



# Inhalt

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>Einführung</b>                                     | <b>3</b>  |
| <b>2</b>     | <b>Einstieg und Motivation</b>                        | <b>4</b>  |
| <b>3</b>     | <b>Wetterelemente und physikalische Zusammenhänge</b> | <b>5</b>  |
| <b>3.1</b>   | Luftdruck   | 5         |
| <b>3.1.1</b> | Vertikale Luftdruckverhältnisse                       | 5         |
| <b>3.1.2</b> | Horizontale Luftdruckänderungen                       | 7         |
| <b>3.2</b>   | Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur                 | 8         |
| <b>3.3</b>   | Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung                    | 10        |
| <b>3.4</b>   | Niederschlag  | 12        |
| <b>3.5</b>   | Wind  | 13        |
| <b>4</b>     | <b>Wolkengattungen und ihre Bedeutung</b>             | <b>16</b> |
| <b>4.1</b>   | Hohe Wolken (Eiswolken)                               | 17        |
| <b>4.2</b>   | Mittelhohe Wolken                                     | 18        |
| <b>4.3</b>   | Tiefe Wolken  | 19        |
| <b>4.4</b>   | Wolken über mehrere Wolkenstockwerke                  | 20        |
| <b>4.5</b>   | Weitere für Bergsteiger relevante Wolkenarten         | 21        |
| <b>5</b>     | <b>Globales und überregionales Wettergeschehen</b>    | <b>22</b> |
| <b>5.1</b>   | Großräumige Zirkulation auf der Nordhalbkugel         | 22        |
| <b>5.2</b>   | Druckgürtel und Windsysteme                           | 24        |
| <b>5.3</b>   | Polarfront  | 25        |
| <b>5.4</b>   | Tief- und Hochdruckgebiete                            | 26        |
| <b>5.4.1</b> | Tiefdruckgebiete                                      | 26        |
| <b>5.4.2</b> | Hochdruckgebiete                                      | 28        |
| <b>6</b>     | <b>Wettergeschehen im Detail</b>                      | <b>29</b> |
| <b>6.1</b>   | Warm- und Kaltfronten                                 | 29        |
| <b>6.1.1</b> | Warmfront   | 29        |
| <b>6.1.2</b> | Kaltfront   | 30        |
| <b>6.2</b>   | Gewitter  | 32        |
| <b>6.2.1</b> | Frontgewitter   | 33        |
| <b>6.2.2</b> | Wärmegewitter   | 33        |
| <b>6.2.3</b> | Orografisches Gewitter                                | 34        |



|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 6.2.4     | Gewitter an Konvergenzlinien                       | 34 |
| <b>7</b>  | <b>Wetterlagen und ihre regionale Bedeutung</b>    | 35 |
| 7.1       | Hauptluftmassen in Europa                          | 35 |
| 7.2       | Hochdrucklage                                      | 36 |
| 7.3       | Zwischenhoch                                       | 37 |
| 7.4       | Ost- und Nordostlage                               | 38 |
| 7.5       | Nordlage (Staulage)                                | 39 |
| 7.6       | Südföhn  | 40 |
| 7.7       | Westlage   | 41 |
| 7.8       | Südwestlage  | 42 |
| 7.9       | Nordwestlage                                       | 43 |
| 7.10      | Genuatief und Adriatief                            | 44 |
| 7.11      | Tief über Mitteleuropa                             | 45 |
| 7.12      | Gewitterlage                                       | 46 |
| <b>8</b>  | <b>Besonderheiten des Bergwetters</b>              | 47 |
| 8.1       | Orografische Effekte bei Gewittern                 | 47 |
| 8.1.1     | Verstärkte Hebung am Gebirge                       | 47 |
| 8.1.2     | Lambert'sches Gesetz                               | 48 |
| 8.2       | Berg- und Talwinde                                 | 49 |
| 8.3       | Föhn   | 51 |
| 8.4       | Inversion  | 53 |
| 8.5       | Erhöhte Sonneneinstrahlung im Hochgebirge          | 54 |
| <b>9</b>  | <b>Von der Beobachtung zur Kurzfristvorhersage</b> | 55 |
| 9.1       | Wetterinformationen aus den Medien                 | 55 |
| 9.2       | Anleitung zu Beobachtungen und Messungen           | 57 |
| 9.3       | Wetterbeobachtung vor Ort interpretieren           | 58 |
| <b>10</b> | <b>Internet- und Literaturempfehlungen</b>         | 60 |



## 1 Einführung

Das Wetter gehört zu den einflussreichsten Faktoren einer Bergtour, sowohl bezüglich der Sicherheit als auch in Hinblick auf den Erlebniswert. Gemeinsam mit anderen Faktoren bildet es die Grundlage jeder Tourenplanung. Ein selbständiger Bergsteiger muss über das Wetter Bescheid wissen, nicht nur über das aktuelle und kommende, sondern – insbesondere im Winter – auch über das vergangene Wettergeschehen.

Wer einen Wettersturz nicht vorhersehen kann, gerät in Lebensgefahr. Alpine Unfallstatistiken beweisen, dass viele alpine Gefahren erst durch Wetteränderungen entstehen. Eine sichere und erlebnisreiche Bergtour braucht jedoch nicht immer nur strahlenden Sonnenschein. Zum Schönwettertag gibt es viele lohnende Alternativen.

Für eine ausreichend gute Einschätzung der Wetterlage ist es wichtig, dass die zahlreichen Informationen korrekt beobachtet und ausgewertet werden können. Das setzt wiederum genügend theoretisches Wissen voraus. Die Informationen sind einerseits über das Internet kostenfrei verfügbar und kommen andererseits bei ständiger Beobachtung auf Tour neu hinzu. Das Erstellen eigener Prognosen rein auf der Basis von Beobachtungen und Messungen erfordert jedoch jahrelanges Beobachten, Messen und Analysieren.

Am Ende eines langjährigen Lernprozesses sollte ein Bergsteiger folgende Punkte beherrschen:

- Die wichtigsten Wetterfaktoren signifikant beobachten und messen.
- Wetterberichte für die jeweilige lokale Situation interpretieren und Schlussfolgerungen für die Tourenplanung ziehen.
- Das kurzfristige Wettergeschehen der jeweiligen Großwetterlage zuordnen.
- Ohne professionellen Wetterbericht aufgrund eigener Beobachtungen und Messungen kurzfristige Wettervorhersagen treffen können.

► **Vermittelt wird in den folgenden Kapiteln das für Bergsteiger notwendige Basiswissen. Wer das Thema vertiefen möchte, findet in Kapitel 10 eine umfangreiche Literaturliste sowie Hinweise auf zahlreiche Internetseiten.**



## 2 Einstieg und Motivation

Sicherheit und Erlebniswert beim Bergsteigen sind sehr stark vom Wettergeschehen abhängig. Die Änderungen im Wettergeschehen müssen frühzeitig und richtig erkannt werden. Dies ist nur möglich durch sorgfältiges Beobachten und Messen der wetterbestimmenden Faktoren und im Idealfall mit dem Abgleich vorhandener Wetterprognosen.

