

EnviroTools

Wetter

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



Copyright: Schweizer Alpen-Club SAC
Unterstützt durch das BAFU

Inhalt und Bilder: Philippe Gyarmati
Projektleitung: Martin Künzle, SAC
Projektbegleitung: Bruno Hasler, SAC
Titelbild: Ein Gewitter verzieht sich und die Abendsonne erzeugt einen Doppelregenbogen vor der Eigernordwand (fotografiert während eines SAC-Kurses «Gebirgsmeteorologie»).

Version 1, 2022

ENVIROTOOLS: ZIELE UND KENNTNISSE

- Unterlagen für Sensibilisierung und Wissensvermittlung zur alpinen Natur und Umwelt.
- Fördert die Wahrnehmung der Umgebung, macht Spass, intensiviert das Gruppenerlebnis.
- Keine fachlichen Vorkenntnisse nötig. Die anleitende Person sollte sich jedoch gut vorbereiten und sich mit den Anleitungen und den Unterlagen vertraut machen.

ENVIROTOOL WETTER

GEEIGNETER ORT

- Am besten an einem aussichtsreichen Ort mit guter Rundschau und Mobilfunkempfang.
- Das Auslegen der Kartensets ist bei stärkerem Wind nicht zu empfehlen.
- Kann auch in einer Unterkunft eingesetzt werden (Schlechtwetterprogramm).




INHALT UND DAUER

Inhalte	Dauer	Kartenummer
Modul 1: Einleitung / Grundlagen		2
Animation 1 «Die wichtigsten Zutaten in der Wetterküche»	20 min	2
Modul 2: Wetterprognose mit Hilfe von Web und App		3
Animation 1 «Vorwissen sammeln»	20 min	3
Animation 2 «Wetterprognose erstellen»	45 min	4
Animation 3 «Aktuelles Wetter überblicken»	45 min	4
Modul 3: Wetterprognose mit Hilfe von Wolken und Wind		6
Animation 1 «Der Hampelmann»	15 min	7
Animation 2 «Wolkenbestimmung»	45 min	9
Modul 4: Gewitter		12
Animation 1 «Gewitter: Auftreten, Anzeichen, Gefahren»	30 min	12

Die Module und Animationen können einzeln und unabhängig voneinander eingesetzt und durchgeführt werden. Als Einstieg empfiehlt sich jedoch Modul 1 mit der Einleitung und den thematischen Grundlagen.

MATERIAL

Notizmaterial

Smartphone (installierte Wetter-Apps: MeteoSchweiz , Meteoblue  und Windy )
 evtl. Höhenmesser, Kompass oder App auf Smartphone
 evtl. tagesaktueller Wetterbericht aus Zeitung oder App

WEITERFÜHRENDE LITERATUR (SAC-VERLAG)

Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger

MODUL 1: EINLEITUNG / GRUNDLAGEN

ANIMATION 1: DIE WICHTIGSTEN ZUTATEN IN DER WETTERKÜCHE

Wetter ist Physik. Fünf Grundprinzipien helfen uns, das Wetter zu verstehen. Sie werden in dieser Animation vorgestellt.

Lernziel

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer (TN) kennen die wichtigsten Grundprinzipien des Wetters.

Anleitung

Auf dieser Karte sind die fünf wichtigsten Grundprinzipien des Wetters illustriert. Der Coach zeigt die Bilder und fragt die TN: Welches Wetterprinzip versteckt sich hinter der jeweiligen Abbildung? Falls nötig, ergänzt der Coach die Antworten der TN mit Hilfe der vorgegebenen Antworten.



Abb. 2a-2e: Grundprinzipien des Wetters. **2a:** Ein Heissluftballon fliegt über die Alpen. *Quelle: www.ballon-zeberli.ch*
2b: Im Tal hält bereits der Frühling Einzug, während in Gipfellagen noch tiefster Winter herrscht. **2c:** Wer eine Brille trägt, kennt das Problem: Im Winter beschlagen häufig die Gläser beim Betreten eines warmen und feuchten Raums.
2d: Auf der Nordhalbkugel weht der Wind im Gegenuhrzeigersinn um ein Tief und im Uhrzeigersinn um ein Hoch herum. **2e:** Auf jedem Punkt der Erde lastet das Gewicht der darüberliegenden Luftsäule.

FRAGE 1: Warum steigt ein Heissluftballon? → Abb. 2a

ANTWORT: Der Heissluftballon steigt, weil warme Luft leichter ist als kalte Luft. Warmluft hat eine geringere Dichte als Kaltluft. → **MERKE:** *Warme Luft ist leichter als kalte Luft.*

Die Antwort zu Frage 1 zeigt: Warme Luft in den Bergen ist leicht und steigt, kalte Luft ist schwerer und sinkt. Somit müsste es im Tal kalt und in den Bergen warm sein.

FRAGE 2: Wie kommt es, dass es in den Hochalpen dennoch meist deutlich kälter ist als in den Tälern? → Abb. 2b

ANTWORT: Ein aufsteigendes Luftpaket dehnt sich aus und kühlt deshalb mit 1°C pro 100 Höhenmeter ab (innerhalb von Wolken -0.5°C). Beim Absinken wird das Luftpaket komprimiert. Es erwärmt sich dabei mit ebenfalls 1°C pro 100 Höhenmeter (innerhalb von Wolken mit +0.5°C).

→ **MERKE:** *Steigt ein Luftpaket in die Höhe, kühlt es ab. Sinkt es in die Tiefe, erwärmt es sich.*

FRAGE 3: Warum läuft die Brille von einer Person an, wenn sie an kalten Wintertagen ein volles Bergrestaurant betritt? → Abb. 2c

ANTWORT: Trifft feuchtwarme Luft auf einen kalten Gegenstand (Brille), wird sie am Gegenstand abgekühlt. Da kalte Luft weniger Feuchte tragen kann als warme Luft, kondensiert der «überschüssige» Wasserdampf in Form kleiner Tröpfchen am Gegenstand. Welche Bedeutung hat dies nun für das Wetter? Aufsteigende Luft kühlt mit 1°C pro 100 Höhenmeter ab. Sie erreicht dabei irgendwann ihren Sättigungspunkt der Feuchte. Steigt die Luft weiter auf, wird sie noch kälter. Die Feuchte beginnt zu kondensieren und es bilden sich Wolken. Sinkt die Luft ab, erwärmt sie sich. Sie kann wieder mehr Wasser in Form von Dampf aufnehmen und die Wolken lösen sich auf. → **MERKE:** *Kühlt ein Luftpaket ab, kann es weniger Feuchte tragen und es bilden sich Wolken (oder Nebel).*

FRAGE 4: Warum weht der Wind um ein Hoch oder Tief herum und nicht direkt vom Hoch ins Tief? → Abb. 2d

ANTWORT: Wind weht im Prinzip immer vom höheren zum tieferen Luftdruck. Für eine lokale Situation, also beispielsweise in Alpentälern, gilt folgende Regel: Der Wind weht direkt vom höheren zum tieferen Luftdruck. Hier spielt die Erdrotation keine Rolle. Wenn man aber grosse Wettersysteme betrachtet, die einen Durchmesser von bis zu mehreren tausend Kilometern haben, dann wird die Erdrotation wichtig: Sie lenkt Luftströmungen auf der Nordhemisphäre nach rechts ab. Diese ablenkende Kraft heisst Corioliskraft. → **MERKE:** *Auf der Nordhalbkugel weht der Wind im Uhrzeigersinn um das Hoch und im Gegenuhrzeigersinn um das Tief herum.*

FRAGE 5: Weshalb nimmt der Luftdruck mit zunehmender Höhe ab? → Abb. 2e

ANTWORT: Die Atmosphäre lastet mit dem Luftdruck auf jedem Punkt der Erde. Klettert man in die Höhe, wird die Luft dünner und deren Last geringer, da sich ja immer weniger Luft über einem befindet. Um das Wetter in den Hochlagen der Berge bestimmen zu können, nutzt man Karten für bestimmte Druckflächen, beispielsweise 700 hPa-Druckfläche für 3000 m ü. M. Die Umrechnungstabelle unten zeigt, welche Druckfläche mit welcher Höhenlage korrespondiert. Dies ist nützlich bei Apps, die nicht die Höhenlagen, sondern die Druckflächen anzeigen (z. B. App Meteoblue, Wind pro Druckfläche).

Druckfläche	Höhe	Druckfläche	Höhe
600 hPa oder mb	4000 m	900 hPa oder mb	1000 m
700 hPa oder mb	3000 m	950 hPa oder mb	500 m
800 hPa oder mb	2000 m	1000 hPa oder mb	0 m

MODUL 2 – WETTERPROGNOSE MIT HILFE VON WEB UND APP

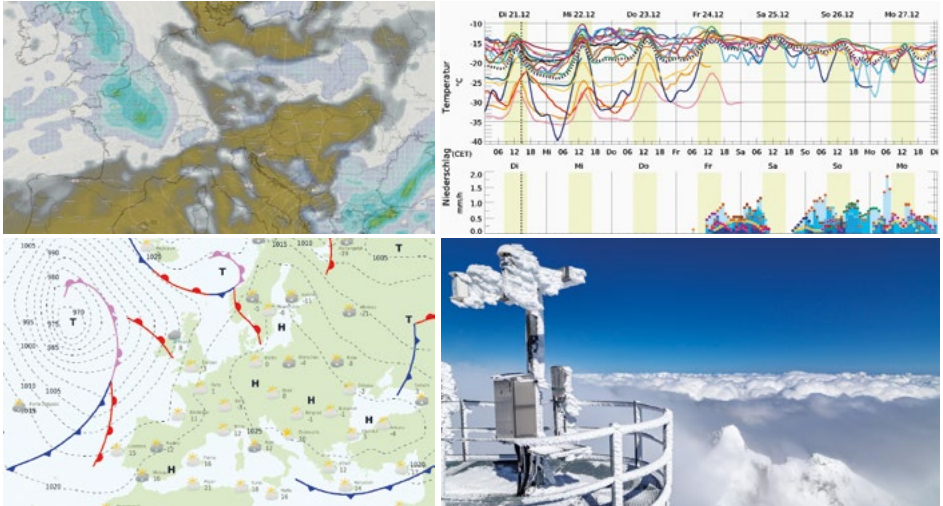





Abb.3: Collage einiger Vorhersagegrafiken aus dem Internet. Zur Berechnung der Vorhersage muss das aktuelle Wetter erfasst werden. Das geschieht u. a. anhand der Wetterdaten zahlreicher Messstationen, wie hier auf dem Säntis. *Quelle: (DWD, MCH), Meteoblue, MCH_App, Philippe Gyarmati*

Warum dieses Modul?

Die Beobachtung von Luftdruck, Wind und Wolken erlaubt eine brauchbare Wetterprognose für die nächsten Stunden oder den nächsten Tag, aber nur selten für die fernere Zukunft. Für die Tourenplanung sind das Web und Smartphone-Apps zur wichtigsten Informationsquelle geworden.

Inhalt: Animation 1	Vorwissen sammeln	Karte 3
Animation 2	Wetterprognose erstellen	Karte 4
Animation 3	Aktuelles Wetter überblicken	Karte 4

Vorbereitung

Die Animationen 2 und 3 beschränken sich aus Gründen der Übersicht auf eine kleine Auswahl an Links und Apps. Im Fokus stehen die Wetter-Apps von MeteoSchweiz , Meteoblue  und Windy . Es wird empfohlen, dass die TN vor den Animationen 2 und 3 diese Apps auf ihrem Smartphone installieren.

Weitere Informationen

Eine Übersicht interessanter Wetter-Webseiten und Wetter-Apps findet sich im Anhang des SAC-Buches «Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger» und auf www.sac-cas.ch/de/envirottools. Kapitel 12 «Mit dem Wetter planen» widmet sich der Wetterprognose.

ANIMATION 1: VORWISSEN SAMMELN

Dauer: ca. 20 Minuten **Material:** -

Alle TN informieren sich anhand bereits bekannter Quellen über das aktuelle und zukünftige Wetter. Aufgrund von Erfahrung können alle die Zuverlässigkeit und Qualität ihrer Quellen einschätzen.

Lernziel

Die TN lernen im Austausch verschiedene Wetter-Apps und -Links kennen und erweitern ihr Wissen über das Finden von Wetterinformationen. Sie erfahren zudem, warum nicht jede Wettervorhersage zutrifft, und lernen die wichtigsten Wetterparameter kennen.

