

Préalpes Vision 2030

Die Zukunft der Skigebiete in den Freiburger Voralpen

Schlussbericht
(ergänzt)

Bruno Abegg^{1,2} & Robert Steiger^{2,3}

¹Institut für Systemisches Management und Public Governance, Universität St. Gallen

²Institut für Geographie, Universität Innsbruck

³Institut für Finanzwissenschaften, Universität Innsbruck

St. Gallen / Innsbruck
Oktober 2018 / Januar 2019

Institut für Systemisches Management
und Public Governance



Universität St.Gallen



Das Wichtigste in Kürze

Die Schneeverhältnisse haben sich in den letzten Jahrzehnten verschlechtert.

Ohne Beschneigung ist die Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete nicht gegeben.

Mit Beschneigung kann die Schneesicherheit deutlich erhöht werden – Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr kann aber auch mit Beschneigung nicht garantiert werden.

Für einen zukünftigen Skibetrieb müsste in allen Gebieten – wenn auch in unterschiedlicher Dringlichkeit und in unterschiedlichem Ausmass – in die Beschneigung investiert werden. Das würde zum Teil grosse Investitionen nach sich ziehen. Hinzu kommt, dass der operative Betrieb – nicht zuletzt wegen der steigenden Beschneigungskosten – aufwändiger werden wird. Eine grosse Herausforderung wird sein, Infrastruktur und Betrieb zu finanzieren.

Im Sommer bieten die zu erwartenden klimatischen Veränderungen gute Entwicklungschancen. Einzelne Bahnen setzen seit einigen Jahren erfolgreich auf den Sommer, andere sind reine Winterbetriebe. Mit Blick in die Zukunft scheint es ratsam, das Sommergeschäft zu forcieren.

Vorbemerkung

Dieser Schlussbericht ist in drei Teile gegliedert.

Teil A („Basisvariante“) umfasst:

- eine Analyse von ausgewählten Schneemessreihen,
- eine Beschreibung des methodischen Vorgehens sowie
- die ersten Ergebnisse der Schneesicherheitsberechnungen mit dem Modell SkiSim 2.0 (Standartannahmen).

Teil A entspricht gemäss Projektofferte der Basisvariante, wurde im Zwischenbericht zusammengefasst und am 16 Juli 2018 in Fribourg vorgestellt.

Teil B („Detailanalyse“) umfasst:

- eine Beschreibung der gebietsspezifischen Beschneiungsparameter,
- die Resultate der gebietsspezifischen Schneesicherheitsberechnungen für die Varianten „Aktuell“, „Ausbau“ (Jaun, La Berra und Schwarzsee) und „Plan“ (Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel) sowie
- eine individuelle Bewertung der Schneesicherheit in den jeweiligen Gebieten.

Teil B entspricht gemäss Projektofferte der Option 2: Detailanalysen auf Skigebietsebene und wurde am 5. November 2018 in Bulle vorgestellt.

Teil C („Sommer“) umfasst:

- eine Analyse von ausgewählten Temperatur- und Niederschlagsmessreihen (Sommer) sowie
- eine Einschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Sommertourismus in den Freiburger Voralpen.

Teil C entspricht gemäss Projektofferte der Option 1: Sommer und wurde ebenfalls am 5. November 2018 in Bulle vorgestellt.

Verwendete Daten und Szenarien

Die in diesem Bericht verwendeten Temperatur-, Niederschlags- und Schneedaten stammen von verschiedenen Stationen aus den Messnetzen von MeteoSchweiz und dem WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF Davos). Alle Angaben zum zukünftigen Klima basieren auf den CH2011-Szenarien (CH2011, Fischer et al. 2012). Die CH2018-Szenarien wurden offiziell erst am 13. November 2018 vorgestellt und konnten für diesen Bericht nicht verwendet werden.

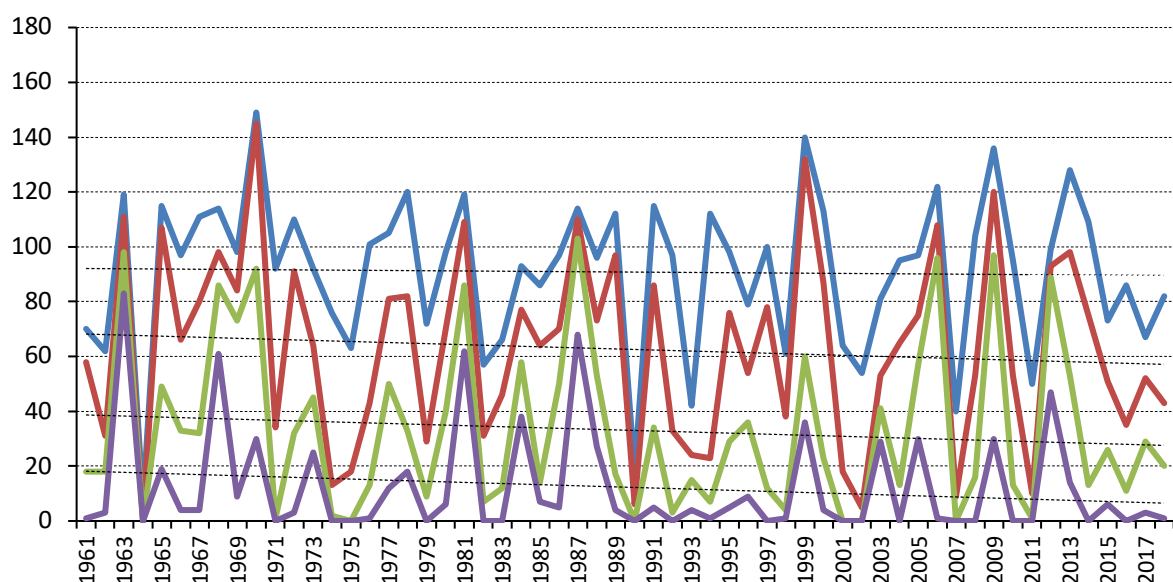
Teil A – Basisvariante

Der Blick in die Vergangenheit – was sagen uns die Schneemessreihen?

Die Entwicklung der Schneeverhältnisse wird am Beispiel der beiden Stationen mit den längsten Messreihen erläutert: Château-d'Oex (1028 m) und Moléson (1520 m). In den Abb. 1 und 2 werden die Anzahl Tage mit ≥ 5 cm, ≥ 15 cm, ≥ 30 cm und ≥ 50 cm Schnee dargestellt. In den Tab. 1 und 2 findet sich ein Mittelwertvergleich und die Abb. 3 und 4 zeigen am Beispiel des Schwellenwertes 30 cm Schneehöhe die jährlichen Abweichungen vom langjährigen Mittel. Die Daten lassen folgende Schlüsse zu:

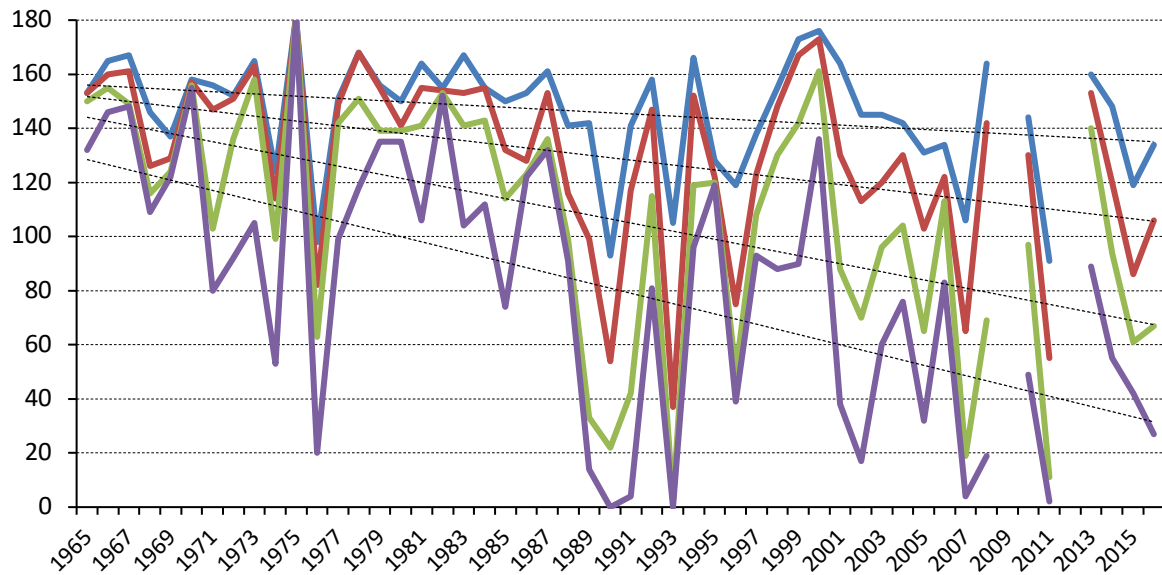
- Die Schneeverhältnisse variieren stark von Jahr zu Jahr.
- Die Anzahl Tage mit ≥ 5 cm, ≥ 15 cm, ≥ 30 cm und ≥ 50 cm Schnee gehen zurück. Je höher die geforderte Mindestschneehöhe, desto deutlicher sind die negativen Trends.
- Die hier gezeigten Daten bestätigen Entwicklungen, die von anderen Schweizer Stationen bzw. aus der wissenschaftlichen Literatur bekannt sind. Die Anzahl Tage mit einer bestimmten Schneehöhe gehen in fast allen Stationen bis ca. 2500 m ü.M. zurück (Klein et al. 2016). Auffallend ist auch der sogenannte „regime shift“ (Marty 2008) gegen Ende der 1980er Jahre: Die Perioden vor und nach diesem Zeitpunkt unterscheiden sich deutlich – sowohl was die Mittelwerte der Anzahl Tage mit einer bestimmten Schneehöhe (vgl. Tab. 1 und 2) als auch was die Häufigkeit der jährlichen negativen Abweichungen vom langjährigen Mittel betrifft (vgl. Abb. 3 und 4). Der Rückgang der Schneetage ist also nicht graduell, sondern stufig abgelaufen.

Abb. 1: Entwicklung der Anzahl Tage mit ≥ 5 cm (blau), ≥ 15 cm (rot), ≥ 30 cm (grün) und ≥ 50 cm Schnee (lila) in Château-d'Oex (1961-2018)



Bemerkung: 1961 = Winter 1960/61; jeweils von November bis April. Fein gepunktete Linien = linearer Trend.

Abb. 2: Entwicklung der Anzahl Tage mit ≥ 5 cm (blau), ≥ 15 cm (rot), ≥ 30 cm (grün) und ≥ 50 cm Schnee (lila) in Moléson (1965-2016). Ohne 2009 und 2012 – fehlende Daten



Bemerkung: 1965 = Winter 1964/65; jeweils von November bis April. Fein gepunktete Linien = linearer Trend.

Tab. 1: Mittlere Anzahl Tage mit ≥ 5 cm, ≥ 15 cm, ≥ 30 cm und ≥ 50 cm Schnee in Château-d'Oex – Vergleich der Perioden 1961-1989, 1990-2018 und 1961-2018

	Mittelwert 1961-1989	Mittelwert 1990-2018	Mittelwert 1961-2018
≥ 5 cm Schnee	93	88	91
≥ 15 cm Schnee	68	57	63
≥ 30 cm Schnee	39	28	33
≥ 50 cm Schnee	17	8	12

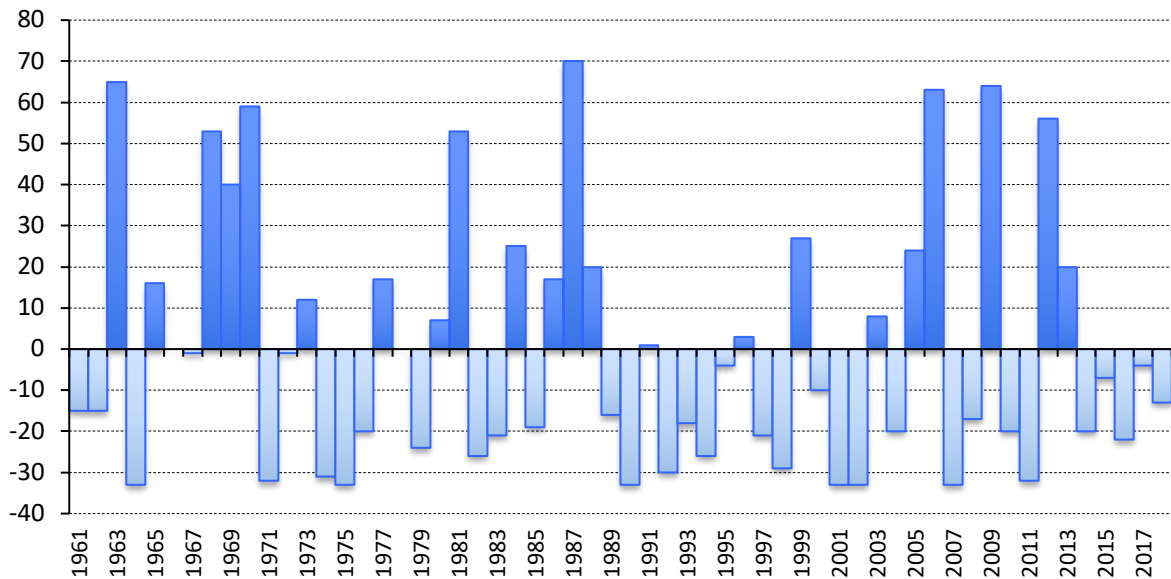
Bemerkung: 1961 = Winter 1960/61, jeweils von November bis April

