., Hammerle A., Haslwanter A., Hansel A., Loreto F., Wohlfahrt G. 2011. Leaf and ecosystem response to soil water availability in mountain grasslands. *Agricultural and Forest Meteorology* 151, 1731-1740.
- Briner S., Elkin C., Huber R., Grêt-Regamey A. 2012. Assessing the impacts of economic and climate changes on land-use in mountain regions: A spatial dynamic modeling approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149, 50-63.
- Buttler A., Gavazov K., Peringer A., Siehoff S., Mariotte P., Wettstein J.-B., Chételat J., Huber R., Gillet F., Spiegelberger T. 2012. Erhaltung der Wytweiden im Jura: klimatische und agrarpolitische Herausforderungen. *Agrarforschung Schweiz* 3, 346-353.
- Calanca P., Roesch A., Jasper K., Wild M. 2006. Global warming and the summertime evapotranspiration regime of the Alpine region. *Climatic Change* 79, 65-78.
- CH2011. Swiss Climate Change Scenarios CH2011. C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, OcCC, Zürich, Schweiz.
- Dawes M.A., Hagedorn F., Zumbunn T., Handa I.T., Hättenschwiler S., Wipf S., Rixen C. 2011a. Growth and community responses of alpine dwarf shrubs to in situ CO<sub>2</sub> enrichment and soil warming. *New Phytologist* 191, 806-818.
- Dawes M.A., Hättenschwiler S., Bebi P., Hagedorn F., Handa I.T., Körner C., Rixen C. 2011b. Species-specific tree growth responses to 9 years of CO<sub>2</sub> enrichment at the alpine treeline. *Journal of Ecology* 99, 383-394.
- Dirnböck T., Dullinger S., Grabherr G. 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30, 401-417.
- econcept 2011. Anpassung an die Klimaänderung im Berggebiet, Fallstudie Saastal, Zusammenfassung zum Schlussbericht. econcept AG, Zürich, Schweiz.
- EKL Eidgenössische Kommission für Lufthygiene 2005. Stickstoffhaltige Luftschadstoffe in der Schweiz, BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr. 384. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Schweiz.
- Erschbamer B., Kiebacher T., Mallaun M., Unterluggauer P. 2009. Short-term signals of climate change along an altitudinal gradient in the South Alps. *Plant Ecology* 202, 79-89.
- Farinotti D., Usselman S., Huss M., Bauder A., Funk M. 2012. Runoff evolution in the Swiss Alps: projections for selected high-alpine catchments based on *ENSEMBLES* scenarios. *Hydrological Processes* 26, 1909-1924.
- Frei E., Bodin J., Walther G.-R. 2010. Plant species' range shifts in mountainous areas – all uphill from here? *Botanica Helvetica* 120, 117-128.

- Fuhrer J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97, 1–20.
- Fuhrer J. 2009. Ozone risk for crops and pastures in present and future climates. *Naturwissenschaften* 96, 173–194.
- Fuhrer J., Booker F. 2003. Ecological issues related to ozone: agricultural issues. *Environment International* 29, 141–154.
- Fuhrer J., Calanca, P. 2012. Klimawandel beeinflusst das Tierwohl bei Milchkühen. *Agrarforschung Schweiz* 3, 132–139.
- Galloway J.N., Townsend A.R., Erisman J.W., Bekunda M., Cai Z., Freney J.R., Martinelli L.A., Seitzinger S.P., Sutton M.A. 2008. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320, 889–892.
- Gehrig-Fasel J., Guisan A., Zimmermann N.E. 2007. Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment? *Journal of Vegetation Science* 18, 571–582.
- Gilgen A.K., Buchmann N. 2009. Response of temperate grasslands at different altitudes to simulated summer drought differed but scaled with annual precipitation. *Biogeosciences*, 6, 2525–2539.
- Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barančok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M.R., Kazakis G., Krajči J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.-P., Tomaselli M., Villar L., Vittoz P., Ioannis I., Grabherr G. 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2, 111–115.
- Grabherr G., Gottfried M., Pauli H. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369, 448.
- Grace J., Berninger F., Nagy L. 2002. Impacts of Climate Change on the Tree Line. *Annals of Botany* 90, 537–544.
- Inauen N., Körner C., Hiltbrunner E. 2012. No growth stimulation by CO<sub>2</sub> enrichment in alpine glacier forefield plants. *Global Change Biology* 18, 985–999.
- Inouye D.W. 2000. The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecology Letters* 3, 457–463.
- IPCC 2007. *Climate Change 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, UK and New York, USA.
- Jarrell W.M., Beverly R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy* 34, 197–224.
- Johnson D., Vachon J., Britton A.J., Helliwell R.C. 2011. Drought alters carbon fluxes in alpine snowbed ecosystems through contrasting impacts on graminoids and forbs. *New Phytologist* 190, 740–749.
- Jolly W.M., Dobbertin M., Zimmermann N.E., Reichstein M. 2005. Divergent vegetation growth responses to the 2003 heat wave in the Swiss Alps. *Geophysical Research Letters* 32, L18409.
- Jonas T., Rixen C., Sturm M., Stoeckli V. 2008. How alpine plant growth is linked to snow cover and climate variability. *Journal of Geophysical Research* 113, G03013.
- Jones M.L.M., Hodges G., Mills G. 2010. Nitrogen mediates above-ground effects of ozone but not below-ground effects in a rhizomatous sedge. *Environmental Pollution* 158, 559–565.
- Kapeller S., Lexer M.J., Geburek T., Hiebl J., Schueler S. 2012. Intraspecific variation in climate response of Norway spruce in the eastern Alpine range: Selecting appropriate provenances for future climate. *Forest Ecology and Management* 271, 46–57.
- Körner C. 2003. *Alpine Plant Life*, 2nd edn. Springer, Heidelberg, Germany.
- Körner C., Diemer M., Schächli P., Niklaus P., Arnone III J. 1997. The responses of alpine grassland to four seasons of CO<sub>2</sub> enrichment: a synthesis. *Acta Oecologica* 18: 165–175.
- Kulakowski D., Bebi P., Rixen C. 2011. The interacting effects of land use change, climate change and suppression of natural disturbances on landscape forest structure in the Swiss Alps. *Oikos* 120, 216–225.
- Latenser M., Schneebeli M. 2003. Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99). *International Journal of Climatology* 23, 733–750.
- Leitinger G., Tasser E., Newsely C., Obojes N., Tappeiner U. 2010. Seasonal dynamics of surface runoff in mountain grassland ecosystems differing in land use. *Journal of Hydrology* 385, 95–104.
- Lenoir J., Gégout J.C., Dupouey J.L., Bert D., Svenning J.-C. 2010. Forest plant community changes during 1989 – 2007 in response to climate warming in the Jura Mountains (France and Switzerland). *Journal of Vegetation Science* 21, 949–964.
- Luder W., Moriz C. 2005. Raufutterernte: Klimaerwärmung besser nutzen. *FAT-Berichte* 634, 1–8.
- Martin M., Gavazov K., Körner C., Hättenschwiler S., Rixen C. 2010. Reduced early growing season freezing resistance in alpine treeline plants under elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Global Change Biology* 16, 1057–1070.

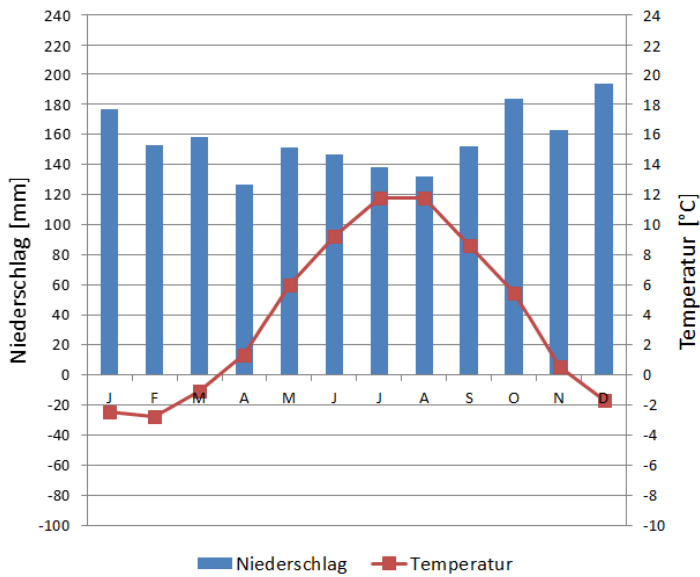
- Meusburger K., Alewell C. 2008. Impacts of anthropogenic and environmental factors on the occurrence of shallow landslides in an alpine catchment (Urseren Valley, Switzerland). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 8, 509-520.
- Mosimann E., Meisser M., Deléglise C., Jeangros B. 2012. Das Futterpotenzial der Juraweiden. *Agrarforschung Schweiz* 3, 516–523.
- OcCC 2007. Klimaänderung und die Schweiz 2050, Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC / ProClim–, Bern, Schweiz.
- Pauli H., Gottfried M., Reiter K., Klettner C., Grabherr G. 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13, 147–156.
- Rammig A., Jonas T., Zimmermann N.E., Rixen C. 2010. Changes in alpine plant growth under future climate conditions. *Biogeosciences* 7, 2013–2024.
- Rebetz M., Reinhard M. 2007. Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004. *Theoretical and Applied Climatology* 91, 27-34.
- Revell-Chion A., Tabacco E., Peiretti P.G., Borreani G. 2011. Variation in the fatty acid composition of alpine grassland during spring and summer. *Agronomy Journal* 103, 1072–1080.
- Sanz J., Muntifering R.B., Bermejo V., Gimeno B.S., Elvira S. 2005. Ozone and increased nitrogen supply effects on the yield and nutritive quality of *Trifolium subterraneum*. *Atmospheric Environment* 39, 5899–5907.
- Scherrer D., Körner C. 2011. Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38, 406–416.
- Sillen W.M.A., Dieleman W.I.J. 2012. Effects of elevated CO<sub>2</sub> and N fertilization on plant and soil carbon pools of managed grasslands: a meta-analysis. *Biogeosciences* 9, 2247–2258.
- Stampfli A., Zeiter M. 2004. Plant regeneration directs changes in grassland composition after extreme drought: a 13-year study in southern Switzerland. *Journal of Ecology* 92, 568–576.
- Theurillat J.-P., Guisan A. 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. *Climatic Change* 50, 77–109.
- Vacchiano G., Garbarino M., Borgogno Mondino E., Motta R. 2012. Evidences of drought stress as a predisposing factor to Scots pine decline in Valle d'Aosta (Italy). *European Journal of Forest Research* 131, 989–1000.
- Vanham D., Fleischhacker E., Rauch W. 2009. Impact of an extreme dry and hot summer on water supply security in an alpine region. *Water Science and Technology* 59, 469-477.
- Vingarzan R. 2004. A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment* 38, 3431–3442.
- Vittoz P., Randin C., Dutoit A., Bonnet F., Hegg O. 2009. Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. *Global Change Biology* 15, 209–220.
- Vittoz P., Rulence B., Largey T., Freléchoux F. 2008. Effects of Climate and Land-Use Change on the Establishment and Growth of Cembran Pine (*Pinus cembra* L.) over the Altitudinal Treeline Ecotone in the Central Swiss Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 40, 225-232.
- Volk M., Bungener P., Contat F., Montani M., Fuhrer J. 2006. Grassland yield declined by a quarter in 5 years of free-air ozone fumigation. *Global Change Biology* 12, 74–83.
- Walther G.-R., Beißner S., Burga C.A. 2005. Trends in the upward shift of alpine plants. *Journal of Vegetation Science* 16, 541-548.
- Wipf S., Rixen C. 2010. A review of snow manipulation experiments in Arctic and alpine tundra ecosystems. *Polar Research* 29, 95–109.
- Wipf S., Stoeckli V., Bebi P. 2009. Winter climate change in alpine tundra: plant responses to changes in snow depth and snowmelt timing. *Climatic Change* 94, 105-121.

# Niederschlagsmessnetz

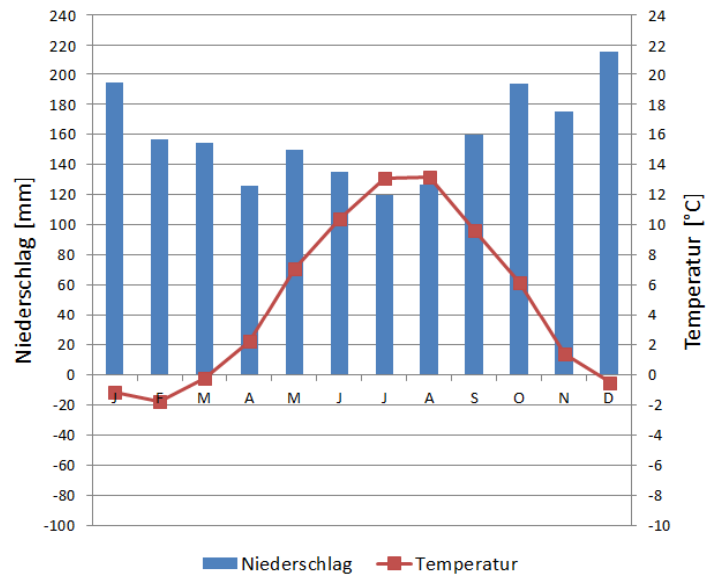


# Untersuchungsgebiet Vallée de Joux (und Stationen in der Nähe)

La Dôle, Mittel 1980 - 2009

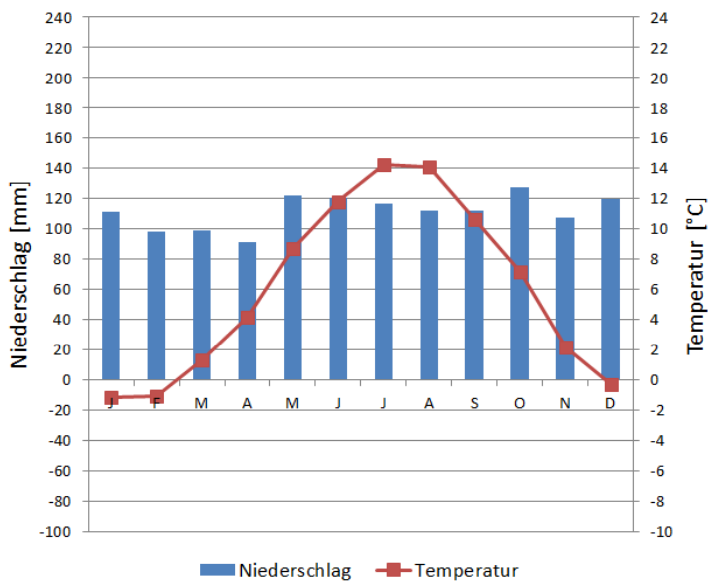


La Dôle, Mittel 2021 - 2050

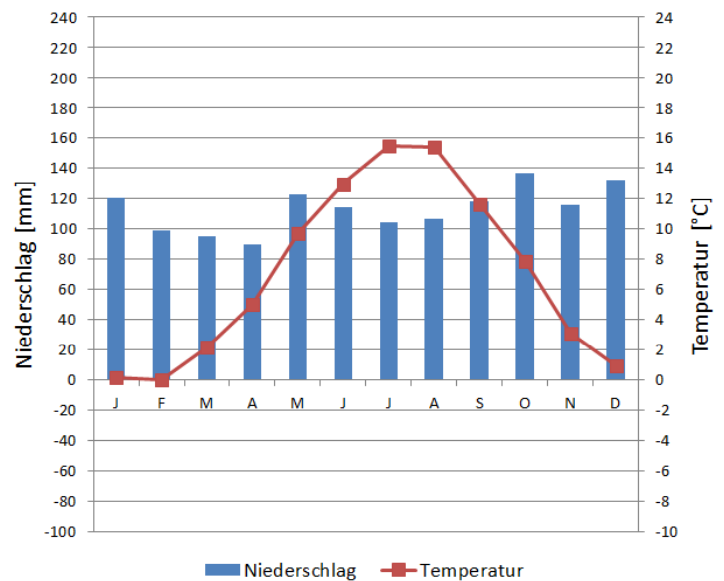


1670 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.08°C +1% Niederschlag**

Bullet/La Frétaz, Mittel 1980 - 2009



Bullet/La Frétaz, Mittel 2021 - 2050



1205 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.07°C +1% Niederschlag**