Anleitung

Um das Vorwissen zu sammeln, stellt der Coach den TN die nachfolgenden Fragen. Diese werden gemeinsam diskutiert und beantwortet. Der Coach korrigiert und ergänzt.

1. Einstiegsfragen

a) Warum stimmen Prognosen nie zu 100 %?

Wetter ist ein chaotisches System. Daher kann eine kleine Veränderung am Anfang grosse Auswirkungen in der Zukunft haben. Zudem ist die Atmosphäre kein geschlossenes System, sondern steht in Wechselwirkung mit der Erde und dem Weltall (z. B. Sonnenstrahlung). Für eine zutreffende Prognose müsste der Ist-Zustand für jeden Punkt der Atmosphäre bis auf eine Höhe von 30–50 km und entsprechende Wechselwirkungen perfekt erfasst und deren Entwicklung errechnet werden. Dies ist aber nicht möglich.

b) Wann sind Prognosen relativ zuverlässig und wann Unsicherheiten sehr gross?

Bei stabilen Lagen (z. B. in einem umfangreichen Hochdruckgebiet) ist die Trefferquote hoch, das Wetter verändert sich nur wenig von Tag zu Tag. Bei labilen Lagen (z. B. in einem Tiefdruckgebiet oder bei gewitterhaftem Wetter) ist die räumliche und zeitliche Veränderung gross, die Unsicherheit gross und die Vorhersagequalität schlechter.

c) Warum unterscheiden sich die Wetterprognosen der einzelnen Anbieter?

Es gibt unzählige Wettermodelle. Die Prognosedienste verfügen über unterschiedliche Datengrundlagen und interpretieren diese auch unterschiedlich. Dies kann insbesondere bei labilen Lagen zu sehr unterschiedlichen Prognosen führen.

2. Welche Wetterparameter sind für eine Tourenplanung relevant?

Niederschlag: Menge, Intensität, zeitlicher Verlauf, räumliche Verteilung, Typ (schauerartig oder länger anhaltend), Gewitter, Form (Regen, Schnee, Hagel etc.), Schneefallgrenze

Bewölkung: Menge, Typ, zeitlicher Verlauf, räumliche Verteilung, Wolkenbasis, Wolkenobergrenze, Nebel, Sicht, Sonnenscheindauer **Wind:** Richtung, Stärke, Mittelwind, Böenspitzen, zeitlicher Verlauf, räumliche Verteilung **Temperatur:** Tiefst- und Höchsttemperatur, zeitlicher Verlauf, Höhenverteilung (Inversion?), Nullgradgrenze, Windchill (Wind), Schwüle (Luftfeuchte) **(Un-)Sicherheit:** Ist die Wetterprognose eindeutig oder bestehen grössere Unsicherheiten? Was genau ist unsicher (einzelne Elemente oder ganzer Tag)?

3. Welche Tools habt ihr bisher für Wetterprognosen benutzt?

Die TN nennen Quellen (Weblinks, Apps, Print, Radio, TV, Beobachtungen, Bauernregeln etc.) und Erfahrungen betreffend Qualität und Zuverlässigkeit.

ANIMATION 2: WETTERPROGNOSE ERSTELLEN

Dauer: ca. 25 Minuten

Material: Schreibzeug, Apps von MeteoSchweiz, Windy und Meteoblue, Checkliste Wetterprognose (**Karte 5**)

Eine Wetterprognose, die weiter als 24 Stunden in die Zukunft reicht, lässt sich in der Regel nur mittels Wettercomputern erstellen. Die Wetterberichte der Wetterdienste basieren auf verschiedenen Prognosemodellen. Ein direkter Zugriff auf die Vorhersagemodelle mit spezifischen Wetterinformationen für die Tourenplanung ist über das Web oder Apps möglich. Das Angebot ist mittlerweile umfangreich und ermöglicht eine Einschätzung der lokalen Wetterentwicklung.

Lernziel

Die TN nutzen Wetterinformationsquellen von Web und Apps und lernen sie dabei besser kennen. Sie können mit Hilfe dieser Tools das Wetter für die nächsten Tage einschätzen.

Hintergrundinformation: Bei stabilem Hochdruckwetter genügt meist ein kurzer Wettercheck, bei labilen Verhältnissen muss mehr Zeit in die Wetterprognose investiert werden, um das gute Wetterfenster zu treffen und unnötige Risiken zu vermeiden.

Anleitung

- 1. Wissen erarbeiten:** In Animation 1 wurde folgende Frage gemeinsam beantwortet: Welche fünf Wetterparameter sind wichtig für die Tourenplanung?
Die fünf Parameter nochmals auffrischen: Niederschlag, Bewölkung, Wind, Temperatur, (Un-)Sicherheit.
- 2. Wissen umsetzen:** Die TN erstellen in Zweiergruppen mit Hilfe von Wetterlinks und -apps Wetterprognosen für die kommenden Tage im Tourengebiet. Jede Gruppe prognostiziert einen anderen Tag, so dass am Schluss eine Mehrtagesprognose vorliegt. Als Hilfsmittel kann die Checkliste Wetterprognose (3 Ex., → **Karte 5**) verwendet werden. Dazu sollen die Fragen in der Spalte 2 der Checkliste für eine strukturierte Analyse beantwortet werden. Tipp: Pro Parameter zuerst nur eine App (z. B. MeteoSchweiz) konsultieren. Das Ergebnis kann bei Unsicherheit oder falls noch Zeit bleibt mit einer weiteren App verglichen werden.
- 3. Präsentation Wetterprognose:** Jedes Zweierteam beginnt idealerweise mit der Prognose für morgen, dann für übermorgen, dann für Tag 3 etc. Dabei sollen jeweils alle relevanten Wetterparameter (und allfällige aktive Wetterwarnungen) erwähnt werden.
- 4. Wissen in der Praxis anwenden:** An den Folgetagen kann die Prognose anhand der realen Wetterverhältnisse überprüft werden. Der Coach fragt die TN, ob ihre Vorhersagen zutreffend waren. Gemeinsam kann besprochen werden, was gut und was weniger gut vorhergesagt wurde. Was sind mögliche Gründe für eine falsche oder zutreffende Prognose?

ANIMATION 3: AKTUELLES WETTER ÜBERBLICKEN

Dauer: ca. 45 Minuten

Material: Schreibzeug, Smartphone mit Apps von MeteoSchweiz, Windy und Meteoblue, Checkliste Aktuelles Wetter

Web und Apps sind nicht nur für Wettervorhersagen hilfreich, sondern zeigen uns auch das aktuelle Wetter in der weiteren Umgebung. Damit lässt sich die aktuelle Wettersituation besser als nur mit Augenbeobachtung überblicken. Kurzfristige Vorhersagen für die nächsten Stunden sind aber auch ohne Wettermodelle, also nur mit Augenbeobachtung möglich.

Lernziel

Die TN versuchen das aktuelle Wetter in der Region mit Hilfe von Apps und Weblinks zu erfassen und zu überwachen.

Anleitung

1. Wissen erarbeiten: Der Coach fragt die TN: Welche Hilfsmittel unterstützen bei der Beurteilung der aktuellen Wetterlage? Diskussion in der Gruppe.

Mögliche Antworten:

Wetterstationen: aktuelle Messwerte (Temperatur, Sonnenschein, Regen, Wind, Luftdruck, Schnee)

Wettermeldungen (Hagel etc.)

Webcams

Regenradar

Blitzortung

Satellitenbild

(und Radiosondierungen, Windprofiler, LIDAR, Ceiliometer, Radiometrie, GPS-Messnetz, Flugzeugmessungen, Ozonmessungen, Strahlungsmessnetz, Pollenmessnetz, Aerosolmessungen; Details siehe: www.meteoschweiz.admin.ch)

2. Wissen umsetzen: In Zweiergruppen wird die aktuelle Wetterlage angeschaut. Als Hilfsmittel kann die Checkliste Aktuelles Wetter verwendet werden. Dazu sollen die Hilfsfragen in der Spalte 2 der Checkliste für eine strukturierte Beobachtung beantwortet werden. Tipp: Pro Parameter sollen zuerst nur die Tools der App MeteoSchweiz konsultiert werden. Bei Unsicherheit oder falls noch Zeit bleibt, kann das Ergebnis mit den Informationen anderer Apps verglichen werden.

3. Präsentation Wetterprognose: Jede Zweiergruppe präsentiert jeweils nur einen beobachteten Parameter (Niederschlag, Bewölkung etc.). Die anderen Zweiergruppen ergänzen die Erkenntnisse mit ihren Informationen. Finale Fragen nach Besprechung der einzelnen Beobachtungen: Wo in der Schweiz herrscht aktuell (und in den nächsten Stunden) das beste / das schlechteste Tourenwetter? Bestehen Risiken für die geplante Tour und wenn ja, welche?

4. Wissen in der Praxis anwenden: An den Folgetagen kann die Wetterbeobachtung wiederholt werden. Hat sich die Situation gegenüber dem Vortag verändert?

CHECKLISTE WETTERPROGNOSE

WETTERPROGNOSE





















Wo findest du die nötigen Informationen? Was findest du wo bei welcher App?
 Wichtig: mehrere Wege führen zum Ziel! Manchmal genügt es, nur eine App anzuschauen. In fetter Schrift ist die Informationsquelle erster Wahl, in normaler Schrift sind Alternativen aufgeführt.

Parameter	Was gilt es zu prüfen?	 App MeteSchweiz	 App Meteoblu	 App Windy (.com)
Niederschlag 	<ul style="list-style-type: none"> Menge? Intensität? Typ (Dauerregen oder Schauer / Gewitter)? Wo, wann und wie lange regnet es? Höhe der Schneefallgrenze? 	Animationen > Regen (Wetterbericht, Favoritenstandort, Wochenprognose > Höhenlage)	Meteogramme > Meteogramm 5 Tage (Niederschlag) über (Wetter-)Karten: «Beliebte Karten» > Wolken und Niederschlag «Mehr Karten» > Wetterrisiko	Wetterkarten: Regen / Gewitter, Regenmenge Neuschnee, Niederschlagsart, Gewitter Punktvorhersage: Meteogramm
Bewölkung 	<ul style="list-style-type: none"> Menge? Wolkenart? Wo, wann und wie lange scheint die Sonne? Wolkenbasis, Wolkenobergrenze? Nebel? Sicht? Sonnenscheindauer? 	Animationen > Bewölkung (Wetterbericht, Favoritenstandort)	Meteogramme > Meteogramm 5 Tage (Wolkenbedeckung) (Wetter-)Karten: «Beliebte Karten» > Wolken und Niederschlag, Sonnenstunden, «Luffahrt und Wolken» > Wolkenbedeckung Meteogramme: Multimodell 7 Tage > Wettersymbolvergleich	Wetterkarten: Wolken Punktvorhersage: Meteogramm
Wind 	<ul style="list-style-type: none"> Richtung und Stärke? Mittelwind vs. Böenspitzen? Zeitlicher Verlauf und regionale Verteilung? 	Wochenprognose > Höhenlage (Wetterbericht, Animation > Wind: Layers: 10 m Wind, 10 m Böen, 2000 m Wind)	Meteogramme > Meteogramm 5 Tage (Wind) (Wetter-)Karten: mittlerer Wind (10 m bis 600 mb), Böen, Windanimation (10 m bis 600 mb) «Mehr Karten» > Wetterrisiko Meteogramme: Multimodell 7 Tage (Windgeschw., -richtung)	Wetterkarten: Wind (Boden – 4000 m) Punktvorhersage: Meteogramm und Airgramm (Wind 0 – 600 hPa)
Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> Höchst- und Tiefsttemperatur? Nullgradgrenze? (Windchill, Schwüle) 	Wochenprognose > Wetter (Wetterbericht, Favoritenstandort, Animation > Temperatur)	Meteogramme > alle (Wetter-)Karten: «Beliebte Karten» > Temperatur und Höhe (GPH), «Temperatur und Feuchtigkeit» > Nullgradhöhe	Punktvorhersage: Meteogramm Wetterkarten: Temperatur (Boden – 4000 m)
(Un-)Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> Ist Prognose klar und eindeutig oder ist sie unsicher? 100 % = sicher, 0 % = alles ist möglich Differenziere, was klar und was unsicher ist. 	Favoritenstandort (transparenter Bereich = Unsicherheit von Niederschlag und Temperatur) (Vergleich mit anderen Apps oder Wetterberichten)	Meteogramme > Meteogramm 14 Tage und Multimodell 7 Tage (Wetter-)Karten: Niederschlagswahrscheinlichkeit	Wetterkarten: Vergleiche Modelle ECMWF 9 km auf GFS22 km, ICON-EU7 km etc. Punktvorhersage: Tippe auf Karte, dann auf FCST MODEL, anschl. Modell wechseln (Meteogramm / Airgramm) oder Button «Vorhersagen vergleichen» (Vergleich mit anderen Apps oder Wetterberichten)
Wetterwarnung 	<ul style="list-style-type: none"> Ist eine Wetterwarnung aktiv? Zeitraum, Region? 	Gefahren > ev. Naturgefahrenbulletin	Alternative Schweiz und Europa: Europa offiziell:	alarm.meteocentrale.ch meteoalarm.org

CHECKLISTE AKTUELLES WETTER

BEOBACHTUNGEN

Was findest du wo bei welcher App? Wichtig: mehrere Wege führen zum Ziel. Oft genügt es, nur bei einer App einen Parameter anzuschauen.