Tab. 2: Mittlere Anzahl Tage mit ≥ 5 cm, ≥ 15 cm, ≥ 30 cm und ≥ 50 cm Schnee in Moléson – Vergleich der Perioden 1965-1989, 1990-2016 und 1965-2016

	Mittelwert 1965-1989	Mittelwert 1990-2016*	Mittelwert 1965-2016*
≥ 5 cm Schnee	153	139	146
≥ 15 cm Schnee	143	116	129
≥ 30 cm Schnee	130	84	107
≥ 50 cm Schnee	109	54	82

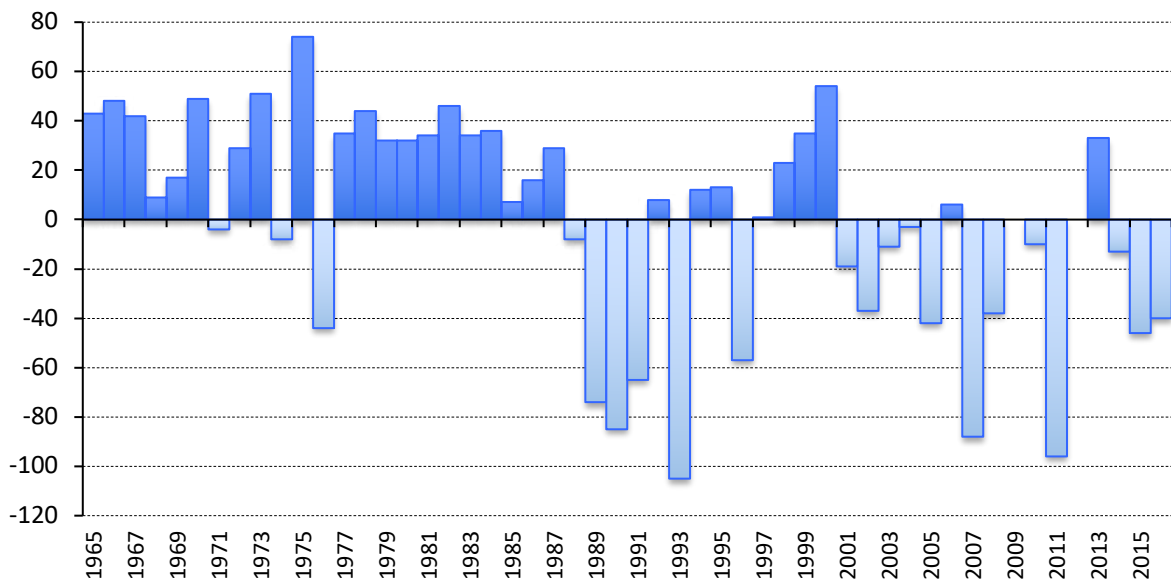
Bemerkung: 1965 = Winter 1964/65, jeweils von November bis April, *ohne 2009 und 2012: fehlende Daten

Abb. 3: Jährliche Abweichung der Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee vom langjährigen Mittel in Château-d'Oex (1961-2018)



Bemerkung: 1961 = Winter 1960/61; jeweils November bis April

Abb. 4: Jährliche Abweichung der Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee vom langjährigen Mittel in Moléson (1965-2016)



Bemerkung: 1965 = Winter 1964/65, jeweils von November bis April, ohne 2009 und 2012: fehlende Daten

Methodisches Vorgehen

SkiSim

Die aktuelle und zukünftige Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete wird mit dem Modell SkiSim 2.0 berechnet. SkiSim 2.0 besteht aus zwei Teilen: a) einem Schneemodell, in dem der natürliche Schneedeckenaufbau und die Schneeschmelze berechnet werden; und b) einem Beschneigungsmodul, das die technische Schneeproduktion steuert (Steiger 2010).

Als Eingangsdaten für SkiSim 2.0 werden tägliche Temperatur- (Minimum- und Maximumtemperaturen) und Niederschlagsdaten benötigt. Die Validierung des Modells erfolgt mit gemessenen Schneedaten (Schneehöhe oder Neuschnee).

Die Schnee- und Beschneigungsverhältnisse werden für die sogenannte kritische Höhe der Skigebiete berechnet. Diese wurden in Absprache mit dem Auftraggeber bzw. den Skigebietsbetreibern wie folgt definiert:

- Jaun 1050 m
- Schwarzsee 1350 m
- La Berra 1040 m
- Charmey 1200 m
- Les Paccots 1200 m
- Rathvel 1265 m
- Le Moléson 1300 m

Das Beschneigungsmodul, das die technische Schneeproduktion steuert, unterliegt folgenden Rahmenbedingungen:

- Lufttemperatur: Hier wird **neu** – nicht in der Offerte – von zwei verschiedenen Schwellenwerten ausgegangen:
Variante A (= Grundvariante): -5°C – „optimale“ Bedingungen für ein effizientes Beschneien
Variante B (= neue Variante): -2°C – „Grenzbedingungen“: Beschneigung möglich, aber mit Abstrichen, was Effizienz und Qualität betrifft
- Beschneigungskapazität: 10 cm pro Tag
- Beschneigungszeitraum: 1. November bis 31. März

Das Beschneigungsmodul ist so eingestellt, dass der Skibetrieb vom frühestmöglichen Termin bis zum 1. April aufrechterhalten werden kann (90% der Winter). Anfangs Winter – ungeachtet der natürlichen Schneevorkommen – erfolgt die Grundbeschneigung (40 cm); danach wird nur noch beschneit was nötig ist, um das obige Saisonziel (Betrieb bis 1. April) zu erreichen.

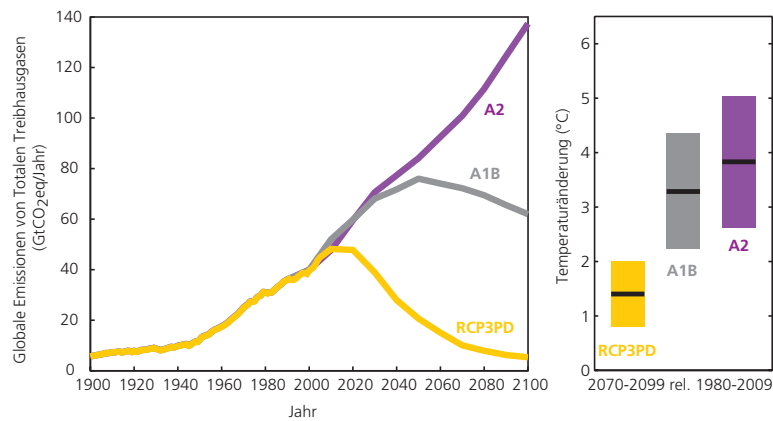
Emissions- und Klimaszenarien

Es werden die CH2011-Szenarien verwendet (CH2011, Fischer et al. 2012). Diese Szenarien basieren auf drei Emissionsszenarien:

- A2: Stetige Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2100
- A1B: Zunahme der Treibhausgas-Emissionen bis 2050, dann leichte Abnahme
- RCP3PD: Emissionen werden bis 2050 um etwa 50% gesenkt und bis Ende Jahrhundert auf die Werte um 1900 reduziert. Dieses Szenario beschränkt die globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf 2°C

Wie Abb. 5 zeigt, wird der zukünftige Verlauf der globalen Treibhausgas-Emissionen die Temperaturentwicklung in der Schweiz stark beeinflussen.

Abb. 5: Die Bedeutung des zukünftigen Emissionsverlaufs für die Entwicklung der Temperaturen in der Schweiz



Quelle: CH2011

Für die Berechnung der zukünftigen Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete werden die saisonalen Szenarien (für die Wintermonate Dezember, Januar und Februar) der Region Westschweiz verwendet (vgl. Tab. 3 und 4). Diese Szenarien geben Auskunft über die Veränderung der mittleren Wintertemperaturen (in °C) und der mittleren Winterniederschläge (in %) – für drei Zeitfenster (2020-2049, 2045-2074, 2070-2099), die drei oben erwähnten Emissionsszenarien sowie verschiedene Klimamodelle. Für die vorliegende Analyse werden die mittleren Werte (= medium) verwendet.

Tab. 3: Veränderung der mittleren Wintertemperaturen (°C) in der Region Westschweiz

	2035			2060			2085		
	low	medium	high	low	medium	high	low	medium	high
A2	0.3	1.12	1.92	1.33	2.26	3.18	2.46	3.61	4.75
A1B	0.41	1.26	2.08	1.37	2.3	3.24	2.03	3.1	4.13
RCP3PD	0.35	1.19	2	0.59	1.38	2.16	0.54	1.32	2.08

Tab. 4: Veränderung der mittleren Winterniederschläge (%) in der Region Westschweiz

	2035			2060			2085		
	low	medium	high	low	medium	high	low	medium	high
A2	-16	0	+16	-14	+1	+17	-11	+5	+22
A1B	-17	0	+17	-14	+1	+17	-11	+4	+21
RCP3PD	-17	0	+17	-13	0	+16	-12	+2	+16

Schneesicherheitsindikatoren

Es werden zwei Schneesicherheitsindikatoren verwendet: die 100-Tage Regel (Witmer 1986, Abegg 1996) und der Weihnachtsindikator (Scott et al. 2008). Diese beiden Indikatoren werden wie folgt definiert:

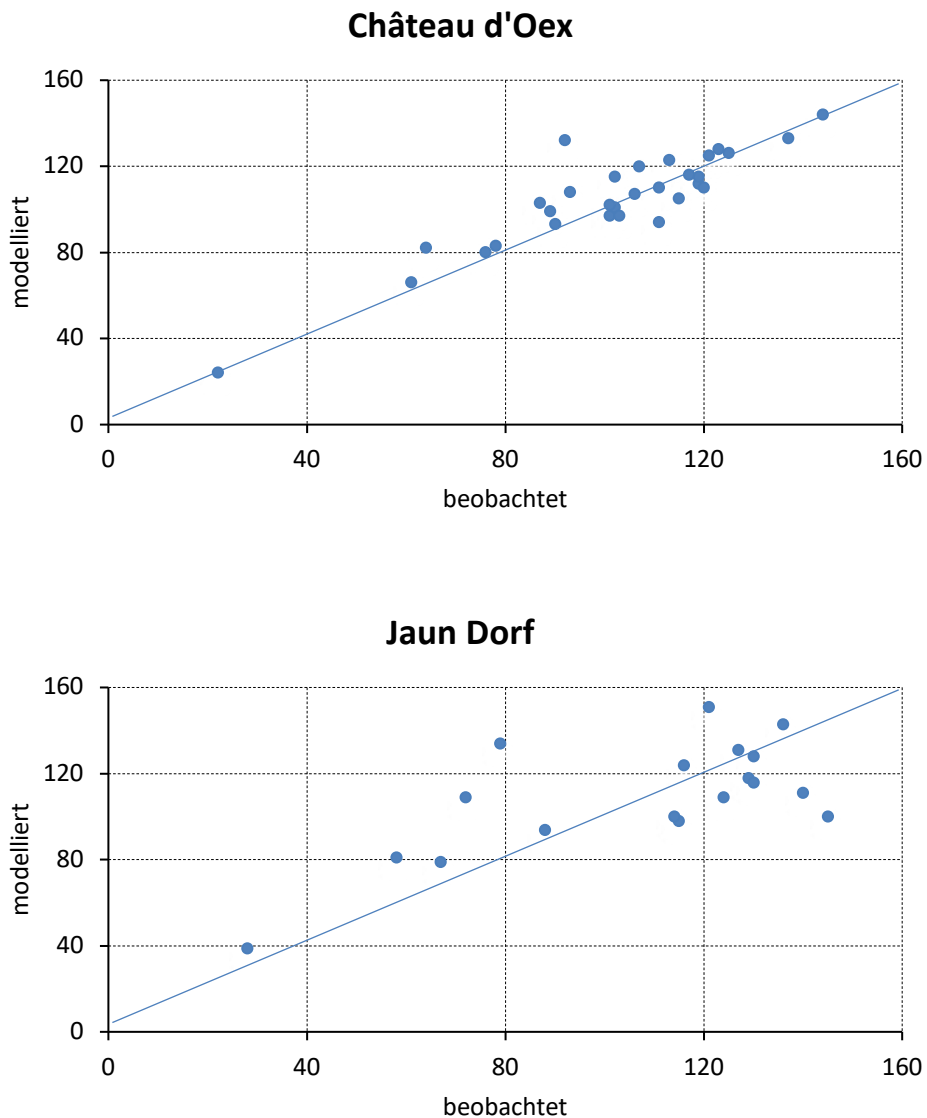
- 100-Tage Regel: Ein Skigebiet gilt als schneesicher, wenn in der Zeitspanne vom 1. Dezember bis zum 1. April an mindestens 100 Tagen ≥ 30 cm Schnee liegen.
- Weihnachtsindikator: Weihnachten/Neujahr sind schneesicher, wenn in der Zeitspanne vom 22. Dezember bis zum 4. Januar mindestens 30 cm Schnee liegen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Skigebiete den einen oder anderen schlechten Winter wegstecken bzw. schlechtere mit besseren Jahren kompensieren können. In diesem Sinne müssen die beiden Indikatoren nicht in jedem Jahr erfüllt sein (s. Resultatkapitel).

