



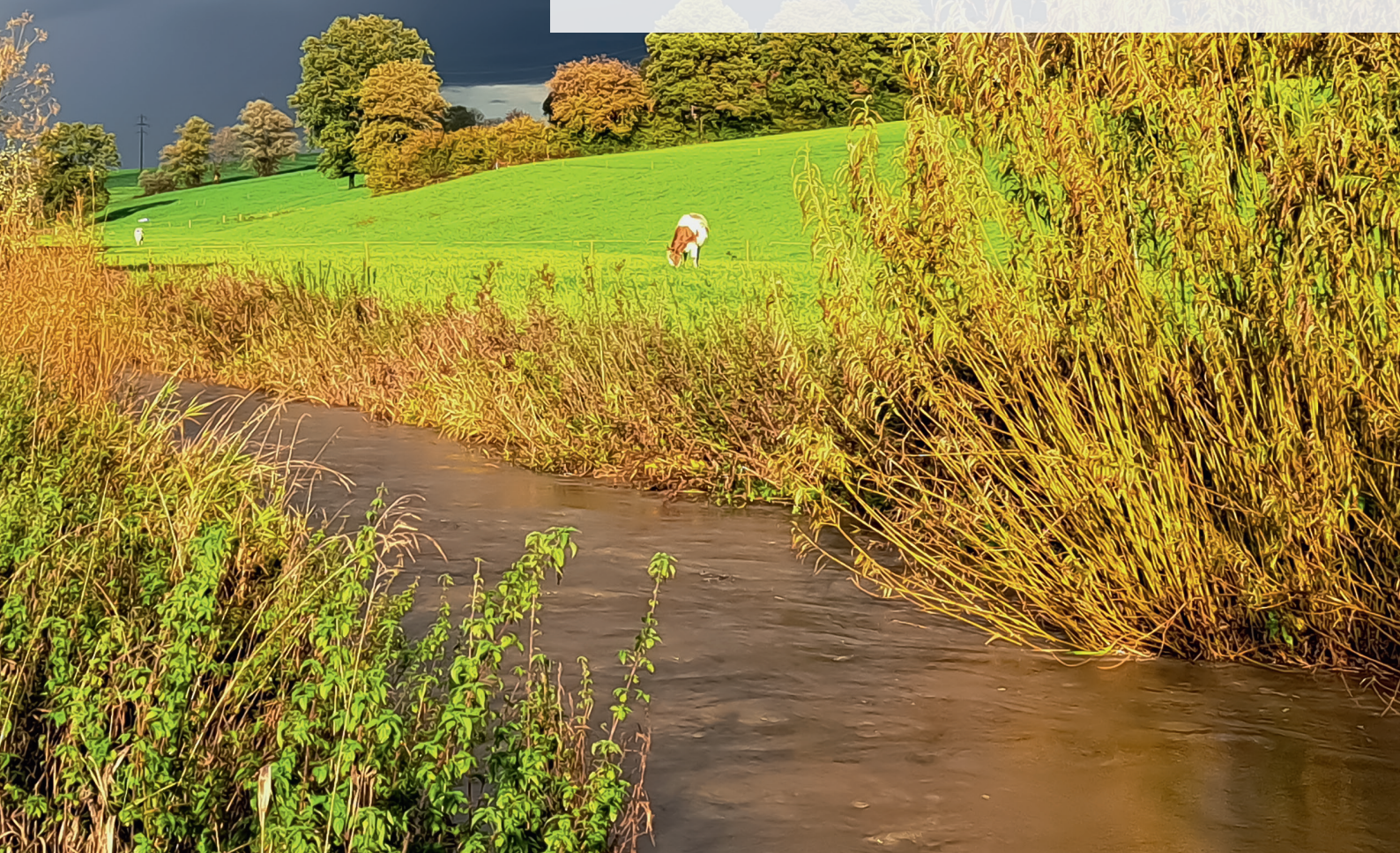
Klimatische und hydrologische Szenarien für den Kanton Freiburg

—
Februar 2025



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU



IMPRESSUM

**Klimatische und hydrologische
Szenarien für den Kanton Freiburg**
Februar 2025

Herausgeber
Amt für Umwelt (AfU)

Texte und Grafiken
Ecosfera gmbh, AfU

Fotos
AfU

Übersetzung
Etienne Rosset traduction, Freiburg

Konzept, Grafik und Umsetzung
Patrick Magnin, Freiburg

Druck
Amt für Drucksachen und Material (DMA)

Copyright
AfU

Bestelladresse
Amt für Umwelt AfU
Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez
T +41 26 305 37 60, F +41 26 305 10 02
sen@fr.ch, www.fr.ch/afu

Auflage
500 Exemplare (150 deutsch, 350 französisch).
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier Diese Publikation steht auch auf Französisch zur Verfügung.

Inhalt

	Vorwort	5
1	Einleitung	7
2	Grundlagen	7
3	Klimaerwärmung im Kanton Freiburg 1900-2100	8
3.1	Blick in die Vergangenheit	8
3.2	Blick in die Zukunft	9
4	Regionale Veränderungen	10
4.1	Klimatische Bedingungen	11
4.2	Jährliche und saisonale Niederschläge	11
4.3	Heisse Tage und Jahreshöchstwerte der Tagesmitteltemperatur	12
4.4	Fazit	13
4.5	Veränderungen in Stadt und Land	14
5	Regionale Veränderungen des Abflusses	15
5.1	Situation heute	15
5.2	Situation morgen	16
5.3	Hochwassersituation	17
6	Hauptmerkmale der Veränderungen	18
7	Schlussfolgerung	19



Vorwort



Unsere Zeit ist geprägt vom Klimawandel. Dieser schlägt sich sowohl in Veränderungen der Temperaturen und Niederschlagsmuster als auch in einer zunehmenden Häufigkeit und Intensität bestimmter Extremereignisse nieder. Wir alle erinnern uns noch an die Hitze- und Trockenperioden der Sommer 2022 und 2023. Auch die starken Niederschläge Ende 2023, die zu Hochwasser in der Saane und im Jaunbach führten, bleiben uns in Erinnerung. Angesichts ihrer weitreichenden Konsequenzen für unsere Umwelt und die Gesellschaft ist den Auswirkungen des Klimawandels auf die hydrometeorologischen Parameter besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Im Bewusstsein dieser Herausforderungen engagiert sich der Staatsrat aktiv im Kampf gegen den Klimawandel, indem er eine aktive Politik zur Verringerung der Treibhausgasemissionen betreibt. Gleichzeitig ergreift er Anpassungsmassnahmen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf dem Kantonsgebiet zu verringern. Neben konkreten und praxisorientierten Aktionen fördert er auch die zur Umsetzung zielführender und wirksamer Massnahmen notwendige Forschung und Wissensvermittlung.

Die vorliegende Broschüre reiht sich in die Umsetzung des kantonalen Klimaplan ein. Sie veranschaulicht auf der Ebene der verschiedenen Regionen des Kantons die wichtigsten klimatischen und hydrologischen Veränderungen, mit denen wir in Abhängigkeit von den weltweiten Bemühungen zur Eindämmung des Klimawandels bis Ende des Jahrhunderts konfrontiert sein werden. Gestützt auf robuste wissenschaftliche Daten, die als Grundlage für die nationalen Projektionen dienen, vermittelt diese Publikation das nötige Wissen, um die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen in ihrer Gesamtheit zu verstehen, auf die sich der Kanton vorbereiten muss. Sie wird begleitet von einem technischen Bericht, der institutionellen und nicht-institutionellen Fachleuten, die in den Bereichen Klimatologie, Hydrologie, Naturschutz, Biodiversitätsmanagement und Landwirtschaft, sowie im Umgang mit Naturgefahren und in der Raumplanung tätig sind, präzise Daten an die Hand gibt.

Diese Broschüre geht aus der Initiative des Staatsrats hervor, fundierte Kenntnisse über klimatische und hydrologische Veränderungen aufzubauen und weiterzugeben. Diese sind für eine Orientierung der Tätigkeiten des Staates und der Gemeinden, der Wissenschaft und der Fachbüros sowie der Bevölkerung von entscheidender Bedeutung.