Die folgenden Punkte verdeutlichen, warum es so wichtig für einen Bergsteiger ist, eine eigene Wetterprognose erstellen zu können. Dies muss der Ausbilder seinen Schülern klarmachen, um sie zu motivieren, sich ernsthaft mit dem Thema zu beschäftigen:

- Eine professionelle Wettervorhersage (Internet, Radio) ist oft nicht verfügbar.
- In den Wettervorhersagen werden die lokalen Auswirkungen der Wetterlage oft zu wenig berücksichtigt.
- Durch rasche Wetterumschwünge können Gesundheit und Leben des Bergsteigers ernsthaft gefährdet werden.
- Das Wetter beeinflusst den Erlebniswert einer Bergtour stark. Schlechte Sicht (Nebel), ein Kälteeinbruch oder Niederschlag vermindern in der Regel den Erlebniswert. Hinzu kommt die Angst vor alpinen Gefahren bei einer Wetterverschlechterung.
- ▶ *Unmittelbar durch das Wetter entstehen alpine Gefahren wie zum Beispiel bei Kälte (Gefahr vor Erfrierungen), bei Regen (Durchnässung, Ausgleiten) oder bei Nebel (Orientierungslosigkeit).*
- ▶ *Der Ausbilder soll deshalb vermitteln, dass die Fähigkeit, eigene Wetterprognosen zu erstellen, entscheidend ist. Beobachtungen und gegebenenfalls Messungen spielen dabei eine zentrale Rolle.*
- ▶ *Ausschlaggebend und gleichzeitig am schwierigsten ist es, von den Beobachtungen und Messungen auf das tatsächliche Wettergeschehen zu schließen.*

### LERNZIELE

- Die Gruppe motivieren und das Interesse wecken.
- Einblick in die Problematik verschaffen.

### METHODE

- Partner- oder Kleingruppenarbeit mit anschließendem Unterrichtsgespräch. Eine präzise Beschreibung der Wetterlage gewährt Einblick in das Thema.
- Hilfsmittel sind Metaplan-Karten, aktuelle Wetterkarten und Wetterberichte der vorigen Tage.

Vorab kann die Klärung folgender Fragen hilfreich sein:

- Was wissen die Schüler über das Wetter und die derzeitige Wetterlage?
- Was glauben die Teilnehmer, über das Wetter wissen zu müssen?
- Welche konkreten Fragen haben die Teilnehmer?



## 3 Wetterelemente und physikalische Zusammenhänge

Die wichtigsten Wetterelemente sind der Luftdruck (Kapitel 3.1), die Sonneneinstrahlung und die Temperatur (Kapitel 3.2), die Luftfeuchtigkeit und die Wolkenbildung (Kapitel 3.3), der Niederschlag (Kapitel 3.4) und der Wind (Kapitel 3.5). Sie werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

### LERNZIELE

- Erarbeitung des Grundwissens über die grundlegenden Wetterelemente sowie deren Beobachtung, Messung und Gefahrenpotenzial.
- Erarbeitung des Grundwissens über die physikalischen Zusammenhänge in der Atmosphäre und zwischen den Wetterelementen.

### METHODE

- Referat oder Erarbeitung in Kleingruppen (jede Gruppe ein Wetterelement, dessen Beobachtung, Messung und Gefahrenpotenzial). Anschließend werden die Ergebnisse vor der gesamten Gruppe präsentiert und ausgetauscht.
- Hilfsmittel sind ausreichend Fachliteratur und Internet-Webseiten.

### 3.1 Luftdruck

Der Luftdruck ist einer der zentralen Wetterparameter für die Beobachtung und Prognose des Wettergeschehens. Beim Luftdruck ist zwischen den vertikalen Luftdruckverhältnissen aufgrund von Höhenunterschieden und den horizontalen Luftdruckänderungen aufgrund von großräumigen Wetterlagen zu unterscheiden.

#### 3.1.1 Vertikale Luftdruckverhältnisse

Unter den vertikalen Luftdruckverhältnissen versteht man die Abnahme des Luftdrucks bei zunehmender Höhe. Um die Luftdruckabnahme mit der Höhe erklären zu können, ist ein kurzer Exkurs in den Aufbau der Erdatmosphäre sinnvoll: Die Erdatmosphäre ist eine die Erde umgebende Lufthülle, die aufgrund ihrer Masse und der Erdanziehungskraft eine Gewichtskraft erfährt. Diese Kraft „drückt“ auf die Erdoberfläche und wird somit als Druck (Kraft pro Fläche) spürbar. Der Luftdruck ist also nichts anderes als das Gewicht der Luft pro Flächeneinheit. Auf Meereshöhe beträgt der Luftdruck etwa 1000 Hektopascal (hPa, früher: Millibar, 1 hPa = 1 mb). Je weiter man in der Erdatmosphäre nach oben geht (z.B. beim Bergsteigen), desto weniger Luft „drückt“ von oben (pro Flächeneinheit). Somit nimmt die nach unten wirkende Kraft und damit auch der Luftdruck ab.





- *Als Faustregel gilt: Pro 1000 Meter Höhenzunahme reduziert sich der Luftdruck um 100 Hektopascal.*

Diese Luftdruckabnahme ist bis in eine Höhe von etwa 5000 Metern nahezu gleich. Da die Luft kompressibel ist, hat sie jedoch am Boden ihre größte Dichte. Oberhalb von etwa 5000 Meter Höhe nimmt die Dichte immer mehr ab, so dass die Luftdruckabnahme pro 1000 Meter Höhenunterschied immer geringer wird. Die Luftdruckabnahme mit der Höhe verläuft logarithmisch (siehe Diagramm).

- *Hoher Luftdruck entsteht, wenn Luft absinkt, also wenn zusätzlich zur Gewichtskraft noch eine weitere Kraft nach unten wirkt.*

- *Tiefer Luftdruck entsteht, wenn Luft aufsteigt und die nach unten wirkende Gewichtskraft abschwächt.*

Ein Gebiet mit höherem Luftdruck als in der Umgebung nennt man Hochdruckgebiet; ein Gebiet mit niedrigerem Luftdruck als in der Umgebung Tiefdruckgebiet. Hoch- und Tiefdruck sind also stets relativ und weisen jahreszeitliche Unterschiede auf (siehe Kapitel 5.1, Großräumige Zirkulation auf der Nordhalbkugel). Allgemein werden Werte größer als 1015 Hektopascal als Hochdruck und Werte niedriger als 1015 Hektopascal als Tiefdruck bezeichnet.

### Beobachtung und Messung

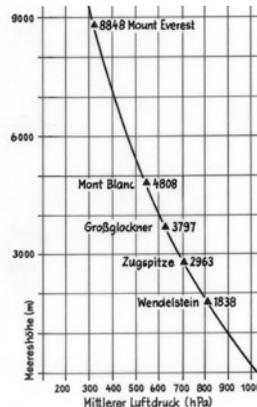
Luftdruck ist weder sichtbar noch spürbar. Nur wettersensible Menschen können Luftdruckveränderungen, in der Regel starken Luftdruckabfall, zum Beispiel durch ein verändertes Allgemeinbefinden, Kopfweh oder Narbenschmerzen wahrnehmen. Der Luftdruck kann jedoch leicht mit einem Barometer gemessen werden.

Das Prinzip der Luftdruckabnahme mit zunehmender Höhe und die einfache Messung des Luftdrucks wird im Höhenmesser angewandt (siehe Abschnitt Orientierung, Kapitel 4.3, Aufbau eines Höhenmessers). Er besitzt statt einer Hektopascalskala eine Höhenskala. Zur korrekten Höhenbestimmung ist es wichtig, auf bekannten Höhen die Anzeige immer wieder zu korrigieren.

Höhenmesser können wiederum als Luftdruckmessgeräte verwendet werden, vor allem bei gleichbleibender Höhe. Dabei gilt:

- Zunahme der angezeigten Höhe: Der Luftdruck nimmt ab.
- Abnahme der angezeigten Höhe: Der Luftdruck steigt an.