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

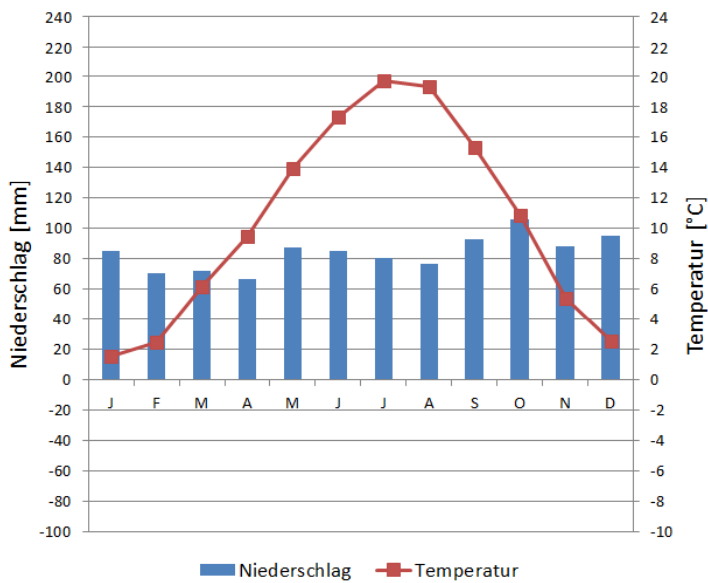
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

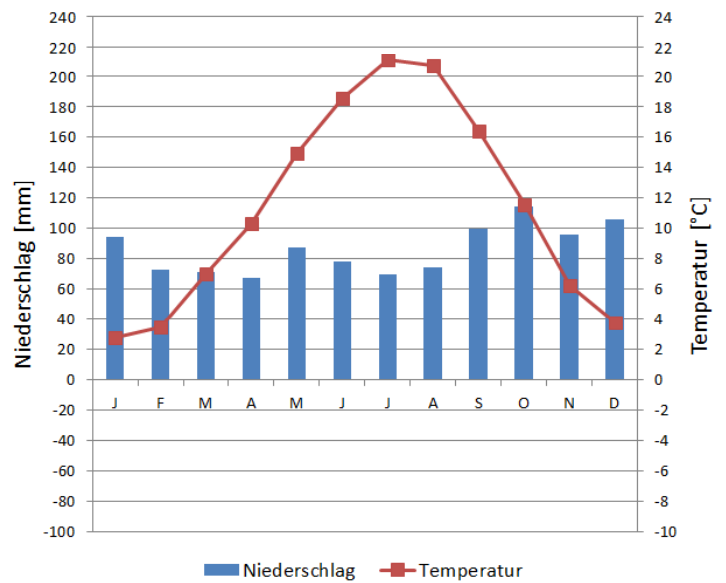


# Untersuchungsgebiet Vallée de Joux (und Stationen in der Nähe)

Nyon/Changin, Mittel 1980 - 2009

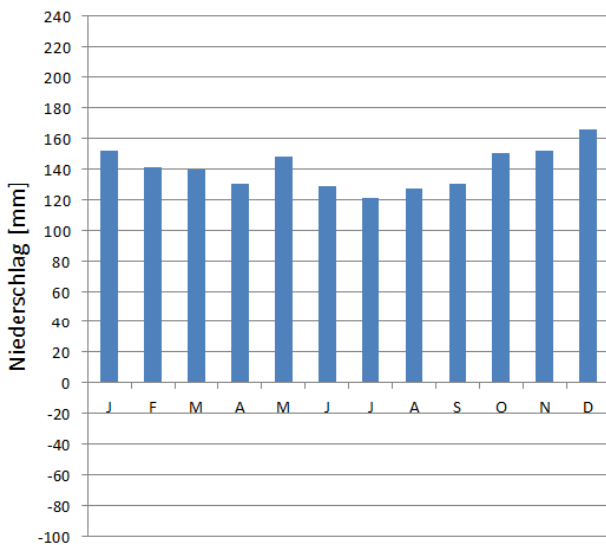


Nyon/Changin, Mittel 2021 - 2050

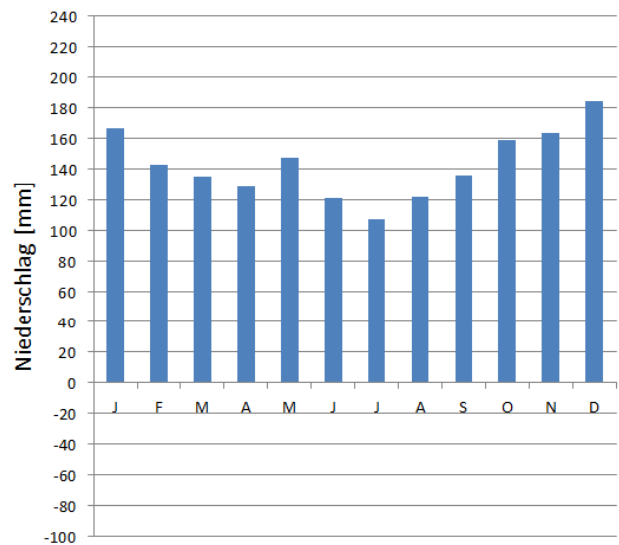


455 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.08°C +2% Niederschlag

Les Charbonnières, Mittel 1982 - 2009



Les Charbonnières, Mittel 2021 - 2050



1135 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1% Niederschlag

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

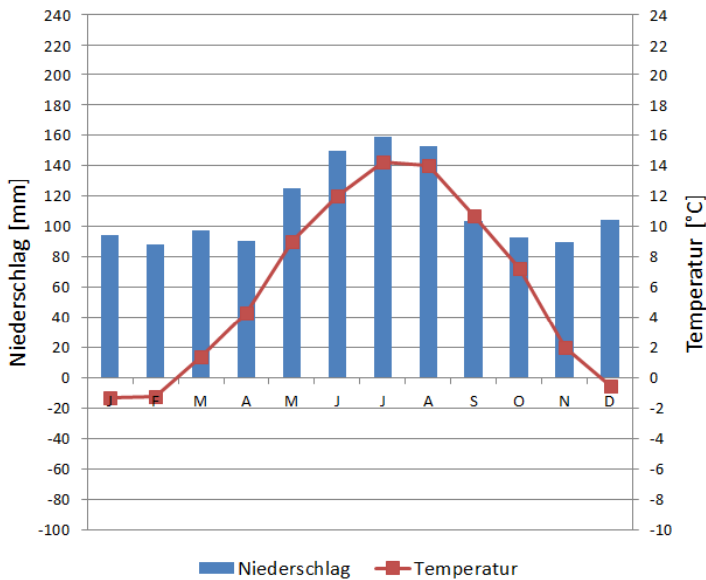
Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

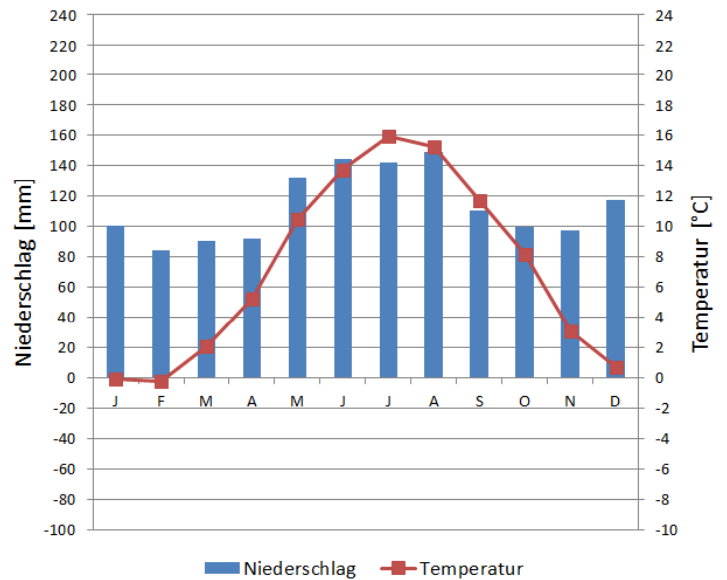
Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Diemtigtal, Niedersimmental (und Stationen in der Nähe)

Adelboden, Mittel 1980 - 2009

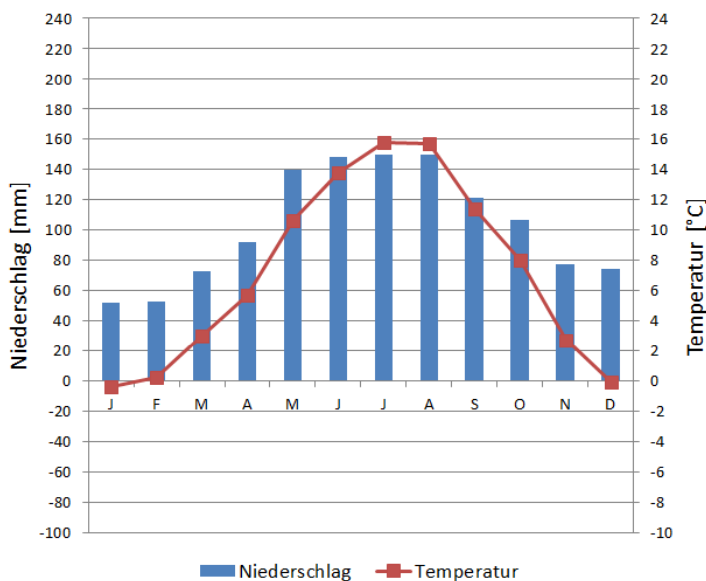


Adelboden, Mittel 2021 - 2050

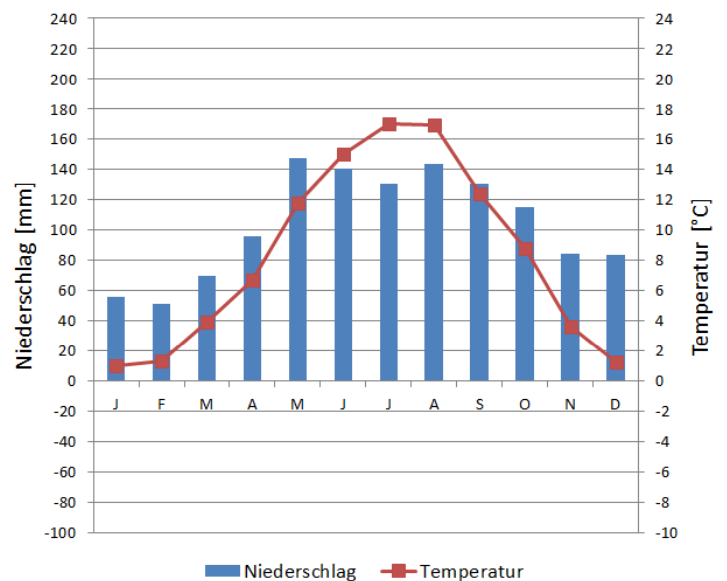


1320 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.17°C +2% Niederschlag

Plaffeien, Mittel 1989 - 2009



Plaffeien, Mittel 2021 - 2050



1042 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.11°C +2% Niederschlag

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

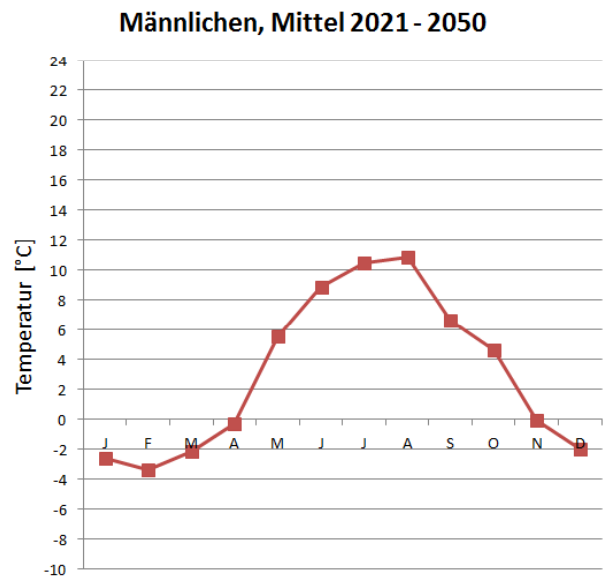
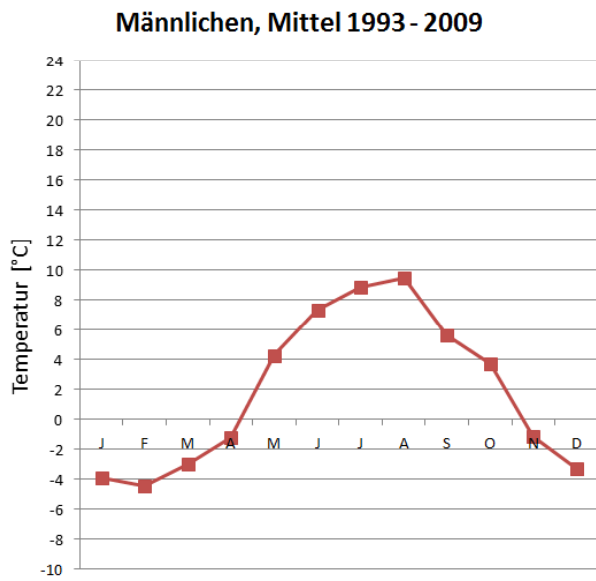
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

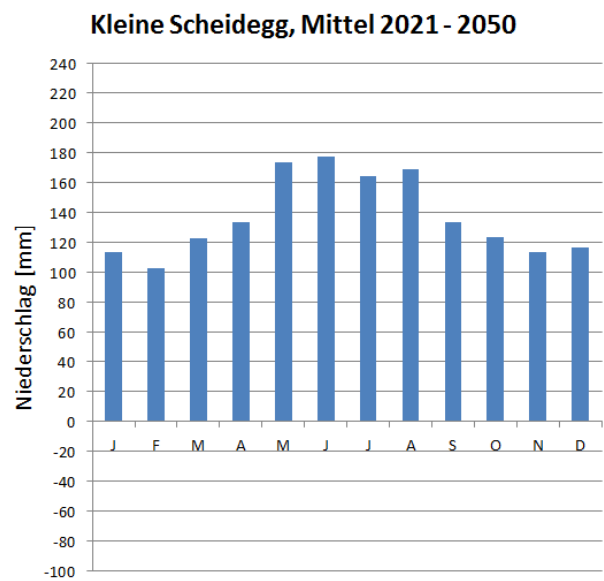
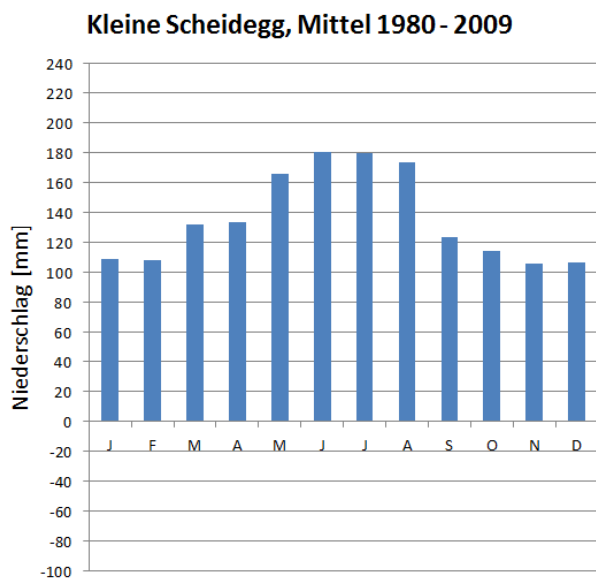
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Diemtigtal, Niedersimmental (und Stationen in der Nähe)