Christophe Joerin
Vorsteher des Amtes für Umwelt



Die Trême oberhalb Bulle. Dieses Fließgewässer kann bei extremer Dürre in manchen Abschnitten komplett trockenfallen. So z.B. in den Sommern 2003 und 2022.



Auto, dass im Juli 2020 in einen Murgang des Oberbachs nördlich von Jaun geraten ist. Glücklicherweise gab es keine Verletzten.

1. Einleitung

Das Klima in den Regionen des Kantons wandelt sich. Wir wollen einordnen: Wie hat sich das Klima in den letzten Jahrzehnten entwickelt und vor allem, wie wird es sich in den nächsten Jahrzehnten verändern? Die Beantwortung dieser drängenden Fragen liefert die Grundlagen, um sich den mit dem Klimawandel verbundenen Herausforderungen zu stellen und massgeschneiderte Massnahmen in allen Sektoren umzusetzen.

Die vorliegende Publikation will kurz und prägnant über den Klimawandel im Kanton Freiburg und dessen Auswirkungen auf die Wassersituation informieren. Sie basiert auf einem ausführlichen Bericht, der vom Kanton Freiburg in Auftrag gegeben wurde und unter www.fr.ch/de/rimu/afu abrufbar ist.

2. Grundlagen

Die zukünftigen Veränderungen des Klimas hängen davon ab, in welchem Ausmass es der Menschheit gelingt, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Meistens geht man von drei unterschiedlichen Emissionsszenarien, also Annahmen zur Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre aus. Beim Szenario «mit Klimaschutz» gelingt es, die Treibhausgasemissionen stark zu reduzieren bzw. ganz zu stoppen. Das Szenario «ohne Klimaschutz» basiert auf der Annahme, dass die Emissionen nicht reduziert werden. Das Szenario «begrenzter Klimaschutz» geht davon aus, dass nur teilweise Klimaschutzmassnahmen ergriffen werden.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Broschüre stehen die beiden Szenarien «mit Klimaschutz» und «ohne Klimaschutz». Sie decken das Spektrum möglicher Entwicklungen des Klimas ab. Das mittlere Szenario mit begrenztem Klimaschutz wird im ausführlicheren technischen Bericht näher behandelt. Da sich dieses Szenario aber in der Regel zwischen den beiden anderen befindet, wird es in der hier vorliegenden Broschüre jedoch nur in der Abbildung 2 dargestellt.

Klima ist nicht gleich Wetter

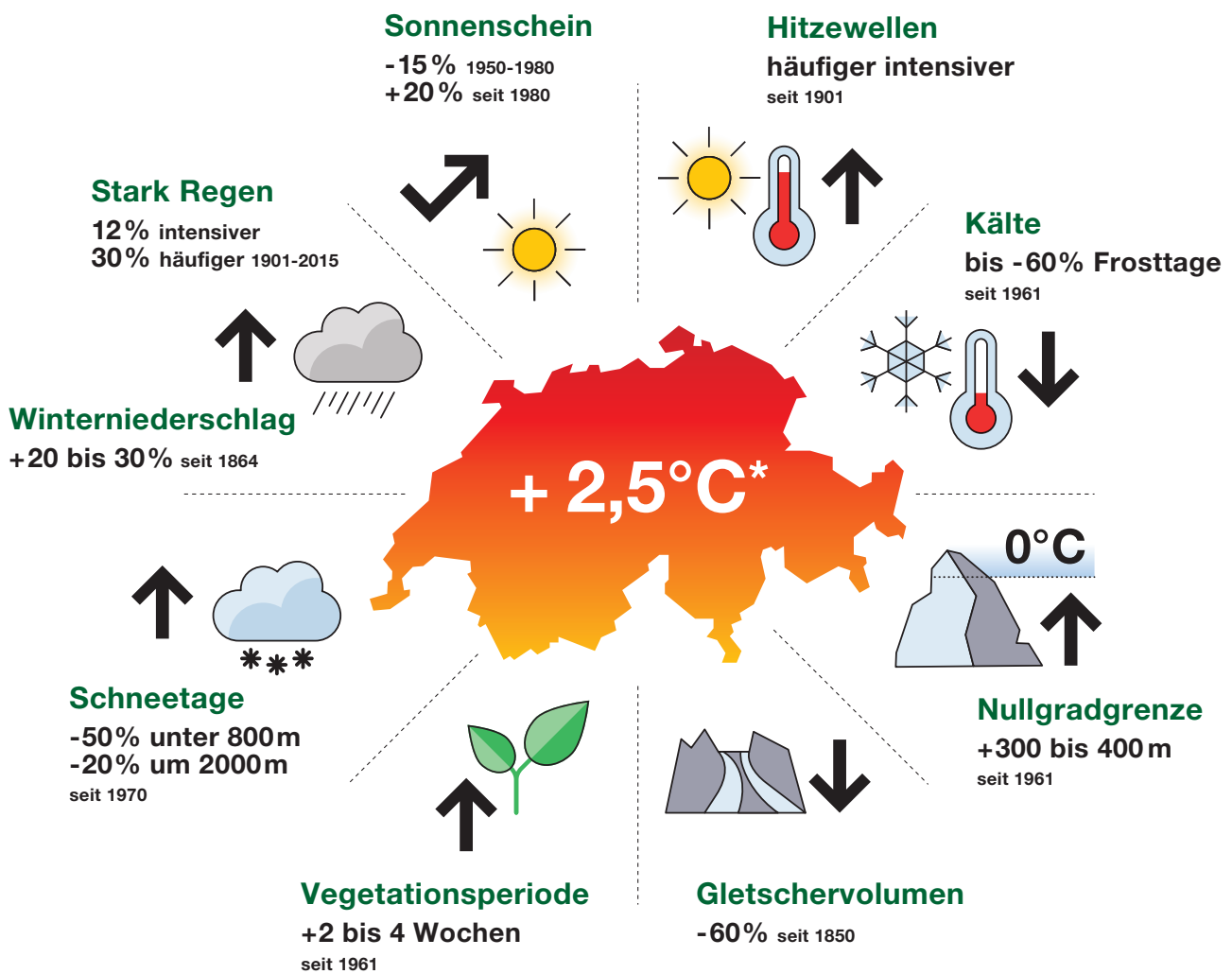
Das «Mittelmeerklima» steht für Sonne und Wärme und verspricht angenehme Ferien. Der Süden ruft. Und dann gibt es sie hier und da doch, die Tage mit schlechtem Wetter, welche das Ferienglück trüben. Dieses Beispiel beschreibt den Unterschied zwischen Klima und Wetter. Das Klima bezieht sich stets auf den mittleren Zustand eines längeren Zeitraums. Bezogen auf das Beispiel heisst es: Es ist schön und warm. Das Wetter hingegen beschreibt, was wir tagtäglich wahrnehmen. Aus der Mittelung der täglichen Werte von Lufttemperatur, Niederschlag und anderen Kennwerten des Wetters über einen längeren Zeitraum von beispielsweise 30 Jahren erhalten wir das Klima. Da am Mittelmeer die meisten Tage – aber eben nicht alle – sonnig und warm sind, können wir dort also ein sonniges und warmes Klima erwarten. Man kann aber auch sagen, dass das Klima die Rahmenbedingungen setzt, unter denen das Wetter abläuft. So kann es zum Beispiel auch in Zukunft noch kühle und nasse Tage im mediterranen Sommer geben, diese werden jedoch immer seltener auftreten und weniger kalt ausfallen, als ohne Klimawandel.

3. Klimaerwärmung im Kanton Freiburg 1900-2100

3.1 Blick in die Vergangenheit

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wird es wärmer und wärmer: Global war das Jahrzehnt 2011–2020 schon 1.1°C wärmer als der Durchschnitt der Periode 1850–1900. 2024 wurde sogar im globalen Mittel erstmals die symbolische Schwelle von 1,5°C übertreten. Aufgrund ihrer geographischen Lage ist die Erwärmung in der Schweiz noch ausgeprägter.