Parameter	Hilfsfragen	Tools	 App MeteSchweiz	Alternativen und Ausland
Niederschlag 	<ul style="list-style-type: none"> Niederschlagsmenge letzte 24 h? Wo fällt aktuell Niederschlag? Intensive kleine Zellen oder Landregen? Zugrichtung der Niederschlagszellen? Zellen eher ausbreitend oder auflösend? 	Regenradar	Animationen > Niederschlag Messwerte > Niederschlag	 App Windy > Wetterradar <hr/>  App Meteoblue > Radar
Schneelage 	<ul style="list-style-type: none"> Neuschneesumme der letzten 24 h? Aktuelle Schneehöhe? Höhenlage der Schneegrenze? 	Regenradar	Animationen > Niederschlag, hier Layer Niederschlagstyp aktivieren	SAC Tourenportal: Kartenebenen > Schneehöhen, Schneebedeckung www.avalanches.org
		Messdaten	Messwerte > Temperatur, Taupunkt, Schneehöhe	 App WhiteRisk > Messwerte: Schnee, Temperatur
		Webcams	Messwerte > Webcams	Webcams nach Regionen und Höhe
Gewitter 	<ul style="list-style-type: none"> Wo sind Gewitter aktiv? Viele Blitzentladungen? Hagelmeldungen? 	Regenradar mit Blitzentladungen	Animationen > Niederschlag, hier Layer Blitze und Hagel aktivieren	 App Windy > Wetterradar
Wolken und Nebel 	<ul style="list-style-type: none"> Wo scheint die Sonne? Wo ist es bewölkt? Höhe der Wolkenuntergrenze (oder -obergrenze)? 	Satellitenbild	Wetterbericht Favoritenstandort Animation > Bewölkung Messwert > Sonnenscheindauer	 App Windy > Satellit  App Meteoblue > Satellit
		Webcams	Messwerte > Temperatur, Luftfeuchte, Webcams	 App Windy > Layer Webcams aktivieren
Wind 	<ul style="list-style-type: none"> Windrichtung und -stärke in der Höhe? Gibt es Föhn? 	Messdaten: Wind	Wetterbericht Animation Wind (10 m Wind, 10 m Böen, 2000 m Wind), Wochenprognose Höhenlage	 App WhiteRisk > Messwerte: Wind  App Windy > Layer gemeldeter Wind aktivieren
Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> Höhe der Nullgradgrenze? Temperatur auf 2000 m? Temperatur in Tallagen? 	Messdaten: Temperatur	Wetterbericht Favoritenstandort, (Animation > Temperatur), Wochenprognose Höhenlage	 App WhiteRisk > Messwerte: Temperatur  App Windy > Layer gemeldete Temperatur aktivieren
Luftdruckverlauf 	<ul style="list-style-type: none"> Aktueller Luftdruck? Luftdruckverlauf letzte 24 h? 	Messdaten: Luftdruck	Messwert > Luftdruck, dann auf Station in der Nähe tippen (ideal: Bergstation)	
Wetterwarnungen 	<ul style="list-style-type: none"> Wetterwarnung aktiv? Zeitraum und Region? 	Warnungen	Gefahren > ev. Naturgefahrenbulletin	alarm.meteocentrale.ch <hr/> metealarm.org

MODUL 3 – WETTERPROGNOSE MIT HILFE VON WIND UND WOLKEN



Abb. 4: Morgenrot auf dem Niederhorn. Mit dem Hampelmann kann die Lage des wetterbestimmenden Hochs und des Tiefs bestimmt werden.

Inhalt: Animation 1	Der Hampelmann	Karte 7 und 8
Animation 2	Wolkenbestimmung	Karte 9 und 10, Kartenset A6 11.1 bis 11.10

Warum dieses Modul?

Im Alpenraum ist es, wegen der lückenhaften Abdeckung der Mobilfunknetze, nicht überall möglich, sich mit Hilfe eines Smartphones über das laufende Wetter zu informieren. Deshalb sollte es für einen naturverbundenen Menschen eine Selbstverständlichkeit sein, unterwegs die Entwicklung der Wolken, der Windrichtung und -geschwindigkeit, die Sichtweite oder die Änderung des Luftdrucks stets im Auge zu behalten. Die Veränderungen dieser Wetterelemente können erste Hinweise für einen Wetterwechsel liefern.

Wer das Wetter immer wieder aufmerksam und systematisch beobachtet, wird mit der Zeit über einen Erfahrungsschatz verfügen, der wetterbedingte Entscheidungen einfacher macht.

Hinweis: Je mehr Wetterelemente gleichzeitig im Blick behalten werden (Wind und Wolken, Sicht und Luftdruck), desto zuverlässiger wird die Wetteranalyse und -prognose mit Hilfe von Wind und Wolken.

ZWEI VORSCHLÄGE FÜR DIE EINLEITUNG INS THEMA

Vorschlag 1: Welche Bauernregel könnte zum Bild auf der Vorderseite passen?

Antwort: Eine Bauernregel besagt: «Morgenrot Schlechtwetterbot». Diese Bauernregel traf an diesem Tag zu. Nach intensivem Morgenrot herrschte tagsüber Regenwetter. Morgenrot tritt auf, wenn die aufgehende Sonne im Osten die Wolken über dem Standort anstrahlen kann. Im Osten herrscht also klares oder zumindest heiteres Wetter und gleichzeitig ziehen aus Westen bereits Wolken auf. Morgenrot ist häufig bei Föhn oder aufziehenden Warmfronten zu beobachten. Umgekehrt gilt die Regel «Abendrot Gutwetterbot». Die Wolken werden von der Abendsonne im Westen beleuchtet. Basis dieser zwei Bauernregeln ist die Tatsache, dass das Wetter in Mitteleuropa in der Regel von Westen kommt. Das Wetter im Westen sollte sich also durchsetzen.

Vorschlag 2: Welche wetterbedingten Gefahren treffen Bergsportlerinnen und Bergsportler in den Bergen an?

Der Coach schreibt die nachfolgenden wetterbedingten Gefahren, gefährlichen Wettererscheinungen sowie die direkten und indirekten Folgen auf kleine Zettel (Post-it) und lässt diese durch die TN ordnen bzw. zuordnen.

Gefährliche Wettererscheinungen: Gewitter, Kaltfrontdurchgang (Wetterwechsel, Föhn, ...)

Gefährliche Wetterbedingungen: Hohe Strahlung, Hitze, Kälte, Lufttrockenheit, starker Wind, Niederschlag, (Schnee-)Sturm, Blitz und Donner, Nebel, Wolken, ...

Indirekte Folgen: Schlechte Sicht, Whiteout, rutschiges Gelände (Tau, Reif, Eis), Steinschlag, Lawinen, Überschwemmungen, ...

Direkte Folgen: Sonnenbrand, Hitzestau/-schlag, Schneblindheit, Dehydrierung, Unterkühlung, Orientierungsverlust, Blitzschlag, ...

Die Liste ist nicht abschliessend. Sie soll aufzeigen, warum es wichtig ist, im Gebirge die Wetterentwicklung beurteilen zu können.

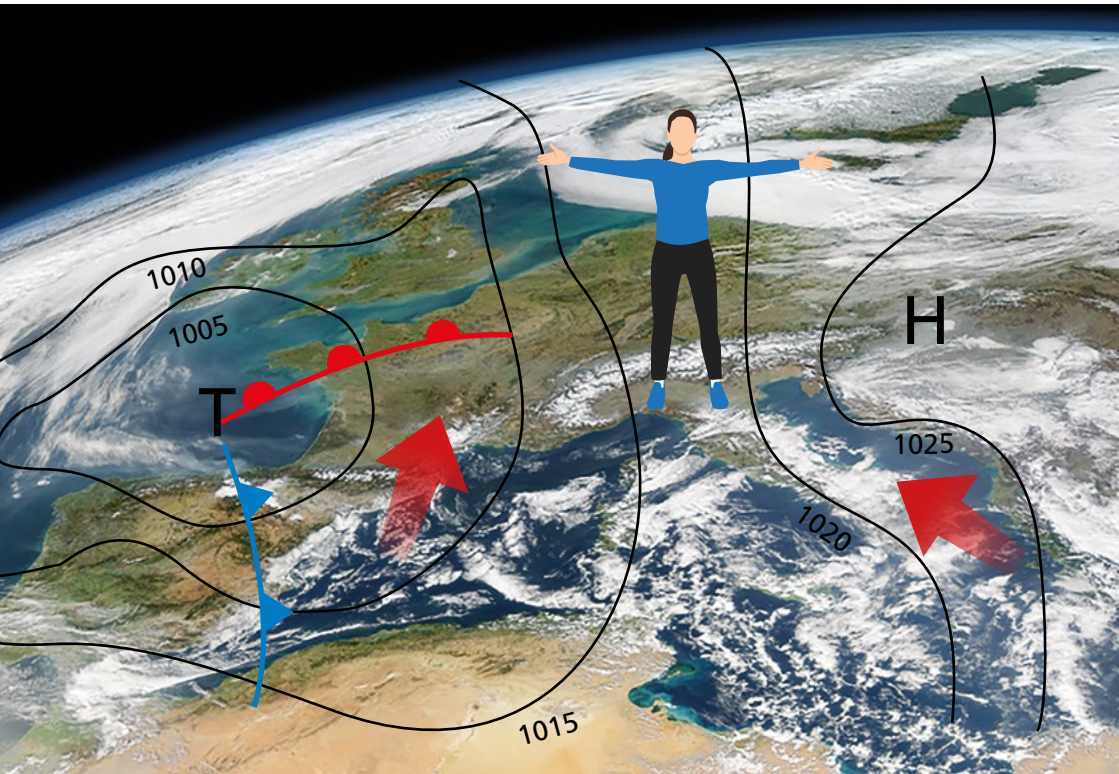


Abb. 5: Hampelmann (Teil 1)

ANIMATION 1: HAMPELMANN (TEIL 1)

Auch ohne Web und App lässt sich die grossräumige Wetterlage und die Entwicklung für die nächsten Stunden abschätzen. Als Hilfsmittel kann der «Hampelmann» verwendet werden.

Lernziel

Die TN können die ungefähre Position des wetterbestimmenden Hoch- und Tiefdruckgebietes mit Hilfe der Hampelmann-Animation bestimmen und den Wittertrend für die nächsten 24 Stunden daraus ableiten. Die TN können den für die kurzfristige Wetterentwicklung massgeblichen Sektor bestimmen.

Dauer: ca. 15 Minuten

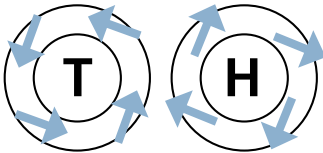
Material: Kompass oder entsprechende App, **Karten 7 und 8**

Hinweis:

Ein aussichtsreicher Standort und ein leicht bis stark bewölkter Himmel sind für diese Animation ideal. Bei schwachem Höhenwind und wolkenlosem Himmel ist die Bestimmung der Position des wetterbestimmenden Hochs oder Tiefs schwierig bis unmöglich.