Nicht nur beim Höhenbergsteigen, sondern schon ab rund 2500 Meter Höhe (individuell verschieden) steigt das Risiko der Höhenkrankheit aufgrund des sehr niedrigen Luftdrucks und des geringeren Sauerstoffgehalts in der Luft. Deshalb ist eine langsame Höhenanpassung (Akklimation) notwendig.



### 3.1.2 Horizontale Luftdruckänderungen

Luftdruckänderungen gibt es nicht nur mit wechselnder Höhe, sondern auch auf gleichbleibender Höhe durch horizontale Luftdruckschwankungen. Diese horizontalen Schwankungen, wie sie die Wetterkarte zeigt, sind deutlich geringer als die vertikalen Luftdruckänderungen mit der Höhe. Ursachen dieser Luftdruckänderungen sind zum Beispiel:

- Die Verlagerung oder die Verstärkung, beziehungsweise die Abschwächung von Hoch- und Tiefdruckgebieten.
- Temperaturänderung an einer Luftmassengrenze (Warmfront, Kaltfront).
- Erwärmung und Abkühlung im Tagesverlauf (Thermik, Wärmegewitter, Hitzetief).
- Beginn oder Ende von Föhn- und Staulagen.

Die Luftdruckänderung wird jeweils bei der Erläuterung dieser Phänomene in den entsprechenden Kapiteln näher beschrieben.

Da diese geringen Luftdruckschwankungen teils starke Wetterereignisse als Ursache haben, ist im Umkehrschluss schon eine geringe Luftdruckänderung von großer Bedeutung.

- *Bei einer zu erwartenden Änderung des Wetters ist deshalb ein ständiges Luftdruckmessen mit Barometer oder mit Höhenmesser wichtig.*



### 3.2 Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur

Die Sonneneinstrahlung ist der Antrieb aller atmosphärischen Prozesse. Aufgrund der Kugelform der Erde ist die Strahlung, die auf der Erdoberfläche ankommt, nicht gleichmäßig verteilt. Die Folgen dieser unterschiedlichen Erwärmung sind großräumige, horizontale Luftdruckunterschiede, also Hoch- und Tiefdruckgebiete. Darauf wird in Kapitel 5.1, Großräumige Zirkulation auf der Nordhalbkugel näher eingegangen.

Die Luft wird nicht direkt durch die Sonnenstrahlung erwärmt, sondern durch langwellige Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche ausstrahlt. Am Tag wird die Oberfläche durch die Sonneneinstrahlung stark erwärmt. Der warme Erdboden gibt Energie im infraroten Bereich (langwellige Wärmestrahlung) ab und erwärmt so die über ihm liegende Luft. Auch während der Nacht gibt die Oberfläche Wärmestrahlung ab und kühlt dadurch aus. Ein- und Ausstrahlung sind sehr stark vom aktuellen Wetter abhängig. Bei stark bewölktem oder bedecktem Himmel wird die ausgehende Strahlung reflektiert. Somit wird die Lufthülle unterhalb der Wolkendecke stärker erwärmt. Nachts ist dies durch milde Temperaturen spürbar. Bei wolkenfreiem Himmel sind die Nächte dagegen deutlich kälter, weil keine Reflexion stattfindet. Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an den Tagesgang der Sonneneinstrahlung gekoppelt und ist umso stärker ausgeprägt, je wolkenfreier der Himmel ist.



Wie stark die Erwärmung der Erdoberfläche durch die ankommende Sonneneinstrahlung ist, hängt auch von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ab. Es bestehen große Unterschiede in der Wärmespeicherung und der Reflexion der Sonneneinstrahlung, zum Beispiel zwischen Wasser und Land, Vegetation und nacktem Boden, schneebedecktem und schneefreiem Boden. Schnee und Wolken weisen mit 50 bis 90 Prozent ein sehr hohes Reflexionsvermögen auf, während Wasser, Wald und Ackerboden nur 5 bis 15 Prozent der Einstrahlung reflektieren und sich somit deutlich stärker erwärmen.

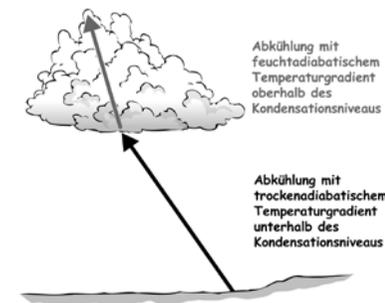
Ein weiterer Faktor für die Erwärmung der Erdoberfläche ist die Exposition und die Neigung der Erdoberfläche. Sonnenzugewandte Berghänge erwärmen sich stärker als sonnenabgewandte Nordhänge (Lambert'sches Gesetz, siehe Kapitel 8.1.2).

Da die Luft von der Erdoberfläche her erwärmt oder abgekühlt wird, ist nachvollziehbar, dass die Luft mit zunehmender Höhe kälter wird. Die Temperaturabnahme mit der Höhe hängt von der Luftfeuchtigkeit ab (siehe Kapitel 3.3).



- ▶ Bei ungesättigter Luft (wolkenfreier Himmel) beträgt der Temperaturrückgang 10 Grad Celsius pro 1000 Meter Höhenzunahme, bei gesättigter Luft (innerhalb einer Wolke) sind es rund 6,5 Grad pro 1000 Meter.

Den Temperaturrückgang in ungesättigter Luft nennt man trockenadiabatischen Temperaturgradient, der in gesättigter Luft wird als feuchtadiabatischer Temperaturgradient bezeichnet. Die unterschiedliche Temperaturänderung in Abhängigkeit von der Feuchte-sättigung der Luft spielt vor allem bei der klassischen Föhntheorie eine große Rolle (siehe Kapitel 8.3, Föhn). Bei wolkenfreiem Himmel kühlt sich die Luft nachts direkt oberhalb der Erdoberfläche stark ab. In rund 800 bis 1800 Meter Höhe ist deshalb eine wärmere Luftschicht anzutreffen. An dieser Stelle nimmt die Temperatur nicht weiter ab, sondern plötzlich zu. Dieses umgekehrte Temperaturänderungsverhalten nennt man Inversion (siehe Kapitel 8.4, Inversion).



- ▶ Sowohl sehr niedrige Temperaturen (Kälte) als auch hohe Temperaturen (Hitze) können auf Bergtouren zu kritischen Ereignissen führen.
- ▶ Kälte, insbesondere in Kombination mit Wind und Niederschlag, kann zu Auskühlung führen. Felsen und Wege können vereist oder mit Schnee bedeckt sein, Schneefelder sind häufig hart und vereist.
- ▶ Bei Hitze können Kreislaufprobleme, Flüssigkeitsverlust sowie Sonnenbrand und Sonnenstich vorkommen. Vorbeugend hilft, an heißen Tagen frühzeitig aufzubrechen, sonnige Anstiege zu meiden und rechtzeitig Sonnencreme und Sonnenschutz zu verwenden. Bei Hitze kann zudem weicher Schnee das Weiterkommen erschweren.

#### Beobachtung und Messung

Die Lufttemperatur wird mit Thermometern verschiedener Bauarten gemessen. Die Maßeinheit ist Grad Celsius (°C). Eine genaue Temperaturmessung ist auf Bergtouren meistens nicht notwendig, da Temperaturänderungen meist spürbar sind. Temperaturzu- und -abnahmen können wichtige Hinweise zur Abschätzung der aktuellen Wetterlage sowie zur weiteren Wetterentwicklung geben.

