

Amt für Natur und Umwelt
Uffizi per la natira e l'ambient
Ufficio per la natura e l'ambiente

Gürtelstrasse 89, 7001 Chur/Coira
Telefon: 081 257 29 46 / Telefax 081 257 21 54
E-Mail: info@anu.gr.ch
Internet: <http://www.umwelt.gr.ch>

Gefahren und Effekte des Klimawandels



Gemeinde Davos

Impressum

Geschäft Nr.: 2016-1413
Dokumenttitel: Klima-Toolbox Gefahren und Effekte Davos.docx
Datum: 21. Mai 2019
Autor(en): Veronika Stöckli (Bergwelten 21 AG, Davos)
Christine Huovinen (dinatum klg, Davos)
Georg Thomann (ANU)
Hanspeter Lötscher (ANU)

Inhalt

Lies mich	5
1. Treibhausgasemissionen	6
2. Veränderung der Mitteltemperatur	7
3. Hitzewelle	9
4. Frost	11
5. Änderung Niederschlagsregime	13
6. Trockenheit	15
7. Reduktion der Schneedecke	17
8. Abschmelzende Gletscher	19
9. Auftauen des Permafrostes	21
10. Lawinen	23
11. Hochwasser	24
12. Steinschlag, Fels- und Bergsturz	25
13. Waldbrand	26
14. Sturm und Orkan	27
15. Weiterführende Literaturhinweise	28

Lies mich

Orientierung

Die Auswahl der Gefahren und Effekte des Klimawandels entspricht jener der Klimastrategie des Kantons Graubünden. Jede Gefahr, jeder Effekt ist im Begleitbericht ausführlich beschrieben und die Aussagen sind dort auch referenziert. Mögliche Auswirkungen von klimabedingt veränderten Gefahren und Effekten sind jeweils in einer Tabelle aufgelistet und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Gemeinde unterschiedlich eingefärbt. In Verbindung mit den betroffenen Werten des Geschäftsmodells ergeben sich daraus die Risiken und Chancen des Klimawandels.

MERKMALE

- In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Eigenschaften der Gefahr oder des Effektes beschrieben.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Trends und Tendenzen der Gefahr oder des Effektes über die vergangenen Jahrzehnte beschrieben. Die Aussagen basieren auf den neusten Erkenntnissen aus der Forschung und sind fallweise mit Daten und Abbildungen versehen. Das heutige Klima entspricht dem Mittelwert der Normperiode 1981 bis 2010. Das Klima der Sechziger Jahre entspricht der vergehenden Normperiode von 1961 bis 1990. Für mehr Informationen oder Hinweise auf die verwendete Literatur siehe Begleitbericht.

AUSBLICK

- In diesem Abschnitt werden die zukünftigen Entwicklungen der Gefahr oder des Effektes dargelegt. Die Aussagen basieren auf den neusten Erkenntnissen und sind fallweise mit Daten und Abbildungen versehen. Für Informationen und Hinweise auf die Literatur siehe Begleitbericht.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 1. In der nachfolgenden Tabelle werden mögliche Auswirkungen der Gefahr/des Effektes aufgeführt und der betroffene Sektoren oder Auswirkungsbereich genannt. Die Sektoren oder Auswirkungsbereiche entsprechen jenen der Klimastrategie des Kantons Graubünden. In der 3. Spalte wird die Relevanz für die Gemeinde oder Region angegeben: rot: die Auswirkung ist für den entsprechenden Sektor resp. Auswirkungsbereich, die Gesellschaft oder die belebte Umwelt nachteilig; grün: die Auswirkung ist von Vorteil; orange: die Entwicklung birgt sowohl Vor- wie Nachteile; blau: die Entwicklung ist ungewiss. Ohne Farbe: Die Auswirkung birgt kaum Risiken oder Chancen und ist für die Gemeinde oder Region ohne Bedeutung.

Art der Auswirkung	Betroffener Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Abnahme der Anzahl kältebedingter Krankheits- und Todesfälle.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zunahme der Beeinträchtigung durch krankheitsübertragende Organismen wie Zecken oder Tigermücken.</i>		
<i>Zunahme der Ertragsmöglichkeiten durch verlängerte Vegetationszeit oder wertvollere Kulturen.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Abnahme der Erträge durch zunehmende Ausbreitung von Schadorganismen.</i>		

1. Treibhausgasemissionen

MERKMALE

- Die Treibhausgase umfassen die Gase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) sowie einige synthetische Gase.
- Treibhausgase entstehen einerseits bei Verbrennungsprozessen, z.B. durch Motorfahrzeuge (Diesel, Benzin) oder im Haushalt (Heizöl). Andererseits werden sie auch durch Abbauprozesse ausgestossen, z.B. in der Landwirtschaft (Methan, Lachgas).
- CO₂-Emissionen aus Heizöl, Benzin, Diesel oder Erdgas sind für fast 80 % der gesamten Treibhausgasemissionen der Schweiz verantwortlich.
- Die Treibhausgase reichern sich in der Atmosphäre an und verursachen den anthropogenen Klimawandel.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

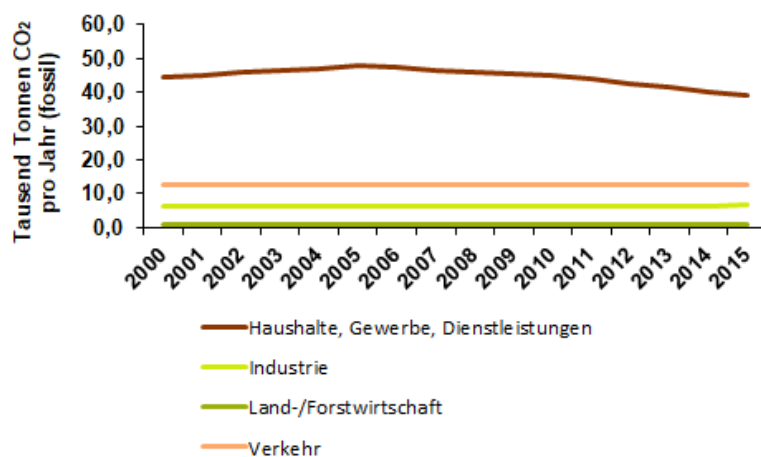


Abbildung 1. Emissionen an fossilem CO₂ in Davos. Quelle: Emissionskataster.

- In Davos wurden 2015 60'000 t, bzw. 5'000 t fossiles und biogenes CO₂ direkt emittiert.
- Die CO₂-Emissionen gehen insgesamt nur sehr zögerlich zurück.
- Die bedeutendsten Emittenten sind die Haushalte (Heizbetrieb). Rund 80 % aller Haushalte werden mit Heizöl geheizt.
- Die Landwirtschaft ist in erster Linie für Emissionen an Methan CH₃ und Lachgas N₂O verantwortlich (insgesamt 2015 rund 14 % der gesamten Treibhausgasemissionen im Kanton Graubünden). Die Emissionen aus der Landwirtschaft nehmen zu.