Das aktuelle Jahresmittel der Lufttemperatur liegt bereits 2,5°C über dem Durchschnitt der Periode 1871–1900 (Meteo-Schweiz, Stand 2022). Die Folgen dieser Erwärmung sind in der Schweiz bereits deutlich erkennbar, wie folgende Abbildung verdeutlicht.



Im Zuge des Klimawandels haben die Niederschlagsmengen im Winter, die Intensität und Häufigkeit der Starkregen, die Sonnenscheindauer sowie die Häufigkeit und Intensität der Hitzewellen zugenommen. Die starke Erwärmung führte zu einer markanten Reduktion der Frost- und Schneetage sowie der Gletschervolumen. Die Nullgradgrenze ist um 300 bis 400 m gestiegen; die Vegetationsperiode ist heute zwei bis vier Wochen länger als noch vor sechzig Jahren.

Abb. 1: Beobachteter Klimawandel in der Schweiz (Grafik nach MeteoSchweiz, Stand 2022). Man beachte, dass sich die Veränderungen auf unterschiedliche Zeitperioden beziehen, weil nicht für alle Kenngrößen Daten seit Mitte des 19. Jahrhunderts vorliegen

3.2 Blick in die Zukunft

Wir befinden uns mitten in der Klimaerwärmung. Das Ausmass der Temperaturzunahme hängt entscheidend von den getroffenen Klimaschutzmassnahmen ab (vgl. Kap. 2). Die Temperaturzeitreihen in Abbildung 2 illustrieren die bisherigen beobachteten Temperaturzunahmen und mögliche zukünftige Entwicklungen in den Voralpen, der höchstgelegenen Region des Kantons, und im Grossen Moos, der tiefstgelegenen Region. Die Entwicklungen in den übrigen Regionen liegen innerhalb des von diesen beiden Regionen aufgespannten Spektrums.

Die Temperaturzukunft des Kantons Freiburg hängt massgeblich davon ab, wie sich die globalen Treibhausgasemissionen weiterentwickeln werden. Bis Mitte des Jahrhunderts ist die Entwicklung der Lufttemperatur unabhängig von den Emissionsszenarien noch ähnlich, danach akzentuieren sich die Unterschiede. Für die Auswirkungen auf Natur, Gesellschaft und Wirtschaft wird es entscheidend sein, ob die Temperaturen beispielsweise in der Region Voralpen gegenüber heute (1981–2010) um 1.2°C («mit Klimaschutz») oder 4.4°C («ohne Klimaschutz») zunehmen werden.

Winter ade?

Die Entwicklung der Wintertemperaturen ist vor allem für die Region der Voralpen, in der der Skitourismus eine wichtige Rolle spielt, von grosser wirtschaftlicher Bedeutung. Heute beträgt die mittlere Wintertemperatur dort -1.2°C. Dieser Wert bezieht sich auf die mittlere Höhe der Region, auf 1280 m ü.M. Unter einem Szenario «mit Klimaschutz» beträgt der Temperaturanstieg bis Mitte des Jahrhunderts 1.0°C und unter einem Szenario «ohne Klimaschutz» 2.2°C. Die mittleren Wintertemperaturen werden also Mitte Jahrhundert den Gefrierpunkt erreichen oder gar überschreiten. Zwar handelt es sich um die Mitteltemperatur, es bedeutet also nicht, dass es gar keine Schneetage mehr geben wird. Jedoch wird es, besonders im Szenario ohne Klimaschutz, immer öfter auch im Winter bis in die höchsten Lagen der Freiburger Voralpen regnen.

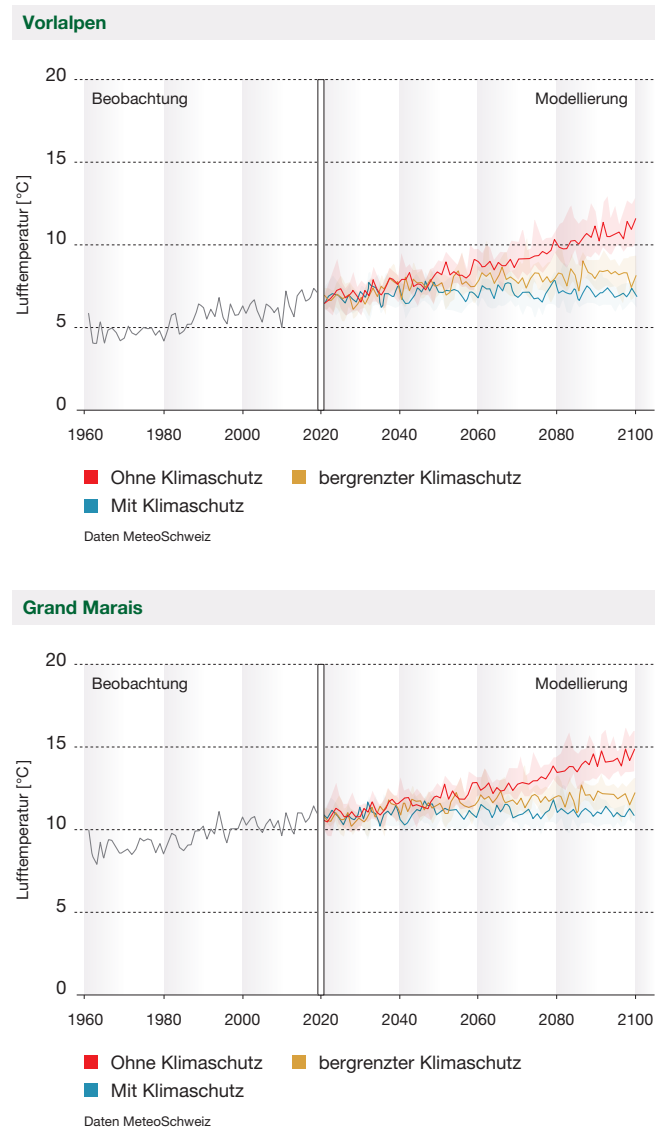


Abb. 2: Veränderungen der mittleren Jahrestemperatur in der Region der Voralpen und in der Region Grosses Moos unter drei verschiedenen Emissionsszenarien

4. Regionale Veränderungen

Die Lufttemperatur wird im Kanton Freiburg unter allen Emissionsszenarien mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit zunehmen. Das hat weitreichende Folgen. Die wichtigsten klimatischen und hydrologischen Veränderungen werden im Folgenden dargestellt.

Um die Veränderungen zu zeigen, wird die Situation in den beiden 30-jährigen Zukunftsperioden 2040–2069 («mittlere Zukunft») und 2070–2099 («ferne Zukunft») mit der Referenzperiode 1981–2010 verglichen. Sie wird im Text als «heute» bezeichnet. Aufgrund der relativ langen Bearbeitungszeit vor der Veröffentlichung der schweizweiten Daten und Analysen und weil gerne «runde» 30 Jahre verwendet werden, liegt die 30-Jahres-Periode, die für die Betrachtung des «heutigen» Zustands verwendet wird, bereits einige Jahre zurück. Das tatsächliche Klima heute im Jahr 2025 hat sich bereits deutlich weiterentwickelt. Wir befinden uns schon mitten im Klimawandel.

Betrachtete Klimaperioden und Mittelwerte

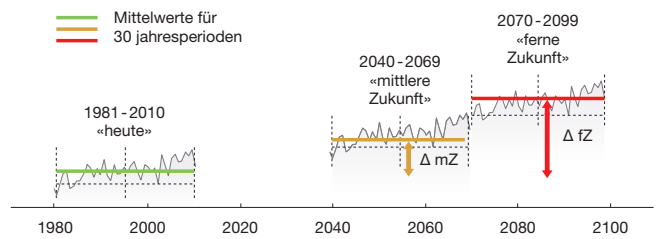


Abb. 3: Visualisierung der verglichenen Zeitperioden: Für jede 30-Jahres-Periode wird der Mittelwert gebildet. Die heutigen Mittelwerte werden mit jenen in der mittleren und fernen Zukunft verglichen und die jeweiligen Abweichungen ΔmZ sowie ΔfZ ermittelt.