Anleitung

Der Coach liefert der Gruppe folgende Hintergrundinformationen: Der Wind in der Höhe (>3000 m) weht nicht vom Hoch- zum Tiefdruckgebiet, sondern im Gegenuhrzeigersinn um das Tief und im Uhrzeigersinn um das Hoch herum (auf der Nordhalbkugel), Ursache dafür ist die Corioliskraft (> siehe Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, S. 37).



- 1) Der Coach fragt die TN, wie die aktuelle Position des Hochs und des Tiefs bestimmt werden könne. Antwort: Mit dem «Hampelmann» → Ziel dieser Animation.
- 2) Der Coach spielt mit den TN die folgende Anleitung für den Hampelmann (Teil 1) durch:
 - a) Alle TN beobachten die Zugrichtung der Wolken, idealerweise die Wolken zwischen 3000 und 6000 m Höhe. (Nur auf einem exponierten Gipfel kann alternativ auch die lokale Windrichtung bestimmt werden.)
 - b) Alle TN positionieren sich so, dass sie genau dorthin blicken, von wo die Wolken aufziehen. (Auf dem exponierten Gipfel schauen die TN in den Wind).
 - c) Alle TN strecken nun beide Arme seitwärts aus. Die Arme befinden sich im rechten Winkel zur Wolkenzugbahn oder zum Gipfelwind (wie Figur in **Abb. 5**).
 - d) Der linke Arm zeigt direkt zum Hochdruckgebiet, der rechte Arm zeigt direkt zum Tiefdruckgebiet.
 - e) Die TN nennen die Himmelsrichtung, in welcher sich das Hoch- und das Tiefdruckgebiet befinden. Die ungefähren Himmelsrichtungen können mittels Kompass, Sonnenstand oder Landkarten bestimmt werden.
 - f) Die Antworten können anschliessend mit einer aktuellen Wetterkarte oder einer Satellitenbildanimation überprüft werden. Eine Liste spannender Wetter-Links (Wetterkarten, Satellitenbildanimationen u.a.) ist unter www.sac-cas.ch/de/envirottools verfügbar.

Was bringt uns das Wissen, in welcher Richtung das Tief- und Hochdruckgebiet liegen?

→ Fortsetzung nächste Karte

ANLEITUNG INTERPRETATION ANIMATION 1 (TEIL 1)

Der Coach diskutiert mit den TN die Interpretation der **aktuellen Wetterlage** und der **Wettervorhersage**, stellt die entsprechenden Fragen und ergänzt die Antworten der TN.

Interpretation der **aktuellen Wetterlage**:

Wir wissen nun, in welcher Richtung sich das Hoch- und Tiefdruckgebiet aktuell befinden.

Inwiefern hilft uns dieses Wissen bei der Beurteilung des Wetters?

Antwort: In Richtung des Tiefs ist das Wetter meist trüber (mehr Wolken, Regen, Wind) als am aktuellen Standort, in Richtung des Hochs ist das Wetter stabiler (sonniger und trockener).

Interpretation für die **Wettervorhersage**:

Die Alpen befinden sich in der Westwindzone. Unser Wetter kommt also häufig von Westen. Diese Faustregel hilft uns nun bei der Wetterprognose für die nächsten 24 Stunden.

Ist jetzt das Hoch oder das Tief westlicher in Europa?

Antwort: Falls das Hoch westlicher liegt (die Wolken ziehen am Beobachtungsort tendenziell von Nord nach Süd), ist in den nächsten 24 Stunden eher mit einer Wetterbesserung zu rechnen. Falls das Tief westlicher liegt (die Wolken ziehen am Ort tendenziell von Süd nach Nord), ist eine Wetterverschlechterung wahrscheinlich. → **MERKE:** Diese Faustregel gilt nur, wenn das Wetter von Westen kommt. Sie trifft also häufig, aber nicht immer zu!

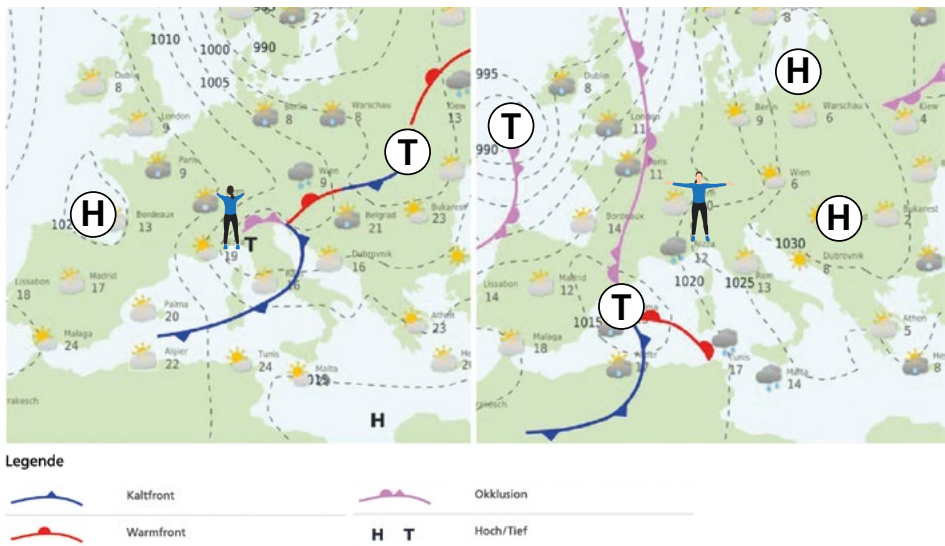


Abb. 6: Auf den zwei Wetterkarten liegt einmal das Tief und einmal das Hoch westlicher.
Quelle: meteoschweiz.ch



Abb. 7: Hampelmann (Teil 2)

ANIMATION 1: HAMPELMANN (TEIL 2)

Dauer: 5 Minuten

Material: –

Anleitung

Die Position des Hochs und des Tiefs sowie der 24-Studentrend sind nun bekannt. Aber wie entwickelt sich das Wetter in den nächsten Stunden?

- 1) Alle TN nehmen wieder die exakte Position des Hampelmanns aus Übung 1 ein.
- 2) Alle TN bewegen beide Arme je 45° nach vorne (wie Figur **Abb. 7**).
- 3) Die Arme bezeichnen nun einen 90°-Sektor, der für die nächsten Stunden von Interesse ist: aus diesem Sektor zieht das Wetter, in ihrem Rücken der TN befindet sich das vergangene Wetter, in ihrem Blick haben sie das kommende Wetter.
- 4) Was siehst du? → **Wolkenbestimmung, siehe Animation 2**
- 5) Der Coach stellt den TN folgende Abschlussfrage: Was können wir unabhängig von der Wolkenform jetzt schon interpretieren?

Antwort: Ziehen die Wolken nur langsam, dann ändert sich das Wetter mit mässiger Geschwindigkeit. Ziehen sie aber schnell oder habe ich den Sektor wegen Bergen, Felswänden oder Bäumen nicht im Blick, dann ist eine plötzliche bzw. überraschende Wetteränderung möglich.

ANIMATION 2: WOLKENBESTIMMUNG

Dauer: ca. 45 Minuten **Material:** Karte 9, 10, Kartenset Wolkengattungen 11.1–11.10

Manchmal künden die Wolken die weitere Wetterentwicklung an. Lassen sich die Wolken einer Wolkengattung zuordnen und sind die Eigenschaften der Gattung bekannt, so können die Wolken als Wetterzeiger dienen. Dies erlaubt unter Umständen eine kurzfristige Prognose.

Lernziel

Die TN kennen die einzelnen Wolkengattungen und können die Wolken bestimmen. Sie wissen, welche Wolken sich besonders für eine kurzfristige Prognose eignen.

Anleitung

Der Coach und die TN erarbeiten das Wissen zur Wolkenbestimmung gemeinsam mittels nachfolgender Fragen, Informationen und der Tabelle «Die 10 Wolkengattungen» (→ Tab. 1, S. 18).

Teil A Wissen erarbeiten

Information des Coachs an die TN:

Die Einteilung der Wolken in 10 Gattungen erfolgt nach Höhe und Form. Es gibt drei Wolkenstockwerke: hohe Wolken, mittelhohe Wolken, tiefe Wolken.

Frage des Coachs an die TN: Warum gibt es genau drei Stockwerke?

Antwort: Weil es drei Typen von Wolken gibt: **Wasserwolken** aus Wassertropfen (= tiefe Wolken, in ca. 0–2 km Höhe), **Mischwolken**, bestehend aus Wassertropfen und Eiskristallen (= mittelhohe Wolken, in ca. 2–7 km Höhe) und **Eiswolken**, bestehend aus Eiskristallen (= hohe Wolken, in ca. 7–13 km Höhe).

Frage des Coachs an die TN: Wie heissen die zwei Grundformen der Wolken?

Antwort: Auftürmende, blumenkohlartige Quellwolken heissen **Cumulus**, flache Schichtwolken heissen **Stratus**. Diese Quell- und Schichtwolken finden sich in allen drei Wolkenstockwerken.

Informationen des Coachs an die TN anhand der Tabelle «Die 10 Wolkengattungen»

(→ Tab. 1 und Abb. 8): Hohe Wolken (> 7 km) nennen sich immer «**Cirro-**», also Federwolke. Diese EIS-Wolken sind kälter als –40°C. Im obersten Stockwerk gibt es drei Wolkengattungen: **Cirrocumulus** (hohe Schäfchenwolke), **Cirrostratus** (Schleierwolke) und **Cirrus** (Federwolke).

Mittelhohe Wolken (2–7 km) heissen «**Alto-**». Diese WASSER-EIS-Wolken haben eine Temperatur von 0° bis –40°C. Hier gibt es zwei Wolkengattungen: **Alto cumulus** (mittelhohe Schäfchenwolke) und **Altostratus** (mittelhohe Schichtwolke).

Bei den tiefen WASSER-Wolken (0–2 km) gibt es drei Wolkengattungen: **Cumulus** (Quellwolke), **Stratus** (Schichtwolke; im Alltag: Nebel- und Hochnebel) und **Strato cumulus** (schichtförmige Quellwolke). Alle bisher genannten Wolken bringen kaum oder nur wenig Niederschlag. Fällt aus einer Wolke Niederschlag, dann erhält sie den Zusatz «-nimbo-» (= Regen). Diese Wolken werden auch zur tiefen Wolkenschicht gezählt. Eine Schichtwolke, die Regen bringt, heisst **Nimbostratus**, eine Quellwolke, die Regen bringt, heisst **Cumulonimbus**, (im Alltag: Platzregen oder Gewitter).

Die 10 Wolkengattungen		Wolkenform		
		Cumulus (Quellwolke)	Mischformen	Stratus (Schichtwolke)
Cirro-hohe Wolken (Eiswolken) 7–13 km Höhe		Cirrocumulus	Cirrus	Cirrostratus
Alto-mittelhohe Wolken (Wolken aus Eis und Wasser) 2–7 km Höhe		Alto cumulus		Altostratus
tiefe Wolken (Wasserwolken) 0–2 km Höhe	ohne Niederschlag	Cumulus	Stratocumulus	Stratus
	Nimbo- mit Niederschlag	Cumulonimbus		Nimbostratus

Tab. 1: Übersicht der 10 Wolkengattungen, nach Wolkenschicht und Form gegliedert.

Teil B Wissen umsetzen

- Jede/r TN nimmt 1 bis 2 Karten des → **Kartenset A6 Wolkengattungen 11.1–11.10**
- Alle TN machen sich mit den Informationen auf der Rückseite vertraut.
- Anschließend präsentieren die TN nacheinander ihre Wolkenbilder und nennen nur die Eigenschaften der Wolke.
- Die TN versuchen zuerst, die Wolkenschicht (hoch, mittel, tief) zu bestimmen. Ziel: Reduktion der zur Auswahl stehenden Wolkengattungen. Erst dann soll versucht werden, die konkrete Wolkengattung zu bestimmen. Als visuelle Unterstützung kann → **Tab. 1 oben** verwendet werden. Alternative: Verwende den Wolkenleitfaden zur Wolkenbestimmung (→ **Abb. 8 auf Karte 10, S.19**).
- Anschließend erklären die TN, auf welche Wetterentwicklung ihre Wolken hinweisen.

Teil C Wissen in der Praxis anwenden

- Nach der theoretischen Wolkenbestimmung versucht die Gruppe, die aktuell sichtbaren Wolken zu bestimmen.