AUSBLICK

- Treibhausgase reichern sich in immer grösserer Konzentration in der Atmosphäre an.
- Je nach Anstrengungen im Klimaschutz werden verschiedene Emissionsszenarien beschrieben: Unablässiger Ausstoss an Treibhausgasen (RCP8.5), ein Szenario mit Massnahmen, die jedoch das 2 °C-Ziel verfehlen (RCP4.5), bis hin zu einem ambitionierten Klimaschutz (2 °C-Ziel erreicht, RCP2.6).

2. Veränderung der Mitteltemperatur

MERKMALE

- Die Mitteltemperatur bezeichnet die jährlich gemittelte Lufttemperatur an einem bestimmten Standort.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Die Lufttemperatur ist in der Schweiz von 1864 bis 2017 um 2 °C angestiegen (Global um 0.9 °C).
- Die Erwärmung nimmt seit Beginn der achtziger Jahre stark zu (vgl. Abbildung 2).
- In Davos ist es in den vergangenen Jahrzehnten um 0.7 °C wärmer geworden (Mittelwert von 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990).
- Die Nullgradgrenze ist seit 1961 um 300 bis 400 m angestiegen.
- Die Vegetationszeit dauert 2 bis 4 Wochen länger als vor 50 Jahren.

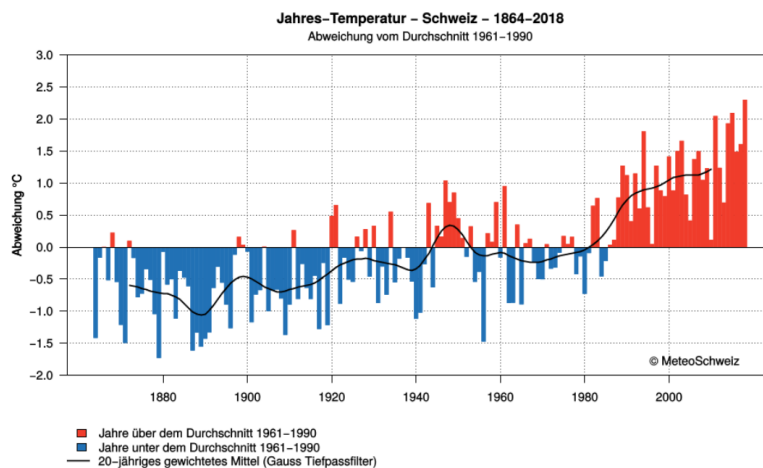


Abbildung 2. Jahres-Mitteltemperatur der Schweiz über die Jahre 1864 bis 2018. Dargestellt sind die jährlichen Abweichungen im Durchschnitt der Jahre 1961 bis 1990.

AUSBLICK

- Die mittlere Erwärmung ist in den Alpen und in grösserer Höhe besonders ausgeprägt.
- Im Winter wird es bis 2060 um weitere 2.4 °C wärmer, im Sommer um 3.3 °C (RCP8.5).

Temperatur

Abweichung von der Normperiode 1981–2010

Alpen Ost

RCP8.5

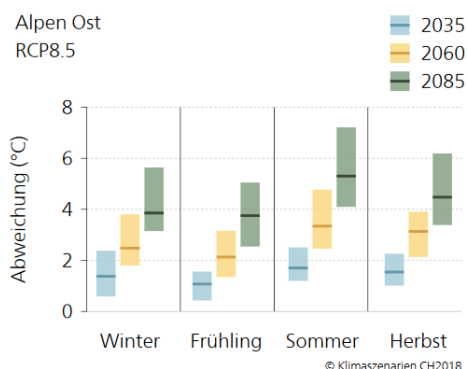


Abbildung 3. Erwartete Veränderung der Mitteltemperatur pro Saison für die Region Alpen Ost (RCP8.5). Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 2. Mögliche Auswirkungen der veränderten Mitteltemperatur und die betroffenen Sektoren oder Auswirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkung	Betroffener Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Abnahme der Anzahl kältebedingter Krankheits- und Todesfälle.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zunahme der Beeinträchtigung durch krankheitsübertragende Organismen wie Zecken oder Tigermücken.</i>		
<i>Zunahme der Ertragsmöglichkeiten durch verlängerte Vegetationszeit oder wertvollere Kulturen und Baumarten.</i>	<i>Landwirtschaft, Waldwirtschaft</i>	
<i>Abnahme der Erträge durch zunehmende Ausbreitung von Schadorganismen.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Abnahme der Nachfrage nach Heizenergie.</i>	<i>Energie</i>	
<i>Zunahme der Ertragsmöglichkeiten durch längere Sommersaison.</i>	<i>Tourismus</i>	
<i>Veränderung der Artenzusammensetzung und der Lebensräume, weil wärmeliebende Arten ihre Vorkommen verschieben oder ausweiten.</i>	<i>Biodiversität</i>	

3. Hitzewelle

MERKMALE

- Eine Hitzewelle ist eine mehrere Tage andauernde Wetterlage mit Temperaturen über 30 °C.
- Hitze gefährdet die Gesundheit, sie führt im schlimmsten Fall zum Tod. Besonders verletzlich sind ältere Personen, Schwangere und Kleinkinder.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Hitzewellen sind in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz um 1.6 bis 2.3 °C heisser geworden.
- Im Hitzesommer 2003 sind in der Schweiz rund 1000 Personen mehr gestorben als im Durchschnitt.
- An der Klima-Messstation in Davos sind bis anhin keine Hitzetage registriert worden.

AUSBLICK

- Die heissesten Tage werden gegen Ende des Jahrhunderts um 5.4 bis 6.1 °C wärmer als bisher (RCP8.5).
- Bis 2060 werden in Davos bis 7 Hitzetage pro Jahr erwartet (RCP8.5).
- Die Anzahl Tage mit grossem Hitzestress steigt überproportional zur Erwärmung - unter dem RCP8.5-Szenario werden drei bis fünfmal mehr Hitzetage erwartet, als unter RCP2.6.