Resultate

Mit einem Vergleich zwischen den beobachteten und modellierten Schneetagen (= Tage mit ≥ 1 cm Schnee) kann die Modell-Performance beurteilt werden (vgl. Abb. 6). In Château d'Oex (1028 m) liegt im Schnitt an 102 (beobachtet) bzw. an 105 (modelliert) Tagen Schnee; in Jaun Dorf (1030 m) sind es 107 (beobachtet) bzw. 109 (modelliert) Tage.

Abb. 6: Vergleich der beobachteten und modellierten Schneetage in Château d'Oex (1028 m – oben) und in Jaun Dorf (1030 m – unten)



In Abb. 7 wird die Entwicklung der Skitage (= Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee) in den Freiburger Skigebieten dargestellt. Wir beschränken uns auf die Referenzperiode (1980-2009) und die beiden Zeitfenster 2020-2049 („2035“) und 2045-2074 („2060“) und präsentieren lediglich die Ergebnisse für das A1B-Szenario. Wichtig: alle Angaben beziehen sich auf die kritische Höhe der Skigebiete. Ein Blick auf die Abbildung zeigt:

- Ohne Beschneigung („Natur“): Die Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Naturschnee geht deutlich zurück und wird in einzelnen Skigebieten (jeweils auf der kritischen Höhe) im Zeitfenster 2045-2075 nur noch einige wenige Tage betragen.
- Mit Beschneigung („Var. A“ und „Var. B“): Die Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee liegen deutlich höher, werden in Zukunft aber auch zurückgehen. So werden beispielsweise im Zeitfenster 2020-2049 mit Beschneigung Variante A etwas mehr Skitage erreicht wie „heute“ ohne Beschneigung.

In den Abb. 9 und 10 wird die Wahrscheinlichkeit (%), dass die Anforderungen der 100-Tage Regel (mindestens 100 Tage mit ≥ 30 cm Schnee zwischen dem 1. Dezember und dem 1. April) und des Weihnachtsindikators (mindestens 30 cm Schnee zwischen dem 22. Dezember und dem 4. Januar) in den Skigebieten erfüllt werden, dargestellt. Wir beschränken uns wiederum auf die Referenzperiode und die beiden Zeitfenster 2020-2049 („2035“) und 2045-2074 („2060“) und präsentieren lediglich die Ergebnisse für das A1B-Szenario. Auch diese Angaben beziehen sich auf die kritische Höhe – hier exemplarisch auf die kritische Höhe der beiden Skigebiete Jaun (Abb. 8) und Moléson (Abb. 9). Auffallend ist:

- Ohne Beschneigung („Natur“): Die Wahrscheinlichkeit, dass die Anforderungen an die beiden Schneesicherheitsindikatoren erfüllt werden, ist bereits heute (Referenz) tief und entwickelt sich bis „2060“ (2045-2074) gegen Null. Wie zu erwarten ist, weist Moléson im Vergleich zu Jaun die höheren Werte auf.
- Mit Beschneigung („Var. A“ und „Var. B“): Die Prozentwerte liegen deutlich höher, werden in Zukunft aber ebenfalls zurückgehen. Die Werte im Zeitfenster „2035“ (2020-2049) mit Beschneigung Variante A entsprechen in Jaun etwa den heutigen Werten (Referenz) ohne Beschneigung, in Moléson liegen sie zumindest bei der 100-Tage Regel höher.

Abb. 7: Skitage – Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee heute und in Zukunft

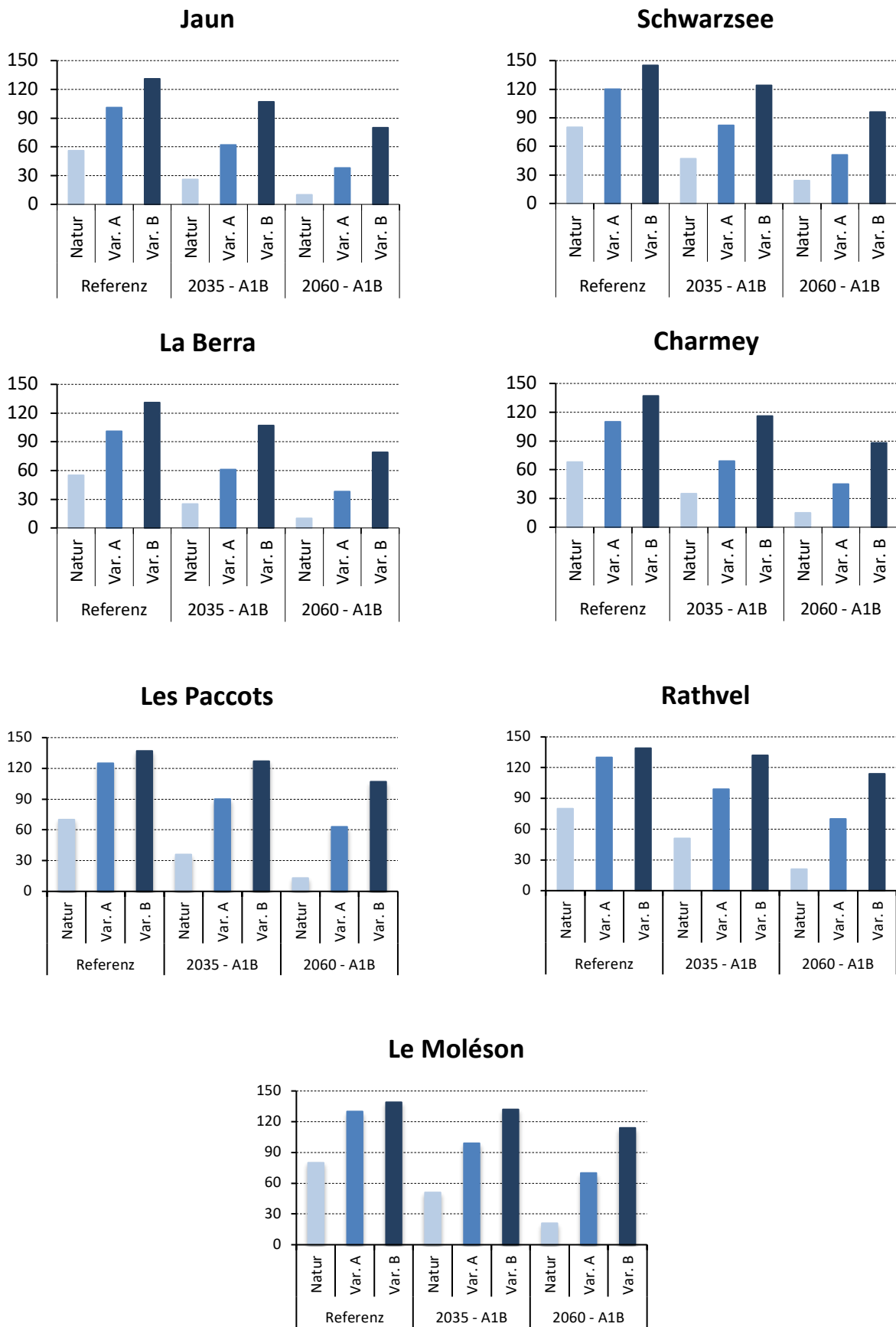


Abb. 8: Wahrscheinlichkeit (%), dass die Anforderungen der 100-Tage Regel (links) und des Weihnachtsindikators (rechts) in Jaun heute und in Zukunft erfüllt werden

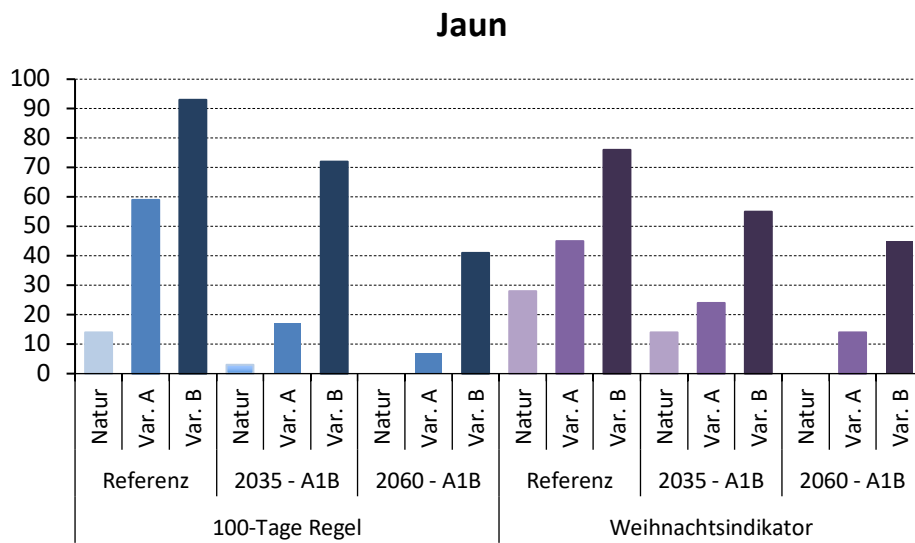
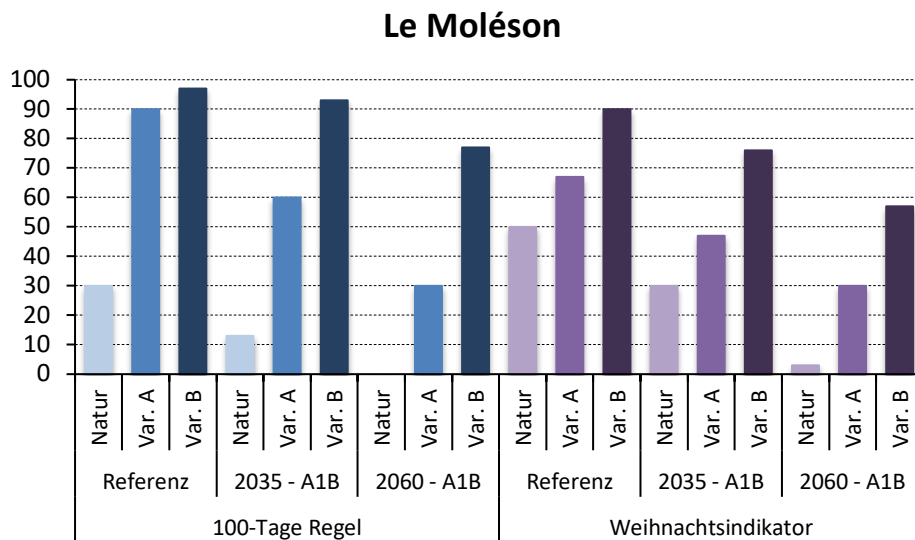


Abb. 9: Wahrscheinlichkeit (%), dass die Anforderungen der 100-Tage Regel (links) und des Weihnachtsindikators (rechts) in Moléson heute und in Zukunft erfüllt werden



In den Abbildungen 11 und 12 werden die 100-Tage Regel und der Weihnachtsindikator auf Karten zusammengefasst (Referenz und 2035 – A1B). Die Farben müssen wie folgt gelesen werden:

- Grün: die Anforderungen werden bei beiden Indikatoren erfüllt
- Gelb: die Anforderungen werden nur bei einem Indikator erfüllt
- Rot: die Anforderungen werden bei keinem der beiden Indikatoren erfüllt

Es wird davon ausgegangen, dass die Skigebiete den einen oder anderen schlechten Winter verkraften können. Die Anforderungen an die beiden Indikatoren müssen deshalb nicht in jedem Winter, sondern lediglich in 7 von 10 Jahren erfüllt sein:

- In der Referenzperiode (1980-2009) kann keines der Skigebiete als natürlich schneesicher bezeichnet werden (alle rot, nur Naturschnee). Mit Beschneigung Variante A sind Moléson, Les Paccots, Rathvel und Schwarzsee bedingt schneesicher (gelb, 100-Tage Regel erfüllt); mit Beschneigung Variante B sind alle „grün“ (beide Indikatoren erfüllt).
- Im Zeitfenster 2020-2049 ist auch mit Beschneigung Variante A keines der Skigebiete schneesicher (alle rot). Mit Beschneigung Variante B wären La Berra, Charmey, Jaun und Schwarzsee bedingt schneesicher (gelb, 100-Tage Regel erfüllt), Moléson, Les Paccots und Rathvel schneesicher (grün, beide Indikatoren erfüllt).
- Im Zeitfenster 2045-2074 wären mit Beschneigung Variante B nur Moléson und Rathvel bedingt schneesicher (gelb, 100-Tage Regel erfüllt).