Die gefühlte Temperatur kann von der gemessenen Temperatur deutlich abweichen. Bei wolkenfreiem Himmel im Sommer mit starker Sonneneinstrahlung wird unsere Körperoberfläche zusätzlich erwärmt, wodurch die gefühlte Temperatur höher ist als die gemessene Temperatur. Bei kühler Witterung mit starkem Wind tritt dagegen der Wind-Chill-Effekt auf (siehe Kapitel 3.5, Wind). Auch die Feuchtigkeit in der Luft beeinflusst die gefühlte Temperatur. Kälte und Hitze sind bei hoher Luftfeuchtigkeit wesentlich unangenehmer und werden kälter/wärmer empfunden als trockene Kälte/Hitze (siehe Kapitel 3.3, Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung).



### 3.3 Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung

Die Luftfeuchtigkeit ist ein Maß dafür, wie viel Feuchtigkeit gasförmig als Wasserdampf in der Luft enthalten ist. Die Luft kann nur eine bestimmte, von der Lufttemperatur abhängige Wasserdampfmenge aufnehmen, wobei warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte Luft.

Wasserdampfsättigung kann auf zwei Arten entstehen: durch Abkühlung der Luft oder durch Feuchtigkeitszufuhr. Wird der Wasserdampfanteil so hoch, dass die Luft den Wasserdampf nicht mehr aufnehmen und halten kann, entstehen durch Kondensation sichtbare Wassertröpfchen, also eine Wolke.

Für die Kondensation sind Kondensationskerne notwendig. Ohne diese Kerne findet Kondensation nur bei starker Übersättigung der Luft statt. Als Kondensationskerne dienen in der Luft schwebende Aerosolteilchen. Über Städten oder auch Flughäfen, wo viele Abgase die Luft verunreinigen, gibt es deshalb mehr Wolkenbildung als über freien Land- und Wasserflächen. Erwärmt sich die Luft ausreichend oder wird ihr genug Feuchtigkeit entzogen, lösen sich die Wolken auf.

Die Abkühlung der Luft entsteht durch mehrere Prozesse:

- Erzwungene Hebung (am Gebirge, an Luftmassengrenzen, durch Thermik).
- Nächtliche Ausstrahlung am Boden.
- Driften über einen kälteren Untergrund oder langsame Vermischung mit kälterer Luft.

Im Gegenzug erwärmt sich die Luft durch:

- Absinken.
- Ausstrahlung am Boden am Tag.
- Driften über einen wärmeren Untergrund oder langsame Vermischung mit wärmerer Luft.

Feuchtigkeitszufuhr erfolgt vor allem durch Verdunstung über Feuchtigkeitsquellen (Meere, Seen, Flüsse). Durch Niederschlag wird der Luft Feuchtigkeit entzogen. Die relative Luftfeuchtigkeit gibt das Verhältnis der vorhandenen Wasserdampfmenge zur maximal möglichen Wasserdampfmenge (Sättigung) bei der aktuellen Lufttemperatur in Prozent an. Neben der Temperatur ist sie auch abhängig von Höhenlage, Tageszeit, Jahreszeit und Luftmasse.

An bewölkten Tagen im Sommer ohne Niederschlag nimmt die relative Feuchte aufsteigender Luft pro 100 Meter um 4 Prozent zu. Im Winter ist es weiter oben in der Troposphäre häufig trockener als im Tal. In Wolken oder im Nebel beträgt die relative Feuchte immer 100 Prozent. Wolken bestehen nicht immer (nur) aus Wassertröpfchen, sondern können auch aus Eisteilchen oder einer Mischung aus Wasser- und Eisteilchen bestehen.

Wolkenbeobachtungen in Kombination mit der Beobachtung anderer Wetterelemente wie Luftdruck, Temperatur und Wind, sind ein wesentlicher Bestandteil der Wetteranalyse und der Kurzfristvorhersage. Anhand von Wolken können Windrichtung und Windstärke in unterschiedlichen Höhenstufen beobachtet werden.



Wolken, die durch Abkühlung aufgrund von Hebung entstehen, werden mit dem Überbegriff cumulus bezeichnet. Die klassische Quellwolke/Haufenwolke ist durch eine gerade, flache Wolkenunterseite und eine haufenförmig angeordnete Oberseite gekennzeichnet. Umgangssprachlich wird diese mit Schäfchen, Wattlebausch oder Blumenkohl verglichen (siehe Kapitel 4, Wolkengattungen und ihre Bedeutung).

Die flache Wolkenuntergrenze wird als Hebungskondensationsniveau bezeichnet. Es kennzeichnet die Höhe, bei der sich die aufsteigende Luft soweit abgekühlt hat, dass die Feuchtigkeit in der Luft nicht mehr gehalten werden kann, sondern auskondensiert und in Form von Tröpfchen sichtbar wird.



- ▶ *Im Nebel oder innerhalb einer Wolke besteht eine deutlich reduzierte Sichtweite, die bis auf wenige Meter abnehmen kann. Die Orientierung und eventuell notwendige Rettungsmaßnahmen werden dadurch erheblich erschwert.*
- ▶ *Hohe Luftfeuchtigkeit in Kombination mit hoher Temperatur beeinflusst den menschlichen Organismus: Die Transpiration über die Haut wird verhindert und schwüle Hitze wird wahrgenommen. Diese belastet den Kreislauf deutlich stärker als trockene Hitze, weshalb zum Beispiel Temperaturen über 40 Grad Celsius in Wüsten wesentlich leichter vom Organismus verkraftet werden können als Temperaturen um 30 Grad in Regenwäldern mit einer erheblich höheren Luftfeuchtigkeit.*

#### Beobachtung und Messung

Die Luftfeuchtigkeit kann mit verschiedenen Methoden gemessen werden, zum Beispiel mit dem Psychrometer (besteht aus einem trockenen und einem feuchten Thermometer), mit dem Haarhygrometer oder mit elektrischen Methoden (Widerstandsbestimmung). Genaue Messungen sind auf Bergtouren nicht notwendig. Markante Änderungen der Luftfeuchtigkeit sind zum Beispiel durch starkes Schwitzen oder trockene Haut mit fehlendem Schweiß durchaus spürbar. Ein Anstieg der Luftfeuchtigkeit deutet meistens einen Wetterumschwung an.

Die Menge der Bewölkung wird geschätzt, der Bedeckungsgrad des Himmels wird in Achtel angegeben. Acht Achtel bedeutet komplett bedeckter Himmel, null Achtel kennzeichnet einen wolkenfreien Himmel. Außer der Menge der Bewölkung werden auch die Wolkenart und die Wolkenuntergrenze festgestellt.

Während der Tourenplanung können Satellitenfilme einen Überblick über die Veränderungen und die Verlagerungen von Wolkenfeldern geben.

- ▶ *Für Bergsteiger ist es wichtig, die Zunahme der Bewölkung wahrzunehmen, da sie einen Wetterumschwung andeutet (siehe Kapitel 6, Wettergeschehen im Detail).*



### 3.4 Niederschlag

Niederschlag entsteht, wenn sich infolge von Hebung immer größere Wolken bilden und die Wassertröpfchen beziehungsweise Eisteilchen in den Wolken immer größer werden. Überschreiten die Teilchen eine bestimmte Größe beziehungsweise Masse, fallen sie als Niederschlag zu Boden. Fast jede Niederschlagsbildung verläuft über die Eisphase. Bei langsamer Hebung entsteht Schnee, bei schnellem Aufsteigen Hagel oder Graupel. Bei tiefer Temperatur kommen die Schneekristalle beziehungsweise Eiskörner am Boden an, sonst schmelzen sie auf ihrem Weg nach unten und es fällt Regen.