Die Saane in Freiburg mit Blick auf die Bernerbrücke während des Hochwassers im August 2005; In der Nacht des 14. Novembers 2023 wurden noch höhere Rekordwasserstände erreicht

4.1 Klimatische Bedingungen

Eine Erhöhung der Lufttemperatur (s. Abb. 2) hat Auswirkungen auf verschiedene Aspekte des Klimas. Im ausführlichen Bericht (siehe Link im 1. Kapitel) werden zahlreiche Indikatoren auf Klimaänderungen hin untersucht und quantifiziert. In dieser Broschüre werden einige wesentliche Indikatoren herausgegriffen. Fast alle Veränderungen, so auch die der Vegetationsperiode oder des Niederschlags gehen auf die Erhöhung der Lufttemperatur zurück.

4.2 Jährliche und saisonale Niederschläge

Beginnen wir mit einer positiven Erkenntnis aus den Simulationen: Der langjährige mittlere Jahresniederschlag wird sich wahrscheinlich kaum verändern, und zwar unter allen Szenarien. In den einzelnen Jahreszeiten hingegen sind massgebliche Veränderungen zu erwarten: Einer Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter (Dezember bis Februar) stehen Abnahmen im Sommer (Juni bis August) gegenüber, wie aus den Karten in Abbildung 4 ersichtlich ist.

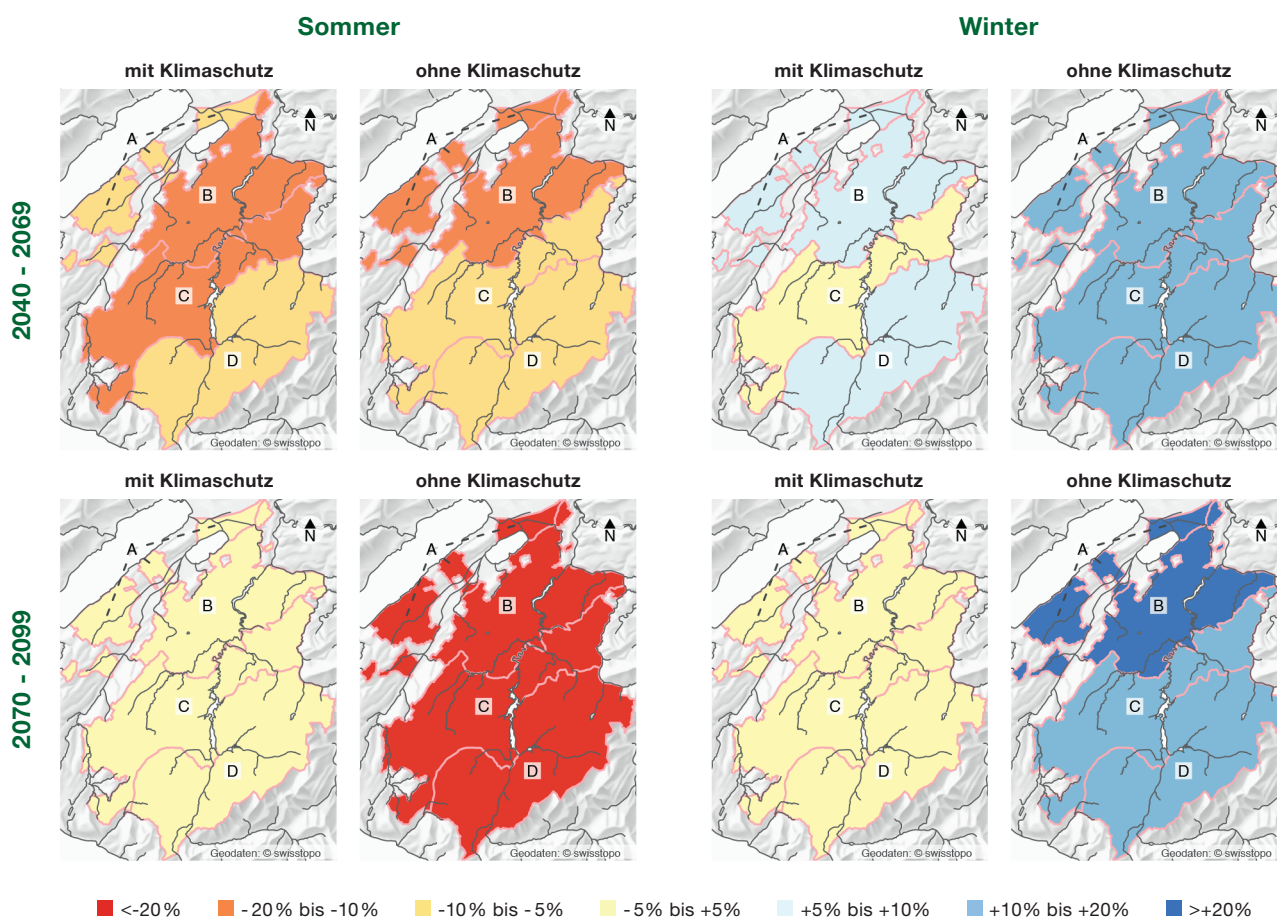


Abb. 4: Zukünftige Veränderungen der langjährigen mittleren Sommer- und Winterniederschläge im Vergleich zum Zeitraum 1981–2010.

- A: Regionen Untere Broye und Grosses Moos.
- B: Nördliches Mittelland.
- C: Südliches Mittelland.
- D: Voralpen.

Beim genaueren Vergleich der Karten sind bei den Veränderungen deutliche Muster zu erkennen:

1. Die Veränderungen unter dem Szenario «mit Klimaschutz» sind insgesamt deutlich kleiner als beim Szenario «ohne Klimaschutz».

2. Beim Szenario «mit Klimaschutz» sind die Unterschiede zwischen der mittleren Zukunft (2040–2069) und der fernen Zukunft (2070–2099) relativ klein.

3. Beim Szenario «ohne Klimaschutz» sind sie hingegen gross und dies besonders beim Sommerniederschlag.

Die Abnahme der Sommerniederschläge ist auch bei der Anzahl der Tage ohne Niederschläge erkennbar. Heute sind im Sommer in der Region Untere Broye 63 % der Tage niederschlagsfrei. Bei einem Szenario «ohne Klimaschutz» werden in der fernen Zukunft dann 76 % der Tage niederschlagsfrei sein. In den Voralpen wird sich dieser Prozentsatz von heute 54 % auf 65 % erhöhen.

4.3 Heisse Tage und Jahreshöchstwerte der Tagesmitteltemperatur

Bei einem heissen Tag ist das Tagesmittel der Lufttemperatur grösser als 20°C. Heute treten in den tieferen Lagen des Kantons rund 30 heisse Tage auf, in der Region Voralpen aber nur gerade 1 Tag, wie die Diagramme in Abbildung 5 verdeutlichen.