Den Karten liegen „Standartdefinitionen“ der Schneesicherheit zugrunde. Zu diskutieren wäre beispielsweise,

- ob auch weniger als 100 Tage, z.B. 80 Tage, reichen, und/oder
 - ob die Periode über Weihnachten/Neujahr in jedem Winter schneesicher sein soll?
- Ersteres würde das Bild tendenziell verbessern, zweiteres wieder verschlechtern.

Abb. 11: „Heutige“ Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete (Referenzperiode 1980-2009; linkes Dreieck: nur Naturschnee, mittleres Dreieck: Beschneigung Variante A), rechtes Dreieck: Beschneigung Variante B)

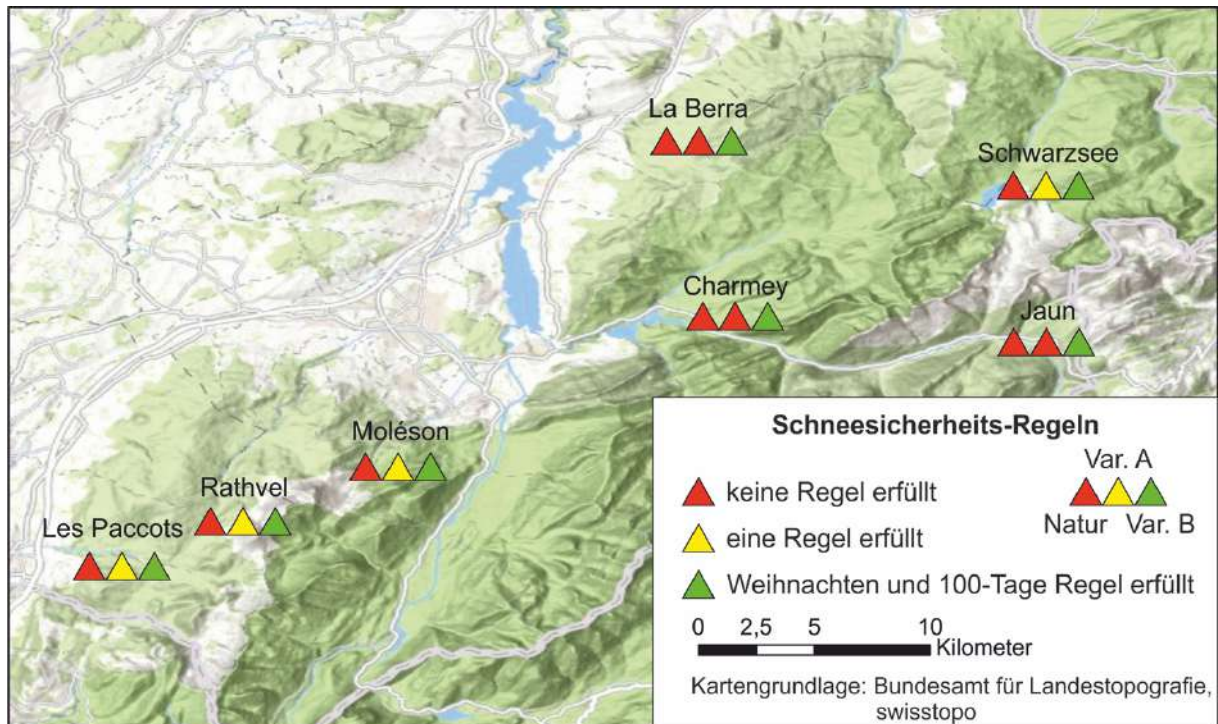
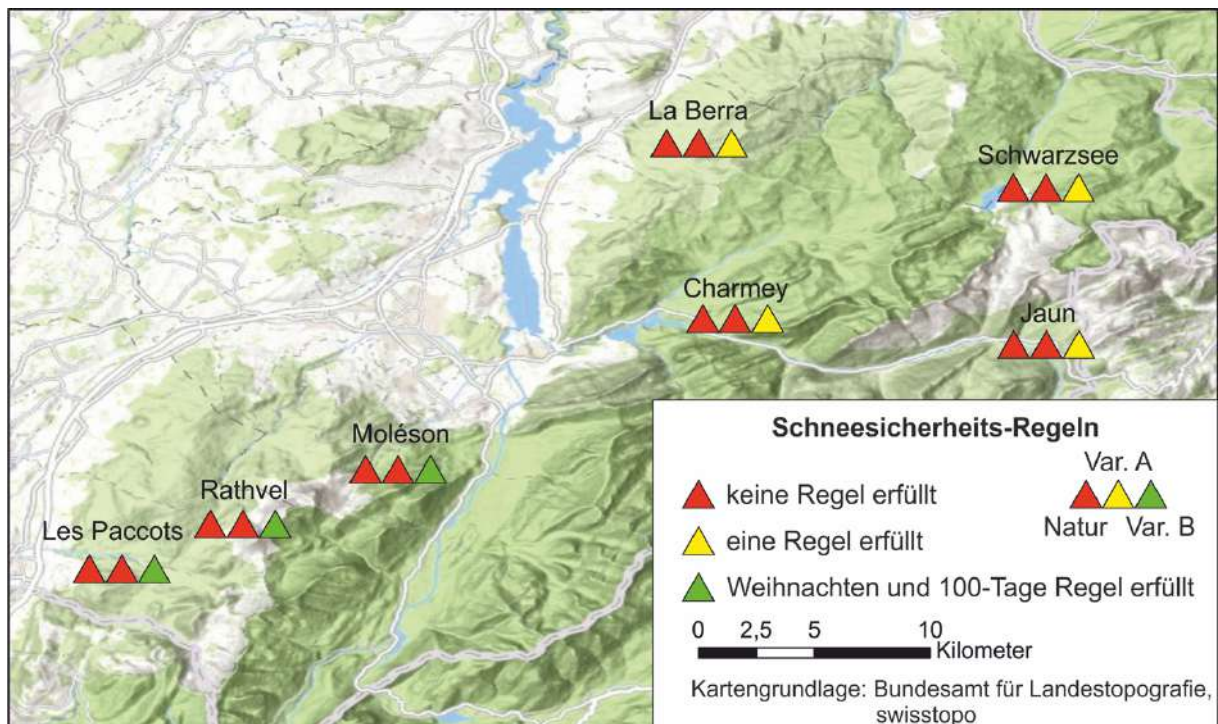
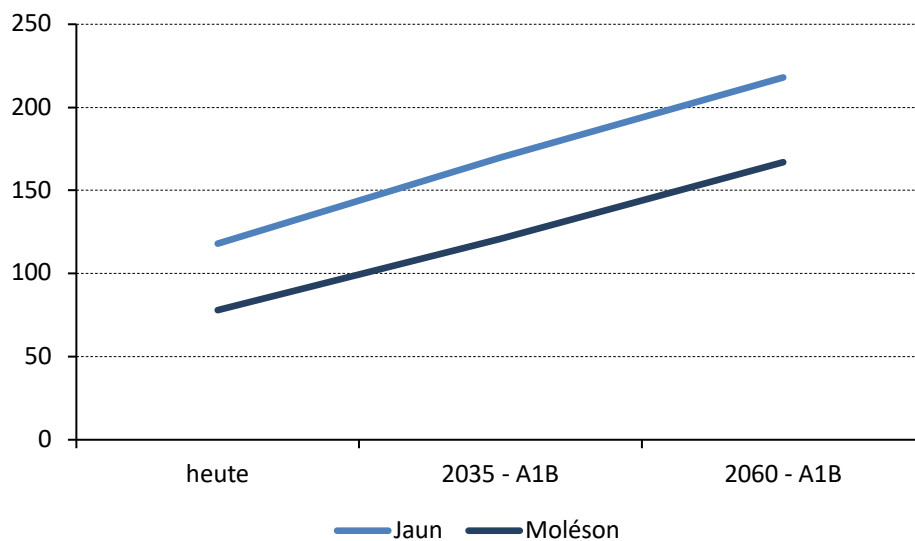


Abb. 12: „Zukünftige“ Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete (2035 – A1B-Szenario; linkes Dreieck: nur Naturschnee, mittleres Dreieck: Beschneigung Variante A), rechtes Dreieck: Beschneigung Variante B)



Die Ergebnisse zeigen, dass die Schneesicherheit der Freiburger Skigebiete mit technischer Beschneigung verbessert werden kann. Das setzt eine entsprechende Beschneigungsinfrastruktur voraus und bedeutet auch, dass in einer wärmeren Zukunft deutlich mehr beschneit werden müsste. Wie Abb. 13 zu entnehmen ist, ist die (theoretisch) benötigte Menge an technischem Schnee, um die Anforderungen an die 100-Tage Regel in Jaun und Moléson zu erfüllen, bereits „heute“ sehr hoch und wird in Zukunft weiter ansteigen. Theoretisch deshalb, weil die in Zukunft benötigten Schneemengen bei den projizierten klimatischen Gegebenheiten gar nicht produziert werden könnten.

Abb. 13: (Theoretisch) benötigte Menge an technischem Schnee (cm, Beschneigung Variante A), um die Anforderungen an die 100-Tage Regel in Jaun und Moléson zu erfüllen



Teil B – Detailanalyse

Für die detaillierte Analyse der Schneesicherheit werden gebietsspezifische Parameter berücksichtigt. Diese Parameter wurden während des Aufenthalts der beiden Autoren vor Ort (5. – 7. September 2018) gemeinsam mit den jeweiligen Skigebietsbetreibern definiert.

Beschreibung der gebietsspezifischen Beschneigungsparameter

Grundsätzlich wird zwischen Gebieten, die heute bereits beschneien (Jaun, La Berra und Schwarzsee), und Gebieten, die heute noch nicht beschneien (Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel), unterschieden. Für die Gebiete, die heute bereits beschneien, wurden zwei Varianten gerechnet:

- Aktuell – hier wird die gegenwärtige und zukünftige Schneesicherheit mit der heute bestehenden Beschneigungsinfrastruktur berechnet. Die Parameter für die Variante „Aktuell“ finden sich in Tab. 5.
- Ausbau – hier wird die gegenwärtige und zukünftige Schneesicherheit mit einer weiter ausgebauten Beschneigungsinfrastruktur berechnet. Die Parameter für die Variante „Ausbau“ finden sich in Tab. 6.

Für Gebiete, die heute noch nicht beschneien, wurde nur eine Variante berechnet:

- Plan – hier wird die gegenwärtige und zukünftige Schneesicherheit mit einer möglichen zukünftigen Beschneigungsinfrastruktur berechnet. Die Parameter für die Variante „Plan“ finden sich in Tab. 7.

Für alle Skigebiete wird aufgrund der Angaben der Skigebietsbetreiber von einer Beschneigungstemperatur von -2°C ausgegangen.

Tab. 5: Beschneigungsparameter für die Variante „Aktuell“

	Pumpenleistung	Beschneigungskapazität	Wasserspeicher	Beschneite Fläche	Beschneite Pisten
Jaun	21 l/sec	5.3 cm/Tag		8.3 ha	6, 10 und 14
La Berra	25 l/sec	6.8 cm/Tag	3000 m ³	7.9 ha	Hauptpiste rot (oben) und blau (unten)
Schwarzsee	70 l/sec	7.5 cm/Tag	43'000 m ³	21.3 ha	Gemäss Plan von Herr Jungo

Tab. 6: Beschneigungsparameter für die Variante „Ausbau“

	Pumpenleistung	Beschneigungskapazität	Wasserspeicher	Beschneite Fläche	Beschneite Pisten
Jaun	100 l/sec	13.5 cm/Tag		16.0 ha	Pisten 1 (unten), 6, 10, 11, 12 und 14
La Berra	35 l/sec	9.5 cm/Tag	10'000 m ³	7.9 ha	Hauptpiste rot (oben) und blau (unten)
Schwarzsee	100 l/sec	8.4 cm/Tag	65'000 m ³	25.8 ha	Wie in Tab. 5 plus oberer Teil rote Piste

Tab. 7: Beschneigungsparameter für die Variante „Plan“

	Pumpenleistung	Beschneigungskapazität	Beschneite Fläche	Beschneite Pisten
Charmey	40 l/sec	12.3 cm/Tag	7.0 ha	Piste 8 bzw. 8a
Le Moléson	25 l/sec	10 cm/Tag	5.3 ha	C2
Les Paccots	15 l/sec	10 cm/Tag	3.3 ha	Borbuintse/La Cagne (1 Piste)
Rathvel	18 l/sec	10 cm/Tag	3.8 ha	1 (Rathvel)

Resultate der Detailanalysen

Wie in der Basisvariante beschränken wir uns auf die Referenzperiode (1980-2009) und die beiden Zeitfenster 2020-2049 („2035“) und 2045-2074 („2060“) und präsentieren lediglich die Ergebnisse für das A1B-Szenario. Die Angaben beziehen sich wieder auf die kritische Höhe, die in Charmey, Moléson und Rathvel um rund 50 m, und in Schwarzsee um 300 m nach unten korrigiert wurden. Die Korrektur in Schwarzsee hängt mit der räumlichen Organisation des Skigebiets zusammen: die Skifahrer müssen zur Talstation runterfahren können. Neu ist auch die Berücksichtigung der Exposition. In Tab. 8 sind die kritischen Höhen und die auf der jeweiligen kritischen Höhe vorherrschende Exposition der Pisten angeben.