**2230 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.18°C**



**2061 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1% Niederschlag**

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

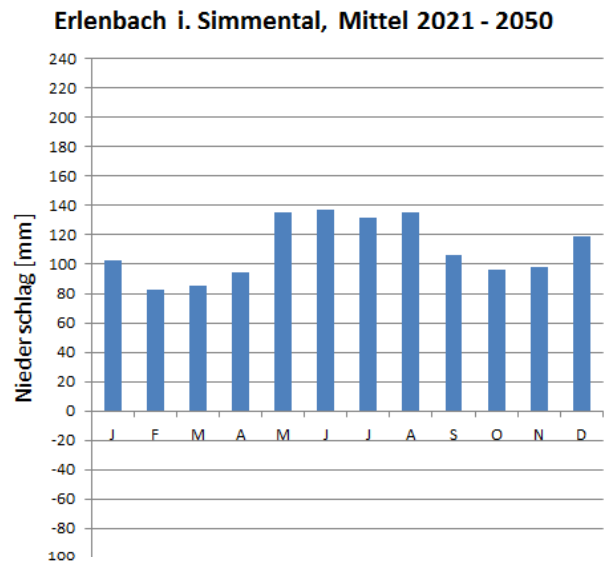
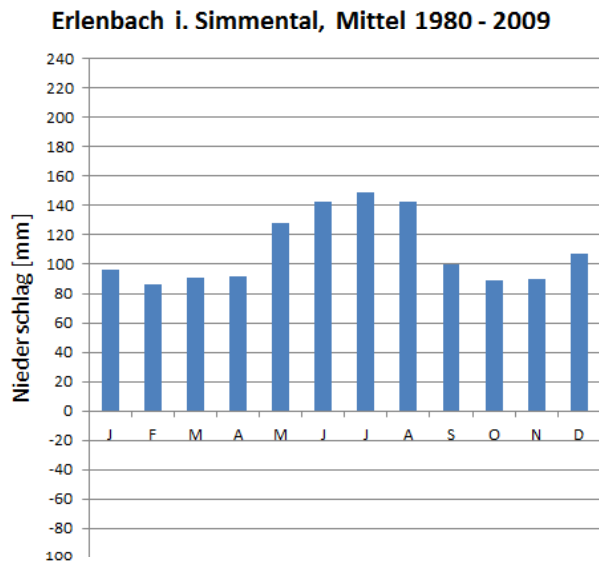
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Diemtigtal, Niedersimmental (und Stationen in der Nähe)



683 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +2%

## Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

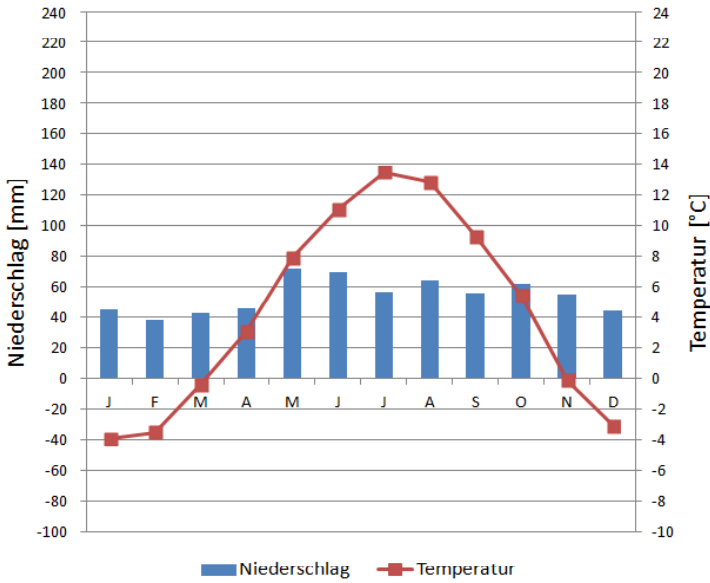
Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

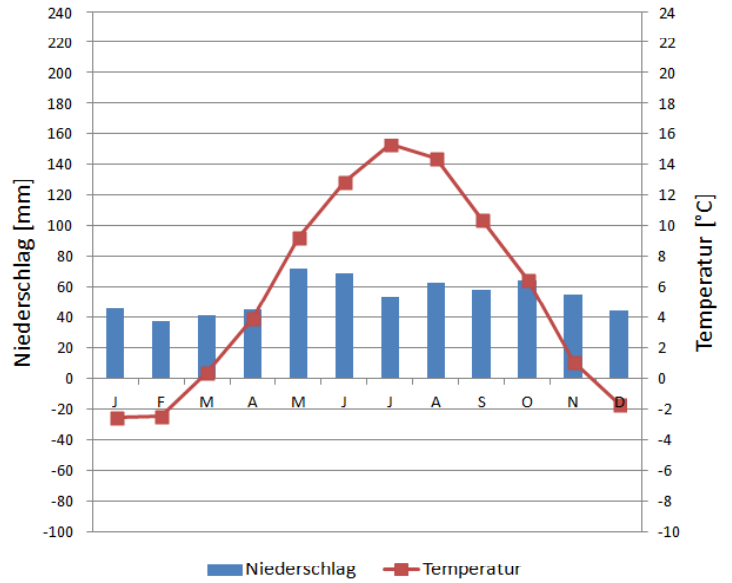
Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Visper-, Saas-, Baltschieder-, Nantztal (und Stationen in der Nähe)

Zermatt, Mittel 1980 - 2009

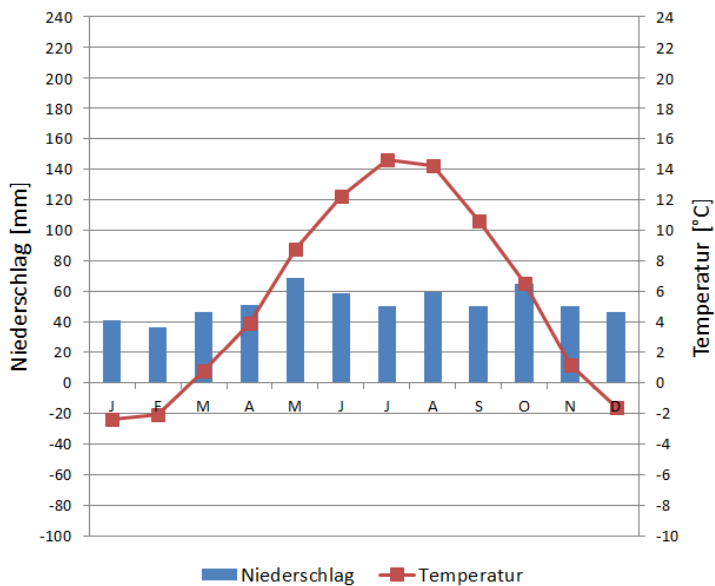


Zermatt, Mittel 2021 - 2050

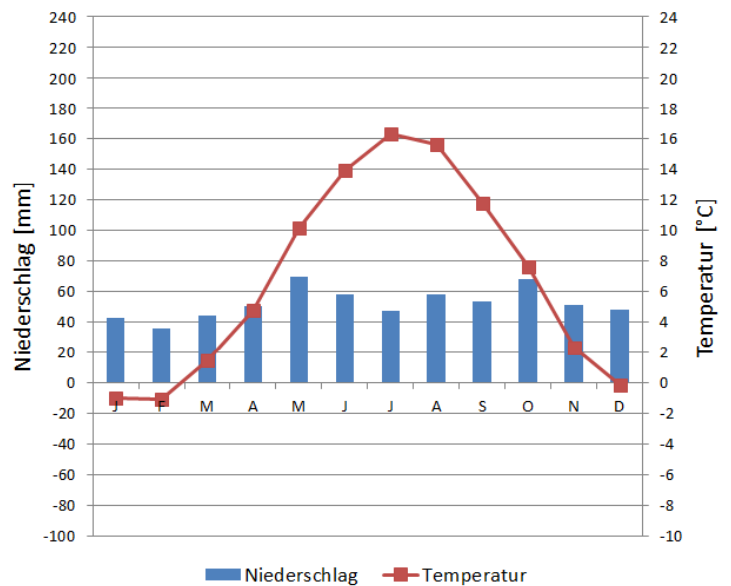


1638 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.26°C** **-1% Niederschlag**

Grächen, Mittel 1980 - 2009



Grächen, Mittel 2021 - 2050



1550 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.24°C** **±0% Niederschlag**

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

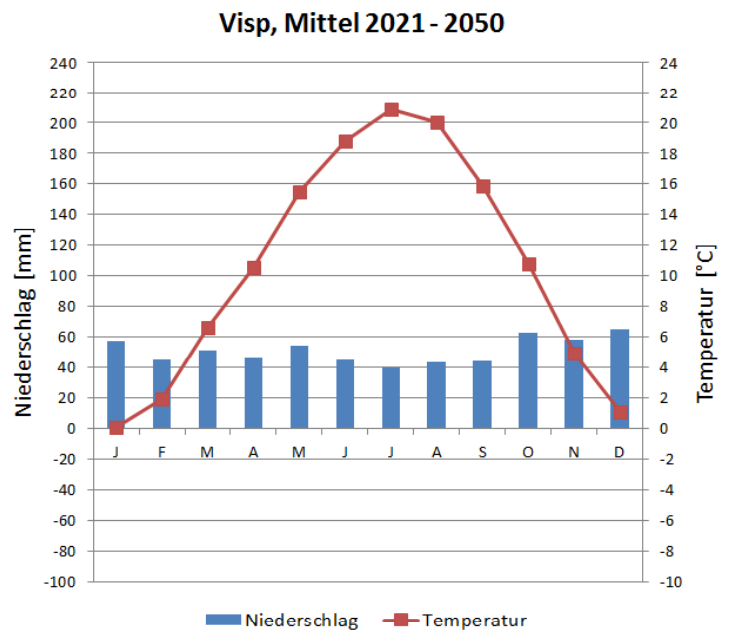
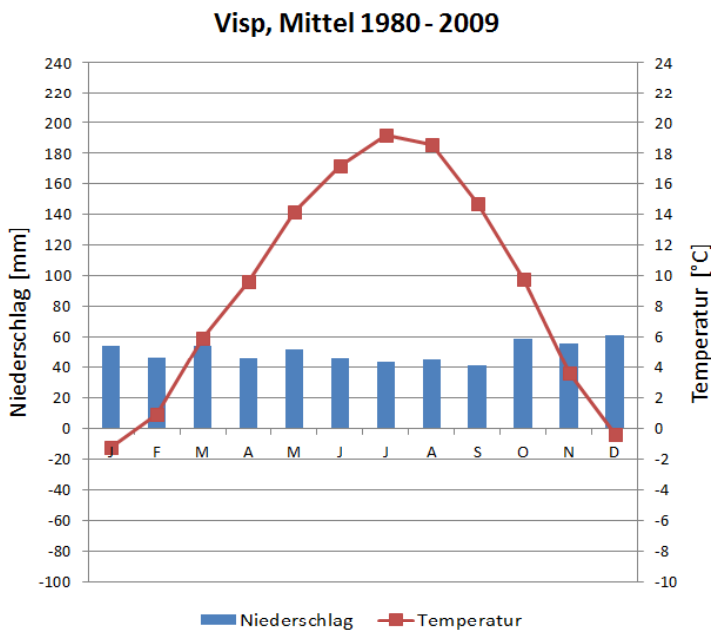
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

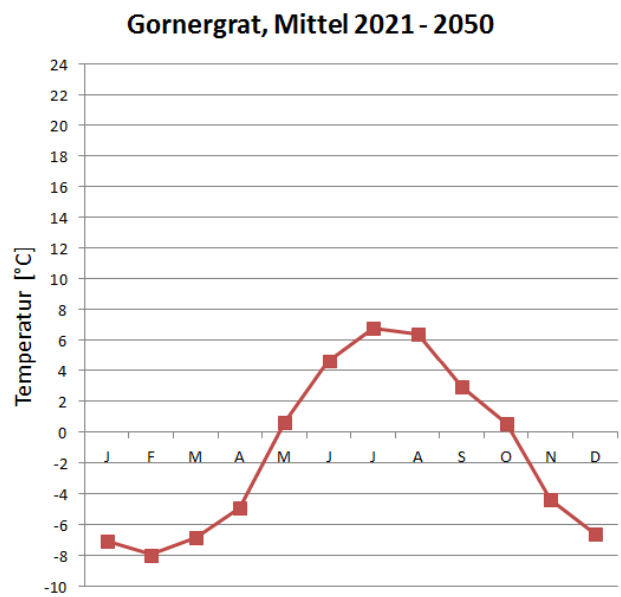
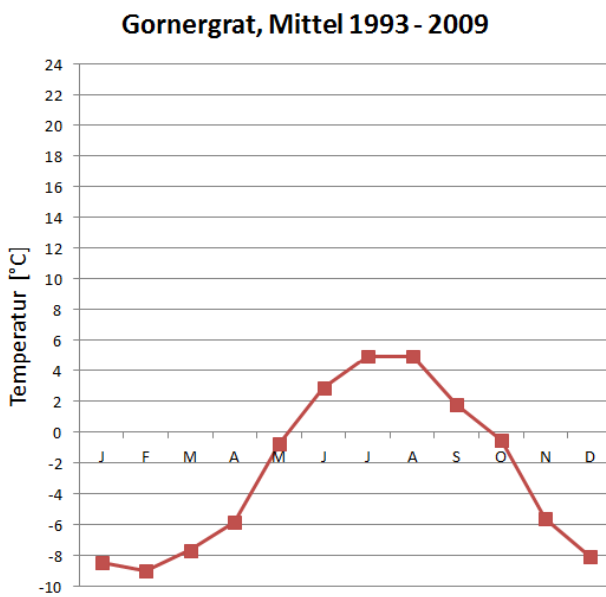
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Visper-, Saas-, Baltschieder-, Nantztal (und Stationen in der Nähe)



**639 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.24°C +1% Niederschlag**



**3103 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.29°C**

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

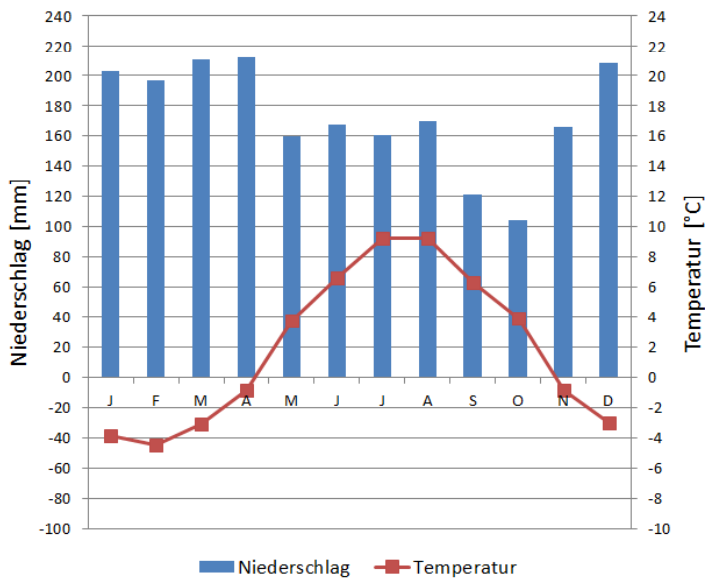
Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

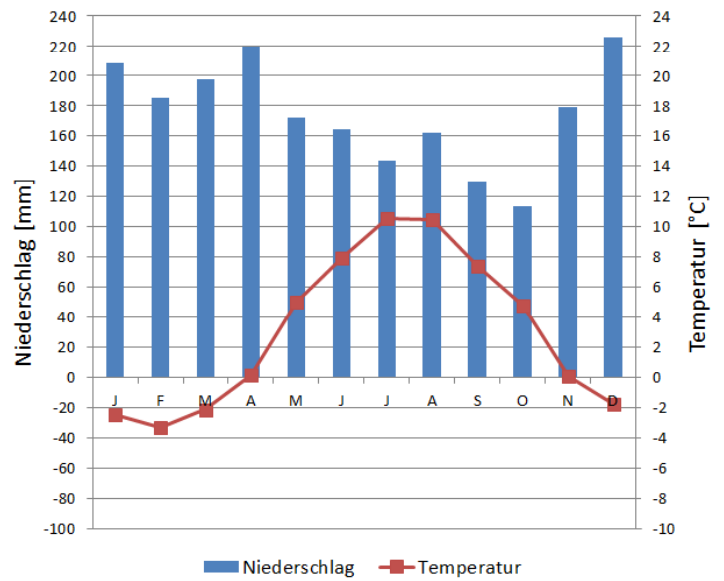
Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Obwalden (und Stationen in der Nähe)