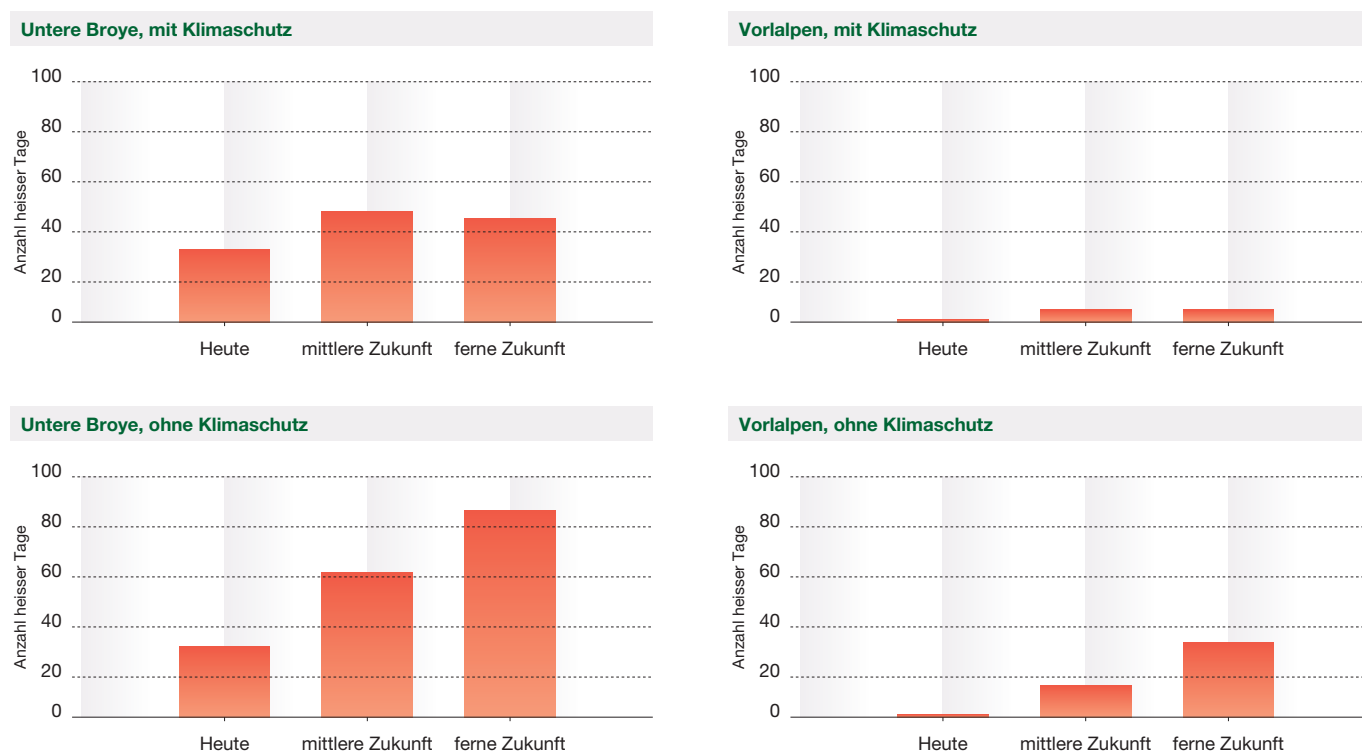


Abb. 5: Mittlere Zahl heisser Tage (mittlere Zukunft (2040-2069), ferne Zukunft (2070-2099))

Unter dem Szenario «ohne Klimaschutz» werden die heissen Tage den Alltag mehr und mehr beeinträchtigen. Besonders betroffenen sind die tieferen Lagen des Kantons, wo sich die Zahl der heissen Tage bis Mitte Jahrhundert verdoppeln und bis Ende Jahrhundert gar verdreifachen wird. In den Voralpen ist die Zunahme noch markanter, weil heute kaum heisse Tage zu verzeichnen sind.

Aufgrund der geschilderten Veränderungen wird der Anstieg der Jahreshöchstwerte der Lufttemperatur wenig erstaunen. Wiederum bestehen namhafte Unterschiede zwischen den beiden Szenarien. Mässigen Zunahmen beim Szenario «mit Klimaschutz», stehen sehr starke Zunahmen beim Szenario «ohne Klimaschutz» gegenüber: Um bis zu 3°C bis Mitte Jahrhundert und zwischen +5.7°C und +5.9°C bis Ende Jahrhundert.



Trocken gefallener Forelbach, Ortsgemeinde Mont-Vully, Sommer 2022.

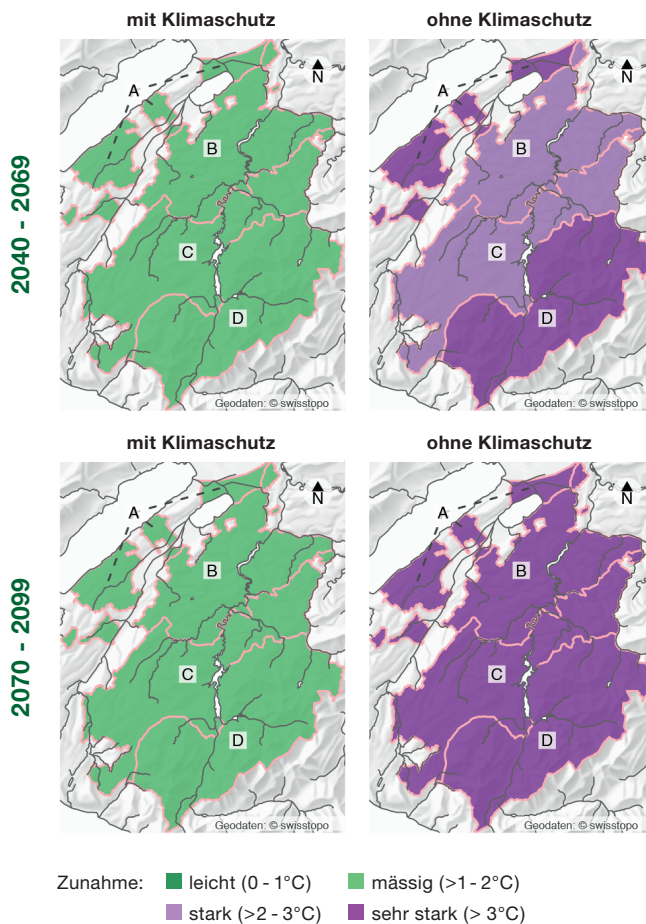


Abb. 6: Anstieg des Jahreshöchstwerts der Tagesmitteltemperatur (2040-2069), (2070-2099)

4.4 Fazit

Weniger Niederschlag im Sommer, längere Trockenheit und zunehmend heisse Tage: Der Kanton Freiburg und hier vor allem die tieferen Lagen sind gefordert. Dürreperioden wie wir sie in den letzten Jahren immer wieder erlebt haben, werden in Zukunft mehr und mehr zur Normalität, wenn es nicht gelingt, die Treibhausgasemissionen massiv zurückzuführen.

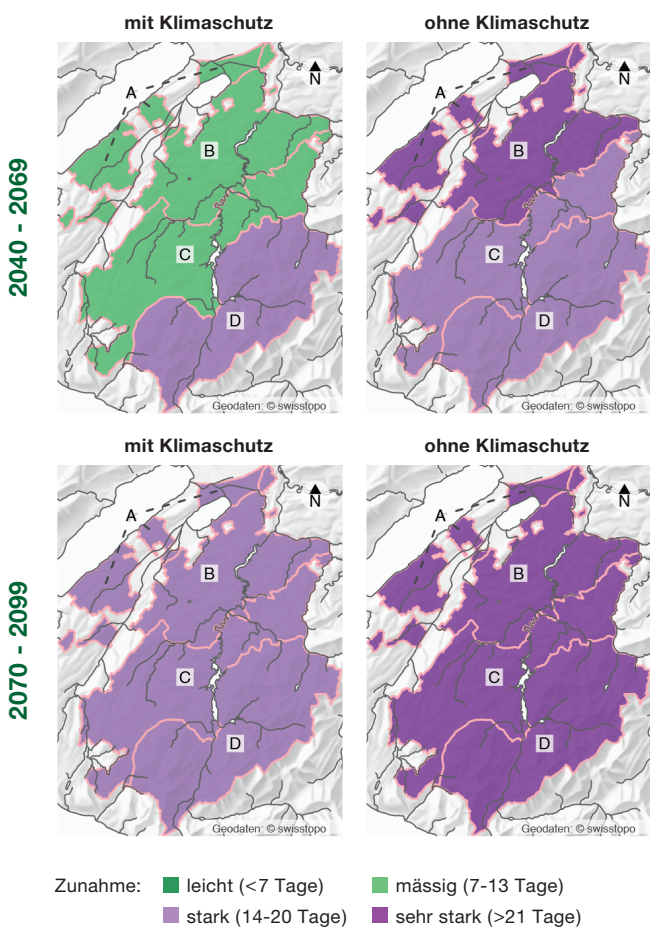
Trockenheit und Konflikte

Trockenheit und Hitze werden zunehmend zu einer Herausforderung, wie das Beispiel des Trockensommers 2022 belegt. Die Wasserstände in vielen Bächen und Flüssen waren sehr tief. Die Wassertemperaturen lagen weit über 20°C. Dadurch verminderte sich der Sauerstoffgehalt des Wassers. Kritische Werte wurden erreicht oder gar überschritten. Es litten nicht nur Flora und Fauna, sondern auch die Landwirtschaft, welche gerade in Dürreperioden einen grossen Wasserbedarf hat. In solchen Situationen kann es zu Konflikten kommen: Wer darf wieviel Wasser nutzen? Es braucht deshalb schon im Voraus einen Aushandlungsprozess zwischen den Anspruchsgruppen, um Trockenheitssituationen optimal zu bewältigen.