Tab. 8: Kritische Höhe und Exposition

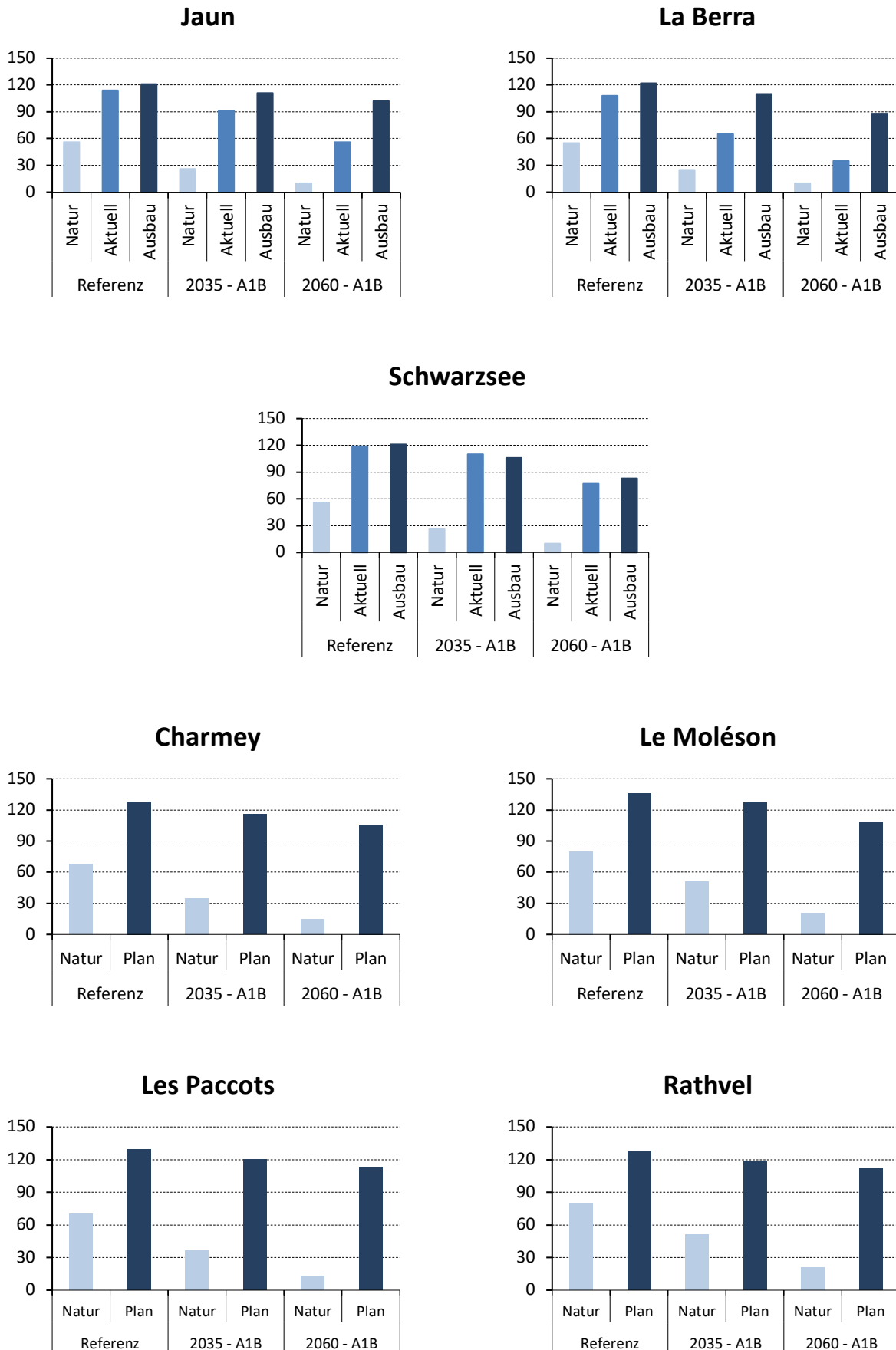
	Kritische Höhe	Exposition
Jaun	1050 m	Nord
La Berra	1040 m	Nord
Schwarzsee	1050 m	Nord
Charmey	1150 m	Nord
Le Moléson	1250 m	West
Les Paccots	1200 m	Nord
Rathvel	1200 m	Ost

In Abb. 14 werden die Skitage (Tage mit ≥ 30 cm Schnee) heute und in Zukunft dargestellt. „Natur“ bedeutet nur Naturschnee (ohne Beschneigung); „Aktuell“, „Ausbau“ und „Plan“ werden auf Seite 17 erklärt. Ein paar Details:

Jaun, La Berra und Schwarzsee: Mit der bestehenden Beschneiungsanlage („Aktuell“) kann die Zahl der Skitage deutlich erhöht werden. Hohe Werte werden in der Referenzperiode erreicht (alle drei Skigebiete), teilweise auch noch im Zeitfenster „2035“ (Schwarzsee und etwas eingeschränkt auch Jaun), aber nicht mehr im Zeitfenster „2060“. Mit einem Ausbau der bestehenden Beschneigung („Ausbau“) könnten die Werte für Jaun und La Berra nochmals erhöht und auch in Zukunft (Zeitfenster 2035 und 2060) gute Werte erreicht werden. In Schwarzsee bleiben die Werte nahezu stabil: In der Variante „Ausbau“ kann zwar eine grössere Fläche beschneit werden, die angenommene Pumpenleistung und damit auch die Kapazität reichen aber nicht aus, um die Zahl der Skitage massgeblich zu erhöhen.

Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel: Mit einer zukünftigen Beschneigung könnte die Zahl der Skitage deutlich erhöht werden. Die Werte für die Variante „Plan“ liegen in der Nähe der Werte der Variante B der Basisvariante (vgl. Abb. 7). Dies ist nicht weiter erstaunlich, liegen doch den beiden Varianten ähnliche Annahmen zugrunde. Erstaunlicher ist vielleicht auf den ersten Blick, dass die Werte der Variante „Plan“ höher sind wie die Werte der Skigebiete mit bestehender Beschneiungsanlage (sowohl „Aktuell“ als auch „Ausbau“). Begründen lässt sich dies mit den unterschiedlichen Kapazitäten der Beschneiungsanlagen (cm/Tag): Während in den Skigebieten mit bestehender Beschneigung von den realen Kapazitäten ausgegangen wird (vgl. Tab. 5 und 6), werden für die Variante „Plan“ vergleichsweise grosszügige Werte (10 cm bzw. 12.3 cm/Tag) angenommen. Hinzu kommt, dass die kritischen Höhen in Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel etwas höher sind.

Abb. 14: Skitage – Anzahl Tage mit ≥ 30 cm Schnee heute und in Zukunft



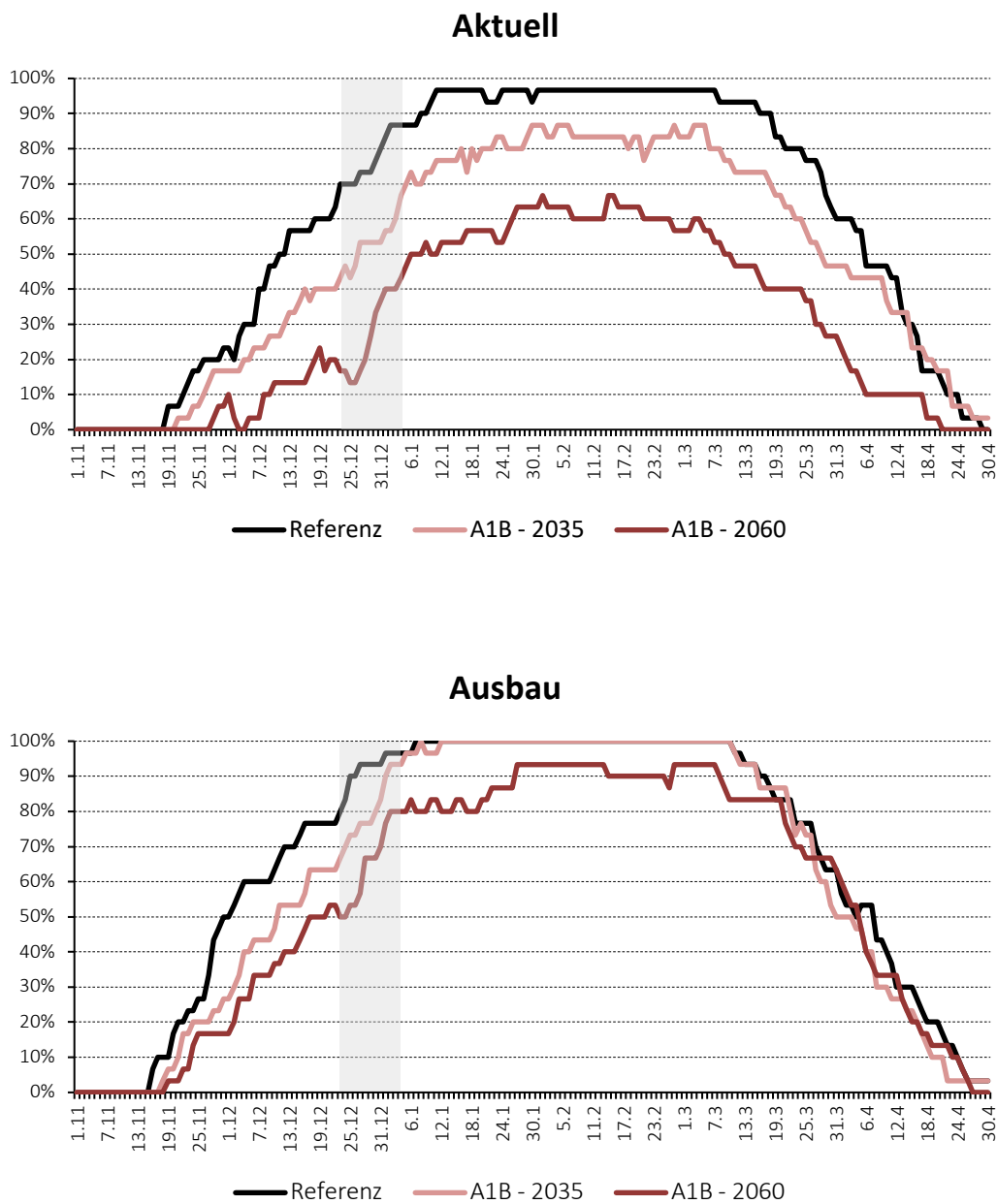
In den Abb. 15 bis 17 werden der Anteil der Jahre mit Skibetrieb (in % - jeweils über 30 Jahre gerechnet) für Jaun, La Berra und Schwarzsee dargestellt. In der oberen Graphik wird jeweils die Variante „Aktuell“ gezeigt, in der unteren Graphik die Variante „Ausbau“. Für jeden Tag im Winterhalbjahr kann abgelesen werden, wie oft mindestens 30 cm Schnee erreicht werden und Skibetrieb möglich ist. Die Weihnachts- und Neujahrsferien sind hellgrau hinterlegt. Ein Blick auf die Abbildungen zeigt:

- Je mehr die Erwärmung fortschreitet bzw. je weiter wir in Zukunft blicken (von der Referenzperiode über 2035 bis 2060), desto tiefer liegen die Kurven.
- Für die Variante „Ausbau“ liegen die Kurven erwartungsgemäss höher. Eine Ausnahme macht – wie schon bei den Skitagen in Abb. 14 – das Skigebiet in Schwarzsee: hier sind die Kurven für beide Varianten sehr ähnlich. Die Erklärung bleibt die Gleiche (s. S. 19).
- Der Saisonstart inklusive Weihnachten und Neujahr ist („Aktuell“) und bleibt („Ausbau“) problematisch. Die Schneesicherheit kann zwar erhöht werden, es darf aber nicht davon ausgegangen werden (auch nicht bei einem allfälligen Ausbau der Beschneigung), dass der Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr in jedem Winter gewährleistet werden kann – heute nicht und in Zukunft noch weniger. Der Saisonschluss – Mitte bis Ende März – ist dagegen deutlich weniger problematisch.
- Erstaunen mag, dass in einzelnen Fällen (vor allem gegen Ende Saison) die „spätere“ Kurve (z.B. A1B - 2035) leicht über der „früheren“ Kurve (z.B. Referenz) liegen kann. Dies liegt daran, dass während der Saison mehr beschneit werden muss, um das Zieldatum (je nach Skigebiet Mitte März bis Anfang April) sicher zu erreichen. Es wird hierbei in allen Saisons ähnlich viel Schnee produziert, da am Anfang der Saison noch nicht abgesehen werden kann, wie sich der Winter entwickelt. Das heisst, dass die produzierte Schneemenge immer so hoch ist, dass in einer sehr warmen/schneearmen Saison das Saisonende erreicht werden kann (vorausgesetzt es stehen ausreichend Schneestunden zur Verfügung). In schneereicheren und kühleren Jahren kann es daher passieren, dass etwas zu viel Schnee produziert wurde und daher die Kurven höher als heute liegen (bei weniger produziertem Schnee).