Fragen des Coachs:

- Wie viele Wolkenschichten/-gattungen sind aktuell zu sehen?
Nun wird jede Wolkengattung einzeln betrachtet, idealerweise von der höchsten Wolkengattung bis zur tiefsten.
 - Können die TN die einzelnen Wolkenschichten einer Etage (hoch, mittel, tief) zuordnen?
Idealerweise erfolgt die Zuordnung von der höchsten Wolkenschicht zur tiefsten.
 - Können die TN die Wolke einer konkreten Wolkengattung zuordnen?
 - Mit Hilfe der Wolkenkarte teilt ein TN die Vorhersagemöglichkeit der Wolkengattung mit.
 - Punkt b) bis d) für jede Wolkengattung wiederholen.
- Zu einem späteren Zeitpunkt kann die Wolkenbestimmung wiederholt werden, um das erarbeitete Wissen zu festigen.
 - Die TN achten während der weiteren Kursdauer darauf, ob «ihre» Wolken zu sehen sind. Sie informieren die Gruppe, sobald sich «ihre» Wolke am Himmel zeigt.

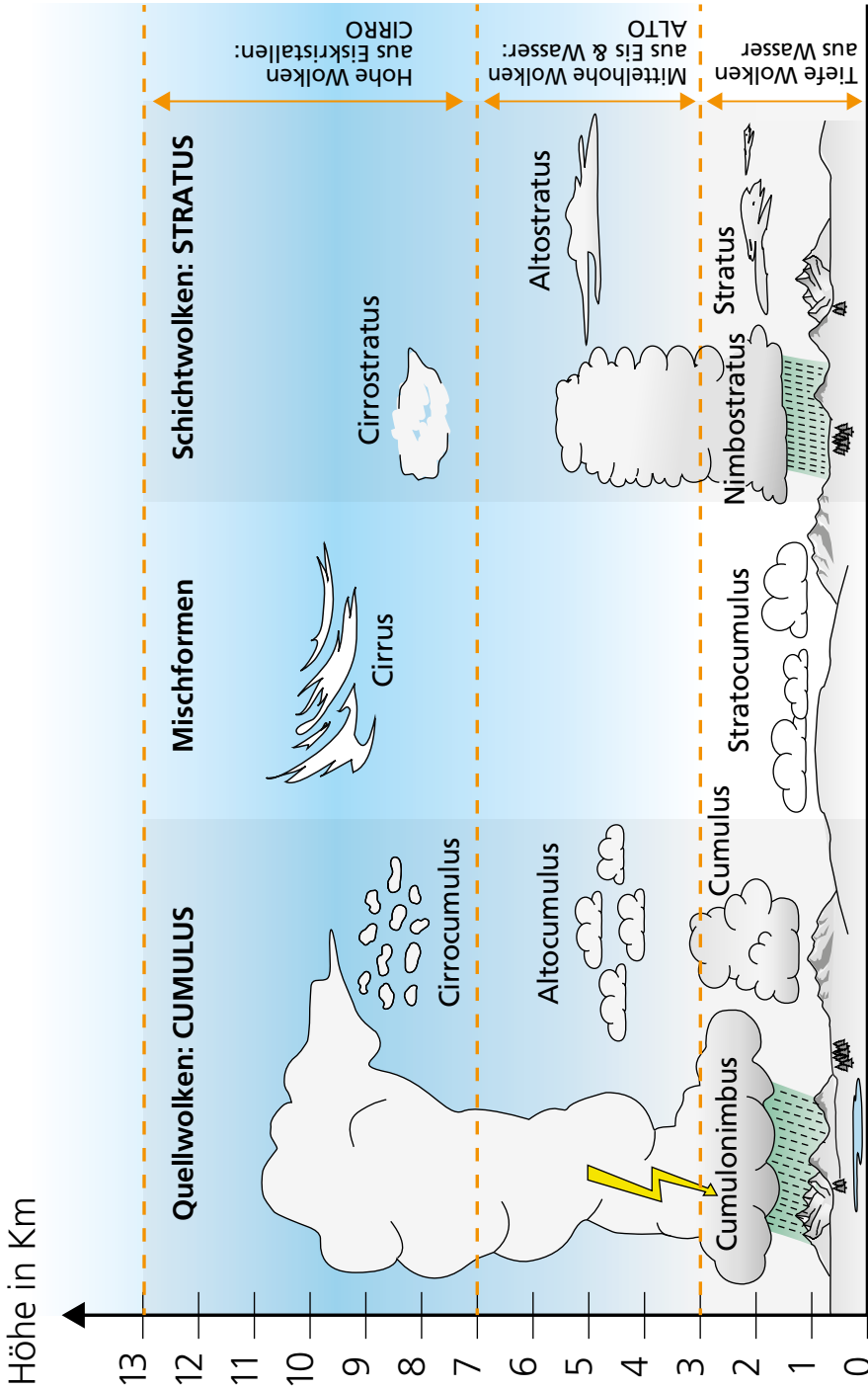


Abb 8: Übersicht über die zehn Wolkengattungen. WISSEN: Cirrus = Federbusch, Haarlocke; Stratus = Schicht; Cumulus = Haufen (Quellwolke); Alto = mittelhohe Wolken; Nimbus = Regen (Worblaufen)

LEITFADEN ZUR WOLKENERKENNUNG

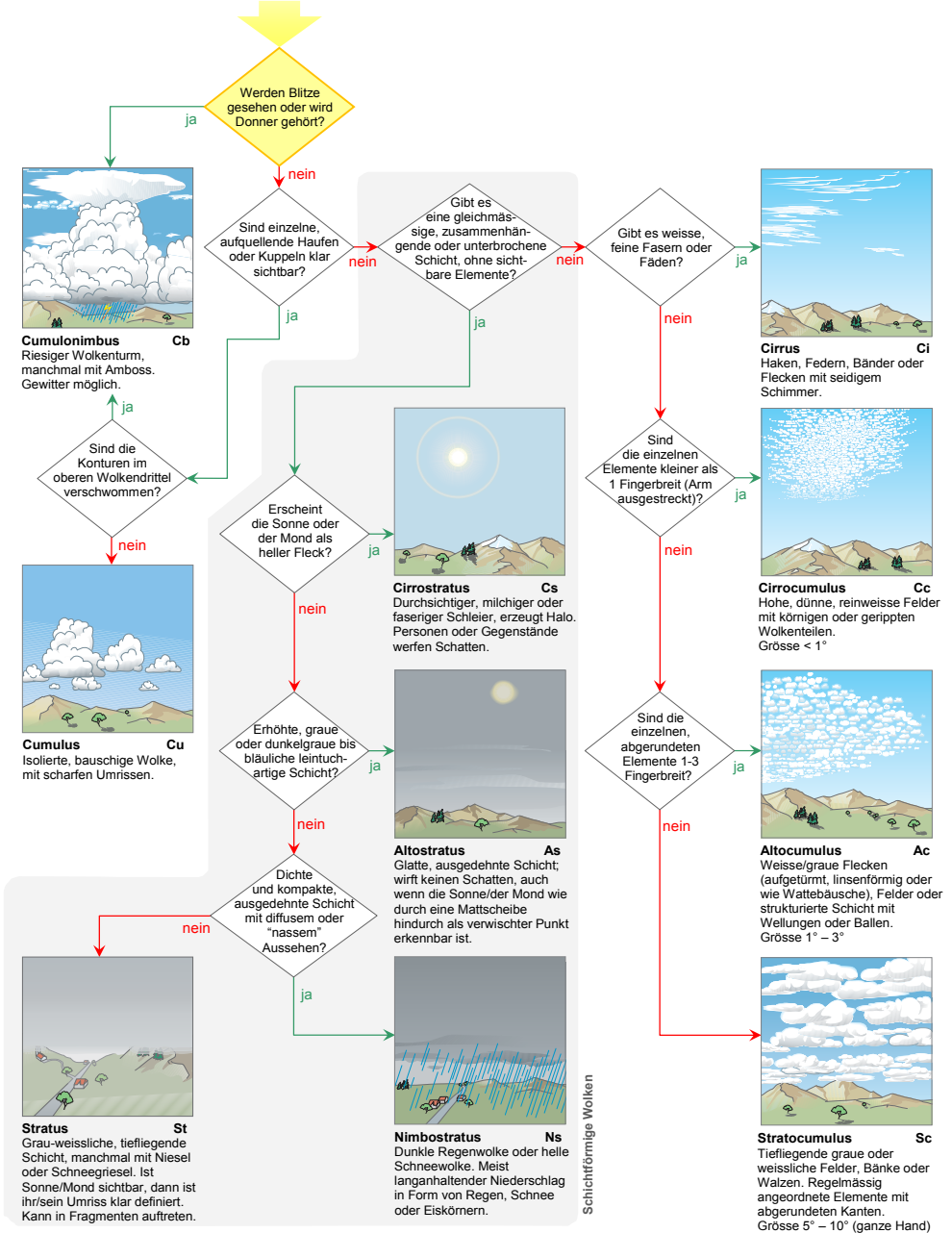


Abb 9: Quelle: Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz



Quelle: Philippe Gyarmati

Cirrus (Federwolke)

Eigenschaften:

Feine, weisse Wolke in Form von Fäden, schmalen Bändern oder Flocken. Cirren bestehen aus Eiskristallen. Auch die Kondensstreifen der Flugzeuge zählen zu dieser Wolkengattung.

Prognose:

1) Generell keine Prognose. Cirren treten oft in grosser Distanz von wetterwirksamen Frontalzonen auf. Prognostisch sind sie daher in der Regel bedeutungslos und es heisst: «Bei Cirren kann man sich irren».

2) Ausnahme Hakencirren bei Warmfrontaufzug: langsame Wetterverschlechterung. Wenn der Wind die Enden der Cirren zu Haken oder Kommas verweht (→ **Vorderseite**), dann sind sie die ersten Anzeichen einer Wetterverschlechterung. Hakencirren treten meist 12 bis 18 Stunden, gelegentlich bis 24 Stunden vor einer Warmfront auf.

3) Ausnahme Kondensstreifen: Lösen sich Kondensstreifen hinter Flugzeugen rasch auf, bleibt das Wetter in den nächsten Stunden stabil. Bleiben die Kondensstreifen lange am Himmel stehen, ist es in der Höhe des Flugzeuges feucht. Das kann ein Hinweis auf eine Wetterveränderung sein.



Quelle: Philippe Gyarmat

Cirrocumulus (hohe Schäfchenwolke)

Eigenschaften:

Seltene Wolkengattung, die aus feinen, hellen Wolkenballen besteht. Die dünnen Wolken weisen (im Gegensatz zum Altocumulus) keine Eigenschatten auf. Zudem sind die einzelnen Ballen klein (Grösse oft geringer als der Daumnagel bei ausgestreckter Hand). Sie sind ebenfalls aus Eiskristallen zusammengesetzt.

Prognose:

Kaum Vorhersagemöglichkeit, tendenziell Wetterverschlechterung. Cirrocumulus kann ein Zeichen für einen Wechsel zu ungünstigem Berg- und Wanderwetter sein. Die Cirrocumuli können (wie die Cirren) in grosser Entfernung von Fronten auftreten und sind deshalb für die Vorhersage nur bedingt nutzbar.



Quelle: Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, SAC-Verlag

Cirrostratus (Schleierwolke)

Eigenschaften:

Weisslicher, durchsichtiger Wolkenschleier. In den aus Eiskristallen bestehenden Wolken können gelegentlich Halo-Erscheinungen beobachtet werden (z. B. ein weisslicher bis schwach farbiger Ring um die Sonne oder den Mond).

Prognose :

Warmfrontaufzug und langsame Wetterverschlechterung. Sich verdichtender Cirrostratus ist – neben den Cirren (Federwolken) mit Haken- und Kommaform (→ Karte 11.1) – häufig der Vorbote für eine sich nähernde Warmfront. In der Regel geht der Cirrostratus später über in Altostratus-Bewölkung (mittelhohe Schichtwolke) (→ Karte 11.5). Dabei verdichten sich die Schleierwolken und die Untergrenze sinkt langsam ab. Cirrostratus tritt meist 9 bis 12 Stunden, gelegentlich bis 16 Stunden vor einer Warmfront auf.