Pilatus, Mittel 1981 - 2009

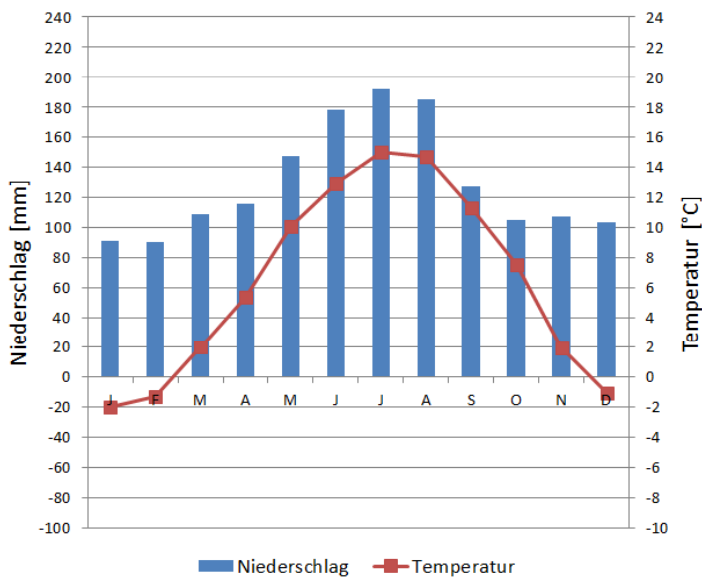


Pilatus, Mittel 2021 - 2050

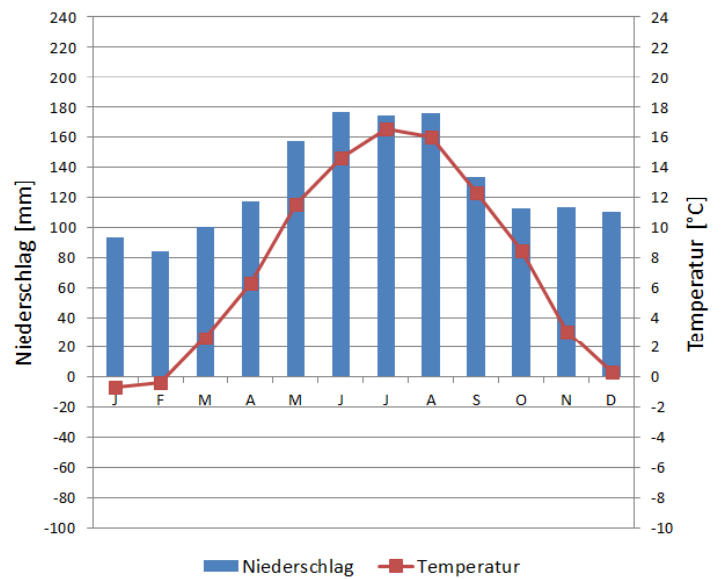


2106 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.15°C +1% Niederschlag**

Engelberg, Mittel 1980 - 2009



Engelberg, Mittel 2021 - 2050



1036 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.20°C ±0% Niederschlag**

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

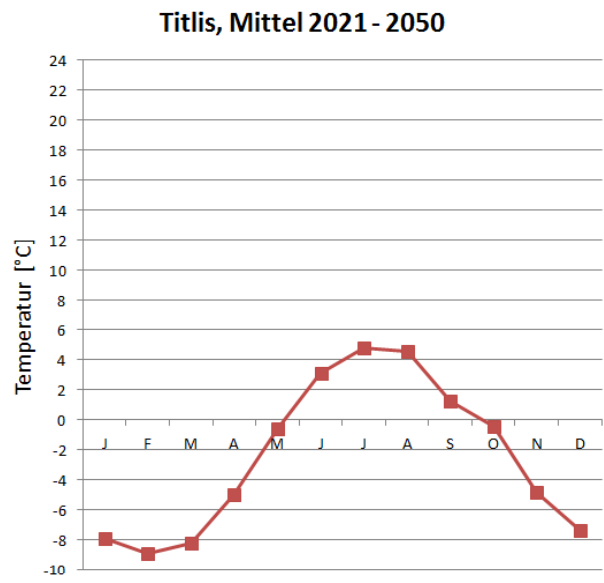
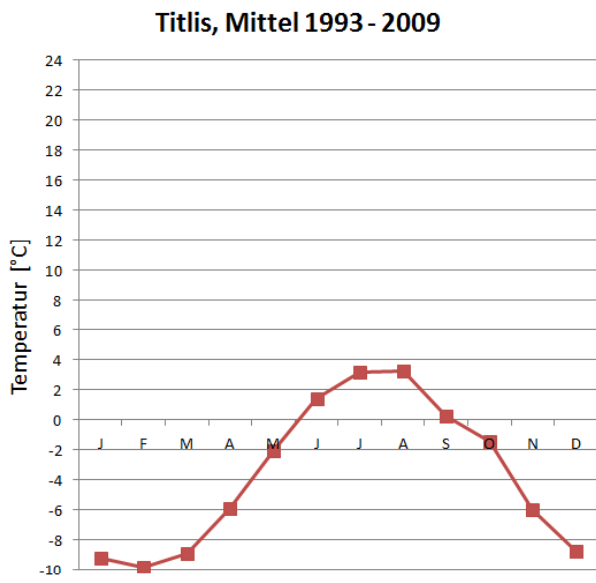
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

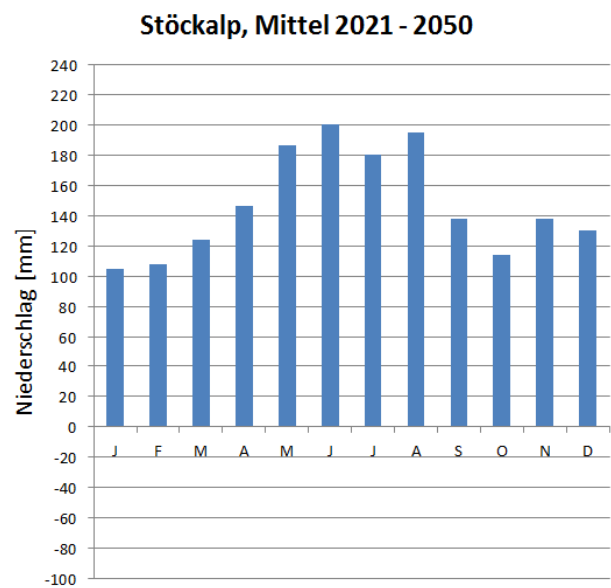
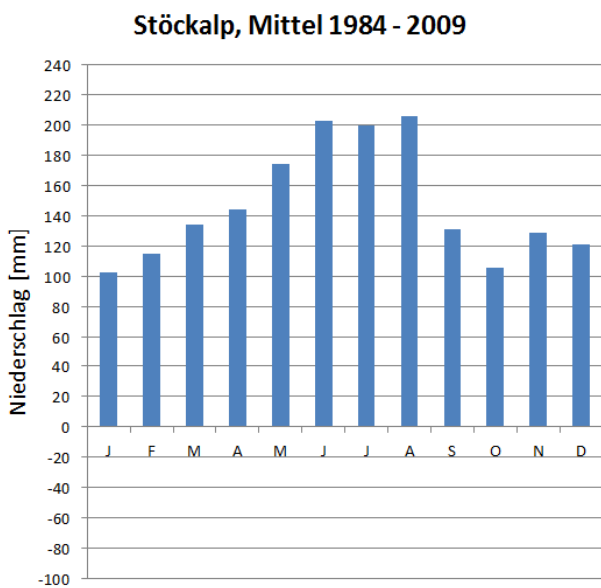
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Obwalden (und Stationen in der Nähe)



3040 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.21°C



1070 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1% Niederschlag

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

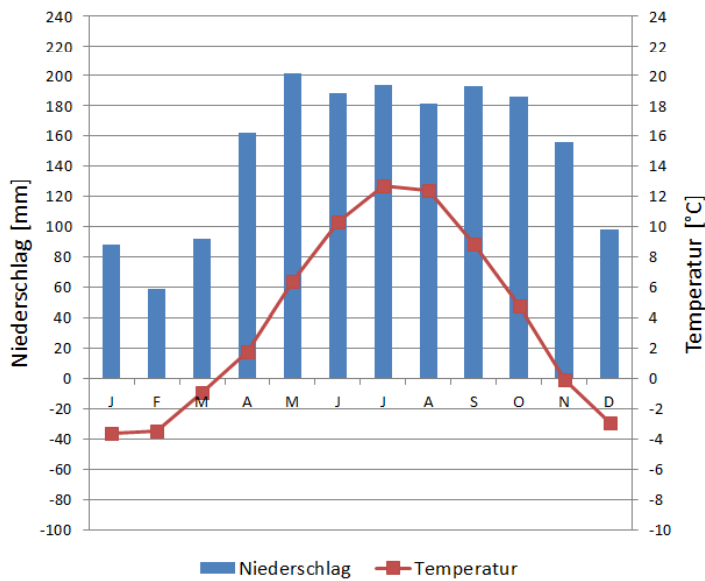
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

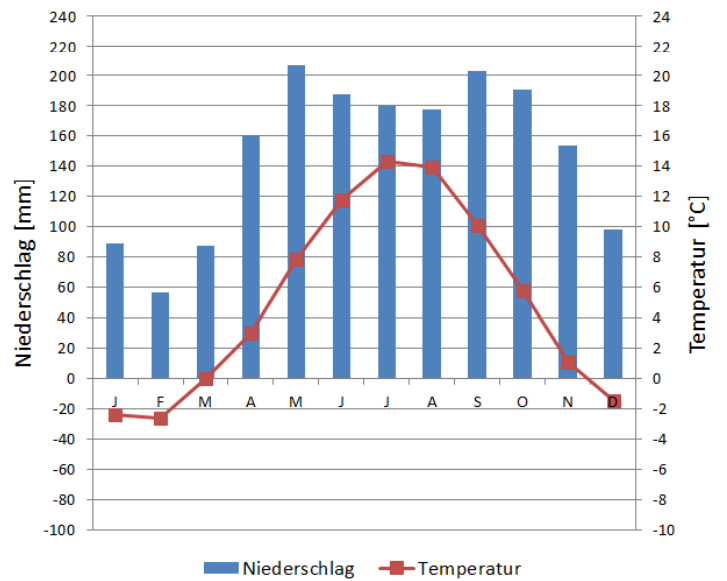


# Untersuchungsgebiet Misox (und Stationen in der Nähe)

San Bernadino, Mittel 1980 - 2009

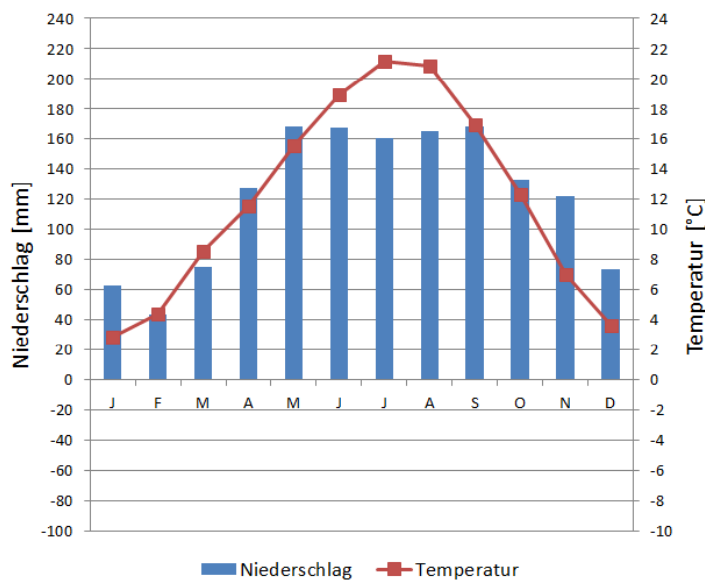


San Bernadino, Mittel 2021 - 2050

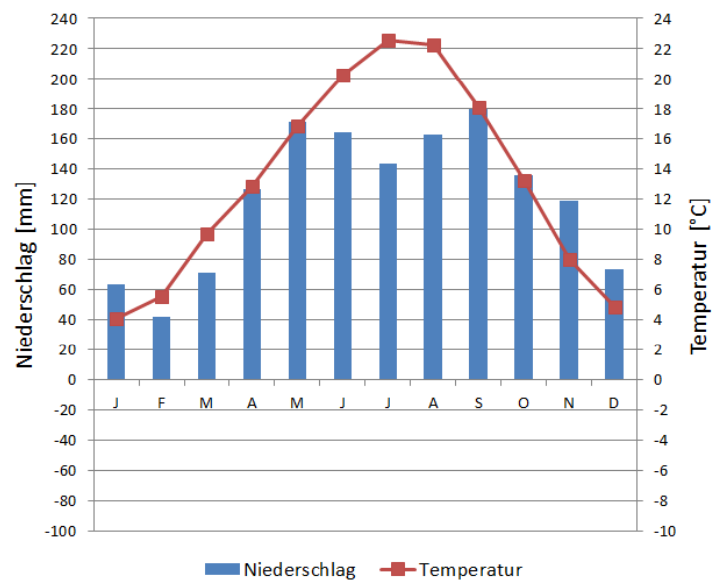


1639 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.26°C -1% Niederschlag

Grono, Mittel 1980 - 2009



Grono, Mittel 2021 - 2050



382 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.23°C -1% Niederschlag

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

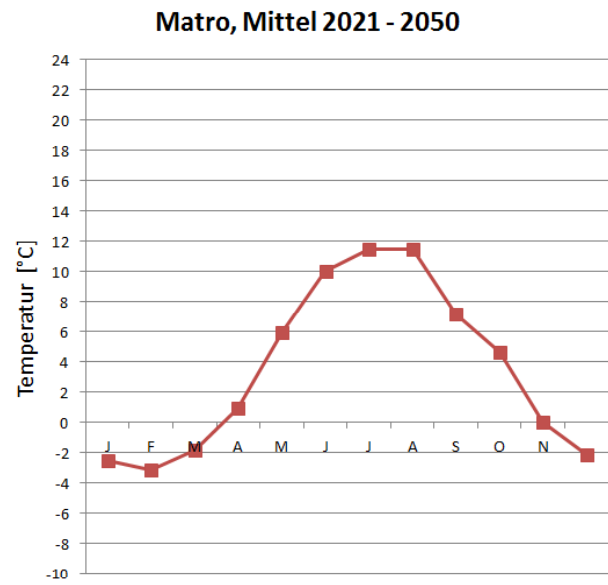
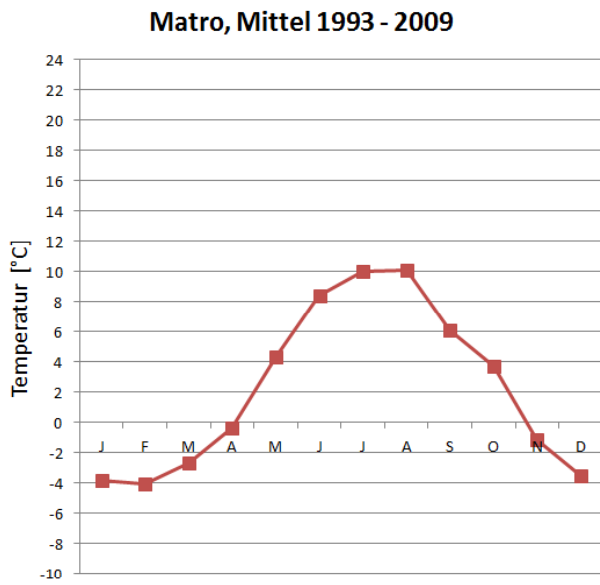
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

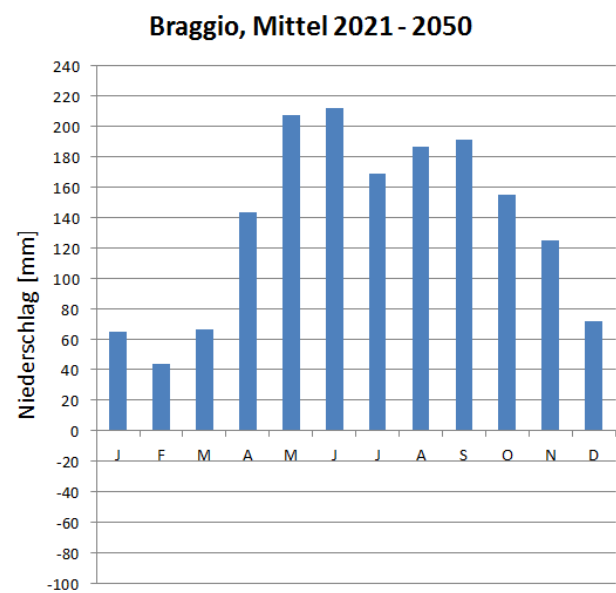
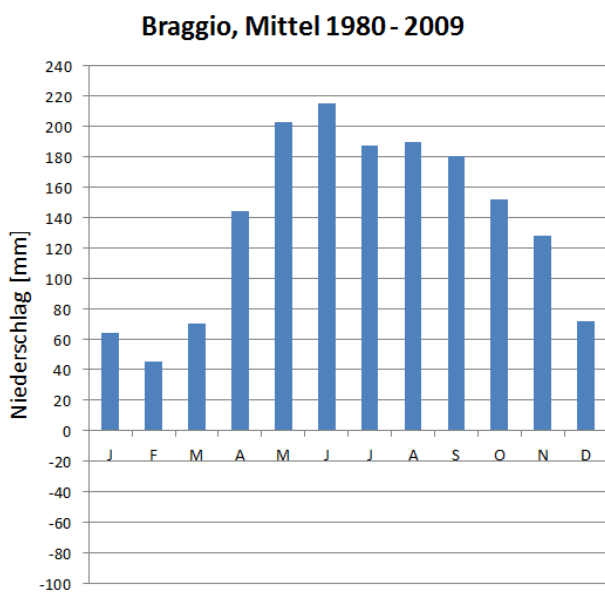
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