In Abb. 18 werden der Anteil der Jahre mit Skibetrieb (in % - jeweils über 30 Jahre gerechnet) für Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel dargestellt – mit dem Unterschied, dass es hier nur eine Variante, die Variante „Plan“, gibt. Auffallend ist:

- Die Resultate für die vier Skigebiete sind sehr ähnlich. Das hängt mit den Beschneigungsparametern (für alle ähnlich) und den kritischen Höhen (kaum Unterschiede) zusammen. Die Exposition ist von untergeordneter Bedeutung.
- Die Kurven liegen höher wie in den Abb. 15 bis 17. Das lässt sich, wie bereits auf Seite 19 erwähnt, mit der Beschneigungskapazität (cm/Tag) und der kritischen Höhe erklären.
- Es werden für die ganze Saison hohe Werte zwischen 90 und 100% erreicht – mit Ausnahme von Weihnachten/Neujahr in den beiden Zeitfenstern „2035“ und „2060“. Dieses positive Resultat gilt es richtig einzuordnen:
 - Die Beschneigungstemperatur ist wie in allen anderen Skigebieten relativ hoch (-2°C).
 - Die Beschneigungskapazität von 10 cm/Tag (Moléson, Les Paccots, Rathvel) bzw. 12.3 cm/Tag (Charmey) ist grosszügig bemessen (durchaus möglich, aber vor allem für kleinere Skigebiete eher aussergewöhnlich).
 - Die zur Verfügung stehenden Schneestunden (Stunden mit <-2°C) werden „heute“ mehrheitlich, in den Zeitfenstern „2035“ und „2060“ fast komplett ausgeschöpft.

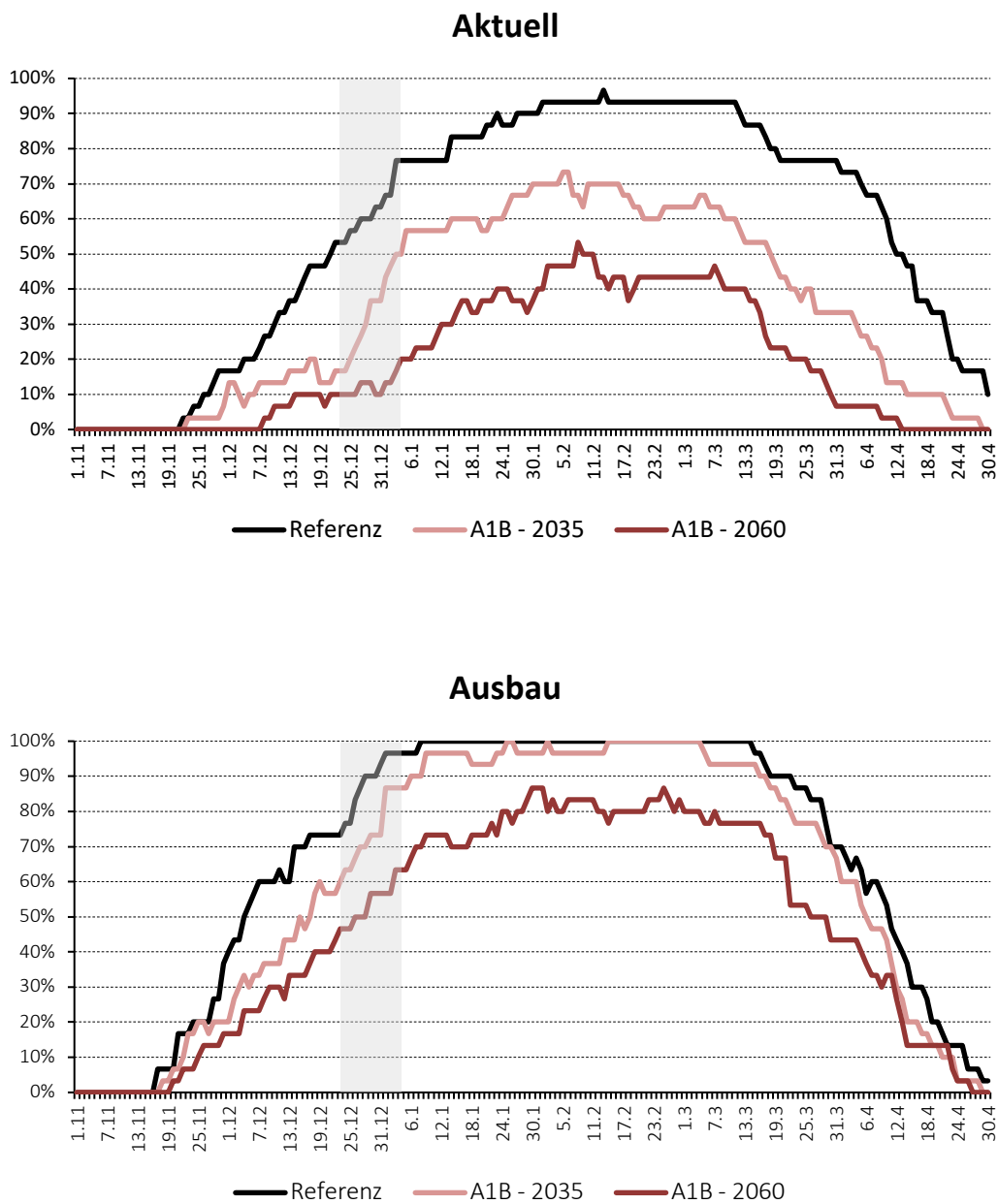
Abb. 15: Anteil der Jahre mit Skibetrieb in % (Zeitraum 30 Jahre) in Jaun (1050 m, Nord)



Bewertung

Mit der bestehenden Beschneigungsanlage ist Jaun – zumindest „heute“ – ordentlich aufgestellt. Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr kann aber nicht garantiert werden. Mit dem geplanten Ausbau der Beschneigung (Verdoppelung der beschneiten Fläche, Verfünffachung der Leistung!) kann die Schneesicherheit „heute“ und „2035“ deutlich erhöht werden; Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr wäre aber auch so nicht garantiert. Der Ausbau der Beschneigung würde hohe Investitionen und deutlich höhere Beschneigungskosten (Menge des zu produzierenden Schnees) nach sich ziehen.

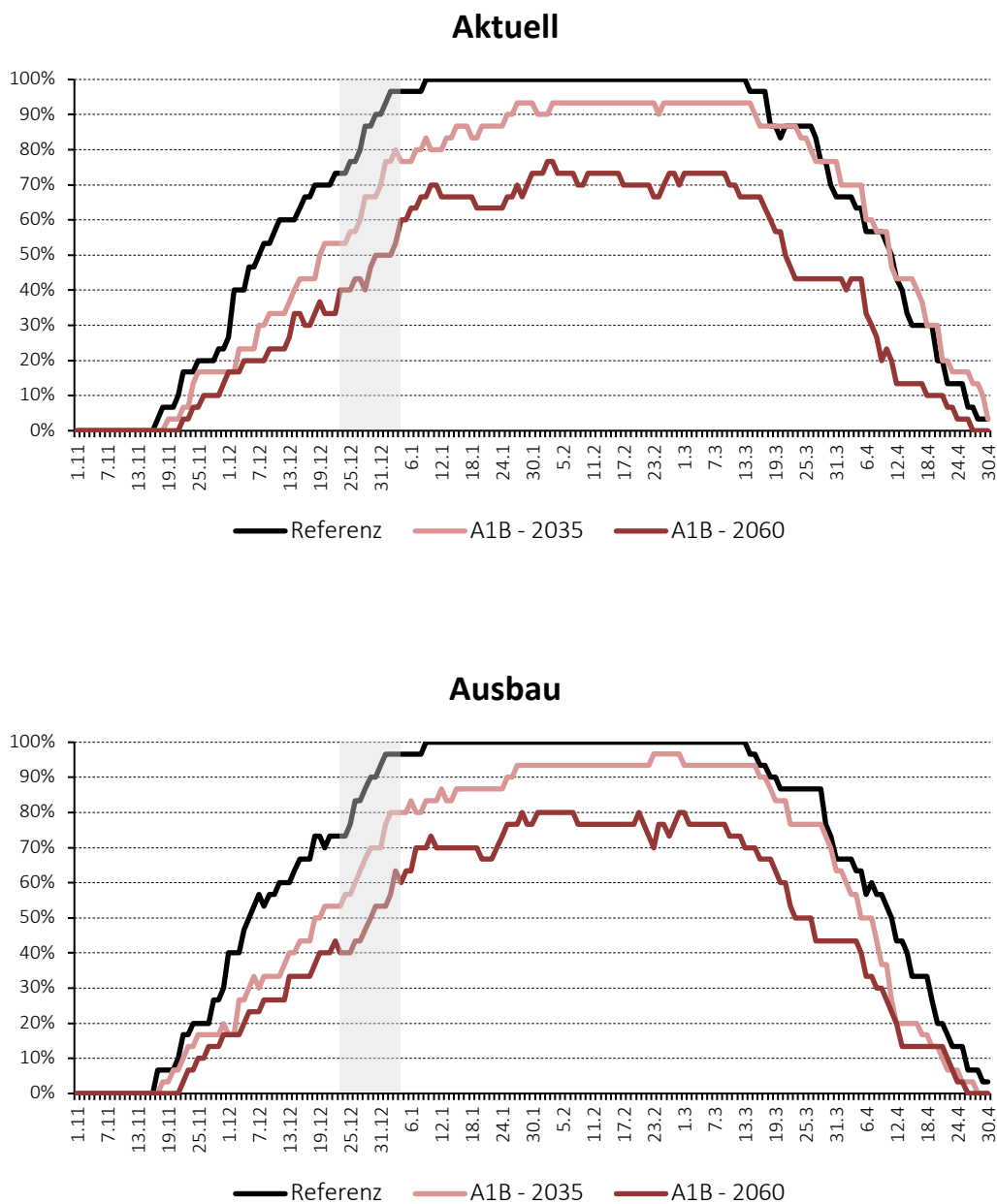
Abb. 16: Anteil der Jahre mit Skibetrieb in % (Zeitraum 30 Jahre) in La Berra (1040 m Nord)



Bewertung

Im Vergleich zu Jaun und Schwarzsee, ist La Berra weniger gut aufgestellt. Garantierter Skibetrieb, vor allem anfangs Saison inklusive Weihnachten/Neujahr, ist unsicherer. Mit einem Ausbau der bestehenden Beschneiungsanlage könnte die Schneesicherheit „heute“, aber auch im Zeitfenster „2035“, deutlich erhöht werden. Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr kann aber auch nicht garantiert werden. Hinzu kommt, dass der Beschneigungsaufwand inklusive Sicherstellung der Wasserverfügbarkeit deutlich ansteigen wird.

Abb. 17: Anteil der Jahre mit Skibetrieb in % (Zeitraum 30 Jahre) in Schwarzsee (1050 m Nord)



Bewertung

Mit der bestehenden Beschneiungsanlage ist Schwarzsee vergleichsweise gut aufgestellt (heute und im Zeitfenster „2035“), aber Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr kann nicht garantiert werden. Mit dem geplanten Ausbau kann zwar die beschneite Fläche erweitert werden, die Zahl der potenziellen Skitage bleibt aber nahezu unverändert. Um die Schneesicherheit zu verbessern, müsste entweder die beschneite Fläche wieder reduziert oder die Pumpenleistung weiter erhöht werden. Problematisch erscheint die Wasserverfügbarkeit (Wasserentnahme aus dem See): Die heute zur Verfügung stehende Menge ist nicht ausreichend, die bei einem Ausbau der bestehenden Beschneiungsanlage angedachte Menge ebenfalls nicht.