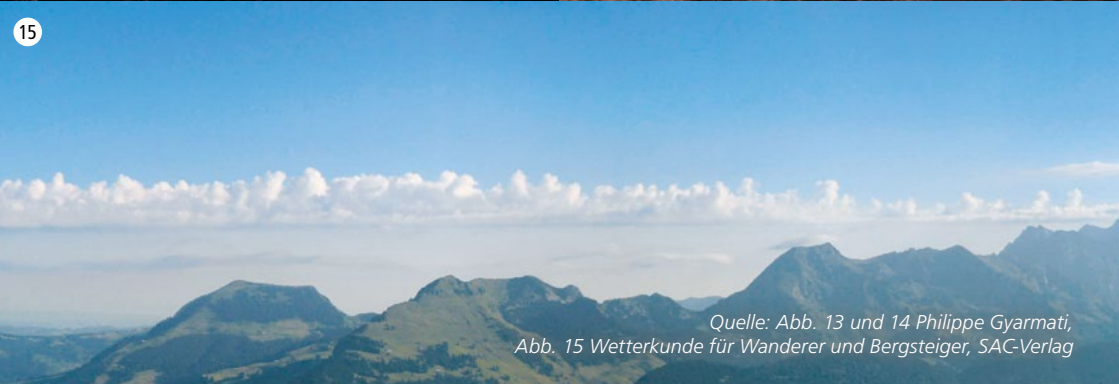
13



14



15



Quelle: Abb. 13 und 14 Philippe Gyarmati,
Abb. 15 Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, SAC-Verlag

Alto cumulus (mittelhohe Schäfchenwolke)

Eigenschaften:

Wolke mit grosser Formenvielfalt. Alto cumuli treten oft in Wellenstruktur oder als Ballen auf. Die einzelnen Ballen sind bei ausgestrecktem Arm meist grösser als ein Daumnagel und kleiner als eine Faust. Alto cumuli bestehen überwiegend aus abgekühlten Wassertröpfchen.

Prognose:

1) Geringe Wetteraktivität. Die gewöhnlichen Alto cumuli sind oft Anzeichen dafür, dass der Randbereich einer Frontalzone durchzieht oder in Auflösung begriffen ist. Alto cumuli sind die letzten Wolken einer sich auflösenden Front. (→ **Abb. 13**)

2) Föhn. Die Alto cumulus lenticularis (Leewellen, Linsenwolken, Föhnfische) formt sich in der Nähe von Gebirgen, wenn der überströmende, starke Wind Wellenbewegungen verursacht. Häufig treten sie schon zu Beginn einer Föhnlage auf, wenn in den Tälern noch keine Hinweise auf Föhn erkennbar sind. Solange die Linsenwolken am Himmel stehen, hält der Föhn an. Alto cumulus lenticularis sind also ein Anzeichen für kurzfristiges, warmes, föhniges Wetter. Auf der Alpennordseite sind sie aber ein Schlechtwetterbote. Sobald sie zerfasern, bricht in der Regel kurz darauf der Föhn zusammen und eine Kaltfront bringt Niederschlag. (→ **Abb. 14**)

3) Wetterverschlechterung / Gewitter. Rasch aus Südwesten aufziehende Alto cumuli mit Türmchen (Alto cumulus castellanus) oder Flockenwolken sind Schlechtwetterboten. (→ **Abb. 15**)
Bilden sich die Türmchen im Sommer in der ersten Tageshälfte, besteht eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit, dass sich 8 bis 12 Stunden später, also am Nachmittag und Abend, Gewitterzellen entwickeln.

Abb. 13: Alto cumulus «Schäfchenwolke» **Abb. 14:** Alto cumulus lenticularis

Abb. 15: Alto cumulus castellanus



Quelle: Philippe Gyarmati

Altostratus (mittelhohe Schichtwolke)

Eigenschaften:

Graue, gleichförmige Schichtwolke, die aus Wassertröpfchen und Eiskristallen besteht. Dünne Schichtwolken sind durchscheinend und lassen Sonne oder Mond noch als hellen Fleck erkennen. Bei Altostratus gibt es, im Unterschied zu Cirrostratus, jedoch keine Halo-Erscheinungen.

Prognose:

Warmfrontaufzug und **bald folgender Niederschlag**. Folgt dem Cirrostratus ein Altostratus, so ist das ein Anzeichen dafür, dass die Warmfront immer näher kommt. Dabei verdichten sich die Wolken zunehmend und die Wolkenuntergrenze sinkt ab. Bald wird Niederschlag fallen. Die Niederschläge erfassen zuerst die hohen Berge und später tiefer gelegene Gebiete. Der Altostratus tritt meist 6 bis 9 Stunden vor dem Durchziehen der Front auf.



Quelle: Philippe Gyarmati

Stratocumulus (schichtförmige Quellwolke)

Eigenschaften:

Graue oder weissliche Wolken, die als grössere Ballen oder Schollen in Schichten den Himmel bedecken. Die einzelnen Elemente sind bei ausgestrecktem Arm meist grösser als eine Faust. Sie bilden den Übergang von Schicht- zu Quellwolken. Bei Stratocumulus ist (wie bei Stratus) in der Höhe immer eine Inversion vorhanden, weshalb sich die Wolke nicht sehr hoch ausdehnen und «wachsen» kann.

Prognose:

Trockenes Wetter. Diese Wolken bringen in der Regel keinen Niederschlag und sind auch nicht Anzeichen für später aufkommenden Regen.



Quelle: Philippe Gyarmati

Stratus (tiefe Schichtwolke bzw. Nebel oder Hochnebel)

Eigenschaften:

Strukturlose Schichtwolke, die vor allem im Winterhalbjahr entsteht. Im Alltag wird diese Wolke als Hochnebel oder Nebel bezeichnet. Der Stratus tritt besonders bei stabilen Hochdrucklagen auf. Die Wolke liegt immer unterhalb einer Inversion. Ihre Ausdehnung ist deshalb beschränkt. Trotzdem kann aus Stratus gelegentlich Nieselregen oder Industrieschnee fallen.

Prognose:

In den Tälern trübes, in den Bergen schönes Wetter mit guter Fernsicht. Der Nebel entsteht bei stabilen, anhaltenden Hochdrucklagen. Bleibt die Nebelgrenze auf gleicher Höhe oder sinkt ab, bedeutet dies in der Regel ein Andauern des schönen Wetters. Steigt die Nebelgrenze auf, folgt meistens schlechtes Wetter. Auch die plötzliche Auflösung des Nebels ist Anzeichen für einen Wetterwechsel.

19



20



21



22



Quelle: Philippe Gyarmati

Cumulus (Quellwolke)

Eigenschaften:

Dichte, weisse Wolken. Ihr unterer Rand ist flach und dunkel, die oberen Teile sind strahlend weiss und mit einem Blumenkohl vergleichbar. Die Mächtigkeit von Cumuli ist sehr unterschiedlich. Sie sind immer ein Anzeichen für eine labile Atmosphäre mit aufsteigenden Luftpaketen (Thermik).

Prognose:

1) Wolke wächst weiter (→ Abb. 19): Die Wolke kühlt beim Hochquellen immer weiter ab. Dabei kondensieren ständig neue Wassertröpfchen. Sie reflektieren das Sonnenlicht intensiv, was zu einer hell leuchtenden Oberseite führt. So erreicht relativ wenig Licht die tieferen Wolkenschichten und diese erscheinen dunkel, mit scharf konturierter Untergrenze.

2) Wolke löst sich auf (→ Abb. 20): Beim Zusammensacken des Wolkenhaufens verdunsten die Wassertropfen wieder. Das Sonnenlicht wird an den wenigen Tröpfchen nur noch schwach reflektiert. Die Wolke ist deshalb auf ihrer Ober- und Unterseite hellgrau. Zudem ist sie zerfranst, ohne scharfe Konturen.

3) Schönwetterwolke (→ Abb. 21): Kleine Cumuli am Nachmittag und Abend über Jura und Alpen werden als Schönwetterwolken bezeichnet. Sie sind Anzeichen für beständiges Hochdruckwetter.

4) Gewittervorboten (→ Abb. 22): Wachsen die Wolken im Tagesverlauf immer weiter in die Höhe, sollte ihre Entwicklung aufmerksam verfolgt werden. Bei Flachdrucklagen entladen sich die Gewitter meist zuerst im Jura und in den Voralpen, anschliessend in den Alpen und im Flachland.

Abb. 19: Cumulus «wachsend» **Abb. 20:** Cumulus «auflösend»
Abb. 21: Cumulus mediocris **Abb. 22:** Cumulus congestus



Quelle: Philippe Gyarmati

Cumulonimbus (Schauer- oder Gewitterwolke)

Eigenschaften:

Mächtige, hochreichende Wolke. Der untere Wolkenteil besteht aus Wassertröpfchen und gleicht sich mächtig entwickelnden Quellwolken (Cumuli). Der obere, faserige Wolkenteil besteht aus Eiskristallen. Er breitet sich oft ambossförmig aus.

Prognose:

Schauer und Gewitter. Cumulonimbus können schnell wachsen und sich ausdehnen. An schwülen Sommertagen können die einzelnen Wolken zu riesigen Gebilden (Gewitterzellen) zusammenwachsen, die Blitze, Donner, heftigen Regen sowie Hagel und Sturmböen produzieren. Eine solche Wetersituation kann im Hochsommer auch bei einer aufziehenden Kaltfront auftreten. Mit Aufkommen der Niederschläge sinkt die Wolkenuntergrenze ab und gleichzeitig treten Abwinde auf, welche zu einer Auflösung der Gewitterzelle führen. Zurück bleiben Altocumulus-Felder und, als Überrest der Ambossform, einige Cirren.



Quelle: Philippe Gyarmati

Nimbostratus (Regenwolke)

Eigenschaften:

Graue, dunkle Wolke mit grosser vertikaler Mächtigkeit. Der Nimbostratus folgt oft dem Altostratus und ist die typische Wolke beim Durchziehen einer Warmfront. Die Niederschläge sind meist lang andauernd (Landregen).

Prognose:

Warmfrontaufzug und **Niederschlag**, nach Frontdurchgang **Wetterbesserung**. Der Nimbostratus zieht meist 3 bis 6 Stunden vor dem Warmfrontdurchgang auf. Er bringt länger anhaltende Niederschläge. Solange der Nimbostratus grau und strukturlos bleibt, dauert der Niederschlag an. Erst wenn es aufhellt und die Wolkenkonturen sichtbar werden, lässt der Niederschlag nach und das Wetter bessert sich. Wenn hinter der Warmfront gleich eine Kaltfront aufzieht, wird die Wetterbesserung nur von kurzer Dauer sein. Rückt hingegen ein Ausläufer des Azorenhochs nach Mitteleuropa, dann ist beständiges und warmes Wetter die Folge.

MODUL 4 – GEWITTER: ENTSTEHUNG, GEFAHREN UND VERHALTEN



Abb. 25: Gewitter am Thunersee. Blitze schlagen oft in exponierte Punkte ein. Mit grösster Wahrscheinlichkeit wird die höchste Erhebung, beispielsweise das Gipfelkreuz oder eine Antenne, getroffen. Aber auch unterhalb des Gipfels, am Hang, ist die Gefahr noch erhöht.

Warum dieses Modul?

Gewitter sind insbesondere für Bergtouren im Sommer von grosser Relevanz. Sie können sich rasch entwickeln und bringen erhebliche Gefahren mit sich.

Inhalt: [Animation 1](#) [Gewitter: Auftreten, Anzeichen, Gefahren](#)

Wissen 1: Gewitter: warum, wann und wo?	Karte 12, 13
Wissen 2: Typische Gewitteranzeichen	Karte 14
Wissen 3: Gefahren und Verhalten bei Gewitter	Karte 15

ANIMATION 1: GEWITTER: AUFTRETEN, ANZEICHEN, GEFAHREN

Dauer: ca. 30 Minuten

Material: Karten 12–15

Lernziel

Die TN verstehen, wieso, wann und wo Gewitter entstehen und kennen die typischen Gewitteranzeichen. Sie wissen, welche Gefahren von Gewittern ausgehen und haben die wichtigsten Vorsichtsmassnahmen und Verhaltensregeln gelernt.

Anleitung

Die Gruppe teilt sich in drei Teilgruppen auf. Jede Teilgruppe setzt sich mit einem Thema (Wissen 1, Wissen 2, Wissen 3) auseinander. Die Teilgruppe präsentiert das Thema entweder in einem Vortrag oder in einer Diskussion mit der Gesamtgruppe (Fragen an die Gruppe gemeinsam beantworten).