Es wird zwischen fallendem und sich absetzendem sowie zwischen festem und flüssigem Niederschlag unterschieden:

|         | fallend                | absetzend |
|---------|------------------------|-----------|
| flüssig | Regen                  | Tau       |
| fest    | Schnee, Hagel, Graupel | Reif      |

Niederschlag wird auch aufgrund seiner Intensität unterschieden. Nieseln kennzeichnet kleintropfigen Niederschlag bei Hochnebel (direkte Tröpfchenbildung durch Kondensation). Hagel tritt nur in Gewittern auf und braucht starke vertikale Auf- und Abwinde. In Gewittern gibt es häufig auch Starkregen- und Graupelschauer.

Tau und Reif sind Erscheinungen der direkten Kondensation oder Sublimation (Übergang von der gasförmigen in die feste Phase) der Luftfeuchtigkeit an festen Oberflächen, zum Beispiel an Grashalmen oder Scheiben. Reif in Kombination mit starkem Wind bildet Anraum (auch als Raufrost bezeichnet), der häufig im Winter im Gebirge an Gipfelkreuzen oder anderen Windhindernissen zu sehen ist.

- ▶ *Niederschlag ist meistens nur in Kombination mit niedriger Temperatur gefährlich (Vereisung, Schnee).*
- ▶ *Starkniederschlag kann – temperaturunabhängig – zu schlechter Sicht mit erschwelter Orientierung und einem starken Anschwellen von Bächen und Flüssen führen.*
- ▶ *Hagelschlag birgt zusätzlich die Gefahr von Verletzungen während des Niederschlags. Da Hagel nur bei Gewittern auftritt, gibt es hierbei weitere Gefahren (siehe Kapitel 6.2, Gewitter).*
- ▶ *Große Neuschneemengen bedeuten einen Anstieg der Lawinengefahr.*

#### Beobachtung und Messung

Niederschlagsmessungen sind auf Bergtouren nicht notwendig. Die Art, Dauer und Intensität sollte jedoch beobachtet werden, da dies Aufschluss über das aktuelle und zukünftige Wettergeschehen gibt (siehe Kapitel 6, Wettergeschehen im Detail).



### 3.5 Wind

- ▶ ***Großräumige Windsysteme werden in Kapitel 5, Globales und überregionales Wettergeschehen, näher beschrieben. Auf lokale und regionale Schönwetterwinde sowie bergspezifische Besonderheiten wird in Kapitel 8, Besonderheiten des Bergwettlers, eingegangen.***

Wind entsteht durch sowohl klein- als auch großräumige Luftdruckunterschiede. Aus einem Bereich mit hohem Luftdruck strömt Luft so lange in einen Bereich mit niedrigem Luftdruck, bis der Luftdruck ausgeglichen ist. Je größer die Luftdruckunterschiede sind, desto stärker ist der Wind.

Die Windrichtung wird durch die Lage von Tief- und Hochdruckgebieten beziehungsweise von kleinräumigen Bereichen aufsteigender und absinkender Luft bestimmt. Dabei steht die bewegte Luft jedoch nicht nur unter dem Einfluss der Luftdruckunterschiede, sie wird auch von der Erdrotation beeinflusst. Dies macht sich auf der Nordhalbkugel als Ablenkung nach rechts bemerkbar. Diese auf bewegte Massen innerhalb eines rotierenden Bezugssystems wirkende Kraft heißt Corioliskraft.

Als Folge der Corioliskraft bewegt sich die Luft nicht direkt vom Hoch- ins Tiefdruckgebiet, sondern im Uhrzeigersinn aus dem Hochdruckgebiet hinaus und gegen den Uhrzeigersinn ins Tiefdruckgebiet hinein. Auf Wetterkarten kann die großräumige Windrichtung als Parallele zu den Isobaren abgelesen werden (siehe Kapitel 9, Von der Beobachtung zur Kurzfristvorhersage).

- ▶ *Windgeschwindigkeiten ab rund 50 km/h wirken beim Gehen beeinträchtigend und können insbesondere an exponierten Geländeabschnitten gefährlich werden. Bereits ab 15 km/h kann Wind als störend und unangenehm empfunden werden. Das Hantieren mit Seilen kann erschwert werden, was wiederum beim Abseilen zu Problemen führen und einen Rückzug unmöglich machen kann.*
- ▶ *Im Winter treten teils starke Schneeverfrachtungen durch Wind auf, was die Lawinengefahr stark ansteigen lässt.*
- ▶ *Um windbedingte Gefahrensituationen zu vermeiden, müssen die zu erwartenden Windverhältnisse in die Tourenplanung einbezogen werden. Bei Prognose-Unsicherheit kann eine professionelle Beratung zum Beispiel durch den Service der Wetterdienststelle Innsbruck im Auftrag von DAV und OeAV (siehe Kapitel 10) genutzt werden.*

#### Wind-Chill-Effekt

In Kombination mit einer Lufttemperatur unter der Körpertemperatur wirkt Wind kühlend und führt bei starker Windexposition zu Auskühlung. Dieses Phänomen wird als Wind-Chill-Effekt bezeichnet. Die tatsächlich gefühlte Temperatur hängt von der eigentlichen Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit ab. Die Wind-Chill-Temperatur wird ebenfalls in Grad Celsius angegeben:



## Wind-Chill-Temperatur

| Wind<br>km/h | Temperatur in Grad Celsius |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | 5                          | 0   | -5  | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 |
| 10           | 3                          | -3  | -9  | -15 | -21 | -27 | -33 | -39 | -45 | -51 | -57 | -63 |
| 20           | 1                          | -5  | -12 | -18 | -24 | -30 | -37 | -43 | -49 | -56 | -62 | -68 |
| 30           | 0                          | -6  | -13 | -20 | -26 | -33 | -39 | -46 | -52 | -59 | -65 | -72 |
| 40           | -1                         | -7  | -14 | -21 | -27 | -34 | -41 | -48 | -54 | -61 | -68 | -74 |
| 50           | -1                         | -8  | -15 | -22 | -29 | -35 | -42 | -49 | -56 | -63 | -69 | -76 |
| 60           | -2                         | -9  | -16 | -23 | -30 | -36 | -43 | -50 | -57 | -64 | -71 | -78 |
| 70           | -2                         | -9  | -16 | -23 | -30 | -37 | -44 | -51 | -58 | -65 | -72 | -80 |
| 80           | -3                         | -10 | -17 | -24 | -31 | -38 | -45 | -52 | -60 | -67 | -74 | -81 |

### Richtwerte für Erfrierungserscheinungen:

- Unter -27°C: zunehmendes Risiko innerhalb von 30 Minuten.
- Unter -35°C: hohes Risiko innerhalb von 5 bis 10 Minuten.
- Unter -43°C: hohes Risiko innerhalb von 2 bis 5 Minuten.
- Unter -54°C: hohes Risiko in weniger als 2 Minuten.