Abb. 18: Anteil der Jahre mit Skibetrieb in % (Zeitraum 30 Jahre) in Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel

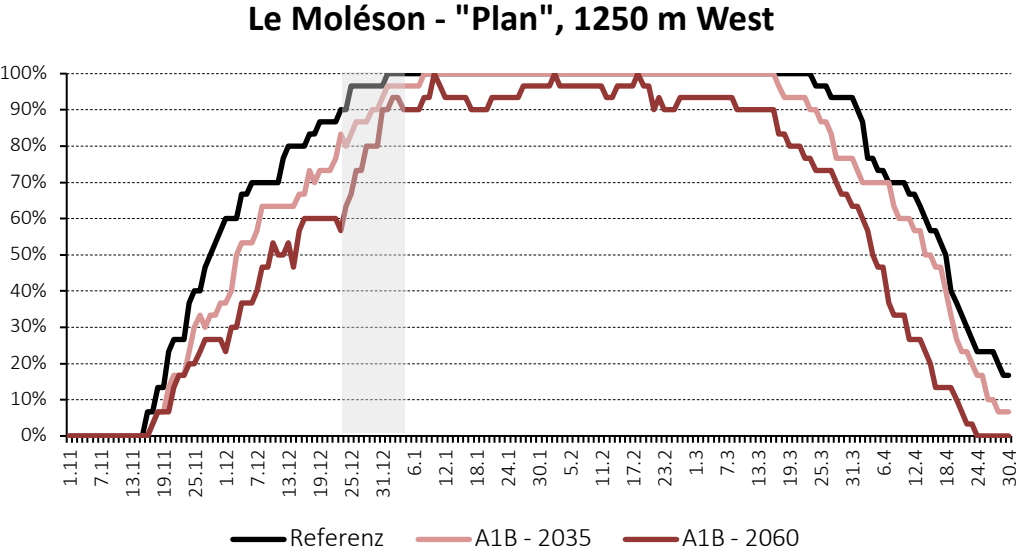
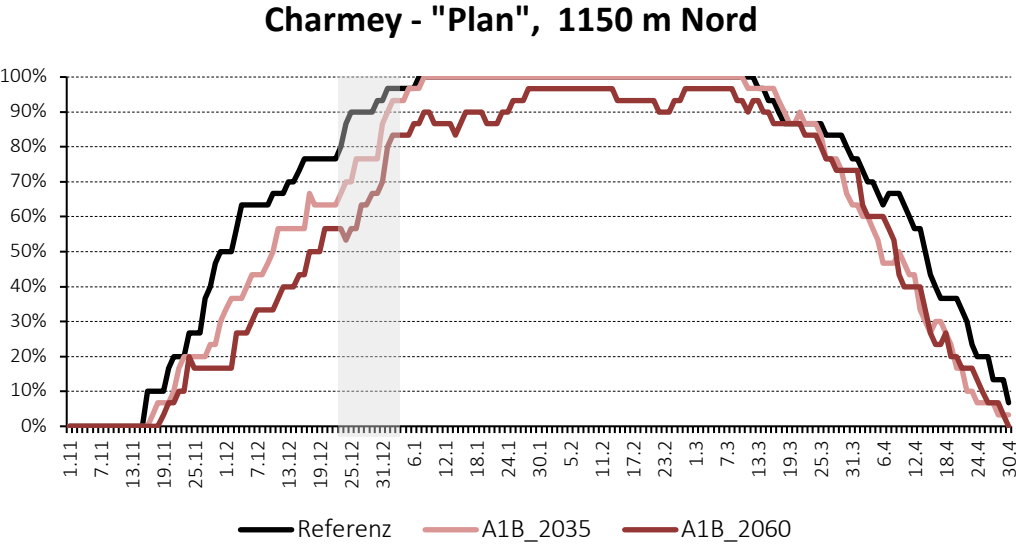
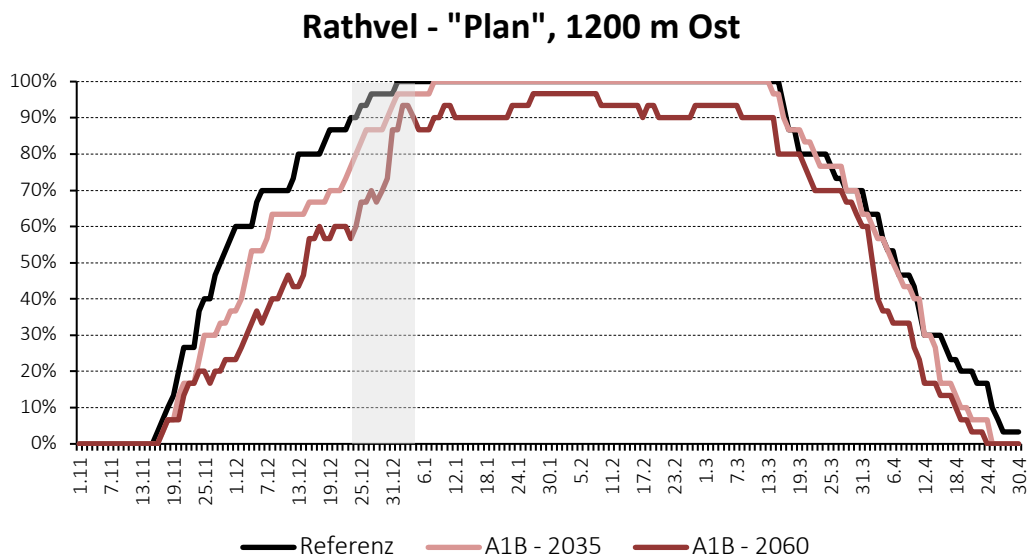
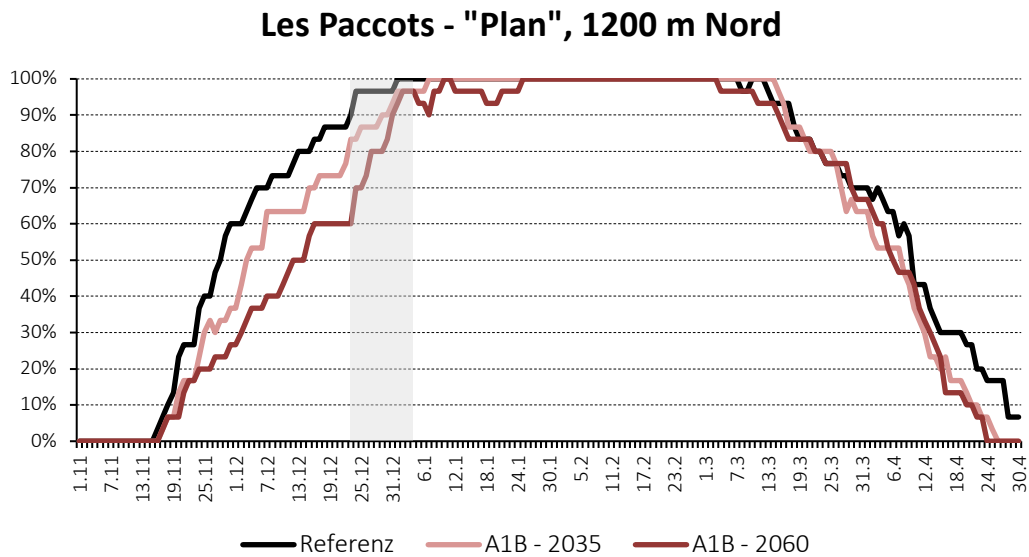


Abb. 18 Fortsetzung



Bewertung

Mit einer Beschneigungsanlage könnte die Schneesicherheit in Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel deutlich erhöht werden. Die Resultate zeigen in erster Linie, was mit einer leistungsstarken Beschneigungsanlage technisch möglich wäre. Mit nur einer beschneiten Piste, wie hier angenommen, kann die Attraktivität der Skigebiete (vor allem in Charmey, Moléson und Les Paccots) aber nicht gewährleistet werden. Mit anderen Worten: Es müssten hohe Investitionen in die Beschneigungsinfrastruktur (inkl. Sicherstellung der Wasserverfügbarkeit) getätigt werden. Hinzu kommt, dass die Betriebskosten (Beschneigungskosten) deutlich ansteigen würden.

Abschliessende Bemerkungen

Mit den bestehenden Beschneiungsanlagen kann die „heutige“ Schneesicherheit in Jaun, La Berra und Schwarzsee deutlich verbessert werden. Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr ist aber nicht garantiert. Für die Zukunft (Zeitfenster „2035“ und „2060“) genügen die bestehenden Beschneiungsanlagen nicht.

Mit dem Ausbau der bestehenden Beschneiungsanlagen bzw. mit dem Bau einer neuen Beschneiungsanlage (Charmey, Moléson, Les Paccots und Rathvel) könnte die „heutige“ und „zukünftige“ Schneesicherheit weiter erhöht werden (Ausnahme Schwarzsee: stabil). Skibetrieb über Weihnachten/Neujahr wäre aber auch mit Ausbau/Neubau nicht garantiert.

Für einen zukünftigen Skibetrieb müsste in allen Gebieten – wenn auch in unterschiedlicher Dringlichkeit und in unterschiedlichem Ausmass – in die Beschneiung investiert werden. Das würde zum Teil grosse Investitionen nach sich ziehen.

In Zukunft müsste deutlich mehr beschneit werden. Der Wasserverbrauch dürfte von „heute“ bis „2035“ um rund 50% ansteigen, und es wäre in allen Gebieten zu prüfen, ob genügend Wasser zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass auch die Beschneigungskosten deutlich höher ausfallen würden.

In einer wärmeren Zukunft wird sich der Skibetrieb immer stärker auf die beschneiten Pisten konzentrieren. Das dürfte Auswirkungen auf die Kapazität (Anteil der beschneiten Fläche in Relation zur gesamten Pistenfläche) und damit auch auf das Skifahrerlebnis haben. Hinzu kommt, dass immer häufiger von weissen Bändern in ansonsten grüner/brauner Landschaft ausgegangen werden müsste.

„Würde“ und „müsste“ beziehen sich auf die Realisierbarkeit und letztlich auch auf die Sinnhaftigkeit der hier diskutierten Punkte. Der Ausbau der Beschneiung muss finanziert werden können – der zukünftige Skibetrieb sollte kein Verlustgeschäft darstellen. Aus einer rein privatwirtschaftlichen Perspektive können Investitionen in den Ausbau der Beschneiung als unternehmerisches Risiko bezeichnet werden. Wenn öffentliche Gelder involviert sind, stellt sich aber die Frage, wie die zur Verfügung stehenden Mittel am besten eingesetzt werden. Und ob der geplante Einsatz der Mittel von Politik und Gesellschaft akzeptiert wird?

Teil C – Sommer

„Mit der Klimaerwärmung wird es in vielen Ländern unerträglich heiss.
Unsere Seen laden dann zum Bade und die Berge zum Geniessen der Bergfrische.“

Dieses Zitat von Schweiz Tourismus (2010) steht stellvertretend für die weit verbreitete Meinung, dass der alpine Sommertourismus von der Klimaänderung profitiert wird. Im dritten Teil dieses Berichts wird zunächst auf die klimatische Entwicklung im Sommer eingegangen. Danach folgt eine Interpretation aus Sicht des (vor-)alpinen Tourismus.

Klimatische Entwicklung im Sommer

Die Sommertemperaturen (= mittlere Temperatur in den Monaten Juni, Juli und August) sind in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen; die Sommerniederschläge variieren stark und zeigen keinen klaren Trend. Diese schweizweit gemachten Beobachtungen gelten auch für das Untersuchungsgebiet und werden anhand von ausgewählten Beispielen illustriert. In den Abb. 19 und 20 werden die Temperatur- und Niederschlagsabweichungen vom langjährigen Mittel (Referenzzeitraum: 1980-2009) in Fribourg/Posieux dargestellt. Die dünnen schwarzen Linien zeigen den geglätteten Verlauf (5-Jahres-Mittel). Auffallend ist:

- Die Sommertemperaturen sind stark angestiegen. In den 1960er Jahren betrug die mittlere Sommertemperatur 16.0°C, mittlerweile (2010-2018) sind es 18.1°C. Vor 1980 waren alle Sommer vergleichsweise kühl (nur negative Abweichungen); seit 2000 häufen sich die (sehr) warmen Sommer (mehrheitlich positive Abweichungen).
- Die Sommerniederschläge variieren stark. Im feuchtesten Sommer (1982: 592 mm) ist dreieinhalb mal so viel Regen gefallen wie im trockensten Sommer (2015: 168 mm). Die letzten zehn Sommer waren vergleichsweise trocken; ein klarer Trend zu weniger Sommerregen ist allerdings (noch) nicht auszumachen.