WISSEN 1: GEWITTER – WARUM, WANN UND WO?

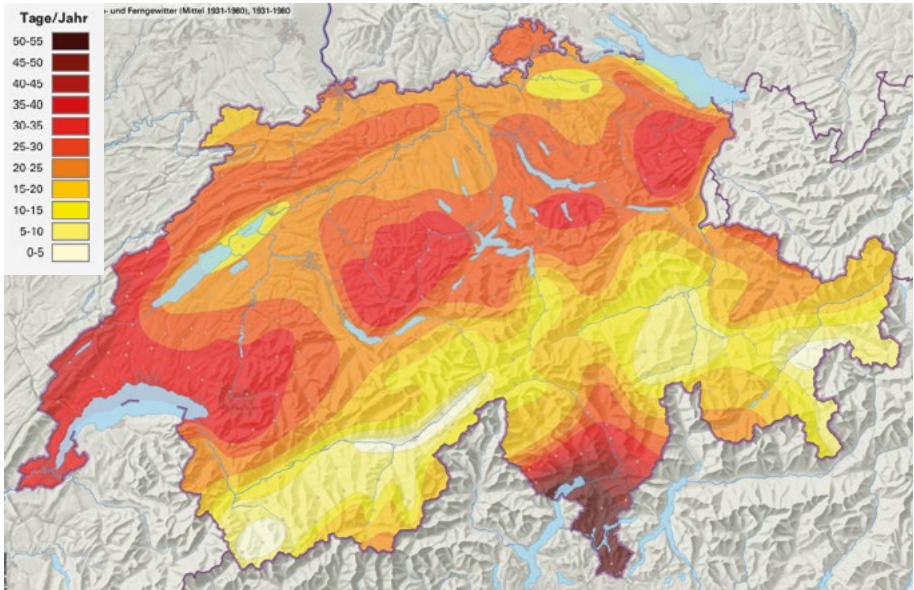


Abb. 26: Nah- und Ferngewitter/Jahr

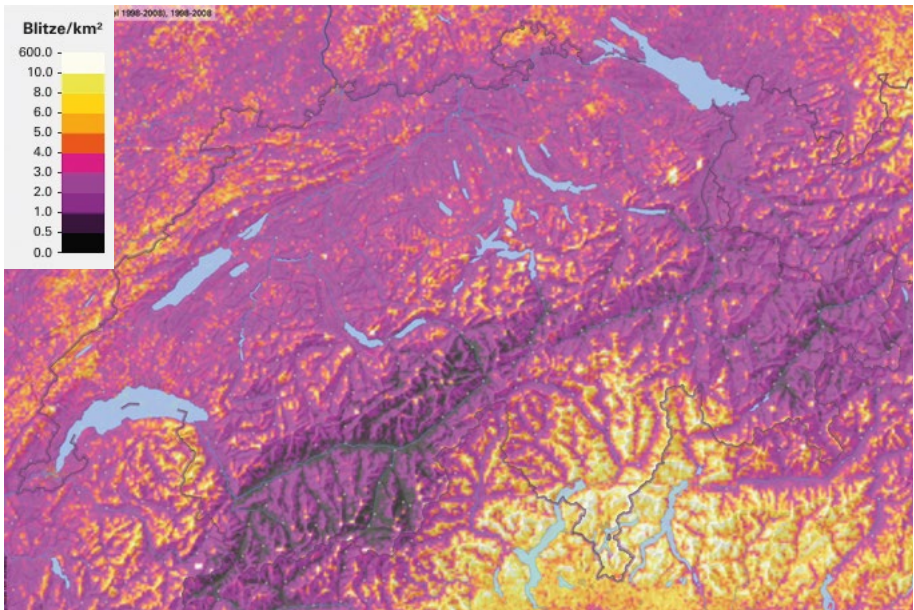


Abb. 27: Blitzdichte/Jahr

WISSEN 1: GEWITTER – WARUM, WANN UND WO?

FRAGE 1: Welche drei Voraussetzungen müssen immer erfüllt sein, damit sich ein Gewitter entwickeln kann?

ANTWORT 1: Instabilität, Feuchtigkeit, Hebung (> Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, S. 119)

Instabilität: Die bodennahen Luftschichten (unterhalb 2000 m ü. M.) müssen viel wärmer sein als die Luft in grosser Höhe (oberhalb 6000 m ü. M.). So kann die Luft mittels Thermik ungehindert von den Tälern bis auf eine Höhe mit -40°C oder kälter aufsteigen.

Feuchtigkeit: Ein Gewitter besteht aus Wasser und Eis. In sehr trockener Luft bilden sich kaum Wolken und somit auch keine mächtigen Gewitterwolken.

Hebung: In der Atmosphäre gibt es Zonen mit grossräumigem Absinken, beispielsweise in Hochdruckgebieten. Dies bremst die Gewitterbildung. In Hebungsbereichen, also in Zonen mit Tiefdruckeinfluss, wie beispielsweise vor oder an Kaltfronten, werden sich bevorzugt Gewitterzellen bilden.

FRAGE 2: Welches sind die zwei häufigsten Gewitterarten?

ANTWORT 2: Wärmegewitter und Frontgewitter. Es gibt zudem orographische Gewitter, Höhenkaltluftgewitter und Wintergewitter.

Wärmegewitter: Sommergewitter, das bei flacher Druckverteilung am Nachmittag und Abend über den Bergen entsteht.

Frontgewitter: Gewitter, die sich an einer Front bilden und zu allen Jahres- und Tageszeiten auftreten. Sie ziehen meist rasch und leiten einen Wetterwechsel ein. Insbesondere Frontgewitter an sommerlichen Kaltfronten können für Alpinistinnen und Alpinisten gefährlich sein.

(> Mehr Infos und weitere Gewitterarten: Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, SAC-Verlag)

FRAGE 3: In welcher Jahreszeit bilden sich bevorzugt Gewitter?

ANTWORT 3: In der Schweiz gewittert es am häufigsten im Sommer, also von Mai bis September. In den Hochalpen sind im Mai und Juni die Gewitter seltener als im Juli und August, weil anfangs Sommer noch grosse Schneeflächen liegen. Im Laufe des Sommers kommt immer mehr Fels und Geröll zum Vorschein. Diese «Heizflächen» fördern die Gewitterbildung.

FRAGE 4: Bilden sich auf der ganzen Welt die Gewitter bevorzugt im Sommer?

ANTWORT 4: Nein. Über dem Nordatlantik ist der Winter die Gewittersaison. Generell bilden sich dort wenige Gewitter und die Wintergewitter sind schwach, aber polare Kaltluftausbrüche über dem warmen Wasser sorgen für ausreichende Labilität. Im Mittelmeerraum ist der Herbst die Gewittersaison. Im Sommer ist hier die Luft wegen beständigen Hochdruckeinflusses zu trocken. Im Herbst bringen dann Tiefdruckgebiete Feuchte und Hebungszonen zum Mittelmeer und es kann heftig gewittern.

FRAGE 5: In welchen Regionen der Schweiz bilden sich am häufigsten Gewitter?

ANTWORT 5: → Abb. 26! Karte 12

Der Gewitter-Hotspot der Schweiz ist das Mittel- und Südtessin. Aber auch im Jura und in den Voralpen gewittert es häufig. Inneralpin sind Gewitter seltener.

FRAGE 6: Warum gewittert es in den Voralpen häufiger als in den Hochalpen?

ANTWORT 6: Gewitter bilden sich dort, wo die Luft feucht und warm ist. Inneralpin ist die Luft zwar auch warm, aber oft trockener als an den Voralpen und im Jura.

FRAGE 7: Wo schlagen die meisten Blitze ein?

ANTWORT 7: → Abb. 27! Karte 12

Die Verteilung der Gewitterhäufigkeit und der Blitzschläge ist ähnlich. Die meisten Blitze sind auf der Alpensüdseite zu verzeichnen. Aber auch auf der Alpennordseite gibt es relativ viele Blitzeinschläge, insbesondere in Sendeanlagen auf Hügeln und Bergen, wie dem Chasseral, dem Bantiger, der Rigi oder dem Säntis, dem Blitz-Hotspot der Alpennordseite. Inneralpin gibt es weniger Blitzenladungen, besonders in den Talschaften ist das Blitzrisiko relativ gering. Trotzdem sind auch dort exponierte Berggipfel, z. B. das Matterhorn, regelrechte Blitzfänger.

FRAGE 8: Zu welcher Tageszeit bilden sich Gewitter?

ANTWORT 8: Gewitter, insbesondere die Frontgewitter, können zu jeder Tageszeit auftreten. Aufgrund der tageszeitlichen Erwärmung ist die Gewitterhäufigkeit in der zweiten Nachmittagshälfte und am Abend aber deutlich erhöht. Eine Ausnahme bildet das Tessin, wo sich die Gewitter auch häufig während der Nachtstunden bilden. Eine Ursache dafür ist, dass im Mittel- und Südtessin nachts die Luft in den Tälern oft deutlich schwüler ist als auf der Alpennordseite. Die Temperatur sinkt nicht unter 20°C. Kühler Bergwind, der in den Abend- und Nachtstunden aus den oberen Tälern einsetzt, drückt die schwülwarme Luft in die Höhe, was bereits für die Gewitterbildung reicht. Auf der Alpennordseite ist für diese nächtliche Gewitterbildung die Luft in der Regel zu wenig schwül.

FRAGE 9: Gibt es eine typische Zugrichtung von Gewittern?

ANTWORT 9: Die Gewitter ziehen mit dem mittleren Wind auf einer Höhe zwischen 3000 und 6000 m. Bei schwachem Wind ziehen sie nur langsam oder bleiben beinahe stationär. Gewitter können aus jeder Himmelsrichtung aufziehen, kommen aber häufig aus Südwest. Insbesondere schwere Hagelgewitter haben häufig eine Zugbahn von Südwest nach Nordost.

FRAGE 10: Wie entstehen Blitz und Donner?

ANTWORT 10: In einem Gewitter stürmt es. Graupelkörner und kleinere Eiskristalle reiben aneinander oder werden auseinandergerissen. Aufgrund der Ladungstrennung gibt es ein elektrisches Spannungsfeld zwischen der Wolke und dem Erdboden, aber auch innerhalb der Wolken. Der Blitz gleicht diese Spannungsunterschiede aus. Der Blitzkanal erhitzt die Luft explosionsartig, was den Donner erzeugt. Donner ist bis auf eine Entfernung von rund 10 km hörbar.

WISSEN 2: TYPISCHE GEWITTERANZEICHEN

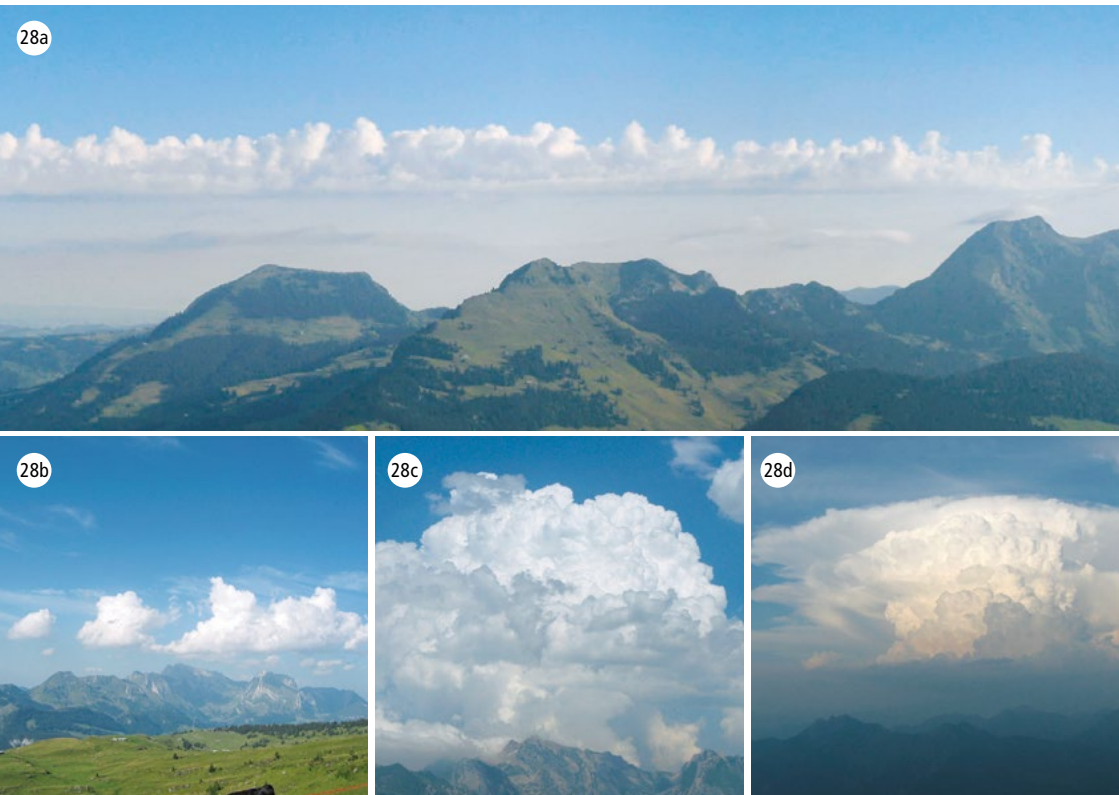


Abb. 28a–28d: Typische Entwicklung von Wärmegewittern bei flacher Druckverteilung. **28a:** Eine langgezogene Bank von Türmchenwolken (*Altostratus castellanus*) deutet bereits am frühen Vormittag auf günstige atmosphärische Bedingungen für die Entwicklung von Gewittern hin. **28b:** Gegen Mittag bilden sich erste Quellwolken die allmählich in die Höhe wachsen (**28c**), bis sich eine ausgewachsene, amboßförmige Gewitterzelle (*Cumulonimbus* **28d**) entwickelt hat. *Quelle: Wetterkunde für Wanderer und Bergsteiger, SAC-Verlag*

FRAGE 1: Welche Veränderungen im Vergleich zum Vortag können auf ein steigendes Gewitterrisiko hindeuten?