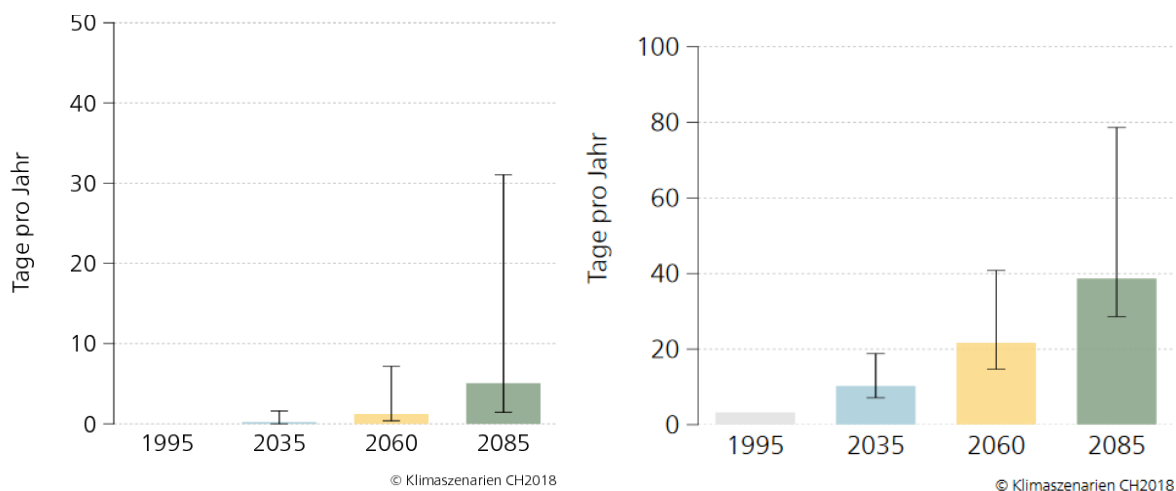


Abbildung 4. Links: Entwicklung der Anzahl Hitzetage ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$) in Davos bis gegen Ende des 21. Jahrhunderts unter dem Szenario RCP8.5. Rechts: Erwartete Entwicklung der Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25\text{ °C}$) in Davos. Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 3. Mögliche Auswirkungen der zunehmenden Hitze und die betroffenen Sektoren oder Auswirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Zunehmende Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zunahme des Pflegeaufwandes für hitzeempfindliche Personen.</i>		
<i>Zunahme von Leistungseinbussen bei der Arbeit im Freien.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur, Landwirtschaft</i>	
<i>Zunahme der Beeinträchtigung von Nutz- und Heimtieren.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Zunahme der Nachfrage nach Kühlenergie.</i>	<i>Energie</i>	
<i>Abnahme der Energie- und Industrieproduktion.</i>		
<i>Zunahme der Beeinträchtigung der Energie- und Transportinfrastruktur.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zunahme der Ertragsmöglichkeiten dank Sommerfrischlern.</i>	<i>Tourismus</i>	

4. Frost

MERKMALE

- Ein Frosttag ist ein Tag mit einer Tiefsttemperatur unter dem Gefrierpunkt. An einem Eistag steigt das Thermometer nicht über den Gefrierpunkt.
- In Höhenlagen über 2000 m ü. M. sind mehr als die Hälfte der Tage des Jahres Frosttage.
- Frost kann den Phasenwechsel von Wasser zu Eis bewirken.
- Bei Frost kann das Wasser im Zellinnern gefrieren und dadurch Lebewesen gefährden, insbesondere bei Kulturpflanzen während der Vegetationszeit.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Die Zahl der Frosttage hat in den vergangenen Jahrzehnten auf allen Höhenstufen stark abgenommen.
- Auf Weissfluhjoch ist die Anzahl Frosttage pro Jahr in den vergangenen Jahrzehnten um 18 Tage zurückgegangen (Mittelwert von 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990).

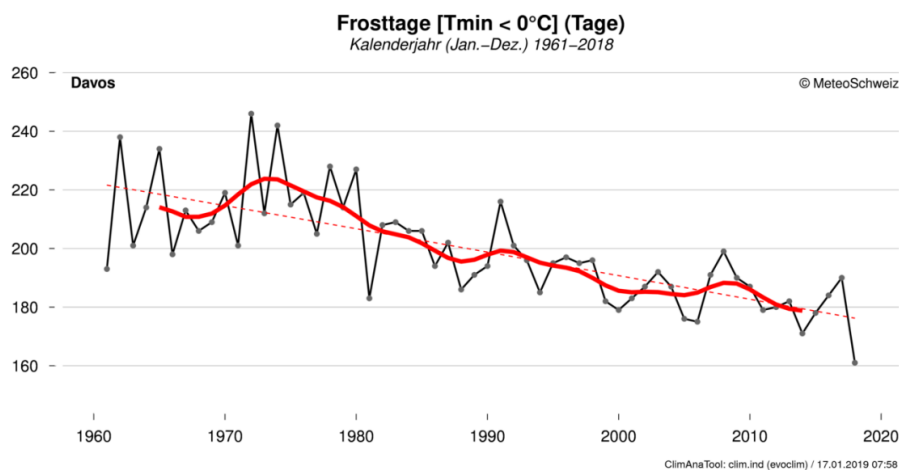


Abbildung 5. Ein Frosttag ist ein Tag mit einer Minimumtemperatur von unter null Grad. Die Frosttage haben in den vergangenen Jahren in Davos deutlich abgenommen. Quelle: MeteoSchweiz, 2019b.

AUSBLICK

- Kältewellen und Frosttage werden zurückgehen, insbesondere in höheren Lagen.
- Die Anzahl Frosttage in Davos gehen von heute jährlich 192 auf 155 im Jahr 2060 zurück (RCP8.5).
- Die Variabilität der Wintertemperaturen bleibt gross, weshalb auch in Zukunft episodisch mit sehr kalten Temperaturen zu rechnen ist.

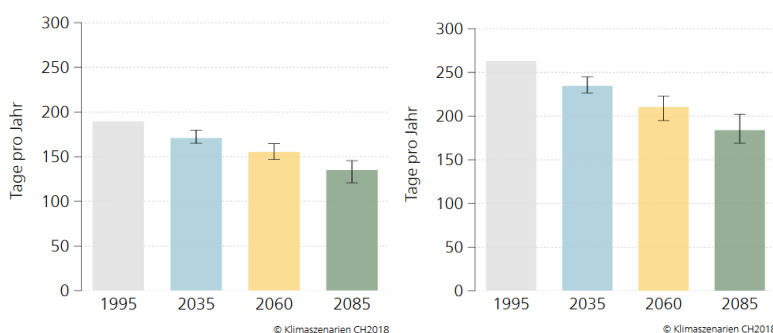


Abbildung 6. Erwartete Anzahl Frosttage pro Jahr in Davos (links) und auf Weissfluhjoch (rechts) unter dem Emissionsszenario RCP8.5. Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 4. Mögliche Auswirkungen von abnehmendem Frost und die betroffenen Sektoren oder Auswirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor /Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Geringere Gefahr von Ernteaussfällen bei empfindlichen Kulturpflanzen.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Frostlimitierte Kulturen, Sorten oder Arten können an höher gelegenen Standorten wachsen und angebaut werden.</i>	<i>Landwirtschaft, Waldwirtschaft</i>	
<i>Frostlimitierte Schadorganismen und Nützlinge können an höher gelegenen Standorten vorkommen.</i>		
<i>Produktion und Unterhalt von offenen Eisbahnen wird aufwändiger.</i>	<i>Tourismus</i>	
<i>Die Produktion von Kunstschnee wird aufwändiger.</i>		
<i>Der Rückgang von Tagen mit Temperaturen unter null Grad fördert Organismen, die nicht an Kälte angepasst sind.</i>	<i>Biodiversität</i>	

5. Änderung Niederschlagsregime

MERKMALE

- Das Niederschlagsregime bezeichnet Menge, Intensität und Art des Niederschlags im Jahresverlauf. Der Niederschlag zeigt typische regionale Muster und ist von Jahr zu Jahr sehr variabel (vgl. Abbildung 7).