Abb. 19: Positive (rot) und negative (blau) Abweichungen der mittleren Sommertemperaturen (JJA) vom langjährigen Mittel (1980-2009) in Fribourg/Posieux (in °C)

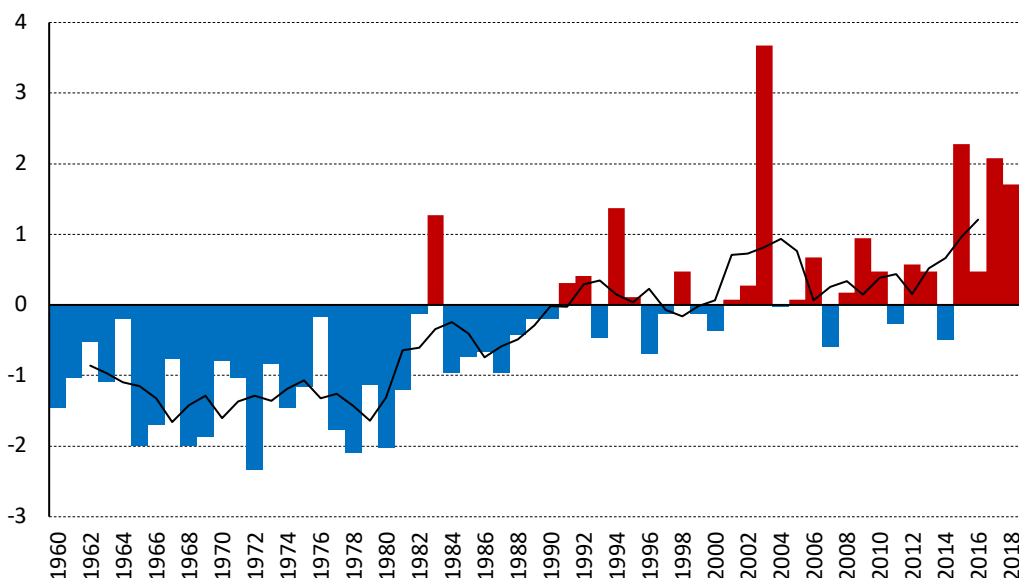
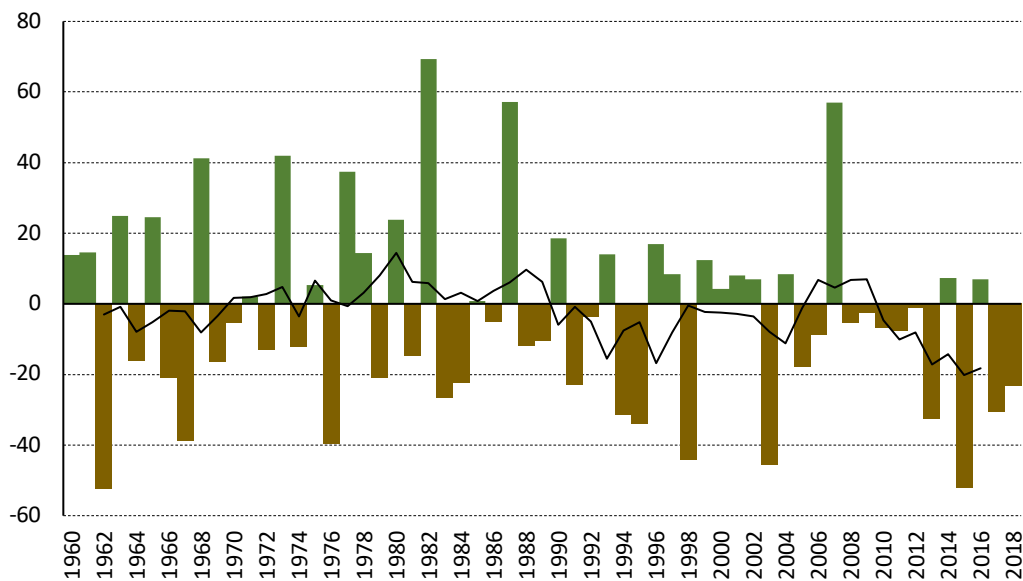


Abb. 20: Positive (grün) und negative (braun) Abweichungen der mittleren Sommerniederschläge (JJA) vom langjährigen Mittel (1980-2009) in Fribourg/Posieux (in %)



In Zukunft werden die Sommer noch wärmer (vgl. Tab. 9). Die Niederschläge bleiben variabel, dürften längerfristig aber abnehmen (vgl. Tab. 10). Es muss vermehrt mit Hitzewellen gerechnet werden, etwas weniger ausgeprägt auch mit Trockenperioden. Gleichzeitig dürfte das Risiko von Starkniederschlägen zunehmen. Kurzum, was heute als aussergewöhnlich wahrgenommen wird (z.B. die Sommer 2003 und 2015, aber auch die beiden letzten Sommer 2017 und 2018), könnte schon bald zur Norm werden (vgl. z.B. MeteoSchweiz 2014).

Tab. 9: Veränderung der mittleren Sommertemperaturen (°C) in der Region Westschweiz

	2035			2060			2085		
	low	medium	high	low	medium	high	low	medium	high
A2	0.5	1.15	1.82	1.74	2.61	3.5	3.15	4.47	5.79
A1B	0.6	1.3	2	1.78	2.67	3.57	2.66	3.83	4.99
RCP3PD	0.55	1.23	1.91	0.93	1.59	2.27	0.95	1.63	2.3

Tab. 10: Veränderung der mittleren Sommerniederschläge (%) in der Region Westschweiz

	2035			2060			2085		
	low	medium	high	low	medium	high	low	medium	high
A2	-13	-4	+5	-26	-17	-8	-39	-27	-15
A1B	-14	-4	+5	-26	-17	-8	-34	-24	-13
RCP3PD	-13	-4	+5	-18	-10	-3	-17	-10	-3

Bemerkung: Saisonale Szenarien für den Sommer (= Monate Juni, Juli und August). Die beiden Tabellen sind gleich aufgebaut wie die Tab. 3 und 4. Erklärungen, z.B. zu den Zeitfenstern oder zu den Emissionsszenarien, finden sich auf den Seiten 7 und 8.

Am Beispiel der Sommertage (= Tage mit $\geq 25^{\circ}\text{C}$) sollen die zu erwartenden Veränderungen weiter illustriert werden. In Abb. 21 wird die Entwicklung der Zahl der Sommertage in Fribourg/Posieux und Château-d'Oex dargestellt. Die Zahl der Sommertage variiert relativ stark, zeigt aber einen deutlich positiven Trend. In der Referenzperiode (1980-2009) wurden in Château-d'Oex im Durchschnitt 20 Sommertage registriert, in Fribourg waren es 45. Um 2060 (Zeitfenster 2045-2074) werden es deutlich mehr sein (vgl. Abb. 22): In Château-d'Oex muss je nach Emissionsszenario mit durchschnittlich 33 (RCP3PD) bzw. 44 Sommertagen gerechnet werden (A1B und A2), in Fribourg wären es durchschnittlich 60 (RCP3PD) bzw. 74 Sommertage (A1B und A2).

Abb. 21: Anzahl Sommertage in Fribourg/Posieux (blau) und Château-d'Oex (grün)

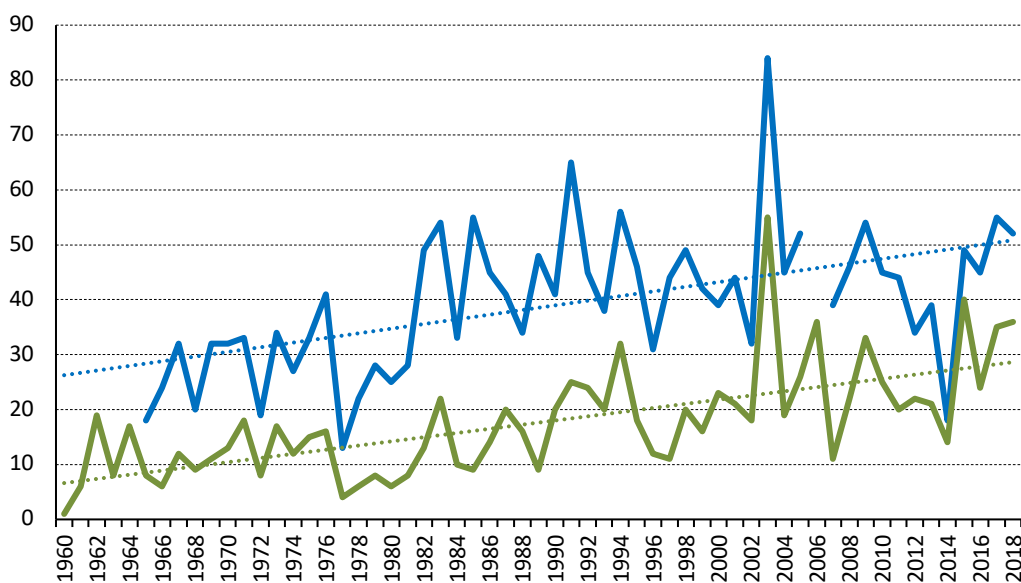
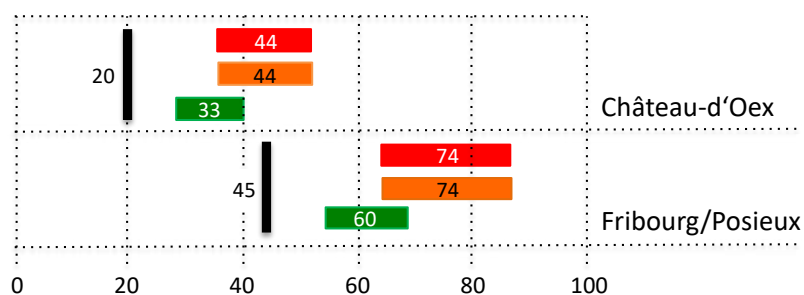


Abb. 22: Anzahl Sommertage heute und um 2060



Bemerkung: Die schwarze Säule zeigt die mittlere Anzahl Sommertage in der Referenzperiode 1980-2009. Die farbigen Balken zeigen die Bandbreite der Anzahl Sommertage für das RCP3PD (grün), das A1B (orange) und das A2-Emissionsszenario (rot) für das Zeitfenster 2045-2074 (2060). Lesebeispiel Fribourg im A1B-Szenario (orange): Um 2060 muss mit 63 (low) bis 86 (high) Sommertagen gerechnet werden. Die mittlere Schätzung (medium) beträgt 74 Sommertage.

Interpretation

Die zu erwartenden klimatischen Veränderungen sind aus Sicht des voralpinen Sommertourismus mehrheitlich positiv zu bewerten:

Höhere Sommertemperaturen und (längerfristig) weniger Sommerniederschlag erhöhen die klimatische Attraktivität der (Vor-)Alpen.

In wärmeren Sommern werden – wie schon in der Vergangenheit zu beobachten (vgl. z.B. OcCC/ProClim 2007 und Serquet & Rebetez 2011) – mehr Leute in die Berge fahren. Die Hitze im Flachland/in den Städten wirkt als „Push-Faktor“, die relative Kühle in den Bergen als „Pull-Faktor“.

Es ist vergleichsweise wenig bekannt über die Wetterpräferenzen von Bergtouristen. Am wichtigsten ist „wenig/kein Regen“, gefolgt von der Sonnenscheindauer und/oder angenehmen Temperaturen. Die zukünftige Niederschlagsentwicklung ist nach wie vor unsicher – gemäss Szenarien kann erst gegen Mitte des Jahrhunderts mit weniger Regen gerechnet werden. Über die Sonnenscheindauer, und genau genommen auch über angenehme Temperaturen, geben die Szenarien keine Auskunft. Was als angenehme Temperaturen empfunden wird, ist subjektiv und hängt unter anderem vom Alter und den ausgeübten Aktivitäten ab. In einer Untersuchung im Bayerischen Alpenraum wurden Tagestemperaturen zwischen 21 und 25°C als ideal bezeichnet, Temperaturen über 30°C dagegen als unangenehm. In einer wärmeren Zukunft werden aller Voraussicht nach häufiger „ideale“ Bedingungen vorherrschen. Es ist aber auch damit zu rechnen, dass die Temperaturen in Zukunft öfters als „unangenehm“ – z.B. für die Ausübung von klassischen Aktivitäten wie Wandern – empfunden werden (vgl. Steiger et al. 2016). Im Weiteren gibt es Anzeichen dafür, dass die Frequenzen von Bergbahnen bei sehr hohen Temperaturen im Flachland (> 30°C) zurückgehen. Die Betreiber begründen dies damit, dass die Leute nicht mehr Abkühlung in den Bergen, sondern die Nähe zum Wasser (Seen, Flüsse, Freibäder) suchen (Steiger & Abegg 2018).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die zu erwartenden klimatischen Veränderungen Chancen bieten. Vorausgesetzt, das Angebot stimmt, könnten sehr wohl mehr Sommertouristen in die Freiburger Voralpen fahren. Dabei dürfte es sich vor allem um Tagesgäste und Kurzurlauber handeln.

Literatur

- Abegg, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus – Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: Zürich.
- CH2011 (2011): Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate and OcCC, Zürich.
- Fischer, A.M., Weigel, A.P., Buser, C.M., Knutti, R., Künsch, H.R., Liniger, M.A., Schär, C. & Appenzeller, C. (2012): Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach. *International Journal of Climatology* 32: 2348–2371.
- Klein, G., Vitasse, Y., Rixen, C., Marty, C. & Rebetez, M. (2016): Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset. *Climatic Change*, DOI 10.1007/s10584-016-1806-y.
- Marty, C. (2008): Regime shift of snow days in Switzerland. *Geophys Res Lett* 35.
- MeteoSchweiz (2014): Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht. Fachbericht der Meteo Schweiz Nr. 243, Zürich.
- OcCC/ProClim (2007): Les changements climatiques et la Suisse en 2050. Conséquences pour l'environnement, la société et l'économie. Bern.
- Schweiz Tourismus (2010): Re-inventing Swiss summer. Zürich.
- Scott, D., Dawson, J. & Jones, B. (2008): Climate change vulnerability of the US Northeast winter recreation–tourism sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 13: 577–596.
- Serquet, G. & Rebetez, M. (2011): Relationship between tourism demand in the Swiss Alps and hot summer air temperatures associated with climate change. *Climatic Change* 108: 291–300.
- Steiger, R. (2010): The impact of climate change on ski season length and snowmaking requirements in Tyrol, Austria. *Climate Research* 43: 251–262.
- Steiger, R., Abegg, B. & Jänicke, L. (2016): Rain, Rain, Go Away, Come Again Another Day. Weather Preferences of Summer Tourists in Mountain Environments. *Atmosphere* 7(63), doi:10.3390/atmos7050063
- Steiger, R. & Abegg, B. (2018): Weather Impact on Visitation Frequency of Cable Cars in the Summer Season. Vortrag an der CCTR2018 (5th International Conference on Climate, Tourism and Recreation), Umeå/Schweden.
- Witmer, U. (1986): Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz. Bern, Geographica Bernensia (G25).