ANTWORT 1:

Dunst: Die Sicht verschlechtert sich aufgrund steigender Luftfeuchte. Der Himmel ist nicht mehr tiefblau, sondern hellblau oder fast gräulich.

Luftdruck: Der Luftdruck sinkt und ist im Vergleich zum Vortag tiefer.

Wolken: Quellwolken bilden sich früher, sind zahlreicher und wachsen höher als zur gleichen Zeit am Vortag.

FRAGE 2: Wie ist der typische Tagesverlauf bei Wetter mit Wärmegewittern bei flacher Druckverteilung? (Hinweis: Bei Wissen 1, Antwort 2, ist dieser Gewittertyp kurz beschrieben.)

ANTWORT 2: Der Tag beginnt recht sonnig. Die Sicht wird in Tallagen durch Dunst getrübt, aber auch in den Bergen herrscht schlechte Fernsicht. Der Himmel ist nicht mehr stahlblau, sondern eher hellblau. Zuverlässige Gewitterzeiger sind Alto cumulus castellanus: Aus einer Wolkenbank wachsen einzelne Türmchen empor. Sie zeigen an, dass die Luft in mittlerer Höhe labil ist. Tagsüber bilden sich dann über den Bergen erste, kleine Quellwolken (Cumulus). Sie werden rasch grösser, wenn ausreichend Instabilität und Feuchte vorhanden sind. Am Nachmittag und Abend erreichen sie eine Höhe von 10 km und mehr und bilden eine Ambossform mit ausfransender Oberseite. Die ersten Gewitter (Cumulonimbus) haben sich entwickelt. Je nach Höhenwind und Labilität bleiben sie stationär und lokal oder sie erfassen weitere Regionen. Am späteren Abend und in der Nacht zerfallen die Gewitter und die Wolken lösen sich allmählich auf. → **Abb. 28**

FRAGE 3: Welche «Stichworte» im Wetterbericht weisen auf ein erhöhtes Gewitterrisiko hin?

ANTWORT 3: Stichwort «**Kaltfront**»: Wird im Wetterbericht erwähnt, dass sich eine Kaltfront nähern oder durchziehen wird, ist Vorsicht geboten und man sollte sich etwas intensiver mit der Wetterlage auseinandersetzen. Ganzjährig, aber insbesondere im Sommer, können sich kräftige Gewitterzellen bereits sehr früh im Vorfeld einer Kaltfront entwickeln. Sie können rasch aus Südwest bis Nordwest aufziehen und in den Alpen einen Wettersturz verursachen.

Stichwort «**flache Druckverteilung**»: Sie entsteht im Sommer oft nach Hochdruckwetter. Die Sonne erwärmt die Landmassen, was zu sinkendem Druck führt und das Hoch abschwächt. Eine flache Druckverteilung ist die Folge. Im Tagesverlauf bilden sich insbesondere im Jura und über den Voralpen und Alpen Gewitterzellen. Wenn zudem noch ein «Kaltlufttropfen» (kältere Luft in grosser Höhe) oder eine schwache Front Richtung Alpen zieht, wird die Gewitteraktivität deutlich erhöht.

FRAGE 4: Wie kann ich das Gewitterrisiko während einer Tour laufend beurteilen?

ANTWORT 4: Durch Augenbeobachtung erkenne ich Veränderungen in der Umgebung: Verschlechtert sich tagsüber die Sicht wegen zunehmendem Dunst? Woher und wie rasch ziehen die Wolken auf? Aus diesem Bereich würden später auch Gewitter aufziehen. Türmen sich die Quellwolken rasch in die Höhe? Verändert sich der Wind? Beispielsweise erhöht sich nach einem Föhnzusammenbruch das Gewitterrisiko markant. Zeigt der Höhenmesser gegenüber dem Vortag eine grössere Höhe an oder sinkt der Barometer? Dies ist ein Zeichen für zunehmenden Tiefdruckeinfluss, was das Gewitterrisiko erhöht.

Mit dem Smartphone kann ich die Wetterlage in der weiteren Umgebung, ausserhalb meines Sichtfeldes, überprüfen: Sind auf dem Satellitenbild oder der Webcam-Aufnahme in Richtung des aufziehenden Wetters grosse Quellwolken oder eine Front zu erkennen? Sind auf dem Regenradar bereits Gewitterzellen mit Blitzentladungen zu sehen? Ist für meine Region eine Gewitterwarnung aktiv?

WISSEN 3: GEFAHREN UND VERHALTEN BEI GEWITTER

FRAGE 1: Welche Gefahren gibt es bei Gewitter?

ANTWORT 1:

Direkte Folgen: Blitzschlag und Erdströme, Temperatursturz, Vereisung, plötzliche Sicht Einschränkung (Nebel), Sturmböen, Niederschlag (Schnee, Regen, Hagel)

Indirekte Folgen: Lawine, Steinschlag, Erdbeben, Flutwelle

FRAGE 2: Welche Vorsichtsmassnahmen sind vor der Tour zu treffen?

ANTWORT 2: Wetterprognose: Gewitter bei der Planung berücksichtigen. Vorsicht bei einer **flachen Druckverteilung** mit Wärmegewitter am Nachmittag und Abend und insbesondere bei sommerlichen **Kaltfronten**, wo jederzeit heftige Gewitter möglich sind.

Tipp: Am Vortag das prognostizierte Radarbild anschauen (MeteoSchweiz-App > Animationen > Regensymbol). Dabei interessieren folgende Punkte: Ab wann entwickeln sich die ersten Gewitterzellen in einem Umkreis von bis zu 100 km? Wie ziehen diese Zellen? So weiss ich, ab wann ich auf der Tour das Wetter beobachten muss und aus welcher Richtung Gewitter aufziehen. Dabei ist zu beachten, dass die hochaufgelösten Wettermodelle einzelne Gewitterzellen zwar simulieren können, die tatsächlichen Positionen und Grössen der Gewitterzellen sich aber noch nicht detailliert vorhersagen lassen.

Bei der Tourenplanung ist zu berücksichtigen, ob ich zum gewitterträchtigen Zeitpunkt noch unterwegs bin und ob es kritische Passagen gibt – beispielsweise einen exponierten Grat, ein Gebiet ohne Sicht auf das heranziehende Wetter oder ohne Mobilnetzempfang. Die Entscheidungskriterien für die Weiterführung der Tour sollten vorher definiert werden, ebenso allfällige Rückzugs- und Schutzmöglichkeiten.

FRAGE 3: Welche Vorsichtsmassnahmen sind unterwegs (bei zu erwartenden Gewittern) zu treffen?

ANTWORT 3: Die Wetterentwicklung sollte laufend beobachtet werden. Dabei muss erkannt werden, aus welcher Himmelsrichtung das Wetter aufzieht. Dieser Sektor wird dann besonders intensiv beobachtet. Das Smartphone liefert weitere Wetterinformationen, beispielsweise der aktuelle Wetterradar.

FRAGE 4: Verhalten unmittelbar vor oder während des Gewitters: Welcher Standort sollte gemieden werden, welcher Ort bietet Schutz?

ANTWORT 4: Blitze schlagen bevorzugt in aufragende Strukturen ein, deshalb sollten gemieden werden: Gipfel, Grate, Maste, Einzelbäume auf grösseren Ebenen, nasse Felswände, Drahtseile. Schutz bieten: Mulden, Hohlwege, Felsvorsprünge, Höhlen, Hütten mit Blitzableiter, Autos, Metallkabine einer Seilbahn, Innenbereich von Wäldern.

→ **Abb. 29** (siehe Rückseite)

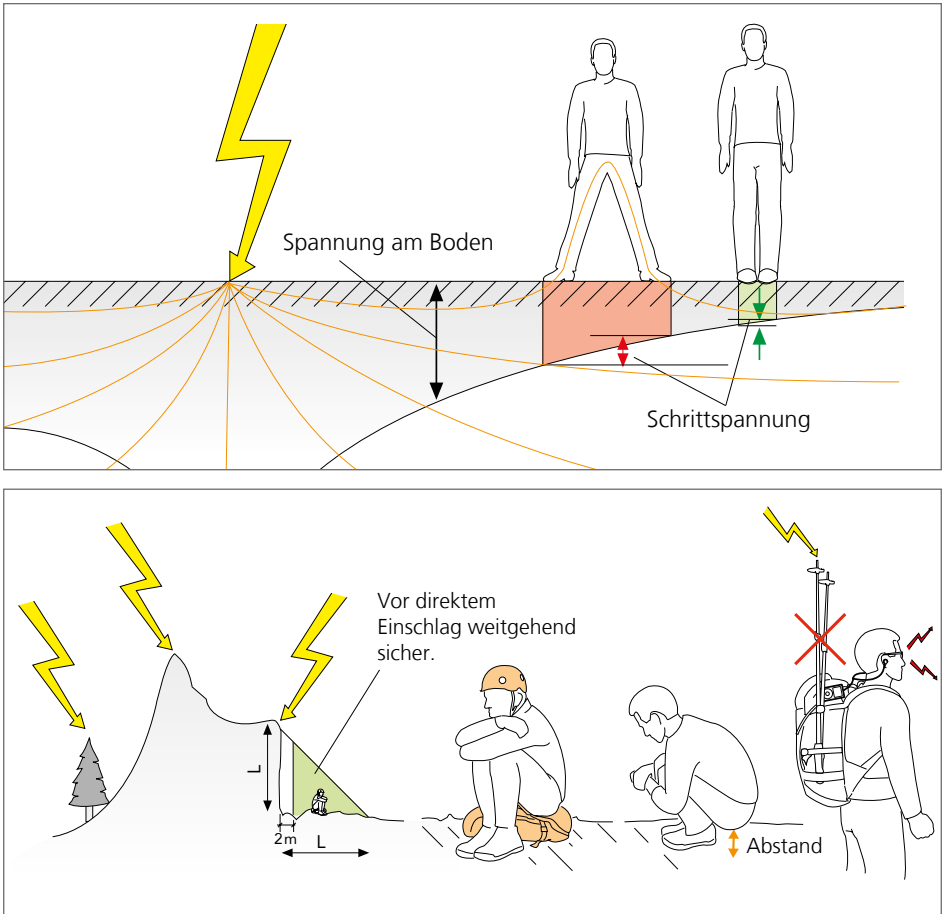


Abb. 29: Um sich vor Blitzschlag zu schützen, sollte man sich von exponierten Lagen (Gipfel, Grat) rasch und sicher entfernen und in einer geschützten Lage warten. Im Stehen und Kauern sind die Beine geschlossen, um die Schrittspannung zu reduzieren. © villard.biz, Worblaufen