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Durch die angestiegene Nullgradgrenze schneit es seltener und weniger, und der fallende Schnee ist nasser und schwerer.
- Seit 1970 hat der Schneefall in einer Höhe von rund 2000 m ü. M. um 20 % auf einer Höhe von 800 m ü. M. um ungefähr 50 % abgenommen.
- Starkniederschläge sind in den vergangenen Jahrzehnten schweizweit häufiger und intensiver geworden.
- Veränderungen in der jährlichen Niederschlagssumme sind bis anhin kaum feststellbar.

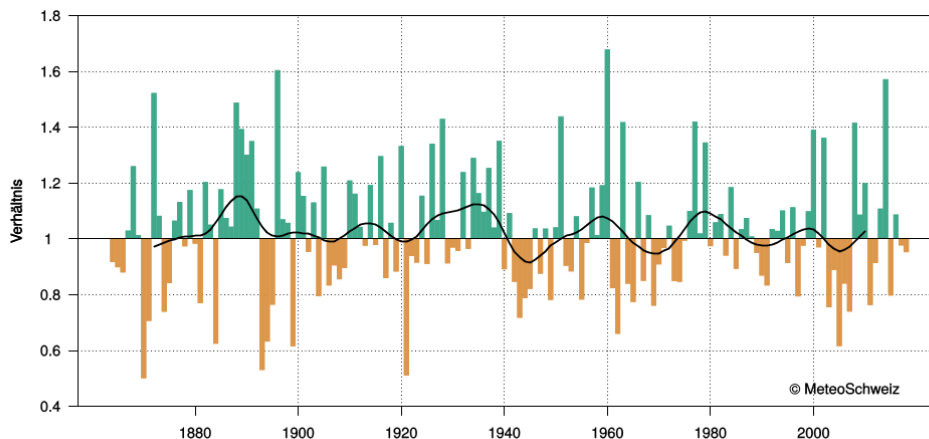


Abbildung 7. Jährliche Niederschlagssumme über die Jahre 1864 bis 2018. Dargestellt ist die Abweichung zur Norm von 1961 bis 1990 für die Südschweiz. Jahre mit Niederschlagssummen über dem Normwert sind grün eingezeichnet, Jahre darunter gelb. Das 20-jährige gleitende Mittel ist als schwarze Linie eingezeichnet. Quelle: MeteoSchweiz, 2019d.

AUSBLICK

- Die Niederschläge nehmen voraussichtlich im Winter und im Frühling zu, im Sommer tendenziell ab und im Herbst verändern sie sich kaum.
- Starkniederschläge werden in Zukunft häufiger und intensiver, insbesondere im Winter und im Süden.
- Die Neuschneetage werden weiter abnehmen, zugunsten von Regentagen abnehmen. So werden die Anzahl Neuschneetage in Davos von heute 69 auf 35 im Jahr 2060 (RCP8.5) zurückgehen.
- Ein immer grösserer Teil des Niederschlags fliesst dadurch ohne Zwischenspeicherung ab.
- Die Jahressummen des Niederschlags werden sich in Zukunft kaum verändern.

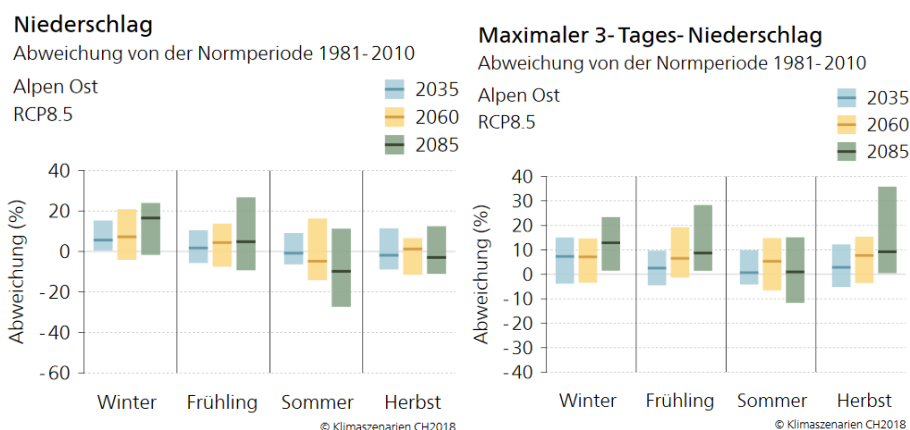


Abbildung 8. Erwartete Veränderungen der Niederschlagsmenge und der -intensität pro Saison unter dem Emissionsszenario RCP8.5 für die Region Alpen Ost. Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 5. Mögliche Auswirkungen einer Änderung des Niederschlagsregimes und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. Der Einfluss auf Naturgefahrenereignisse (Lawinen, Hochwasser, Steinschlag) wird in den entsprechenden Kapiteln abgehandelt.

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
Starkniederschläge können vermehrt Kulturland erodieren und gefährliche Stoffe ins Grundwasser auswaschen.	Landwirtschaft	
In niederschlagsarmen Phasen wird die Entwicklung von Schadorganismen behindert.		
Mehr Regen statt Schnee erhöht den Abfluss während der kalten Jahreszeit und steigert die Möglichkeiten zur Stromproduktion.	Energie	
Intensive Nassschneefälle können zu extremen Dachlasten führen.	Gebäude/ Infrastruktur	
Die Schneeräumung wird weniger aufwändig.		
Starkniederschläge können vermehrt zu Oberflächenabfluss führen und die Kanalisation überlasten.	Wasserwirtschaft, Gebäude/ Infrastruktur	

6. Trockenheit

MERKMALE

- Trockenheit bezeichnet ein Defizit von Niederschlag (meteorologische Trockenheit), eine ungenügende Bodenfeuchte (landwirtschaftliche Trockenheit), eine tiefe Abflussrate bzw. tiefe Grundwasserstände (hydrologische Trockenheit).
- Treiber der Trockenheit sind die atmosphärische Zirkulation und die entsprechenden Niederschlagsmuster, die Strahlung, die Lufttemperatur, die Luftfeuchte und der Wind.
- Die drei Merkmale von Trockenheit (zu wenig Niederschlag, ungenügende Bodenfeuchte, tiefe Abflussrate bzw. tiefe Grundwasserstände) treten oft kombiniert auf.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- In Südeuropa hat die Häufigkeit von Trockenperioden als Folge der Erwärmung zugenommen.
- In Nordeuropa ist der Effekt der zunehmenden Niederschläge höher als derjenige der gestiegenen Temperaturen, weshalb dort die Trockenperioden abgenommen haben.