4.5 Veränderungen in Stadt und Land

Trockenheit und Hitze werden im Sommer nicht nur den Städten mit ihren «grauen» Flächen zu schaffen machen, sondern zunehmend auch der Landschaft. Die Temperatur der Bodenoberfläche steigt schlagartig, wenn der Boden austrocknet. Mit den abnehmenden Sommerniederschlägen und der zunehmenden Verdunstung werden die Böden in Zukunft noch häufiger austrocknen. Unsere Landschaften werden heisser.

Mit dem Klimawandel verlängert sich die Vegetationsperiode, die dank der im Spätwinter und Frühjahr zunehmenden Lufttemperatur wesentlich früher – teilweise bis fünf Wochen – einsetzt (vgl. Abb. 7). Das begünstigt die Landwirtschaft, weil es möglich wird, vermehrt auf frühreife Sorten zu setzen, die dann wo möglich vor der sommerlichen Trockenheit geerntet werden können. Wegen des früheren Beginns der Vegetationsperiode steigt aber die Gefahr von Spätfrost, besonders ausgeprägt in den höheren Lagen.



Neirigue bei Villariaz während der Dürre im Juli 2022

Abb. 7: Verlängerung der Vegetationsperiode durch zeitigeren Beginn"

5. Regionale Veränderungen des Abfluss

Die durch den Klimawandel bedingten Veränderungen der Abflussverhältnisse haben direkte Auswirkungen auf Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosysteme, die sowohl von zu viel Wasser als auch von zu wenig Wasser betroffen sind. Mit den sogenannten Abflussregimen lassen sich diese Veränderungen sehr gut erfassen. Sie beschreiben die durchschnittliche

Variation des Abflusses innerhalb eines Jahres. Die Abbildung 8 dokumentiert die heutige Situation und die klimabedingten zukünftigen Veränderungen in einem hoch gelegenen (Sense) und einem tief gelegenen Einzugsgebiet (Petite Glâne) des Kantons Freiburg.

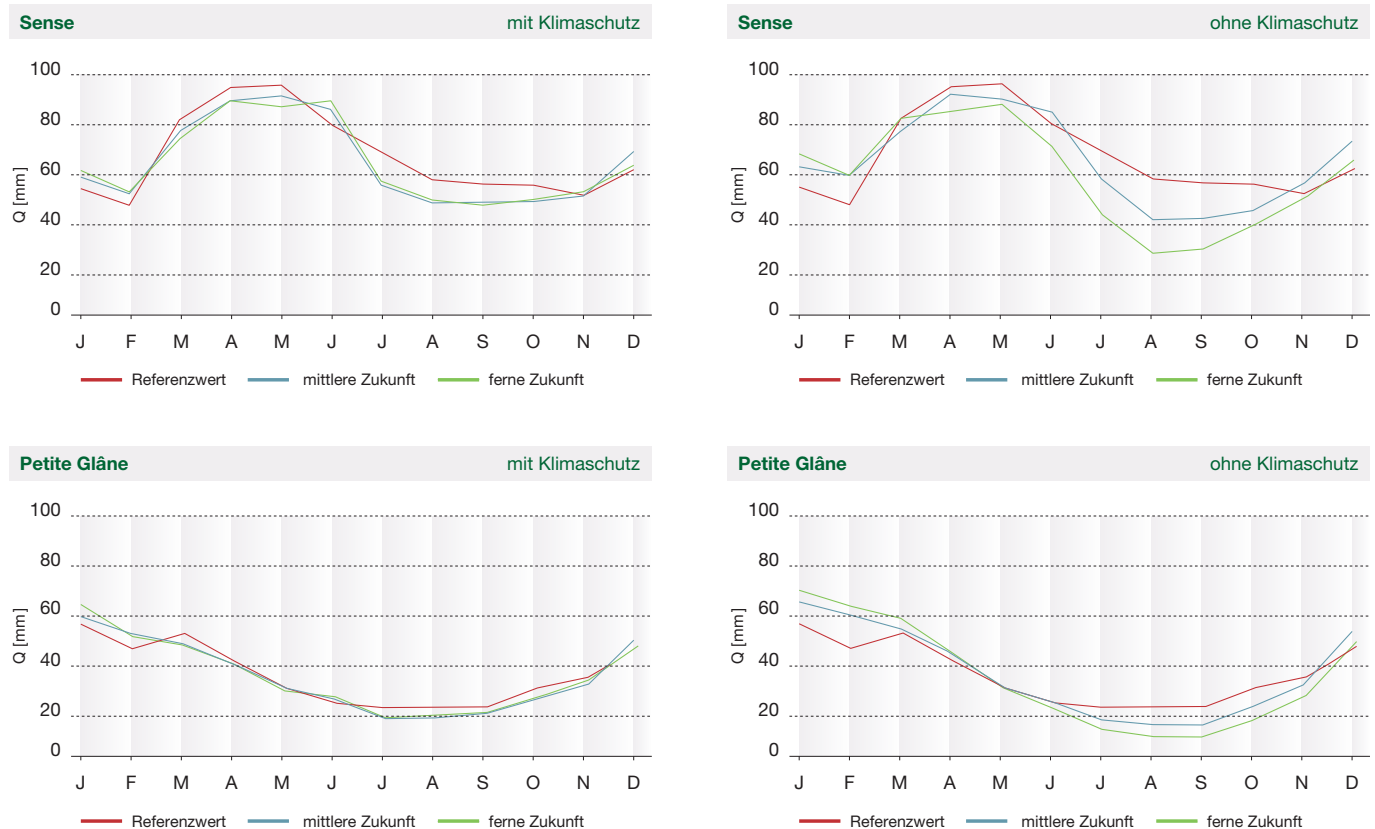


Abb. 8: Veränderung der Abflussregime im Kanton Freiburg. Referenzwert: Mittelwert der Periode 1981–2010, heutiger Referenzwert. mittlere Zukunft: Mittelwert der Periode 2040–2069. ferne Zukunft: Mittelwert der Periode 2070–2099. Die zwei ausgewählten Fließgewässer repräsentieren die Bandbreite der Veränderungen im Kanton Freiburg: Die Sense mit der Messstation Thörishaus die Region Vorlupalpen und die Petite Glâne, Villars-le-Grand, die Region Untere Broye.

In der Abbildung werden Abflüsse in Millimetern (mm) angegeben. Diese Masseinheit ist für Abflüsse eher ungewöhnlich, ist aber an dieser Stelle hilfreich. Die Millimeter beziehen sich hierbei auf den Anteil des Niederschlagswassers, der tatsächlich im Gewässer abfließt. Die Masseinheit ermöglicht, den Abfluss nicht in absoluten Werten, sondern relativ und damit unabhängig zur Einzugsgebietsfläche zu betrachten. Für den Abfluss in Litern oder Kubikmetern müsste man die Millimeter mit der Einzugsgebietsfläche multiplizieren.

5.1 Situation heute

Die Abflussregime im Kanton Freiburg sind gekennzeichnet durch höhere Abflüsse im Winter- und tiefere Abflüsse im Sommerhalbjahr (vgl. Abb. 8). Bei der Sense werden die Abflüsse durch den Schnee beeinflusst: Im Winter bleibt ein Teil des Niederschlags vorübergehend als Schnee gespeichert, was zu einer Verringerung des Abflusses führt. Die Schneeschmelze im Frühjahr erhöht den Abfluss. Bei der Petite Glâne hingegen ist der Einfluss des Schnees kaum von Bedeutung. Erwähnenswert sind aber die geringen sommerlichen Abflüsse, die durch die Kombination geringer Niederschlagsmengen und einer hohen Verdunstung bedingt werden. Je höher ein Einzugsgebiet liegt, desto mehr Abfluss erzeugt es. Die höher gelegene Sense weist einen mittleren Jahresabfluss von 820 mm auf. Das ist in etwa das Doppelte des Jahresabflusses der tiefer gelegenen Petite Glâne.