## Untersuchungsgebiet Misox (und Stationen in der Nähe)



2171 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.26 °C



1315 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: -1% Niederschlag

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

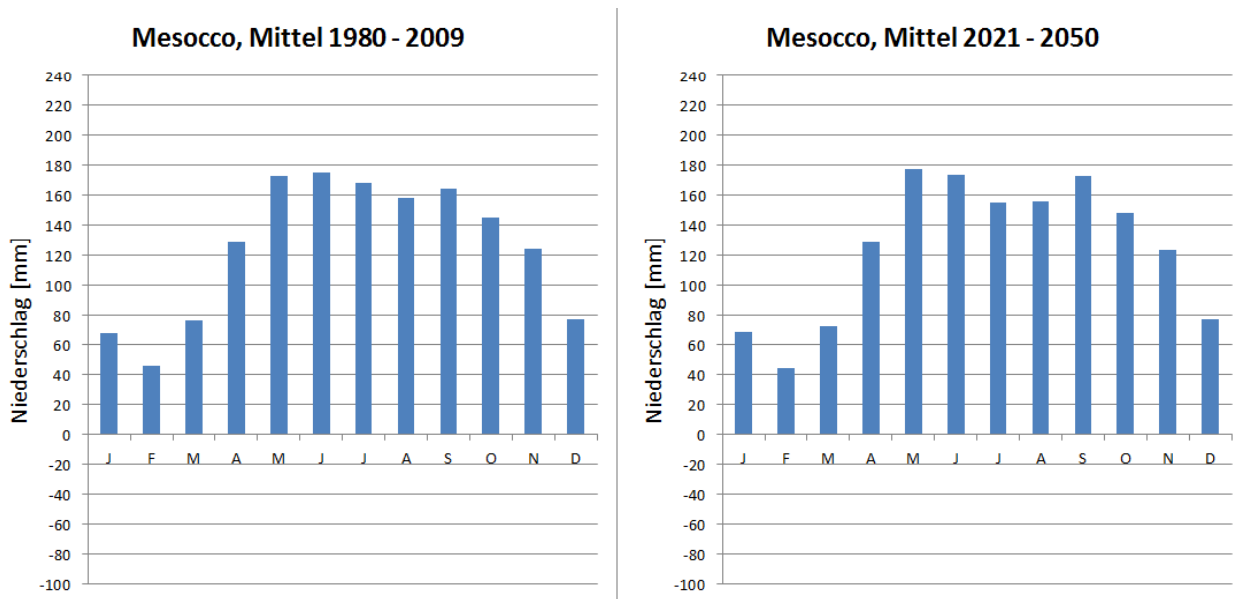
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

## Untersuchungsgebiet Misox (und Stationen in der Nähe)



**800 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: -1% Niederschlag**

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

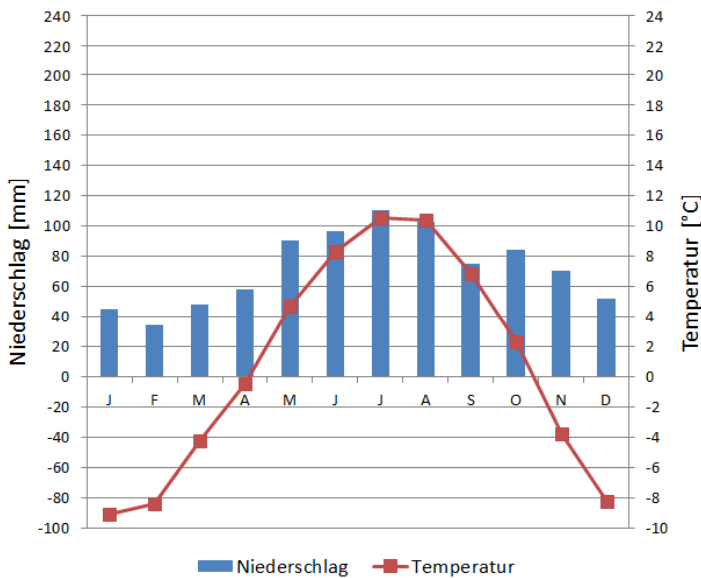
Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

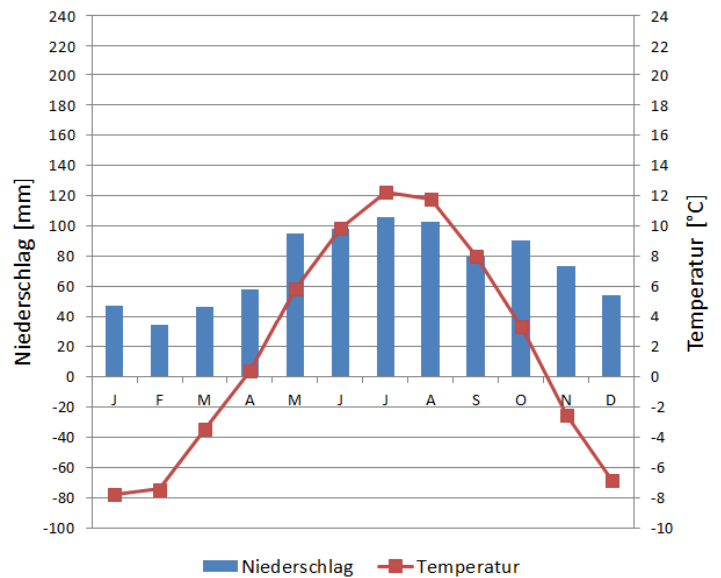
Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Unterengadin

Buffalora, Mittel 1980 - 2009

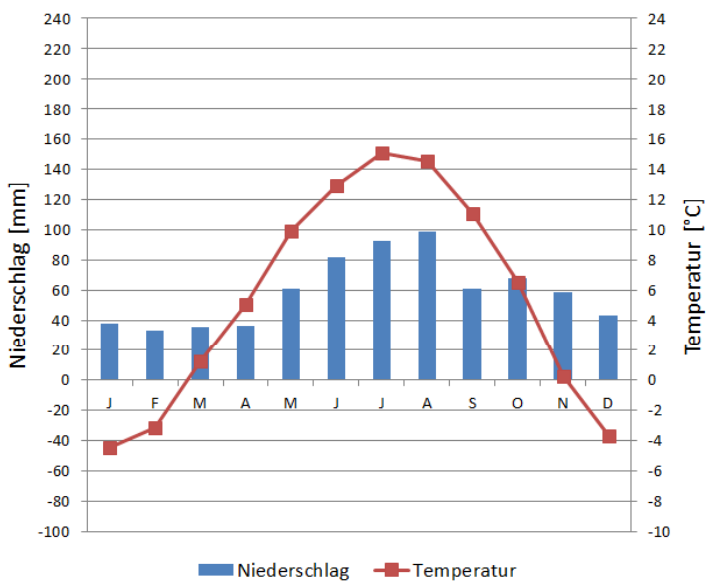


Buffalora, Mittel 2021 - 2050

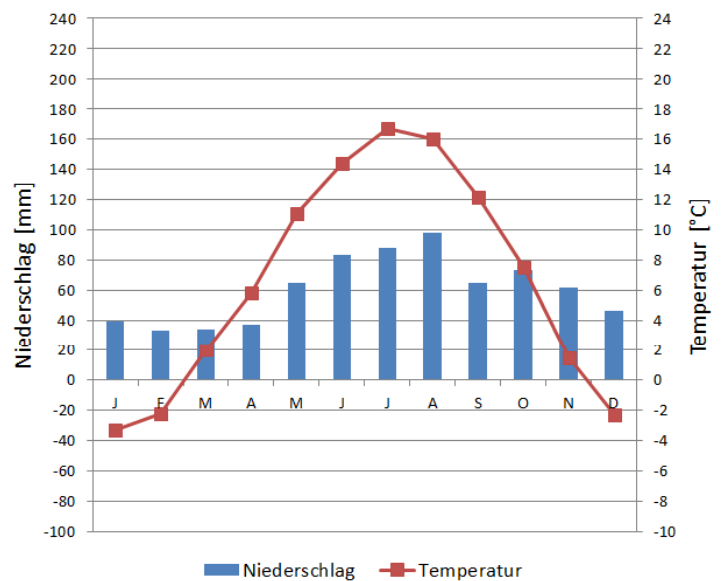


1970 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.21°C +2% Niederschlag**

Scuol, Mittel 1980 - 2009



Scuol, Mittel 2021 - 2050



1304 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: **+1.18°C +3% Niederschlag**

Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.

Temperatur in 2m Höhe.

Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.

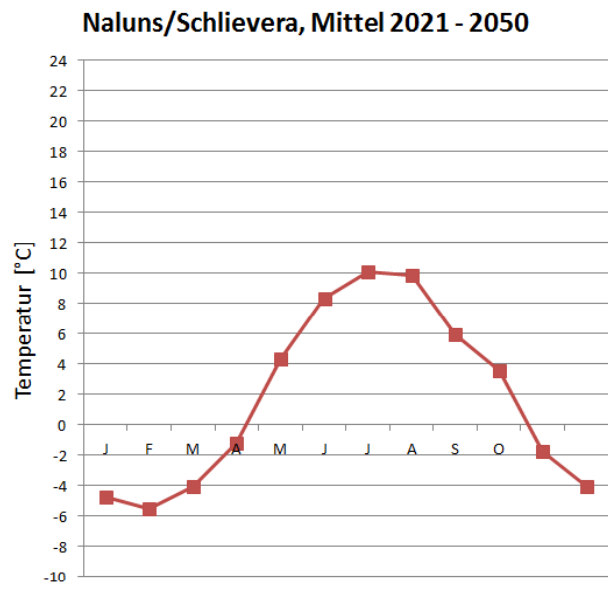
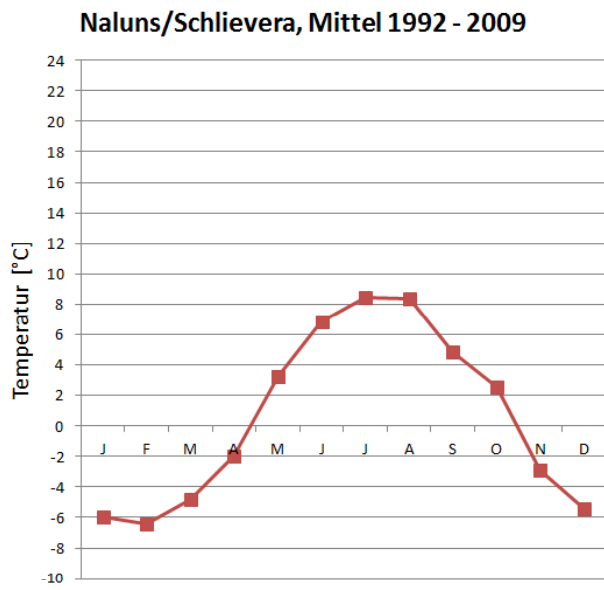
CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

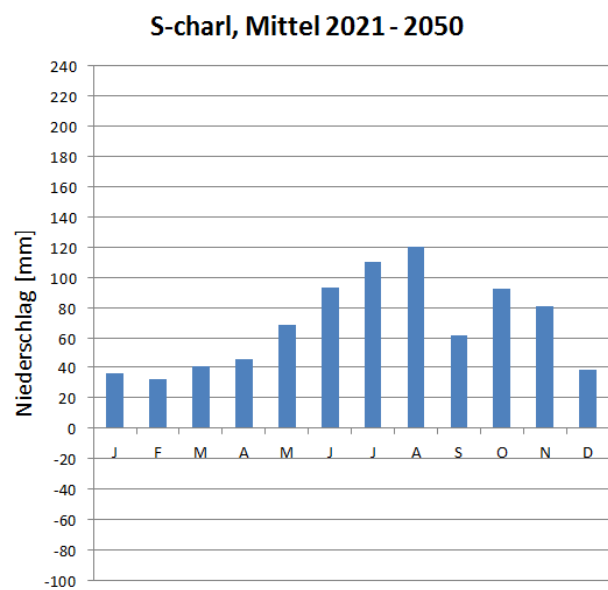
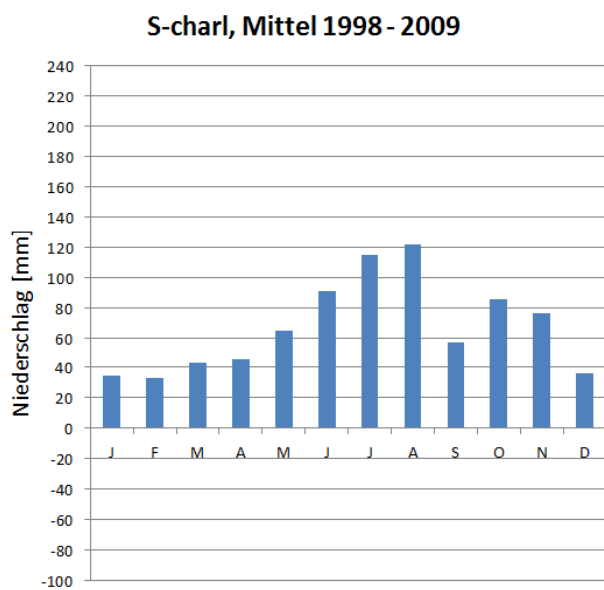
Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

# Untersuchungsgebiet Unterengadin



**2400 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +1.18°C**



**1830 m ü. M. - Veränderung Jahresmittel: +3% Niederschlag**

**Prognostizierte Änderungen anhand von lokalen Klimamodellen für einzelne Meteostationen.**

**Temperatur in 2m Höhe.**

**Für weitergehende Informationen (Emissions-Szenarien, Unsicherheit...) s. CH2011-Report.**

CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios 2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88pp. ISBN: 978-3-033-03065-7

Bosshard, T., Kotlarski, S., Ewen, T., Schär, C. (2011): Spectral representation of the annual cycle in the climate change signal, Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2777-2788, doi: 10.5194/hess-15-2777-2011

Die CH2011 Daten wurden über das Center for Climate Systems Modeling (C2SM) bezogen.

Die Stationsdaten wurden über IDAWEB by Meteoswiss bezogen.

## **Interview am 12.11.2012 in Visp**

### **Projekt AlpFUTUR, Teilprojekt Klimawandel und Alpwirtschaft**

Teilnehmende:

Norbert Agten (Landwirtschaftszentrum Visp)  
Felix Herzog (Agroscope, AlpFUTUR)  
Verena Blanke (Agroscope, AlpFUTUR)

- (1) *Gebiet von hauptsächlichem Interesse: Visper-, Saas-, Baltschieder- und Nanttal (VS)*  
Sömmerungsweiden in der Region typischerweise ab 1900 bis 2400 m ü.M.  
Bewässerungsgräben für Wiesen und Weiden existieren aufgrund der dortigen Trockenheit schon lange, sind aber heute grösstenteils nicht mehr in Betrieb. Finden sich v.a. auf der Landwirtschaftlichen Nutzfläche, z.T. auch im Sömmerungsgebiet.
- (2) *Welche Tiere/ Tierkategorien werden dort aktuell (hauptsächlich) gesömmert?*  
Moosalp, Vispental: Galt- und Milchkühe  
Baltschiedertal: hauptsächlich Schafe (Schwarznasen)  
Nanttal: 1 Schafalpe, 4 Grossviehalpen  
Vispental: Milch- und Galtvieh, etwas Jungvieh, Eringer; viele Tiere  
(Mattertal: hauptsächlich Schafalpen)  
Saastal: Grossviehalpen
- (3) *Wie intensiv ist die Nutzung (durchschnittlich)?*  
Eher an der unteren Grenze (70% NST), z.T. haben die Alpen Mühe, die 75% NST nicht zu unterschreiten. Hauptgrund ist der Agrarstrukturwandel.
- (4) *Zu welchem Zeitraum können Sie Angaben machen?*  
Über die letzten 30 Jahre etwa.
- (5) *Hat sich in diesem Zeitraum die Länge der Sömmerungsperiode geändert?*  
Alpbestossung zwar etwas verlängert, aber hauptsächlich dadurch, dass weniger Vieh hinaufgetrieben wird (mehr Futter verfügbar).  
Alpauftrieb lässt sich aufgrund von Traditionen (Eringer Kuhkämpfe, Tourismus) oft nicht verschieben; und Daten werden schon im Winter festgelegt, d.h. kein Raum für kurzfristige Änderungen.  
Zudem besteht für Talbauern immer ein Interesse, Kühe früh auf die Alp zu bringen (mehr Zeit für anfallende Arbeiten am Hof) und auch früh wieder zurückzuhaben (Kosten Hirt).  
Herbstweide im Tal ist länger möglich (früher 15. Oktober, heute ca. 14 Tage später), Winterfütterung beginnt später
- (6) *Haben Sie den Eindruck, dass sich die Qualität der Weiden verändert hat? (z.B. Futtermenge, gute Futterpflanzen, Problempflanzen, Nutzungsdauer, Veränderungen beim Zufüttern...) Warum?*  
Im Vispental werden Trockenprobleme der Weiden sichtbar, viele südexponiert.  
Auch im Saastal Trockenprobleme; aber Weideflächen über einen grossen Bereich von Höhenlagen und Expositionen bieten Ausgleichsflächen.  
Tiefer gelegene Weiden haben mit grösseren Trockenheitsproblemen zu kämpfen als höher gelegene Weiden.  
In den letzten Jahren gab es z.T. schon im Frühling Trockenheitsprobleme. Alpen fangen seit etwa 5 Jahren an, Bewässerungsanlagen zu installieren, z.B. Täschalp und eine Alp im Nanttal. z.T. können Beschneiungsanlagen dafür genutzt werden.  
Auf (sowieso) zu Trockenheit neigenden Flächen grössere Probleme z.B. durch zunehmenden Rotschwengel und Fiederzwenke; aber eher nutzungsbedingt. Flächen wurden zum Teil früher gemäht.
- (7) *Haben Sie Veränderungen hinsichtlich des Einrückens von Zwergsträuchern, Sträuchern, Bäumen und Wald in bewirtschaftete Flächen bemerkt? Warum?*  
Auf der Moosalpe im Vispental existieren viele Waldweiden (200 von 300 ha); Bäume rücken dort aufgrund fehlender Forstwirtschaft ein.  
auch in anderen Fällen eher durch Nutzungsänderungen bedingt. Aufkommen von Zwergsträuchern aufgrund des tieferen Tierbesatzes.  
Gleichzeitig hat man den Eindruck, dass sich die Waldgrenze nach oben verschiebt.