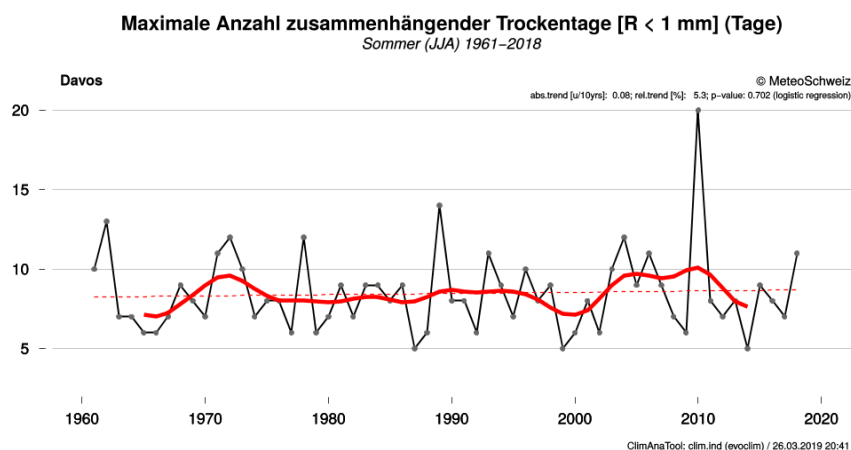


Abbildung 9. Maximale Anzahl zusammenhängender Trockentage in Davos im Sommer (Juni, Juli, August; Regensmengen weniger als 1mm) über die Jahre 1961 bis 2018. Quelle: MeteoSchweiz, 2019b.

AUSBLICK

- Europaweite Analysen zeigen eine zunehmende Trockenheit im Süden und eine abnehmende Trockenheit im Norden.
- Das Ausmass der anstehenden Trockenphasen ist noch unbestimmt. Sie werden möglicherweise weniger ausgeprägt sein als noch unter CH2011 (2011) angenommen.

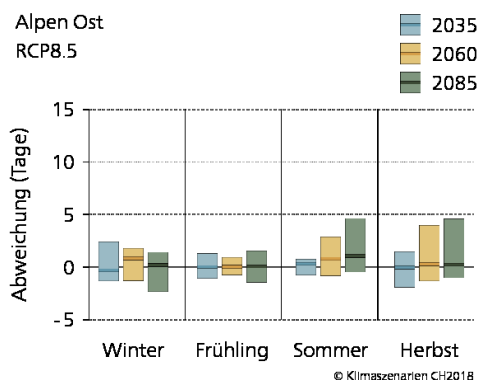


Abbildung 10. Abweichung der maximalen Anzahl zusammenhängender Trockentage pro Saison unter dem Emissionsszenario RCP8.5 für die Regionen Alpen Ost. Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 6. Mögliche Auswirkungen der zunehmenden Trockenheit und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. Der mögliche Einfluss von Trockenheit auf die Waldbrandgefahr wird auf dem Faktenblatt Waldbrand behandelt.

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
<i>Quellschüttungen gehen zurück und limitieren die Versorgung quellnaher Gebiete, z.B. jene der Alpen.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Eine limitierte Wasserverfügbarkeit verringert die Stoffwechselaktivität und schränkt das Wachstum von Kulturen und Baumarten ein.</i>	<i>Landwirtschaft, Waldwirtschaft</i>	
<i>Ein geringerer Wasserabfluss schränkt im Sommer die Stromproduktion aus der Wasserkraft ein (Restwasser!).</i>	<i>Energie</i>	
<i>Ein tiefer Grundwasserstand erschwert die Wasserversorgung.</i>	<i>Wasserwirtschaft</i>	
<i>Feuchteangepasste Arten und Lebensräume (Moore, Quellen) ändern ihre Ausprägung.</i>	<i>Biodiversität</i>	

7. Reduktion der Schneedecke

MERKMALE

- Die Schneebedeckung hängt von der Temperatur, der Höhe über Meer, der Lage und der Exposition ab.
- Schnee ist die Grundlage für den Wintersport, er ist die Fracht der Lawinen und bietet Tarnung und Schutz für viele Lebewesen. Er ist zudem ein bedeutender Wasserspeicher und er beeinflusst die Veränderungen im Permafrost.
- Auf Verkehrswegen erschwert Schnee die Befahrbarkeit und beschert dem Winterstrassendienst zusätzlichen Aufwand.
- Die Schneedecke prägt das winterliche Landschaftsbild von Davos.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Die Schneebedeckung ist in den vergangenen Jahrzehnten erheblich zurückgegangen. Schweizweit startet die Schneesaison 12 Tage später und endet 26 Tage früher als um 1970.
- Die Höhe der Schneedecke ist geringer als früher, sie hat um 4 bis 11 % pro Dekade abgenommen.
- Auf dem Weissfluhjoch ist die Schneeliegedauer seit den sechziger Jahren um 11 Tage zurückgegangen, in Davos um 13 Tage (Mittelwert von 1981 bis 2010 gegenüber 1961 bis 1990).

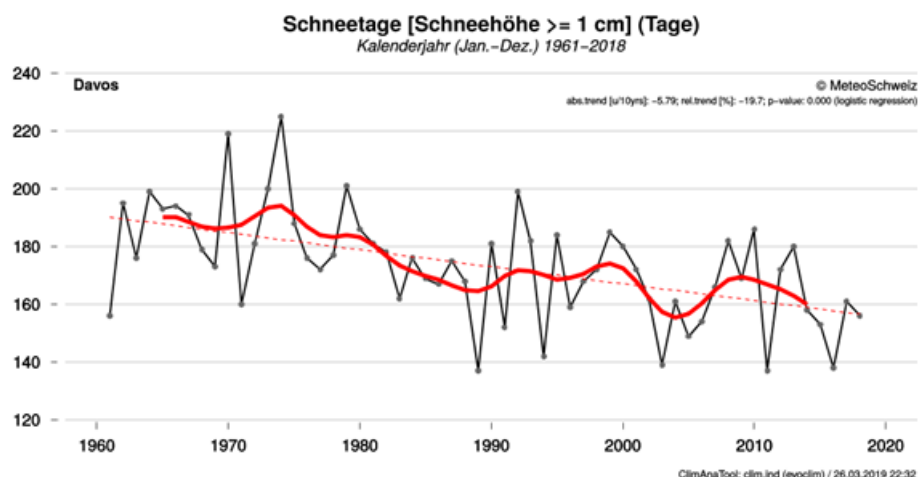


Abbildung 11. Entwicklung der jährlichen Anzahl Tage mit einer Schneedecke (mehr als 1 cm Schnee am Boden) über die Jahre 1961 bis 2018 in Davos. Das 20-jährige gleitende Mittel ist fett rot eingezeichnet, der lineare Trend ist rot gestrichelt dargestellt. Quelle: MeteoSchweiz, 2019b.

AUSBLICK

- Die Schneetage werden in einer Höhe von 1500 m ü. M. gegen Ende des Jahrhunderts voraussichtlich nur noch halb so zahlreich sein wie heute.
- Die als Schnee gespeicherte Wassermenge wird sich bis dahin um zwei Drittel reduzieren, was zu einem geringeren Abfluss vor allem im Frühling und Sommer führen wird.