5.2 Situation morgen

Unter einem Szenario «mit Klimaschutz» sind die zukünftigen Abflüsse in beiden Einzugsgebieten den heutigen ähnlich. Die grössten Abweichungen treten im Sommer auf. In dieser Jahreszeit werden die Abflüsse abnehmen.

Unter einem Szenario «ohne Klimaschutz» sind die Veränderungen weit grösser. Die Abflüsse im Winter und Sommer werden sich gegensätzlich entwickeln. Einer Zunahme im Winter steht eine Abnahme im Sommer gegenüber. Wie bereits erwähnt, erkennt man bei der Sense im Frühjahr den Einfluss der Schneeschmelze anhand einer vergleichsweise langen Phase mit hohen Abflüssen. Mit der Klimaerwärmung nehmen die Schneehöhen ab und damit verkleinern sich die Schneeschmelze und die Abflüsse. Abnehmende Niederschlagsmengen und zunehmende Verdunstung führen im Sommerhalbjahr zu einer bedeutenden Abnahme der Abflüsse. In den tieferen Regionen werden die Abflüsse im Winter zunehmen. Im Sommer hingegen nehmen die Abflüsse, die bereits heute sehr tief sind, weiter ab. Auch dies ist ein klares Indiz für die Zunahme von Sommertrockenheit.



Sézineskanal (Canal des Sézines), Ortsgemeinde Corcelles-près-Payerne
Juli 2022.

Insgesamt werden sich also die saisonalen Abflussverhältnisse unter dem Szenario «ohne Klimaschutz» stark verändern. Aber auch der Jahresabfluss, also die gesamte in einem Jahr erzeugte Abflussmenge, wird sich unter diesem Szenario ab Mitte des Jahrhunderts ändern. Es ist mit Abnahmen zwischen -15 und -20 % zu rechnen. Dies stellt vor allem für die tief gelegenen Gebiete eine grosse Herausforderung dar. Die Speicherung eines Teils der höheren Abflüsse im Winter, um sie für die zunehmend trockenen Sommer bereitzuhalten, stellt eine Möglichkeit dar, die sich anbahnende sommerliche Wasserknappheit, welche vor allem die Landwirtschaft und die Ökosysteme betrifft, zu mindern.

Unterschätzte Rolle der Verdunstung

Mit der Klimaerwärmung werden die Abflüsse im Sommer abnehmen. Dies ist einerseits auf die Abnahme des Niederschlags zurückzuführen. Andererseits nimmt auch die Verdunstung deutlich zu, was den Abfluss weiter vermindert. Dieser Effekt der Verdunstung ist oftmals gleich oder gar grösser als jener des Niederschlags, allerdings nur, solange die Böden nicht ausgetrocknet sind. Trocknet ein Boden aus, steht nicht nur kein Wasser mehr für die Verdunstung zur Verfügung, sondern auch die Temperatur der bodennahen Luft und der Bodenoberfläche nimmt deutlich zu. Dies hängt mit der Veränderung der Strahlungsbilanz zusammen: Ist genügend Wasser vorhanden, wird der grösste Teil der verfügbaren Strahlungsenergie für die Verdunstung benötigt. Fehlt das Wasser, erwärmt dieselbe Energiemenge bodennahe Luft und den Boden. Es wird heiss in der Landschaft.

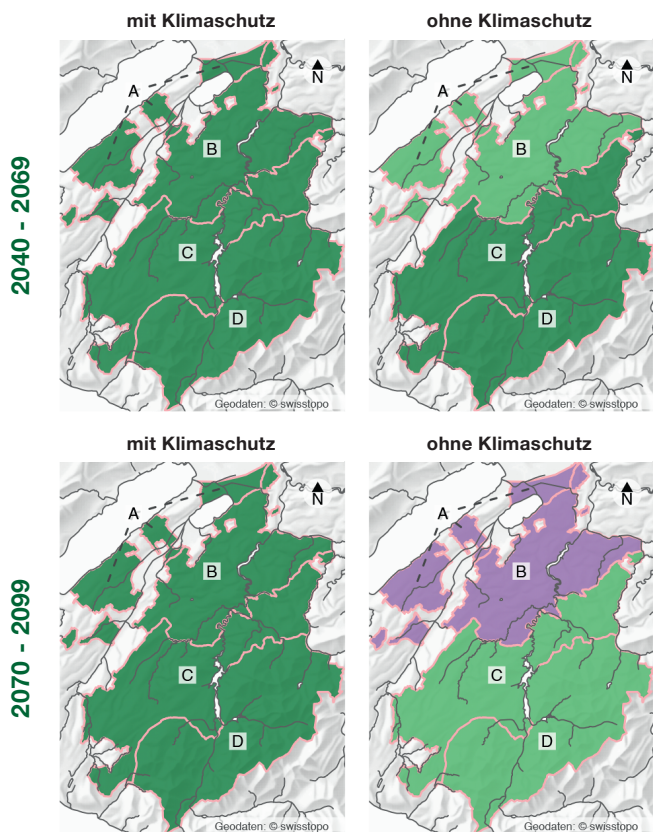
5.3 Hochwassersituation

Die verfügbaren Abflusssimulationen lassen keine direkten Aussagen zur Veränderung der Hochwassersituation zu. Die Veränderungen können aber indirekt über den Starkniederschlag abgeschätzt werden. Nach Analysen der Meteo-Schweiz haben die Starkniederschläge in den letzten hundert Jahren überall in der Schweiz zugenommen (vgl. Abb. 1). Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich dieser Trend fortsetzen wird. Mit steigender Lufttemperatur kann die Atmosphäre mehr Wasser aufnehmen, und zwar rund 7 % mehr bei einer Erwärmung von 1°C. Eine solche Zunahme belegen die Analysen auch für den Kanton Freiburg. Als Beispiel dazu zeigt die Abbildung 9 die Zunahme der grössten 3-Tagessummen des Niederschlags. Das Ausmass der Zunahmen hängt wiederum vom Zeitpunkt und vom Emissionsszenario ab.

Auch die grössten jährlichen Eintagesummen des Niederschlags nehmen zu. Einiges spricht also dafür, dass sich die Hochwassergefahr verstärken wird. Die zu erwartende Erhöhung der Spitzenabflüsse bei Hochwasser ist jedoch sehr komplex und kann lokal unterschiedlich ausfallen. Sie hängt von lokalen Gegebenheiten und der Jahreszeit ab. Auch die Bodenfeuchte spielt eine wichtige Rolle. Der Kanton Freiburg und auch der Bund versuchen, diese Veränderungen bei der Hochwassergefahr bestmöglich zu antizipieren und in die Abschätzungen und Planungen miteinzubeziehen.



Arbogne bei Montagny, 13. Juli 2021.