### Beobachtung und Messung

Die Beobachtungen von Windstärke und -richtung können Aufschluss über das aktuelle und kommende Wetter geben, wobei exakte Werte meistens nicht notwendig sind. In Bodennähe helfen Bäume oder Hüttenfahnen, wobei der Einfluss der Orografie beachtet werden muss. In engen Tälern gibt es häufig nur zwei Windrichtungen, am Gipfel und an Übergängen ist der Wind meist deutlich stärker als in der Umgebung (siehe Kapitel 8, Besonderheiten des Bergwetters). Wind in mittlerer und großer Höhe ist nur anhand von Wolken zu beobachten und hilft zur Bestimmung der Großwetterlage (siehe Kapitel 7, Wetterlagen und ihre regionale Bedeutung). Das am weitesten verbreitete System zur Beschreibung der Windgeschwindigkeit ist die Beaufort-Skala:



## Beaufort-Skala

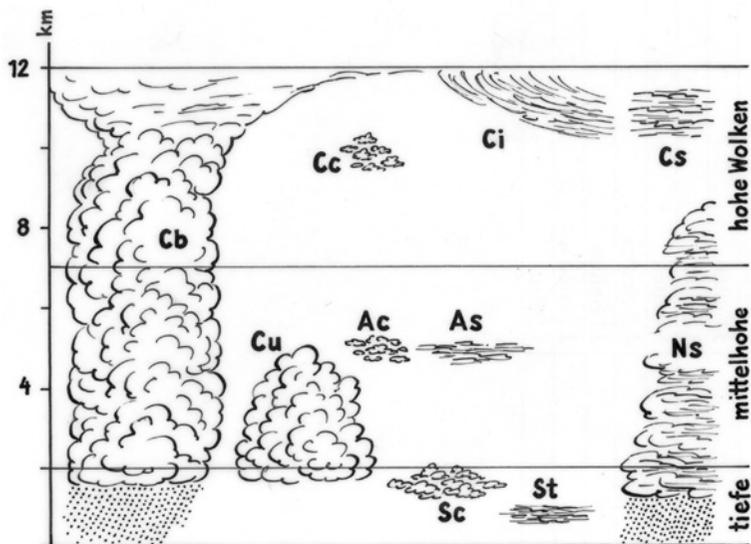
| Stärke | Bezeichnung        | Auswirkung  | m/s       | km/h    |
|--------|--------------------|---|-----------|---------|
| 0      | Still              | Windstille, Rauch steigt senkrecht empor.                         | 0-0,3     | < 1     |
| 1      | Leiser Zug         | Windrichtung durch Rauch erkennbar, nicht durch Windfahne.        | 0,3-1,5   | 1-4     |
| 2      | Leichte Brise      | Windfahne bewegt sich, Blätter säuseln, Wind im Gesicht fühlbar.  | 1,5-3,5   | 5-12    |
| 3      | Schwache Brise     | Blätter und dünne Zweige bewegen sich, Wind streckt einen Wimpel. | 3,5-5,5   | 13-19   |
| 4      | Mäßige Brise       | Hebt Staub und loses Papier, bewegt Zweige und dünne Äste.        | 5,5-7,5   | 20-26   |
| 5      | Frische Brise      | Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken.                           | 7,5-10,5  | 27-37   |
| 6      | Starker Wind       | Dicke Äste sind in Bewegung, Regenschirme sind schwer zu halten.  | 10,5-13,5 | 38-48   |
| 7      | Steifer Wind       | Ganze Bäume schwanken, Beeinträchtigung beim Gehen.               | 13,5-17,5 | 49-62   |
| 8      | Stürmischer Wind   | Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert das Gehen erheblich.      | 17,5-20,5 | 63-73   |
| 9      | Sturm              | Kleinere Schäden an Häusern.                                      | 20,5-24,5 | 74-87   |
| 10     | Schwerer Sturm     | Entwurzelt Bäume, bedeutende Schäden an Häusern.                  | 24,5-28,5 | 88-102  |
| 11     | Orkanartiger Sturm | Verbreitet Sturmschäden.  | 28,5-32,5 | 103-116 |
| 12     | Orkan              | Schwerste Verwüstungen.   | > 32,5    | > 116   |



## 4 Wolkengattungen und ihre Bedeutung

Wolken werden mit Hilfe von Wolkenstockwerken in zehn Wolkengattungen klassifiziert. Zusätzlich werden Wolken in Wolkenarten und -unterarten unterteilt, wobei für Bergsteiger nur wenige Wolkenarten relevant sind. Die Wolkengattungen sind für die Beschreibung der Wetterphänomene von Bedeutung und finden in den Kapiteln 5, Globales und überregionales Wettergeschehen, und 6, Wettergeschehen im Detail, Anwendung.

► Allgemein unterscheidet man zwischen einer Schichtwolke (stratus) und einer Haufenwolke (cumulus). Die drei Wolkenstockwerke werden als tiefe Wolken, mittelhohe Wolken (alto-) oder hohe Wolken (cirro-) bezeichnet.



### LERNZIELE

- Grundwissen über die Wolkenklassifikation erarbeiten.
- Grundkenntnisse der Wolkengattungen erarbeiten.

### METHODE

- Partner- oder Kleingruppenarbeit (jede Gruppe ein Wolkenstockwerk oder eine Wolkengattung) mit Hilfe von Fachliteratur und Internet-Webseiten.
- Anschließend Präsentation und Austausch in der Gesamtgruppe.



## 4.1 Hohe Wolken (Eiswolken)

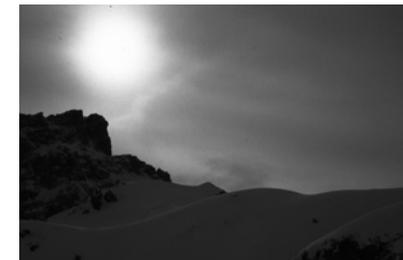
### • Cirrus (Ci) – Federwolke

Eiswolke in 8000 bis 12.000 Meter Höhe, mit dünnen Fasern oder Fäden, hakenförmig oder unregelmäßig gebogen.



### • Cirrostratus (Cs) – Schleierwolke

Dünne Wolkenschicht in 8000 bis 10.000 Meter Höhe. Im weißlich-durchsichtigen Wolkenschleier können mitunter Halos (Lichteffekte) beobachtet werden; Sonne oder Mond sind als heller Fleck erkennbar („Milchglasscheibe“).



### • Cirrocumulus (Cc) – kleine Schäfchenwolke

Dünne Wolkenballen in 8000 bis 10.000 Meter Höhe. Die weißen Flecken oder Felder sind isoliert, sie können aber auch miteinander verwachsen. Sie sind entweder klein und körnig oder geripelt. Zum Teil sind sie in Wellen angeordnet.





## 4.2 Mittelhohe Wolken

- **Altostratus (As) – mittelhohe Schichtwolke**

Schichtwolken aus Eiskristallen und Wassertröpfchen in 2000 bis 7000 Meter Höhe. Die bläuliche bis graue Wolkenschicht hat eine große horizontale Ausdehnung.



- **Alto cumulus (Ac) – mittelhohe Haufenwolke**

Aufsteigende Wölkchen in mittlerer Höhe aus Wassertröpfchen. Die kleinen Ballen oder Walzen sind isoliert oder zusammengewachsen (große Formenvielfalt).



## 4.3 Tiefe Wolken

- **Stratus (St) – Schichtwolke**

Niedere, durchgehende Wolkenschicht ohne Struktur, die auch als Hochnebel bezeichnet wird. Leichter Sprühregen oder Schneegriesel ist möglich, jedoch keine starken Niederschläge.



- **Stratocumulus (Sc) – Haufenschichtwolken**

Eine Schicht grauer und weißer Flecken oder Felder von Wolken, die aus Ballen, Walzen oder Schollen bestehen und oft zusammengewachsen sind. Die tiefen Wolken ohne faserige Struktur haben kein Niederschlagspotenzial.





#### 4.4 Wolken über mehrere Wolkenstockwerke

- **Nimbostratus (Ns) – Regenwolke**

Die ausgedehnte, blaugraue Wolken-  
decke reicht vom mittleren ins tiefe  
Wolkenstockwerk und verdeckt die  
Sonne komplett. Sie besteht aus  
Wassertröpfchen und Regentropfen,  
Schneeflocken und Schneekristal-  
len. Sie bringt meistens anhaltende  
Regen- oder Schneefälle (Aufgleitnie-  
derschlag an einer Warmfront).