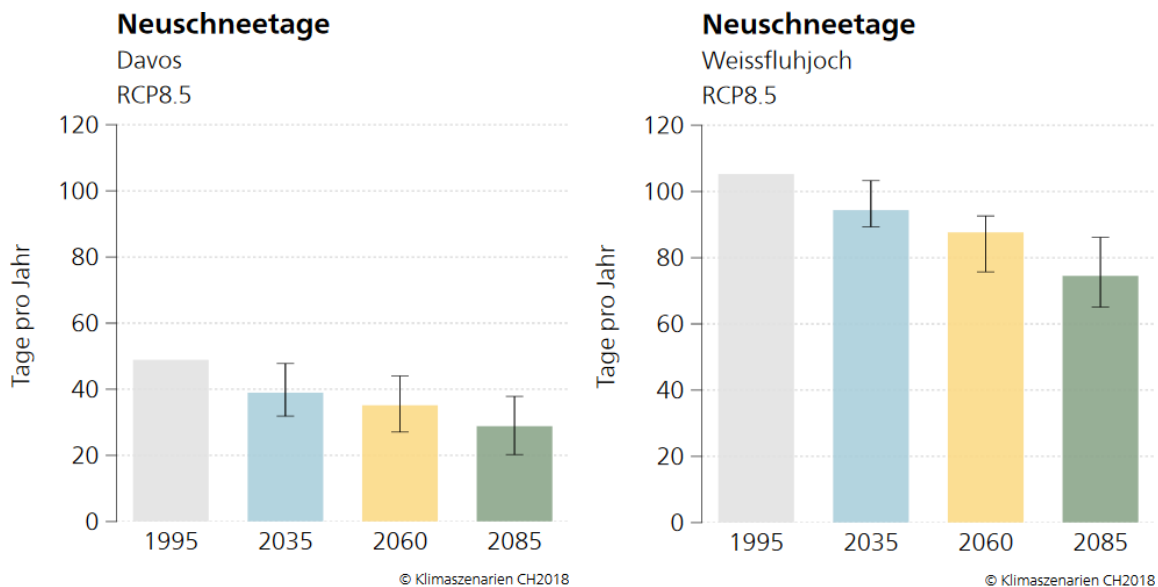


Abbildung 12. Erwartete Anzahl Neuschneetage pro Jahr in Davos (links) und auf Weissfluhjoch (rechts; RCP8.5). Quelle: CH2018-Webatlas.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 7. Mögliche Auswirkungen der Reduktion der Schneedecke und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. In der Spalte Relevanz steht W für Wirtschaft, H für Haushalt (von privat und/oder der Gemeinde).

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
Ein natürlicher temporärer Wasserspeicher geht zurück.	Energie, Wasserwirtschaft	
Die Schneesicherheit geht zurück und die Präparation von Pisten und Loipen wird aufwändiger.	Tourismus	
Schneeangepasste Arten verlieren ihren Konkurrenzvorteil (Tarnung, Fortbewegung), Lebensräume ändern ihre Ausprägung (z.B. Schneetälchen).	Biodiversität	

8. Abschmelzende Gletscher

MERKMALE

- Gletscher entstehen aus Schnee, der mehrere Jahre an Ort überdauert. Unter seiner eigenen Last verdichtet sich der Schnee über die Jahre zu Eis und fliesst allmählich talwärts, angetrieben durch die Schwerkraft.
- Rund 1.2 % der Landesfläche der Schweiz sind vergletschert.
- Auf dem Gebiet der Gemeinde Davos liegen folgende Gletscher und Firnfelder: Scalettagletscher, Chüealp-Gletscher, Ducangletscher, Augstenhüeli, Leidhorn und Passhöreli.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Zwischen 1850 und den 1970er Jahren sind die Gletscher der Schweizer Alpen um fast einen Drittel zurückgeschmolzen, bis ins Jahr 2000 um die Hälfte.
- Der Scalettagletscher hat zwischen 1973 und 2009 zwei Drittel seiner Fläche verloren (vgl. Abbildung 13).

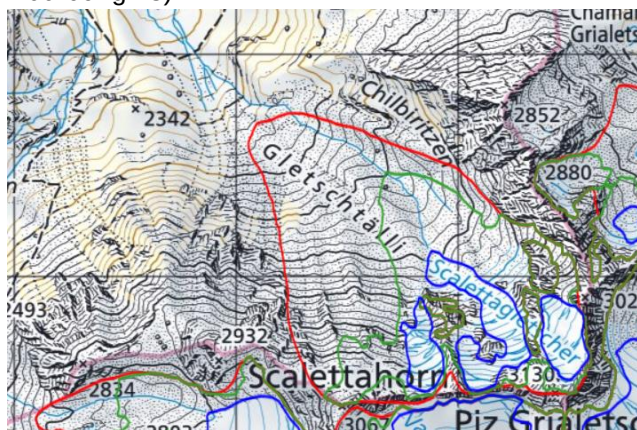


Abbildung 13. Die Ausdehnung des Scalettagletschers am Ende des Dischmatal in den Jahren 1920 (rot), 1970 (grün) und heute (blau). Quelle: Map.geo.admin.ch.

AUSBLICK

- In den Alpen werden kleinere Gletscher bis gegen Ende des Jahrhunderts verschwinden.
- Die Gletscher in und um Davos dürften bis Ende des Jahrhunderts verschwunden sein.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 8. Mögliche Auswirkungen der Reduktion der Gletscher und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. Der Einfluss auf Naturgefahrenereignisse (Hochwasser, Steinschlag) wird auf den entsprechenden Faktenblättern abgehandelt.

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
<i>Ein natürlicher temporärer Wasserspeicher geht je nach Situation verloren.</i>	<i>Energie, Wasserwirtschaft</i>	
<i>Alpine Routen werden beschwerlicher und gefährlicher.</i>	<i>Tourismus</i>	
<i>Ein Tourenziel und identitätsstiftendes Landschaftselement verschwindet.</i>		
<i>Im Vorfeld schmelzender Gletscher bildet sich eine attraktive Wildnis heraus.</i>	<i>Tourismus, Biodiversität</i>	

9. Auftauen des Permafrostes

MERKMALE

- Permafrost bezeichnet ständig gefrorenen Boden.
- Für den Permafrost ist die Temperatur an der Bodenoberfläche entscheidend, weniger jene der Luft.
- Die Temperatur am Boden wird von der Sonneneinstrahlung und der Schneebedeckung beeinflusst.
- Im Sommer taut die oberste Schicht des Bodens über dem Permafrosts auf (Auftauschicht).
- Permafrost ist nicht direkt sichtbar. Geländeformen wie z.B. Blockgletscher deuten auf seine Existenz hin.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Im Hitzesommer 2015 haben die Temperaturen des Untergrunds vielerorts Höchstwerte erreicht.
- Die Erwärmung des Permafrosts verläuft generell sehr langsam und je nach Gestein, Witterung, Sonneneinstrahlung, Schneebedeckung oder Lage eines Gebietes sehr unterschiedlich.
- Blockgletscher fließen im wärmeren Klima rascher, da das wärmere Eis sich eher verformt.
- Im Sommer 2015 lösten sich aus Permafrost aussergewöhnlich viele Felsstürze.
- Extreme Hitzesommer können das Auftauen des Permafrosts beschleunigen.