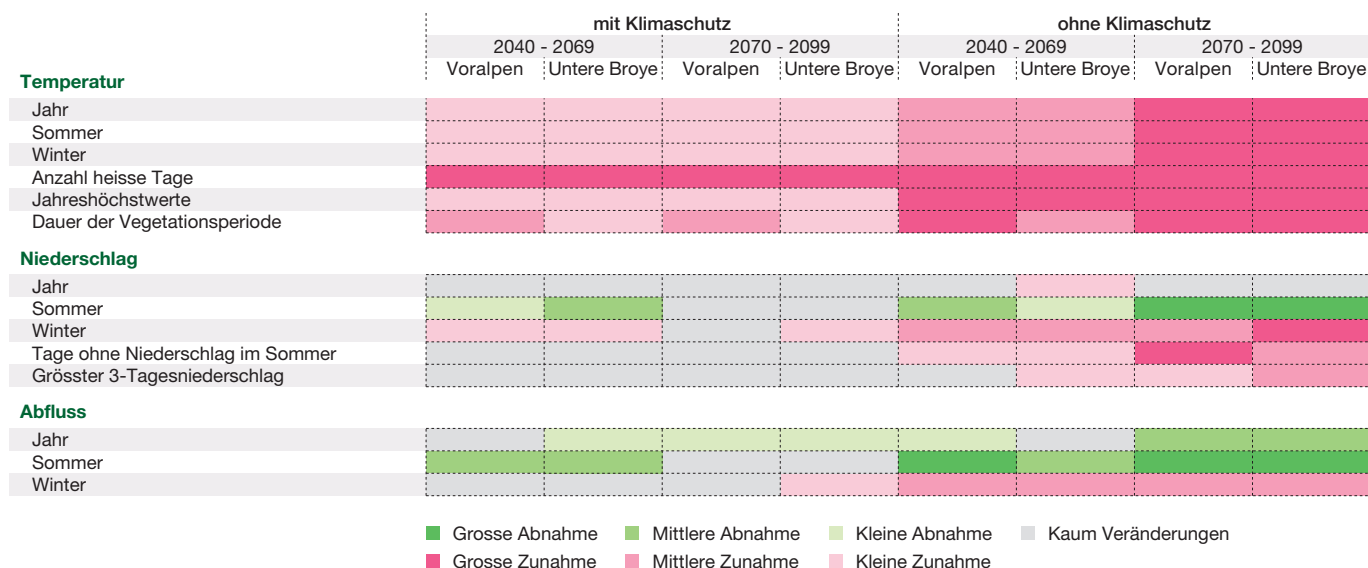
Zunahme: ■ leicht (< 5 %) ■ mässig (5-10 %)
■ stark (10-20 %) ■ sehr stark (> 20 %)

Abb. 9: Zunahme starker Dauerniederschläge (genauer: Zunahme der grössten jährlichen 3-Tagessummen des Niederschlags)

6. Hauptmerkmale der Veränderungen

Die Tabelle 1 vermittelt einen zusammenfassenden Überblick über die wichtigsten klimabedingten Veränderungen im Kanton Freiburg. Mit den beiden Regionen Voralpen und Untere Broye wird die geographische Vielfalt des Kantons abgedeckt. Mit anderen Worten: Die übrigen Regionen liegen innerhalb des hier aufgezeigten Spektrums der

Veränderungen. In der Tabelle wird einerseits zwischen den beiden Emissionsszenarien «mit Klimaschutz» und «ohne Klimaschutz» und andererseits zwischen der mittleren Zukunft (2040–2069) und der fernen Zukunft (2070–2099) unterschieden.



Tab. 1: Die wichtigsten Veränderungen auf einen Blick

Generell fällt auf, dass die zukünftigen Veränderungen bei der Lufttemperatur stärker als beim Niederschlag ausfallen. Die grössten Veränderungen sind Ende des Jahrhunderts bei dem Szenario «ohne Klimaschutz» zu erwarten.

Bei der Temperatur sind die Veränderungen im Szenario «mit Klimaschutz» sowohl für die mittlere als auch für die ferne Zukunft mehrheitlich gering, die weitere Zunahme der Lufttemperatur kann relativ klein gehalten werden. Sonst sind die Veränderungen bei der Temperatur mittel bis gross. Auffallend ist, dass die Hitzebelastung, beschrieben durch die Anzahl heisser Tage pro Jahr und die Jahreshöchstwerte der Lufttemperatur stark zunehmen, bei den heissen Tagen auch beim Szenario mit Klimaschutz. Wegen der steigenden Temperaturen wird die Vegetationsperiode wesentlich früher beginnen und damit auch insgesamt wesentlich länger dauern, besonders in den Voralpen. Kurzum: Der Kanton Freiburg muss sich mit Blick auf die Lufttemperatur auf neue Rahmenbedingungen einstellen.

Beim Niederschlag sind ebenfalls klare Muster der Veränderungen erkennbar: Zunahme der Niederschläge im Winter, Abnahme im Sommer bei nahezu unveränderten mittleren Jahresniederschlägen. Die Niederschlagsabnahme im Sommer geht einher mit einer Zunahme der Tage, an denen kein Niederschlag fällt. Bei den intensiven Niederschlägen, hier ausgedrückt durch den grössten 3-Tagesniederschlag, ist eine Zunahme zu erwarten mit entsprechenden Auswirkungen

auf die Hochwassersituation. Diese Muster sind unter dem Szenario «ohne Klimaschutz» und in der fernen Zukunft ausgeprägter als in der mittleren Zukunft und dem Szenario «mit Klimaschutz». Kurzum: Der Kanton Freiburg muss sich vor allem auf die zunehmende sommerliche Trockenheit einstellen.

Bei den Abflüssen werden die durch den Niederschlag vorgegebenen Grundmuster der Veränderungen durch den Einfluss des Schnees und der Verdunstung modifiziert. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht positiv zu beurteilen ist, dass der Jahresabfluss in den Freiburger Fließgewässern in den kommenden Jahrzehnten allenfalls geringfügig abnehmen wird. Die Bedingungen am Ende des Jahrhunderts werden davon abhängen, wie sich die Treibhausgasemissionen entwickeln werden. Gelingt es nicht, sie signifikant zu reduzieren, ist mit einer mittleren Abnahmen des Jahresabflusses zu rechnen. Bei den saisonalen Abflüssen in Winter und Sommer sind die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien «mit Klimaschutz» und «ohne Klimaschutz» deutlich. Unter dem ersten Szenario werden sich die Abflussverhältnisse gegenüber heute wenig verändern, unter dem zweiten Szenario hingegen sind die Veränderungen ausgeprägt. Sie führen zu einer grossen Abnahme der heute bereits kleinen Abflüsse im Sommer und zu einer Zunahme im Winter. Diese saisonale Umverteilung wird zu einer wasserwirtschaftlichen Herausforderung, die mit geeigneten Massnahmen aber zu bewältigen ist.

7. Schlussfolgerung

Wir wissen, wie sich die klimatischen und hydrologischen Bedingungen in den Regionen des Kantons Freiburg durch die Klimaerwärmung verändern werden. Die Richtung der Veränderungen ist klar erkennbar. Unklar hingegen ist das Ausmass der Veränderungen. Es hängt massgeblich von der Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen ab. Der Kanton Freiburg wird unter einem Szenario «mit Klimaschutz» ein anderer sein als unter einem Szenario «ohne Klimaschutz».

Trotz dieser Unsicherheiten, wie erfolgreich die weltweite Reduktion der Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahrzehnten wird, ist die Zeit zum Handeln gekommen. Denn wir kennen jetzt die Richtung der Veränderungen. Es gilt, das Schlimmste zu antizipieren und auf das Bestmögliche zu hoffen. Die Erkenntnis, dass die Veränderungen unter den beiden Szenarien «mit Klimaschutz» und «ohne Klimaschutz» bis Mitte Jahrhundert erst einmal ähnlich ablaufen und erst dann je nach Umfang des Klimaschutzes

deutlich auseinanderlaufen, erleichtert die vorausschauende Planung und erlaubt es, die Massnahmen in der Zukunft immer wieder an die Veränderungen anzupassen.

Warten ist also keine Option mehr. Der Kanton Freiburg hat mit dem Klimaplan und den vielen zielgenauen Massnahmen bereits Instrumente geschaffen, um den Weg in die Zukunft auch mit dem Klimawandel erfolgreich zu beschreiten. Konkret liegen zum Beispiel mit der Gesamtheitlichen Gewässerbewirtschaftung, der Biodiversitätsstrategie oder der Bodenschutzstrategie, uvm. bereits Konzepte vor, die in die klimatische Zukunft weisen und die erwartbaren Veränderungen in die Planungen einbeziehen. Durch die sukzessive Implementierung von Klimamassnahmen sowie die konsequente Umsetzung von Klimaschutz und Klimaanpassung leistet das Amt für Umwelt seinen Beitrag dazu, dass der Kanton Freiburg auch in Zukunft eine lebens- und lebenswerte Heimat für Mensch und Umwelt bleibt.



Gruyère-See (staureguliert) mit geringem Wasserstand während einer starken Dürre (hier August 2003).

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU
Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez
T +41 26 305 37 60, F +41 26 305 10 02
sen@fr.ch, www.fr.ch/afu