(8) Gab es Veränderungen beim Tierbesatz bzw. Trends Richtung Extensivierung/Aufgabe von Flächen oder Richtung Intensivierung? Warum?

(9) Gab es Veränderungen bei den Anteilen verschiedener Tierkategorien, die gesömmert werden? d.h. wurde auf andere Tierkategorien umgestellt? Warum?

Auf z.B. der Moosalpe im Vispental wurden Tierzahlen (Galt- und Milchkühe) von 155 auf 135 begrenzt, weil die Flächen übernutzt waren (aber kein direkter Klimaeinfluss feststellbar).

Dort und allgemein nehmen Milch- gegenüber Galtkühen (besonders auch bei Eringern) stärker ab, was auf den Strukturwandel zurückzuführen ist.

Im Nanztal wurden 4 Grossviehalpen zu 2 zusammengelegt, aus wirtschaftlichen Gründen Tierzahlen gehen insgesamt tendenziell runter; oft schwierig 75% NST für Sömmerungsbeiträge zu erreichen.

Aufgegeben werden hauptsächlich gefährlich gelegene oder sumpfige Flächen; nicht weil sie verbuschen.

(10) Haben Sie in den vergangenen Jahren Veränderungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit festgestellt? (z.B. auch bei Quellen zur Speisung von Viehtränken)

Es gibt versiegende Quellen; allerdings nicht sicher, ob aufgrund zunehmender Trockenheit. Die Quellen wurden z.T. durch Bewässerungsgräben gespiesen, die heute nicht mehr existieren. oft Bäche und Seen zur Tränke genutzt; dort gibt es bis jetzt keine Probleme.

(11) Haben Sie den Eindruck, das sich die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen verändert hat? (z.B. Starkregen, die etwa zu Hangrutschen geführt haben, Hitzewellen, Trockenperioden...) bzw. was für allgemeine Trends haben Sie beobachtet?

Ja. Zunahme von Trockenheit und Starkregenfällen.

Auffällig, dass es weniger Schneefälle im Sommer gibt, so dass Kühe, wie früher häufig der Fall, nicht mehr ins Tal zurückgezogen werden müssen.

Insgesamt auch Trend zu grösserer Trockenheit sichtbar.

Auf der Täschalp wurden Dämme gebaut, gegen Wassermassen nach Starkniederschlägen, Hangrutschungen (letztere auch durch auftauenden Permafrost)

(12) Waren auffällige klimatische Ereignisse im Hitzesommer 2003 besonders ausgeprägt oder kamen nur in dem Jahr vor? Oder ist Ihnen diesbezüglich ein anderes Jahr besonders aufgefallen?

2011 war ein besonders trockenes Jahr, Weiden hatten kurz nach der Schneeschmelze schon Trockenschäden.

Auch tiefer gelegene Heuwiesen konnten 2011 nicht mehr bewässert werden. Zudem sind Wasserleitungen die durch eine früh fehlende Schneedecke freilagen, aufgrund von Spätfrösten eingefroren.

Im Oktober 2011 kam es im Lötschental zu aussergewöhnlich starken Unwettern mit Hangrutschungen; aufgrund einer zunächst grossen Schneemenge und einem folgendem, ungewöhnlichen Anstieg der Schneefallgrenze auf 4000 m ü.M., gefolgt von weiteren starken Regenfällen.

2003 war wie überall besonders heiss und trocken.

aber auch 1976 war so trocken, dass Tiere schon im August von der Täschalp abgetrieben werden mussten.

(13) Wenn die Entwicklungen, die Sie (möglicherweise) beobachtet haben, in den nächsten Jahren so weitergehen: wohin könnte dies bis Mitte dieses Jahrhunderts führen? (z.B. in Bezug auf Intensivierungen/Extensivierungen) Was sehen Sie als Gründe?

Die Bedeutung höher gelegener Weiden wird zunehmen, da sie im Vergleich zu tiefer gelegenen weniger Trockenprobleme haben.

Insgesamt für Alpen aber keine grossen Klimaprobleme bis 2050 absehbar. Die vielseitige Topographie hilft; es ist günstig, wenn es auch hochgelegene, nicht südexponierte Weideflächen gibt.

Von grösserer Bedeutung: Sanierungsbedarf, Personalkosten (verteilen sich auf immer weniger Tiere), Abnahme des Alpwerchs

(14) Welchen Stellenwert hat dabei der Klimawandel? (entweder generelle Zunahmen bei Temperatur und Trockenheit oder auch Extremereignisse)

gering (aber bestimmt keine positiven Einflüsse auf die Alpwirtschaft)

Auch Bauern im Saastal waren der Ansicht, dass der Punkt Klimawandel nicht in einem Regioprojekt behandelt werden müsse.

*(15) Was ist der Informationsbedarf für Sie? Welche Zusatzinformationen z.B. aus der Wissenschaft könnten helfen, mit (möglicherweise) erwarteten Veränderungen besser umgehen zu können?*  
Informationsveranstaltungen von Projekten werden sehr geschätzt.



## **Interview am 14.11.2012 in Le Lieu**

### **Projekt AlpFUTUR, Teilprojekt Klimawandel und Alpwirtschaft**

Teilnehmende:

Guy Reymond (Prometerre)  
Silvain Meylan (Le Brassus)  
Jean-Pierre Rochat (Le Lieu, Syndique)  
Louis-François Berney (L'Abbaye)  
Felix Herzog (Agroscope, AlpFUTUR)

- (1) *Gebiet von hauptsächlichem Interesse: Vallée de Joux (VD)*  
Alpen auf ca. 1100 – 1400 m.ü.M.
- (2) *Welche Tiere/ Tierkategorien werden dort aktuell (hauptsächlich) gesömmert?*
  - Milchkühe
  - Rinder
  - Mutterkühe
- (3) *Wie intensiv ist die Nutzung (durchschnittlich)?*  
An der oberen Besatzgrenze (100 – 110% NST). Zum Vergleich: im Mittel 1,28 NST/ha auf den Alpen des Jura, 0,91 NST/ha in den Waadtländer Alpen.
- (4) *Zu welchem Zeitraum können Sie Angaben machen?*  
Ca. 50 Jahre
- (5) *Hat sich in diesem Zeitraum die Länge der Sömmerungsperiode geändert?*  
Tendenziell früher Auftrieb; z.B. Alpaufzug am 6. Mai anstatt am 1. Juni. Ist jedoch von lokaler Topographie abhängig. Bis zu drei Wochen längere Sömmerung. Entladung ungefähr zum selben Zeitpunkt. Hauptgrund ist, dass versucht wird, die Weiden früher zu nutzen wenn die Qualität des Futters noch besser ist, insbesondere weil moderne Hochleistungskühe höhere Ansprüche an die Futterqualität stellen.
- (6) *Haben Sie den Eindruck, dass sich die Qualität der Weiden verändert hat? (z.B. Futtermenge, gute Futterpflanzen, Problempflanzen, Nutzungsdauer, Veränderungen beim Zufüttern...) Warum?*  
Eher weniger Futter, tendenzielle schlechtere Qualität. Hauptgrund sind die Einschränkungen bei der Düngung der Weiden (Gülle aus dem Tal nicht erlaubt, P-Zufuhr limitiert). Zunehmend Disteln (Chardon des champs) und Euphorbiaceen („Lait de serpent“). An Strassenrändern auch Jakobskreuzkraut.
- (7) *Haben Sie Veränderungen hinsichtlich des Einrückens von Zwergsträuchern, Sträuchern, Bäumen und Wald in bewirtschaftete Flächen bemerkt? Warum?*  
In den letzten Jahrzehnten wurde der Wald konsequent geschützt, viele Waldweiden sind zugewachsen. In jüngerer Zeit findet ein Paradigmenwechsel statt. Die Förster erkennen den landschaftlichen Wert der Waldweide und sind eher bereit, diese wieder zu öffnen. Unterstützung durch „Programme biodiversité“ des Bundes. Ausserdem gewinnt Brennholz an Wert, so dass in Zukunft das Holz der Waldweiden so genutzt werden kann.
- (8) *Gab es Veränderungen beim Tierbesatz bzw. Trends Richtung Extensivierung/Aufgabe von Flächen oder Richtung Intensivierung? Warum?*  
Relativ konstant. Zwar etwa gleich viele Tiere aber starke Leistungssteigerung, dadurch höherer Futterbedarf (Zufütterung) und Wasserbedarf.
- (9) *Gab es Veränderungen bei den Anteilen verschiedener Tierkategorien, die gesömmert werden? d.h. wurde auf andere Tierkategorien umgestellt? Warum?*  
Ist mehr oder weniger konstant geblieben. In jüngerer Zeit vermehrt Mutterkuhhaltung, jedoch in erster Linie auf Kosten der Rindersömmerung (nicht der Milchkühe). Milch- und Käseproduktion bleibt interessant, guter Markt für Vacherin Mont d'Or und Gruyère d'Alpage.
- (10) *Haben Sie in den vergangenen Jahren Veränderungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit festgestellt? (z.B. auch bei Quellen zur Speisung von Viehtränken)*

Wasserverfügbarkeit ist die Hauptsorge der Bewirtschafter, insbesondere Tränken der Tiere. Oft haben die Alpgebäude Zisternen, welche mit Wasser von den Dächern gespiesen werden. In den letzten Jahren waren die Zisternen im Frühjahr oft nicht vollständig gefüllt, was zu Wasserknappheit während der Alpsaison führt. Gründe für den Wassermangel sind:

- Höherer Wasserbedarf der Hochleistungstiere;
- Höherer Wasserbedarf für die Käseproduktion (Hygieneanforderungen) und für sanitäre Anlagen des Personals;
- Zunehmend Starkregenereignisse, während denen gar nicht alles Wasser aufgefangen werden kann (Dachrinnen überlaufen).

Massnahmen:

- Wasser wird auf die Alpen gefahren
- Es werden Teiche / Auffangbecken angelegt als Viehtränken (Konflikt mit ökologischen Anforderungen zur Förderung von Amphibien, Hygieneanforderungen an Wasserqualität);
- Alte Installationen / Quellen werden wieder in Betrieb genommen;
- Es werden individuell Wasserschläuche auf die Alpen gezogen;
- Die Alpen werden an die zentrale Wasserversorgung im Tal angeschlossen (Projekt in Le Lieu).

*(11) Haben Sie den Eindruck, das sich die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen verändert hat? (z.B. Starkregen, die etwa zu Hangrutschen geführt haben, Hitzewellen, Trockenperioden...) bzw. was für allgemeine Trends haben Sie beobachtet?*

Zunehmend Starkregen, es kann nicht alles Wasser zurückgehalten werden. Hitzeperioden im Frühling, z.T. sind die Weiden schon im Frühling trocken. Wenn der Schnee direkt verdunstet befeuchtet er den Boden nicht. Hitzeperioden im Sommer führen dazu, dass die Tiere mehr trinken.

*(12) Waren auffällige klimatische Ereignisse im Hitzesommer 2003 besonders ausgeprägt oder kamen nur in dem Jahr vor? Oder ist Ihnen diesbezüglich ein anderes Jahr besonders aufgefallen?*

(s.o.)

*(13) Wenn die Entwicklungen, die Sie (möglicherweise) beobachtet haben, in den nächsten Jahren so weitergehen: wohin könnte dies bis Mitte dieses Jahrhunderts führen? (z.B. in Bezug auf Intensivierungen/Extensivierungen) Was sehen Sie als Gründe?*

*(14) Welchen Stellenwert hat dabei der Klimawandel? (entweder generelle Zunahmen bei Temperatur und Trockenheit oder auch Extremereignisse)*

*(15) Was ist der Informationsbedarf für Sie? Welche Zusatzinformationen z.B. aus der Wissenschaft könnten helfen, mit (möglicherweise) erwarteten Veränderungen besser umgehen zu können?*

**Fazit:**

Die Sömmerung im Jura unterscheidet sich fundamental von der Sömmerung in den Alpen. Oft tiefere und wüchsigere Lagen, weniger steil.

Die Alpen werden so intensiv wie möglich genutzt.

Wassermangel ist die Hauptsorge, kann mit technischen Anpassungen behoben werden.

Schwierigkeiten mit den Einschränkungen für Düngung und Zufütterung durch die Sömmerungsbeitragsverordnung, da insbesondere der Vacherin Mont d'Or in der zweiten Hälfte der Alpengungsperiode produziert wird, wenn Futter und Milchleistung bereits zurückgehen.

Klimawandel macht sich v.a. durch einzelne Ereignisse bemerkbar (Starkregen, Hitzeperioden), welche zu Wassermangel führen. Jedoch Überlagerung des Effektes durch gleichzeitig steigenden Wasserverbrauch.

## **Interview am 16.11.2012 in Spiez**

### **Projekt AlpFUTUR, Teilprojekt Klimawandel und Alpwirtschaft**

Teilnehmende:

Martin Jutzeler (Inforama Hondrich)  
Felix Herzog (Agroscope, AlpFUTUR)  
Verena Blanke (Agroscope, AlpFUTUR)

(1) *Gebiet von hauptsächlichem Interesse: **Diemtigtal, Niderrsimmental (BE)***

Alpen liegen grösstenteils zwischen 1300 bis 1900 m ü.M.; Ausnahmen 1250 bis 2200 m ü.M.  
Berner Alpen im Vergleich zu anderen Regionen gut erschlossen.

(2) *Welche Tiere/ Tierkategorien werden dort aktuell (hauptsächlich) gesömmert?*

Diemtigtal insgesamt: hpts. Rinderhaltung/ Jungvieh; im Sommer ist durch Sömmerebetriebe die Anzahl der Tiere doppelt so hoch wie im Winter.  
Auf den Alpen hauptsächlich Milchkuhe, Alpkäseproduktion.  
Kaum Käseereien im Tal (gilt insgesamt fürs Berner Oberland)

(3) *Wie intensiv ist die Nutzung (durchschnittlich)?*

Alpen werden im Durchschnitt entsprechend dem verfügbaren Normalbesatz (= 100%) genutzt. Ca. 1 NST/ha Alpweide.

(4) *Zu welchem Zeitraum können Sie Angaben machen?*

ab etwa 1965.

(5) *Hat sich in diesem Zeitraum die Länge der Sömmereperiode geändert?*

in den letzten 20 – 30 Jahren hat sich Sömmereperiode um 2 – 5 Tage verlängert, d.h. Tiere werden früher auf die Alp getrieben, aufgrund früheren Vegetationsbeginns (bessere Nutzung des frühen, qualitativ besseren Futters). Abtrieb +/- zum selben Zeitpunkt.  
Es gibt auch Reglemente zum Alpauf- und -abtrieb, die aber heute flexibler gehandhabt werden als früher.