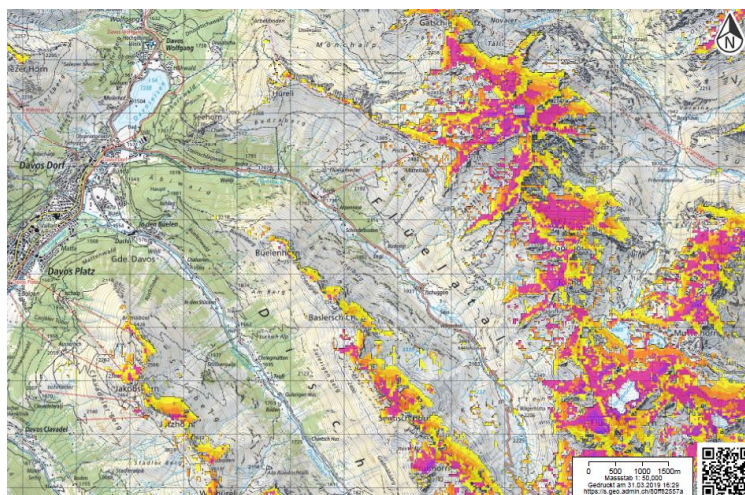


Abbildung 14. Permafrosthinweiskarte für Davos. Quelle: map.geo.admin.ch/Permafrosthinweiskarte.

AUSBLICK

- Wärmere Temperaturen in Kombination mit einer geringeren Schneebedeckung lassen erwarten, dass der Permafrost sich weiter erwärmt oder auftaut.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 9. Mögliche Auswirkungen des Auftauens von Permafrost und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. Der Einfluss auf Naturgefahrenereignisse (Hochwasser, Steinschlag) wird in den entsprechenden Kapiteln abgehandelt.

Art der Auswirkungen	Sektor/Auswirk- ungsbereich	Relevanz
<i>Zunahme der Sachschäden an Lawinenverbauungen durch Bewegungen des auftauenden Untergrunds.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zunahme der Sachschäden an Seilbahnen über Permafrost.</i>	<i>Tourismus</i>	

10. Lawinen

MERKMALE

- Lawinen sind abrutschende oder abstürzende Schneemassen.
- Für Lawinenanrisse ist massgeblich, wie die Schneedecke aufgebaut ist, wie hoch der Schnee liegt und wie feucht er ist. Fällt in kurzer Zeit viel Schnee, sind spontane Lawinenabgänge häufiger zu beobachten.
- Die Folgen von Lawinen sind oft verheerend. Schweizweit fordern Lawinen durchschnittlich 25 Todesopfer pro Jahr, die meisten von ihnen beim Schneesport.
- Durchschnittlich zwei bis drei Todesopfer pro Jahr fordern Lawinen in Graubünden auf Strassen oder im Siedlungsbereich.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Es ist nicht klar, ob sich die Lawinenaktivität in den vergangenen Jahrzehnten verändert hat.
- Seit 1968 sind im Siedlungsgebiet oder auf Verkehrswegen in und um Davos keine Menschen durch Lawinen ums Leben gekommen.

AUSBLICK

- Die klimatische Disposition fördert und limitiert Lawinen zugleich. Es ist nicht klar, wie sich die Lawinenaktivität verändern wird.
- Die Schneefallgrenze steigt, die Schneedecke geht zurück und wird mehr durchnässt, auch bis in grössere Höhen und mitten im Winter.
- Der Niederschlag und Starkniederschlag nimmt im Winter zu.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 10. Mögliche Auswirkungen von zu- oder abnehmenden Lawinen und die betroffenen Sektoren oder Auswirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Zu- oder Abnahme von Personenschäden.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zu- oder Abnahme von Waldschäden.</i>	<i>Waldwirtschaft</i>	
<i>Zu- oder Abnahme von Sachschäden.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zu- oder Abnahme der Artenvielfalt durch veränderte Struktur und Lichtverhältnisse im Wald.</i>	<i>Biodiversität</i>	

11. Hochwasser

MERKMALE

- Bei Hochwasser liegt der Wasserstand der Gewässer über dem normalen Pegelstand, d. h. Gebiete, die normalerweise im Trockenen liegen, werden überflutet.
- Hochwasser werden meistens durch intensive oder lang anhaltende Niederschläge ausgelöst.
- Erreicht das fließende Gemenge einen Feststoffanteil (Sand, Steine etc.) von 30 bis 60 %, spricht man von einem Murgang.
- Murgänge sind typisch für Berggebiete (steiles Terrain und viel lockeres Schwemmmaterial).
- Hochwasser treten in Graubünden oft kombiniert mit Murgängen auf.
- Hochwasser und Murgänge haben in Graubünden in den vergangenen 24 Jahren rund 31 Mio. Franken Schäden an Verkehrswegen und Gebäuden verursacht und forderten drei Todesopfer.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Hochwasser treten europaweit früher im Jahr auf, wohl weil die Schneeschmelze früher einsetzt.
- Bisher ist kein Trend zu häufigeren Hochwasser- oder Murgangereignissen erkennbar.
- Die Schäden durch Murgänge nehmen schweizweit leicht zu, nicht aber diejenigen durch Hochwasser.

AUSBLICK

- Durch die frühere Schneeschmelze beginnt die Saison der Hochwasser früher im Jahr.
- Modelle zeigen eine Tendenz zu höheren Hochwasserabflussspitzen.
- Starkniederschläge könnten vermehrt Murgänge aus Permafrost- und Gletschergebieten auslösen.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 11. Mögliche Auswirkungen von verändertem Hochwasser und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde. In der Spalte Relevanz steht W für Wirtschaft, H für Haushalt (von privat und/oder der Gemeinde).

Art der Auswirkungen	Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Zunahme von Personenschäden.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zunahme von Sachschäden.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zunahme von Schäden durch Übersarung.</i>	<i>Landwirtschaft</i>	
<i>Zunahme an belastetem Wasser in flussnahen Fassungen für Trinkwasser.</i>	<i>Wasserwirtschaft, Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zunehmende Veränderung von Lebensräumen weil vermehrt Sedimente mobilisiert, das Gerinne erodiert oder Uferpartien geschüttet und die Wasserführung verändert werden.</i>	<i>Biodiversität</i>	

12. Steinschlag, Fels- und Bergsturz

MERKMALE

- Steinschlag, Fels- oder Bergstürze sind Sturzereignisse. Steinschlag umfasst Felsblöcke bis 2 m Durchmesser. Ein Felssturz bewegt 100 bis 100'000 m³ Felsmaterial. Bei einem Bergsturz fallen noch grössere Felsmassen.
- Sturzprozesse ereignen sich in allen Jahreszeiten, v. a. zwischen Juni und Oktober.
- Steinschlag scheint wesentlich durch Niederschlag oder Frost-Auftauzyklen ausgelöst zu werden und entsteht oft im Permafrost.
- Bergsturzereignisse sind derart selten, dass die Analyse der entscheidenden klimatischen Faktoren kaum möglich ist.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Bisher zeigt sich kein eindeutiger Trend zu weniger oder mehr Sturzereignissen.
- Seit 1999 wurden im Kanton Graubünden 11 Personen durch Sturzereignisse getötet und ebenso viele verletzt. Insgesamt 41 Personen mussten aus gefährlichen Gebieten evakuiert werden.