- **Cumulus (Cu) – Quellwolke/Haufen-  
wolke**

Überwiegend aus Wassertröpfchen  
bestehende Wolken, die sich vom  
unteren ins mittlere Wolkenstock-  
werk erstrecken. Die dichten, scharf  
voneinander abgegrenzten weißen  
Wolken haben eine flache Wolkenun-  
terkante. Ihre vertikale Ausdehnung  
ist unterschiedlich, Wolken mit einer  
geringen vertikalen Mächtigkeit  
werden als Schönwetterwolken be-  
zeichnet. Sie können sich zu Cumu-  
lus congestus und nachfolgend zu  
Cumulonimbus ausbauen.



- **Cumulonimbus (Cb) – Gewitterwolke**

Die vertikal sehr mächtigen Quell-  
wolken bestehen aus Wassertröpf-  
chen und Eisteilchen. Sie reichen  
vom unteren bis ins obere Wolken-  
stockwerk. Der Wolkengipfel kann  
ambossartig abgeflacht und in alle  
Richtungen ausgebreitet sein (Eis-  
schirm oben, unscharfe Umrisse).



#### 4.5 Weitere für Bergsteiger relevante Wolkenarten

- **Altostratus lenticularis (Ac len) –  
Föhnfisch**

Die linsenförmige, lang gestreckte  
Wolke bildet sich über Bergkämmen  
oder im Lee von Bergkämmen. Trotz  
starkem Wind ist sie ortsfest.



- **Cumulus congestus (Cu con) – mäch-  
tige Haufenwolke**

Die nach oben mächtigen Haufen-  
wolken mit aufgeblähten Wolkengip-  
feln und scharfen Umrissen reichen  
vom unteren ins mittlere Wolken-  
stockwerk bis in etwa 6000 Meter  
Höhe. Sie können die Vorstufe eines  
Cumulonimbus sein.



- **Nebel**

Nebel entsteht physikalisch wie eine  
Wolke und kann als Wolke, die auf  
dem Boden aufliegt, betrachtet wer-  
den. Nebel wird jedoch nicht als  
Wolke bezeichnet.

Im Gebirge kann eine Wolkenschicht  
in höheren Lagen zu Nebel werden  
(aufliegende Bewölkung). Nebel  
weist eine Sichtweite von weniger  
als einem Kilometer auf. Räumlich  
sehr begrenzter Nebel wird als  
Nebelbank bezeichnet.





## 5 Globales und überregionales Wettergeschehen

Um den Wetterverlauf in unseren mittleren Breiten in Europa verstehen zu können, ist ein Blick auf die globalen Verhältnisse notwendig. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die großräumige Zirkulation auf der Nordhalbkugel (Kapitel 5.1), sowie die Druckgürtel und Windsysteme (Kapitel 5.2). Wie sich dies auf die Tief- und Hochdruckgebiete auswirkt, wird in den Kapiteln 5.3 und 5.4 erklärt.

### LERNZIELE

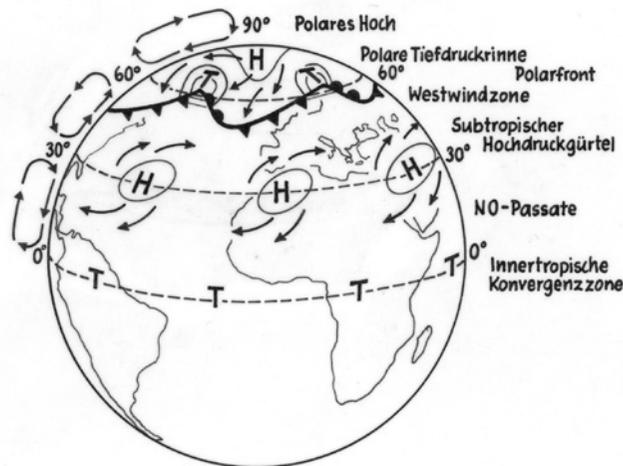
- Grundwissen über das globale Wettergeschehen vermitteln.
- Kenntnisse der globalen Zusammenhänge und ihrer Bedeutung für das Wetter vermitteln.

### METHODE

- Referat, Unterrichtsgespräch.

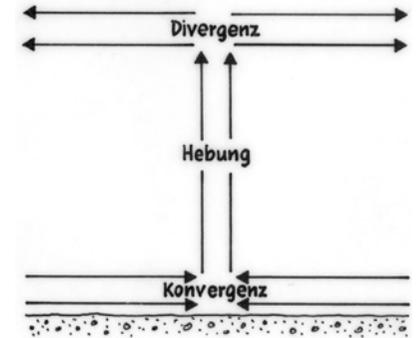
### 5.1 Großräumige Zirkulation auf der Nordhalbkugel

Die Oberfläche des Erdballs wird aufgrund seiner Kugelform, seiner Schrägstellung um 23,5 Grad und der unterschiedlichen Verteilung von Land und Wasser durch die Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt. Über den Äquatorbreiten steht die Sonne das ganze Jahr über weitgehend senkrecht. Der Boden erhält damit wesentlich mehr Strahlungsenergie als an den Polen mit niedrig stehender Sonne. Mit zunehmender Entfernung vom Äquator schwankt der Sonnenstand innerhalb eines Tages sowie im Lauf eines Jahres erheblich. Die Folgen dieser unterschiedlichen Erwärmung in Kombination mit der Erdrotation sind erdumspannende Zirkulationszellen mit großräumigen, horizontalen Luftdruckunterschieden. In der Abbildung sind zur besseren Übersicht nur die Verhältnisse auf der Nordhalbkugel dargestellt.



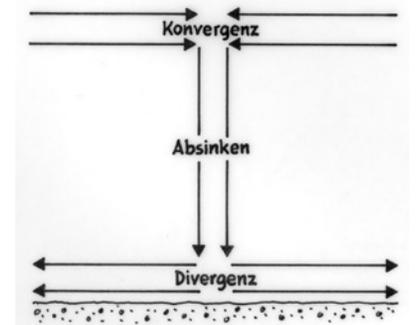
Über dem Äquator bildet sich jeden Tag starke Thermik (Aufwind als Folge der Erwärmung der Erdoberfläche) mit Wolkenbildung, häufig gefolgt von Schauern und Gewittern am Nachmittag. Die über dem Äquator aufsteigende Luft wird am Boden horizontal durch Luft aus Norden und Süden ersetzt. Das Zusammenströmen von Luftmassen nennt man Konvergenz. Die Zone über dem Äquator nennt man innertropische Konvergenzzone.

Die aufsteigende Luft strömt nach ihrem vertikalen Aufstieg oben an der Tropopause nach Norden beziehungsweise nach Süden auseinander. Das Auseinanderströmen von Luftmassen bezeichnet man als Divergenz.



Die in der Höhe von Süden nach Norden strömende Luft (auf der Nordhalbkugel) sinkt über rund 30 Grad Nord ab. Die Folge ist ein Auseinanderströmen am Boden nach Norden und Süden.

Der komplette Kreislauf vom Aufsteigen am Äquator zum Absinken über rund 30 Grad Nord wird Hadley-Zelle oder auch tropische Zelle genannt. Nördlich schließt sich die Ferrel-Zelle an. Sie beschreibt den Kreislauf der Luft von rund 30 Grad bis rund 60 Grad Nord.