(6) *Haben Sie den Eindruck, dass sich die Qualität der Weiden verändert hat? (z.B. Futtermenge, gute Futterpflanzen, Problempflanzen, Nutzungsdauer, Veränderungen beim Zufüttern...) Warum?*

Magerweiden (nicht gedüngt): bei gleichbleibender Bestossung gleichbleibende Qualität, bei Abnahme der Bestossung Verbuschung. Verbuschung auch dadurch, dass Pflege von Flächen aufgrund Personalmangels oft nicht mehr möglich (in den letzten 30 Jahren haben Arbeitskräfte etwa um 50% abgenommen).

Fettweiden (gedüngt): bei guter Nutzung (richtig angepasstes Weidesystem, Düngung) Qualitätsverbesserung. Heute eher Umtriebs- statt Standweide. Bei Übernutzung/ Überdüngung kommt es zu Verunkrautung (besonders durch Alpenblacke).

Insgesamt muss die Biomasseproduktion zugenommen haben, da ungefähr gleich viele Tiere gesömmert werden aber mit deutlich höherer Leistung.

Eine eventuell zusätzlich durch Temperaturzunahme bedingte Biomassezunahme lässt sich schwer von der nutzungsbedingten trennen.

Zu- und Abnahmen guter Futter- oder Problempflanzen auch hauptsächlich durch die Nutzung bedingt.

Hochsteigen von Pflanzenarten (in höhere Habitate, in denen sie früher nicht zu finden waren) beobachtet, z.B. Jakobskreuzkraut jetzt auf tiefgelegenen Alpen, und besonders auffällig Ackerkratzdistel, mit Futtermitteln oder Stroh zugeführt oder aus tieferen Lagen eingewandert.

Mehr zugefüttert werden muss nur bei (immer grösser und schwerer werdenden)

Hochleistungstieren. Für 6000 kg – Kühe nicht nötig. Krafffutter ist für Alpkäse nicht günstig.

(7) *Haben Sie Veränderungen hinsichtlich des Einrückens von Zwergsträuchern, Sträuchern, Bäumen und Wald in bewirtschaftete Flächen bemerkt? Warum?*

Alpen, die im Waldstreifen liegen, haben einen (gleichbleibend) hohen Verbuschungs-, Bewaldungsdruck, v.a. auch durch Laubhölzer. Diese haben tendenziell heute bessere Wachstumsbedingungen.

Über Waldgrenze hat Verbuschung-/ Bewaldung eher zugenommen, sicher durch steigende Temperaturen begünstigt, aber auch durch (s.o.) fehlende Arbeitskräfte.

Extensiv bewirtschaftete Flächen laufen Gefahr, einzuwachsen.

Über der Waldgrenze laufen aber Prozesse langsamer ab, so dass es dort insgesamt weniger Probleme gibt als darunter.

*(8) Gab es Veränderungen beim Tierbesatz bzw. Trends Richtung Extensivierung/Aufgabe von Flächen oder Richtung Intensivierung? Warum?*

*(9) Gab es Veränderungen bei den Anteilen verschiedener Tierkategorien, die gesömmert werden? d.h. wurde auf andere Tierkategorien umgestellt? Warum?*

Tierzahlen sind insgesamt ungefähr konstant geblieben (Alpen der Region und Berner Oberland insgesamt), hauptsächlich aufgrund der Sömmungsbeiträge.

Generell hat seit den 70er Jahren aber eine Intensivierung stattgefunden; durchschnittliche Milchleistung ist von 4000 kg auf 6000 kg pro Kuh gestiegen.

Tendenziell weniger Jungvieh im Vergleich zu Milchkühen, da höhere Direktzahlung für Milch als für Jungvieh, und auch da der Käse-Absatzmarkt bisher gut war.

Zunahme der Mutterkühe v.a. auf Kosten der Rinder (Milchkühe konstant).

Viele Alpen haben Tierzahlen erhöht; z.B. Tschuggenalp seit 1967 von 151 auf 233 NST, Meienfall seit 1967 von 108 auf 119 NST, aufgrund gezielterer und besserer Bewirtschaftung (Nutzung und Düngung standortgemäss).

Günstige Flächen sind intensiviert, ungünstige extensiviert worden.

Schwer zugängliche Alpen und steile Flächen aufgegeben.

Auch Futterproduktion ist intensiver geworden, aufgrund besserer Infrastruktur (Alpwege) und verbessertem Einsatz von Düngemitteln, soweit das von den gesetzlichen Bestimmungen her möglich war.

*(10) Haben Sie in den vergangenen Jahren Veränderungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit festgestellt? (z.B. bei auch bei Quellen zur Speisung von Viehtränken)*

insgesamt keine Probleme; Qualität des Wassers auch gut.

Verteilung oft nicht optimal (aber immer schon), so dass Pumpen notwendig sind; und es gibt natürlich regionale Unterschiede.

Für zu nassen Alpen (z.B. Schwefelberg) waren Trockenperioden wie im Sommer 2003 günstig.

*(11) Haben Sie den Eindruck, dass sich die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen verändert hat? (z.B. Starkregen, die etwa zu Hangrutschen geführt haben, Hitzewellen, Trockenperioden...) bzw. was für allgemeine Trends haben Sie beobachtet?*

seit den 80er Jahren sind abnehmende Schneemengen im Winter zu beobachten, mit Ausnahmen (z.B. Winter 1999).

Gewitter und Starkniederschläge nehmen zu.

Dazu ist es tendenziell länger trocken, so dass Starkniederschläge schlecht vom Boden aufgenommen werden können.

Die nördlichen Voralpen erhalten im Vergleich zu anderen Regionen der Alpen aber viel Niederschläge. Deshalb kaum Trockenheitsprobleme.

*(12) Waren auffällige klimatische Ereignisse im Hitzesommer 2003 besonders ausgeprägt oder kamen nur in dem Jahr vor? Oder ist Ihnen diesbezüglich ein anderes Jahr besonders aufgefallen?*

Sowieso eher trockene Alpen (wo z.B. Quellen nur durch Niederschlagswasser gespeist werden) hatten Probleme, und Tiere mussten auf andere Alpen, die noch Futter hatten, getrieben werden. Alpen waren insgesamt weniger von der Trockenheit betroffen als Talbetriebe.

1980 war sehr nass und kalt; Tiere mussten aufgrund Futtermangels früher abgetrieben werden.

*(13) Wenn die Entwicklungen, die Sie (möglicherweise) beobachtet haben, in den nächsten Jahren so weitergehen: wohin könnte dies bis Mitte dieses Jahrhunderts führen (z.B. in Bezug auf Intensivierungen/Extensivierungen) Was sehen Sie als Gründe?*

Günstige Flächen werden weiter intensiviert, ungünstige Flächen weiter extensiviert werden.

Einwachsen von Flächen wird weiter ein Problem sein, und es wird schwierig sein, Vorgaben zum Freihalten von Flächen umzusetzen.

Auch insgesamt Probleme beim Erhalt der Sömmungsflächen, wenn ganze Alpen aufgegeben werden.

Die Kuhwirtschaft hat aber eine grosse Bedeutung in der Region und wird so wohl erhalten bleiben.

Alpen sollten nicht weiter intensiviert werden, auch wenn (s.o.) möglicherweise mehr Futter wächst, da sie empfindliche Ökosysteme sind, die bei Übernutzung schwer wieder herstellbar sind. Das Wissen darüber wird immer mehr aussterben.

Düngerzufuhr auf Sömmerungsweiden ist gemäss SöBV stark eingeschränkt und das sollte auch so bleiben.

*(14) Welchen Stellenwert hat dabei der Klimawandel? (entweder generelle Zunahmen bei Temperatur und Trockenheit oder auch Extremereignisse)*

keinen hohen Stellenwert bis 2050.

*(15) Was ist der Informationsbedarf für Sie? Welche Zusatzinformationen z.B. aus der Wissenschaft könnten helfen, mit (möglicherweise) erwarteten Veränderungen besser umgehen zu können?*

Klimamessreihen geben gute Informationen.

Langzeitmessungen zur Biomasseentwicklung auf Alpen wären interessant.

Für die Alpwirtschaft insgesamt guter Informationsstand.

## Interview am 26.11.2012 in Landquart Projekt AlpFUTUR, Teilprojekt Klimawandel und Alpwirtschaft

Teilnehmende:

Curdin Foppa (Plantahof)  
Yvonne Panzer (Alp Puzetta, Gemeinde Medel/Lucmagn)  
Hans Jegen (Alpvorsteher Seewis)  
Felix Herzog (Agroscope, AlpFUTUR)  
Verena Blanke (Agroscope, AlpFUTUR)  
*ergänzt durch schriftliche Informationen von Thomas Kohl (Sennalp Uina Dadaint, Gemeinde Sent)*

### (1) Gebiete von hauptsächlichem Interesse: **Unterengadin, Misox, Alp Puzetta, Alpen in Seewis (GR)**

Alpen in Seewis ca. 1300 – 2100 m ü.M.  
Alp Puzetta 1800 – 2400 m ü.M.  
Alpen im Unterengadin (allgemein)  
Alpen im Misox (allgemein)  
*Alp Uina Dadaint etwa auf 1800 m ü.M.*  
Die Alpen im Süden unterscheiden sich deutlich von den Alpen im Norden.

### (2) Welche Tiere/ Tierkategorien werden dort aktuell (hauptsächlich) gesömmert?

In Graubünden hauptsächlich Rinder, Milch- und Mutterkühe.  
Alp Puzetta: Geissen  
*Alp Uina Dadaint: 12 Milchkühe und etwa 20 Stück Jungvieh, paar Schweine zur Molkeverwertung*

### (3) Wie intensiv ist die Nutzung (durchschnittlich)?

Alpen in Seewis: etwa zu 100% (des verfügbaren Normalbesatzes), Alpen mit 30 – 200 NST GVE.  
Mutterkühe fressen eher mehr als Milchkühe, weil sie keine Zeit beim Melken verlieren; deshalb sind Bestossungszahlen für Mutterkühe eher etwas tiefer.  
Alp Puzetta: etwa 300 Geissen, an der Besatzuntergrenze (75% NST)  
Im Unterengadin und Misox wird es zunehmend schwierig, Alpen zu füllen; umso mehr, je schlechter zugänglich und weiter entfernt ein Alp ist.

### (4) Zu welchem Zeitraum können Sie Angaben machen?

Etwa 40 Jahre  
Alp Puzetta: 10 Jahre (inkl. Befragung Dritter); Bestossungsdaten seit 1960  
*Alp Uina Dadaint: 14 Jahre*

### (5) Hat sich in diesem Zeitraum die Länge der Sömmerungsperiode geändert?

Nein. In Graubünden war und ist die Alpzeit etwa 90 Tage.  
Die Sömmerungsperiode schwankt zwar in allen Gebieten etwas mit den Jahren, aber es ist kein Trend erkennbar. 2011 kamen die Tiere z.B. früher auf die Alpen (aber entsprechend auch früher hinab), 2012 fand der Auftrieb aufgrund später Schneeschmelze wieder spät statt.

### (6) Haben Sie den Eindruck, dass sich die Qualität der Weiden verändert hat? (z.B. Futtermenge, gute Futterpflanzen, Problempflanzen, Nutzungsdauer, Veränderungen beim Zufüttern...) Warum?

Auf zunehmend weniger genutzten Flächen (z.B. im Misox) nimmt die Biomasse der Weiden zwar zu, aber die Futterqualität ist schlechter (höherer Faseranteil).  
In Seewis hat Futtermenge zugenommen, aufgrund veränderter Nutzung (z.B. Einzäunen eingeführt) und Düngung. Auf der Alp Vasonz kann man heute z.B. den unteren Teil im Herbst nochmals beweiden, das wäre früher nicht denkbar gewesen. Hat aber auch mit besserer Weideführung zu tun.  
Alp Puzetta keine Veränderung (aber sowieso schlechte Qualität der Borstgrasweiden).  
*Auf der Alp Uina Dadaint Abnahme der Produktivität, was an der Heuernte sichtbar wird; liegt daran, dass auf Heuwiesen wie auch Weiden ab 1999 Kunstdüngung eingestellt wurde. Dadurch ist das Verhältnis Kräuter:Gräser deutlich angestiegen.  
Weiden können nur noch für etwa 85 statt 115 Tage Futter bieten; liegt an Umstellung zu Hochleistungsvieh (s.u.) mit bis 1/3 höherem Futterbedarf. Wird durch Zufüttern von Heu und Kraftfutter ausgeglichen.*

*Zäunen von Weiden zum Nachwachsen von Futter funktioniert aufgrund höheren Futterbedarfs des Viehs nicht mehr.*

(7) *Haben Sie Veränderungen hinsichtlich des Einrückens von Zwergsträuchern, Sträuchern, Bäumen und Wald in bewirtschaftete Flächen bemerkt? Warum?*

In allen Gebieten (und Graubünden insgesamt) nimmt der Verbuschungs-/ Bewaldungsdruck zu; aufgrund günstiger werdenden Klimas (Temperatur, längere Vegetationsperiode) und hauptsächlich aufgrund fehlender Zeit/Kapazitäten zur Pflege. Im Zuge des Strukturwandels werden Betriebe weniger und grösser, und die Zahl der Landwirte nimmt ab, so dass Zeit für Arbeitseinsätze auf der Alp fehlt (Gemeinwerk/Alpwerk). Die Besitzer auswärtiger Tiere machen oft kein Alpwerk.

Die Alpen im Calancatal wachsen stark ein, was an häufiger Nutzungsaufgabe liegt; die Alpen bei Tamangur z.B. sind dagegen gut erschlossen und gut genutzt, was zu weniger Problemen aufgrund Einwachsens führt.

Zum Artenschutz/ zur Erhaltung der Biodiversität wird versucht, vermehrt mit Geissen zu beweiden (wie im Bergwaldprojekt auf der Alp Puzetta, fressen dort auch Grünerlen, s.u.). Weitere Alternativen können Freiwilligenarbeit sein oder einem örtlichen Verein einen Betrag in die Vereinskasse zu spenden, dafür kommen die Mitglieder einen Tag auf die Alp zum Entbuschen).

Insgesamt wird aber ein Ansteigen der Waldgrenze beobachtet (nicht nur durch Einwachsen in ehemals bewirtschaftete Flächen), und auf Alpen in Seewis werden z.B. bei gleichem Beweidungsdruck die Fichten auf bestimmter Höhe grösser, Sträucher und besonders Grünerlen nehmen zu, d.h. es gibt einen Klima-Einfluss. Alpflächen dort werden spürbar kleiner.

Der Druck durch Einwachsen ist insgesamt unterhalb der Waldgrenze grösser.

*Auf der Alp Uina Dadaint sind besonders die Jungviehweiden betroffen; im Engadin verlieren viele Alpweiden stark an Futterwert. Auf vielen Engadiner Alpen gibt es auch oberhalb der Waldgrenze zunehmend Probleme mit Zwergsträuchern, Latschen, Grünerlen.*

(8) *Gab es Veränderungen beim Tierbesatz bzw. Trends Richtung Extensivierung/Aufgabe von Flächen oder Richtung Intensivierung? Warum?*

Insgesamt ist die Sömmerung weiterhin von Bedeutung, weil Bergbetriebe nicht genug Futter für die Winterfütterung haben. Zwar haben sich die Betriebe vergrössert, aber auf die Alpen können und wollen sie nicht verzichten. Auch ist die Nachfrage nach Alpkäse gross.

Im Engadin und besonders Misox rückläufige Tierzahlen, v.a. wegen weiter Transportwege und schlechter Erschliessung. Die LSVA hat den Transport verteuert.

Auf Engadiner Alpen viel Vieh aus dem Unterland, dessen Zahlen möglicherweise zurückgegangen sind.

In Seewis etwa konstant.

Alp Puzetta ebenso, aber Tiere kommen aus immer grösserem „Einzugsgebiet“, zunehmend schwierig, Mindestbesatz (75% NST) für Sömmerungsbeiträge zusammenzubekommen; viele Ausfälle durch CAE.