AUSBLICK

- Gemäss der Klimaanpassungsstrategie des Bundes werden Steinschlag, Berg- und Felsstürze in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich häufiger auftreten, weil im Gebirge mehr Geschiebe freigelegt wird und der Permafrost allmählich auftaut.
- Die Anzahl der Frostwechsellage nimmt ab, was zu einer Stabilisierung im Fels führt und den Verwitterungsprozess verlangsamt.
- Wie sich die Steinschlagaktivität verändert ist nicht klar.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 12. Mögliche Auswirkungen einer Veränderung von Steinschlag, Felssturz/Bergsturz-Ereignissen und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
<i>Zu- oder Abnahme von Sachschäden.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zu- oder Abnahme des Unterhalts von Wanderwegen oder Kletterrouten im Gebirge.</i>	<i>Tourismus</i>	
<i>Zu- oder Abnahme von Waldfunktionen (z.B. Holznutzung, Schutz, Erholung).</i>	<i>Waldwirtschaft</i>	
<i>Zu- oder Abnahme der Artenvielfalt durch veränderte Struktur und Lichtverhältnisse im Wald.</i>	<i>Biodiversität</i>	

13. Waldbrand

MERKMALE

- Trockenheit, Gewitter mit Blitzschlag und ausreichend Brandgut (z.B. trockenes Laub) begünstigen Waldbrände.
- Jährlich entflammen im Graubünden im Schnitt 20 Waldbrände.
- Nur ein Viertel aller Waldbrände entfacht sich in Graubünden durch natürliche Auslöser (Blitzschlag).
- Die meisten Waldbrände entstehen in Graubünden im April und August (je 18 %) und in montanen und subalpinen Lagen (43 % aller Ereignisse).
- Waldbrände führen zu einer veränderten Artenvielfalt und sie beeinflussen den Kohlenstoffhaushalt des Bodens.
- Zahlreiche Waldfunktionen werden durch Waldbrand beeinträchtigt, so z.B. der Schutz vor Naturgefahren und Erosion, der Wasserrückhalt oder die Holznutzung.
- Das Löschen von Waldbränden ist meist sehr aufwändig und kostspielig.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Aus den Daten der Waldbrandhäufigkeit in fünf südeuropäischen Ländern zeigt sich eine Zunahme während der 1990er Jahre und eine Abnahme im vergangenen Jahrzehnt.
- Die Anzahl und die Ausdehnung von Waldbränden in Graubünden variieren von Jahr zu Jahr erheblich.
- Mit 44 Bränden war das Hitzejahr 2003 besonders waldbrandintensiv.
- In der Waldbrand-Datenbank sind in der Gemeinde Davos fünf Waldbrände über die Jahre 1980 bis 2014 dokumentiert, mit einer betroffenen Waldfläche von insgesamt weniger als einer Hektare.

AUSBLICK

- Die Klimaszenarien lassen eine verlängerte Waldbrandsaison, eine ausgedehntere Fläche und eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Feuer erwarten.
- Waldbrände werden in Davos auch in einem wärmeren Klima seltene Ereignisse bleiben.
- Auch in einem wärmeren Klima wird in erster Linie der Mensch die Brände auslösen

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 13. Mögliche Auswirkungen von Waldbrand und die betroffenen Sektoren oder Auswirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor/Auswirkungsbereich	Relevanz
<i>Zu- oder Abnahme von Waldfunktionen (z.B. Holznutzung, Schutz, Erholung).</i>	<i>Waldwirtschaft</i>	
<i>Zu- oder Abnahme der Artenvielfalt durch veränderte Struktur und Lichtverhältnisse im Wald.</i>	<i>Biodiversität</i>	

14. Sturm und Orkan

MERKMALE

- Bei einem Sturm bläst der Wind mit über 75 km/h, bei einem Orkan mit über 117 km/h.
- Die höchsten Windgeschwindigkeiten erreichen Winter- und Gewitterstürme.
- Durchschnittlich alle 10 bis 15 Jahre zieht ein Orkan durch die Schweiz, meistens im Herbst oder Winter.

BISHERIGE ENTWICKLUNG

- Stürme oder Orkane treten heute nicht häufiger oder intensiver auf als früher.
- Es wurde ein genereller Rückgang der Windgeschwindigkeiten beobachtet, und zwar an den meisten Messstationen in der Schweiz über den Zeitraum von 1981 bis 2016.
- Vivian war der grösste Orkan in Graubünden, dessen Schäden dokumentiert wurden. Er warf 720'000 m³ Holz, mehr als die doppelte Menge der jährlichen Holznutzung im Kanton.
- Die Gebäudeversicherung Graubünden verzeichnete über die Jahre 1991 bis 2013 Sturmschäden an Gebäuden im Umfang von 16.5 Mio. Franken.

AUSBLICK

- Sturm und Orkan hängen in komplexer Weise von der Temperatur ab, aber die Zusammenhänge sind zu wenig geklärt, um Entwicklungen zu prognostizieren.

AUSWIRKUNGEN

Tabelle 14. Mögliche Auswirkungen von Sturm/Orkan und die betroffenen Sektoren oder Wirkungsbereiche sowie die Relevanz der Auswirkungen für die Gemeinde.

Art der Auswirkungen	Sektor/Wirkungsbereich	Relevanz
<i>Zu- oder Abnahme von Personenschäden.</i>	<i>Gesundheit</i>	
<i>Zu- oder Abnahme von Sachschäden.</i>	<i>Gebäude/ Infrastruktur</i>	
<i>Zu- oder Abnahme von Waldfunktionen (z.B. Holznutzung, Schutz, Erholung).</i>	<i>Waldwirtschaft</i>	

15. Weiterführende Literaturhinweise

Thema	Dokument/ Homepage
Klimastrategie Graubünden Online: https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/projekte/klima/Klimastrategie/Seiten/massnahmenplan-klima.aspx	ANU (Amt für Natur und Umwelt). 2015. Klimawandel Graubünden. Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder im Bereich Klimaanpassung. Arbeitspapier 1 einer kantonalen Klimastrategie. Chur, 110 S. ANU (Amt für Natur und Umwelt). 2015. Klimawandel Graubünden. Analyse der Herausforderungen und Handlungsfelder im Bereich Klimaschutz. Arbeitspapier 2 einer kantonalen Klimastrategie. Chur, 89 S. ANU (Amt für Natur und Umwelt). 2015. Klimawandel Graubünden. Analyse der Risiken und Chancen. Arbeitspapier 3 einer kantonalen Klimastrategie. Chur, 109 S. ANU (Amt für Natur und Umwelt). 2015. Klimawandel Graubünden. Klimastrategie. Arbeitspapier 4 einer kantonalen Klimastrategie. Chur, 13 S.
Klimastrategie Schweiz Online: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/anpassung-an-den-klimawandel.html	BAFU (Bundesamt für Umwelt). 2012b. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012. Bern, 66 S. BAFU (Bundesamt für Umwelt). 2014. Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014-2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. Bern, 100 S.
Klimawandel Schweiz	https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/klimawandel-schweiz.html
Klimaszenarien Schweiz	https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien.html