*Auf der Alp Uina Dadaint werden intensiv genutzte Flächen um die Alpgebäude extensiviert (d.h. Heuwiesen, aufgrund vorgeschriebener Beendigung der Düngergabe); im Engadin insgesamt auch viele Extensivierungen aufgrund von Vernetzungsverträgen.*

(9) *Gab es Veränderungen bei den Anteilen verschiedener Tierkategorien, die gesömmert werden? d.h. wurde auf andere Tierkategorien umgestellt? Warum?*

Früher war in Graubünden die Braunviehnachzucht traditionell; als Produkt verkauften die Bauern dreijährige trüchtige Rinder. Dieser Markt existiert praktisch nicht mehr. Wurde abgelöst durch Mutterkühe, auch andere Rassen.

*Auch auf Alp Uina Dadaint aufgrund von wirtschaftlichen Gründen Umstellung von Braunvieh zur Fleisch- und Milcherzeugung auf Hochleistungsmilchvieh Brown Swiss.*

Auf Alp Puzetta zeitweise einige Rinder und Kälber; geeignete Weide aber durch Murgang verschüttet.

(10) *Haben Sie in den vergangenen Jahren Veränderungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit festgestellt? (z.B. bei auch bei Quellen zur Speisung von Viehtränken)*

Alp Puzetta: seit 2004 schlechtere Wasserversorgung festgestellt; Probleme für die Käseproduktion (Kühlung).

Auch in Seewis hat Wasserverfügbarkeit abgenommen; wo früher Bäche ausgereicht haben, müssen nun z.T. Brunnen gebaut werden.

Besonders in Südbünden müssen zunehmend neue Quellen erschlossen werden.

*Wasserverfügbarkeit im Engadin (Trockental) war schon und ist immer schwankend.*

(11) *Haben Sie den Eindruck, dass sich die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen verändert hat? (z.B. Starkregen, die etwa zu Hangrutschen geführt haben, Hitzewellen, Trockenperioden...) bzw. was für allgemeine Trends haben Sie beobachtet?*

Schmelzende Gletscher (Alp Puzetta, Scesaplana), und insgesamt weniger Schnee.

Extreme gab es auch früher, doch sie scheinen häufiger zu werden. Auf den Alpen in Seewis gibt es mancherorten Bäche, die bei Hochwasser nicht durchquert werden können. Das ist immer öfter der Fall.

Mehr Abfluss und Geschiebe nach (Stark-)Regen; vermutlich auch dadurch, dass puffernde Schneeflächen abnehmen.

Alpflächen (Seewis) werden aufgrund Geröll-Lawinen kleiner. Eine Ursache könnte das Auftauen von Permafrostbereichen sein.

*Temperaturschwankungen und -spitzen werden als zunehmend stark empfunden.*

Beobachtungen lassen sich aber nicht quantifizieren, bzw. gut mit früheren Beobachtungen vergleichen; daher schwierig abzuschätzen, ob es Trends gibt.

(12) *Waren auffällige klimatische Ereignisse im Hitzesommer 2003 besonders ausgeprägt oder kamen nur in dem Jahr vor? Oder ist Ihnen diesbezüglich ein anderes Jahr besonders aufgefallen?*

2003 war auch auf Alpen extrem trocken und die Wasserversorgung hat auf vielen nicht mehr ausgereicht.

*Die Uina lag in dem Jahr zeitweise trocken, und im Gebiet fanden Stein- und Geröll-Lawinen an ungewöhnlichen Orten und in ungewöhnlichem Ausmass statt.*

*Auf Alp Uina Dadaint ist zusätzlich 2012 als insgesamt sehr warmer Sommer (besonders nachts) aufgefallen, in dem es von Juni bis September keinen Frost oder Schnee gab, was vorher nicht vorgekommen ist.*

(13) *Wenn die Entwicklungen, die Sie (möglicherweise) beobachtet haben, in den nächsten Jahren so weitergehen: wohin könnte dies bis Mitte dieses Jahrhunderts führen (z.B. in Bezug auf Intensivierungen/Extensivierungen) Was sehen Sie als Gründe?*

Probleme mit dem Einwachsen von Flächen werden zunehmen. Es können nicht alle freigehalten werden, und man muss überlegen, welche Weiden erhalten bleiben/ geschützt werden sollen. Kriterien sind hauptsächlich Zugänglichkeit, Gefährlichkeit.

Es gab (und gibt immer noch) Differenzen zwischen Alp- und Forstwirtschaft bei der Ausscheidung von Flächen. Der Forst möchte die Waldweide möglichst unterbinden, v.a. früher war das so. Da hat der Förster dem Hirten manchmal etwas Geld zugesteckt damit er bestimmte Waldweiden meidet. Heute erkennt man auch den Nutzen von Waldweiden für Landschaft und Biodiversität. Für die Tiere besteht der Vorteil darin, dass die Bäume Schutz vor der Witterung bieten.

*Intensivierung der schon intensiv genutzten Flächen wird zunehmen, extensiv genutzte Flächen werden immer weniger genutzt; Anreiz nur noch durch Direktzahlungen, die das stärkste Steuerelement bleiben werden.*

*Im Hinblick auf einwachsende Alpen sollten Sömmerungsbeiträge stärker an die Pflege gekoppelt sein. Oder auch unkonventionelle Massnahmen wie Abbrennen von Kleinstrauchflächen in Erwägung ziehen?*

(14) *Welchen Stellenwert hat dabei der Klimawandel? (entweder generelle Zunahmen bei Temperatur und Trockenheit oder auch Extremereignisse)*

Ausser beim Ansteigen der Waldgrenze: im Vergleich zu Nutzungseinflüssen gering.

*Aber: Extremereignisse können selbst im Vergleich zu Nutzungseinflüssen grosse Veränderungen bewirken.*

(15) *Was ist der Informationsbedarf für Sie? Welche Zusatzinformationen z.B. aus der Wissenschaft könnten helfen, mit (möglicherweise) erwarteten Veränderungen besser umgehen zu können?*

*Da die Alpwirtschaft wenig technisiert ist, helfen Informationen z.B. über Klimaveränderungen eigentlich nichts. Bewirtschaftung muss sich anpassen.*



## **Interview am 28.11.2012 in Sarnen**

### **Projekt AlpFUTUR, Teilprojekt Klimawandel und Alpwirtschaft**

Teilnehmende:

Martin Amgarten (Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Sarnen)  
Niklaus Ettlín (Amt für Landwirtschaft und Umwelt, Sarnen; Äpler auf Hochalp Melchsee-Frutt)  
Felix Herzog (Agroscope, AlpFUTUR)  
Verena Blanke (Agroscope, AlpFUTUR)

#### **(1) Gebiete von hauptsächlichem Interesse: Alpen in Obwalden**

Sehr unterschiedliche Alptypen und Nutzungsintensitäten; hauptsächlich aufgrund unterschiedlicher Geologie, Topografie (Kalk, Flysch, Moore...) und der Höhenlage (780 m ü.M. bis 2300 m ü.M.)

Viele Alpen in relativ tiefen und guten Futterbaulagen im Voralpenraum, meist mit intensiven Alpweidesystemen insbesondere auf Milchkuhalpen.

85% der Alpen gehören öffentlich-rechtlichen Körperschaften wie Korporationen, Alpenossenschaften, Teilsamen usw. Oft rel. grosse Korporationsalpen mit mehreren Alpbetrieben, wobei die Alpbäude zum Teil in Privatbesitz sind. Dies trifft vorallem in den Gemeinden Kerns, Sachseln und Lungern zu.  
Privatalpen eher klein (< 20 NST).

#### **(2) Welche Tiere/ Tierkategorien werden dort aktuell (hauptsächlich) gesömmert?**

Hauptsächlich Milchkühe, Hälfte der Milchkühe in OW gealpt (rund 4700 Stück).

Viele Alpen sind aufgrund Gutgräsigkeit und mit etwa 100-120 Tagen Sömmerungszeit günstig für Milchkühe.

Etwa 1/3 der Milch wird auf den Alpen verkäst, rund 15% wird in die lokalen Talkäsereien geliefert und rund 50% der Alpmilch wird an die Industrie verkauft.

Der Anteil Mutterkühe an den gealpten Kühen macht rund 10% aus. Zudem werden sämtliche Rinder und rund die Hälfte der Kälber gesömmert.

#### **(3) Wie intensiv ist die Nutzung (durchschnittlich)?**

Auf Kuhalpen wird i.d.R. eingestallt und mit Einsatz des anfallenden Hofdüngers (vorwiegend Gülle) eine intensive Weidewirtschaft betrieben. Rinderalpen bzw. –weiden werden extensiver bewirtschaftet.

Durchschnittlich 20 NST pro Alpbetrieb; Bauern bewirtschaften oft Heim- und Alpbetrieb (Pendelalpen).

Im Vergleich zum Rest der Schweiz gute Nachfrage nach Alpengspätzen, entsprechend starke Bestossung auf guten Alpen, i.d.R. 90 – 105 % des Normalbesatzes; Weideland kann gut erhalten werden. Hängt allerdings von der Erschliessung der Alp ab; schlecht erschlossene und Flysch-Alpen können es schwer haben, genug Vieh zu haben.

#### **(4) Zu welchem Zeitraum können Sie Angaben machen?**

20 – 30 Jahre

#### **(5) Hat sich in diesem Zeitraum die Länge der Sömmerungsperiode geändert?**

Tiere kommen mittlerweile etwa 1 Woche früher auf die Alp.

Vegetation zwar auch etwas früher (Vegetationsperiode nach vorne verschoben), aber der Grund für einen früheren Auftrieb ist wohl eher, dass Bauern heute mehr Risiko eingehen und/weil es aufgrund besserer Infrastruktur einfacher ist, die Tiere wieder abzutreiben, wenn es z.B. noch einmal viel Schnee gibt.

Die Entladung ist tendenziell auch früher, so dass die gesamte Alpengsdauer nicht signifikant zugenommen hat.

#### **(6) Haben Sie den Eindruck, dass sich die Qualität der Weiden verändert hat? (z.B. Futtermenge, gute Futterpflanzen, Problempflanzen, Nutzungsdauer, Veränderungen beim Zufüttern...) Warum?**

Futtermenge und –qualität hat aufgrund besserer Bewirtschaftung (Weideunterteilung, Weidepflege, Güllekästen, Stallhaltung) zugenommen.

Aber weniger Zufuhr von Dünger im Vergleich zu 70er und 80er Jahren, aufgrund von Auflagen; und Dünger nicht mehr „optimal“ verteilt, da Jungvieh aufgrund fehlender Stallungen (Tiere werden zu gross) nachts zunehmend draussen bleibt.

Probleme mit Farn, Alpenkreuzkraut, eher durch fehlende Pflege und Wissensverlust.

In nassen Gebieten nehmen Binsen zu. Früher hat man diese Pflanzen gezielt bekämpft, heute will man das über die Weideführung lösen. Das geht aber nicht (immer).  
Bei Milchkühen wird generell zugefüttert (etwa die Hälfte der erlaubten Menge).  
Zunehmende Versauerung aufgrund der Niederschläge und anfallendem unfrässigem Pflanzenmaterial durch geringeren Weidedruck (Borstgras, Zwergsträucher, usw).

*(7) Haben Sie Veränderungen hinsichtlich des Einrückens von Zwergsträuchern, Sträuchern, Bäumen und Wald in bewirtschaftete Flächen bemerkt? Warum?*

Vergandung besonders in den Voralpen, liegt an fehlender Weidepflege; eventuell verstärkt durch längere Vegetationsperiode. Früher gab es „Vollzeit-Äpler“, heute bewirtschaften viele den Heimbetrieb auch weiter, wenn sie auf der Alp sind. Damit fehlt die Zeit um Steine aufzulesen, Sträucher zu schneiden, usw.

Durch Verordnungen wird aber wieder mehr gegen Vergandung unternommen.

*(8) Gab es Veränderungen beim Tierbesatz bzw. Trends Richtung Extensivierung/Aufgabe von Flächen oder Richtung Intensivierung? Warum?*

*(9) Gab es Veränderungen bei den Anteilen verschiedener Tierkategorien, die gesömmert werden? d.h. wurde auf andere Tierkategorien umgestellt? Warum?*

Tendenziell sind Tierzahlen leicht abnehmend; besonders in Flyschgebieten (auch wegen Moorschutz).

Rinder werden nur noch 2x statt 3x gealpt, aufgrund von Zuchtfortschritten.

Zunahme der Mutterkühe anstelle der dreijährigen Rinder.

Seit 2004 wird in OW eine etwa gleichbleibende Anzahl von Milchkühen gealpt, schweizweit im Vergleich dazu sinkend.

Die durchschnittliche Milchleistung ist von 4500 kg auf 6500 kg/Jahr gestiegen.

Tiere werden grösser und schwerer, aber für Alpen ist irgendwann die Maximalgrenze erreicht.

Alpen sind im Kt. Obwalden weiterhin als Futter- bzw. Produktionsgrundlage wichtig, da im Tal viel gute Futterflächen überbaut werden.

*(10) Haben Sie in den vergangenen Jahren Veränderungen hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit festgestellt? (z.B. bei auch bei Quellen zur Speisung von Viehtränken)*

Keinen allgemeinen Trend, aber Extremereignisse beeinflussen Wasserverfügbarkeit und Qualität. Im Sommer 2003 war abnehmende Wasserverfügbarkeit spürbar, dagegen sind im 2005 (sehr viel Regen) Fassungen übergelaufen oder gesprengt worden (Sanierungen der Quelfassungen wurden notwendig).

Es gibt aber insgesamt i.d.R. keine Probleme mit Wassermangel.

Wasserqualität wird immer wichtiger, da Anforderungen für die Milchverarbeitung steigen.

*(11) Haben Sie den Eindruck, das sich die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen verändert hat? (z.B. Starkregen, die etwa zu Hangrutschten geführt haben, Hitzewellen, Trockenperioden...) bzw. was für allgemeine Trends haben Sie beobachtet?*

Intensität von Ereignissen nimmt zu, z.B. Stärke von Gewittern, Niederschlagsmenge, stärkere Temperaturschwankungen (d.h. höhere Spitzen) und stärkere Trockenperioden besonders im Frühling. 2010 war z.B. ein trockener Frühling, aber ein nasser Sommer.

Dadurch, dass der Schnee tendenziell früher taut, steigt die Gefahr von Schäden durch Spätfröste.

Allerdings alles subjektiv!

Momentan hat das aber noch keinen Einfluss auf die Alpwirtschaft.

Maikäfer steigen in höhere Regionen auf – Klimaeinfluss früher bei Insekten als bei Pflanzen spürbar.

Bremsen (Pferdefliegen/ Blinde Fliegen) werden weniger zum Problem, aber vermutlich aufgrund veränderter Tierhaltung.

*(12) Waren auffällige klimatische Ereignisse im Hitzesommer 2003 besonders ausgeprägt oder kamen nur in dem Jahr vor? Oder ist Ihnen diesbezüglich ein anderes Jahr besonders aufgefallen?*

s.o.

2011 war ein sehr warmer und trockener Frühling, der zu Trockenheitsproblemen auf Weiden geführt hat, besonders auf tiefen Alpen. Hochalpen hatten dadurch, dass sie mehr Niederschlag bekommen haben und die Wärme dort förderlich war, in dem Jahr eine bessere Weidequalität.

Auch 2007 war ein warmer, trockener Frühling; die Tiere kamen deswegen früh auf die Alpen, im Herbst war die Futtermenge aber auch früh aufgebraucht.

*(13) Wenn die Entwicklungen, die Sie (möglicherweise) beobachtet haben, in den nächsten Jahren so weitergehen: wohin könnte dies bis Mitte dieses Jahrhunderts führen (z.B. in Bezug auf Intensivierungen/Extensivierungen) Was sehen Sie als Gründe?*

Der Milchmarkt bestimmt die Milchkuhhaltung, am ehesten durch sinkende Preise bedroht. Dem steht die hohe Wertschöpfung der Alpmilch entgegen.

Was die Vergandung angeht, kommt es hauptsächlich auf Entscheidungen an, ob die Fläche erhalten werden soll.

(Qualifiziertes und interessiertes) Personal nimmt insgesamt ab.

Möglicherweise steigt die Personenzahl, die hobbymässig auf Alpen helfen („rüstige Rentner“).

*(14) Welchen Stellenwert hat dabei der Klimawandel? (entweder generelle Zunahmen bei Temperatur und Trockenheit oder auch Extremereignisse)*

(Fast) keinen.

Zudem ist es schwierig, ihn von anderen, zeitgleich ablaufenden Entwicklungen, wie Veränderungen in der Tierhaltung und dem Produktionssystem wie Weidewirtschaft, Düngungsmöglichkeit usw. zu trennen.

*(15) Was ist der Informationsbedarf für Sie? Welche Zusatzinformationen z.B. aus der Wissenschaft könnten helfen, mit (möglicherweise) erwarteten Veränderungen besser umgehen zu können?*