Über rund 60 Grad nördlicher Breite strömt Luft am Boden sowohl von Süden als auch von Norden zusammen (Konvergenz). Diese Grenze ist zudem stark thermisch geprägt: Warme Luft aus Süden trifft auf kalte Luft aus Norden. Die Folge ist eine starke Hebung entlang dieser Luftmassengrenze. Diese ständig vorhandene Luftmassengrenze nennt man Polarfront. Ähnlich wie am Äquator strömt die Luft oben an der Tropopause nach Norden und Süden auseinander.

Über dem Nordpol sinkt die durch Ausstrahlung stark abgekühlte Luft ab, wodurch in der Höhe Luft aus Süden, also von allen Seiten, zusammenströmt. Die Folge ist Divergenz am Boden. Diese Abwärtsbewegung schließt die dritte Zelle, die Polarzelle, ab.



## 5.2 Druckgürtel und Windsysteme

Die Folge von aufsteigender Luft und horizontalem Zusammenströmen am Boden (Konvergenz) ist tieferer Luftdruck als in der Umgebung: Der Gewichtskraft nach unten wirkt die Vertikalbewegung nach oben entgegen. Am Äquator befindet sich somit ein Tiefdruckgürtel (äquatorialer Tiefdruckgürtel).

Absinkende Luft verstärkt die Kraftwirkung der Luftmassen, weshalb dort höherer Luftdruck als in der Umgebung gemessen wird. Über rund 30 Grad Nord und Süd befindet sich somit der subtropische Hochdruckgürtel (z.B. Azorenhoch). Beim Absinken geschieht das Gegenteil wie beim Aufsteigen der Luft (siehe Kapitel 3.3, Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung): Die Luft erwärmt sich und trocknet aus. In diesen Breitengraden sind deshalb häufig trockene Gebiete und Wüsten zu finden. An der Polarfront steigt Luft auf. Auch hier ist der Luftdruck niedriger als in der Umgebung, weshalb dieser Bereich als polare Tiefdruckrinne bezeichnet wird. An den Polen ist aufgrund des Absinkens der Luft hoher Luftdruck messbar.

Die Druckgürtel (äquatoriale Tiefdruckrinne, subtropischer Hochdruckgürtel und polare Tiefdruckrinne) sind jedoch nicht starr über dem gleichen Breitengrad. Während des Sommers auf der Nordhalbkugel wandern sie nach Norden. Ursache ist die zu dieser Zeit stärkste Sonneneinstrahlung über dem nördlichen Wendekreis. Im Winter der Nordhalbkugel wandern sie nach Süden, da dann über dem südlichen Wendekreis die stärkste Sonneneinstrahlung vorherrscht.

Mit dieser Verlagerung sind nicht nur unsere Wettervorgänge, sondern auch die jährlich regelmäßig wiederkehrenden Dürre- und Regenzeiten vieler Gebiete der Erde verbunden.

Die in Kapitel 5.1 beschriebenen horizontalen Luftströme am Boden fließen nicht direkt von Norden nach Süden beziehungsweise von Süden nach Norden. Sie werden durch die Corioliskraft abgelenkt (siehe Kapitel 3.5, Wind). Die Corioliskraft macht sich auf der Nordhalbkugel als Ablenkung nach rechts bemerkbar. Daraus ergibt sich zwischen dem Äquator und rund 30 Grad nördlicher Breite eine Luftbewegung aus Nordosten: die Nordost-Passat-Winde.

Zwischen 30 Grad und 60 Grad Nord wird der Südwind ebenfalls nach rechts abgelenkt. Die Folge ist eine Westwindzone. Zwischen 60 Grad Nord und dem Nordpol bewegt sich die Luft nach Südwesten, die Folge ist also ein Nordost-Wind.

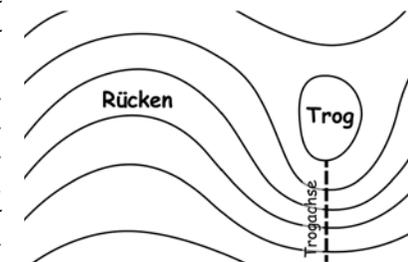


## 5.3 Polarfront

Die in Kapitel 5.1 erwähnte Polarfront ist die Luftmassengrenze zwischen kalter Polarluft aus Norden und warmer subtropischer Luft aus Süden. Sie ist an unserem Wetter maßgeblich beteiligt, da sie der Ursprung der in unseren mittleren Breiten das Wettergeschehen stark bestimmenden Tiefdruckgebiete ist.

Die Polarfront ist nicht als gleichmäßiger Gürtel ausgebildet, sondern wellenförmig nach Süden oder Norden. Je nach Stärke der Austrogung dieser Welle liegen die Alpen eher im Einflussbereich kalter beziehungsweise kühler oder warmer beziehungsweise milder Luft.

Zum Beispiel sorgt eine markante Austrogung nach Süden mit der darin liegenden Kaltluft für einen frühen Wintereinbruch oder späten Winterrückfall. Andersherum bringt ein ausgeprägter Wellenrücken sehr milde beziehungsweise warme Luft nach Mitteleuropa.



Die Häufigkeit der Tiefdruckgebiete über Mitteleuropa und dem Alpenraum sowie das Auftreten der Sturm- und Orkantiefs im Winterhalbjahr sind weitere Folgen der Verlagerung der Polarfront im Winter nach Süden. Die darin eingebetteten Zentren der Tiefdruckgebiete ziehen dann mitunter über Mitteleuropa hinweg, wohingegen sie im Sommer weiter nördlich über England und Skandinavien ihre Bahnen nehmen. Eine weitere Ursache der Sturm- und Orkantiefs im Winterhalbjahr ist die Temperaturdifferenz zwischen der polaren und der subtropischen Luft. Diese ist im Winterhalbjahr am größten, wenn im Polarraum sehr kalte Luft gebildet wird.



## 5.4 Tief- und Hochdruckgebiete

Als Tief- oder Hochdruckgebiete (kurz: Tief oder Hoch; auch Zyklone oder Antizyklone) werden Gebiete bezeichnet, in denen der Luftdruck tiefer beziehungsweise höher als in ihrer Umgebung ist.

Tiefer Luftdruck ist die Folge von Hebung einer Luftmasse: Die Vertikalbewegung nach oben wirkt der Gewichtskraft der Luft nach unten entgegen. Die Luft oben aus dem Tief strömt zudem schneller aus, als sie unten einströmt. Dies führt zu einem Massenverlust und damit zu Druckabfall.

Hoher Luftdruck ist die Folge einer absinkenden Luftmasse: Die Vertikalbewegung nach unten verstärkt den Druck pro Flächeneinheit. Zudem strömt die Luft oben im Hoch schneller ein, als sie unten ausströmt. Daraus folgt ein „Massenüberschuss“ und damit ein höherer Druck im Vergleich zur Umgebung.

### 5.4.1 Tiefdruckgebiete

In einem Tief dehnt sich die aufsteigende Luft aus und kühlt sich ab. Bei ausreichend vorhandenem Wasserdampf bilden sich Wolken und im weiteren Verlauf Niederschlag. Am Boden strömt Luft horizontal nach (Konvergenz am Boden, siehe Kapitel 5.1). Bei den Tiefs der polaren Tiefdruckrinne ist die Hebung eine Folge der Konvergenz polarer und subtropischer Luftmassen. Diese Tiefs haben ausgeprägte Fronten (siehe Kapitel 6.1, Warm- und Kaltfronten).

#### Arten und Entstehung

Neben den unser Wetter bestimmenden Tiefs mit Ursprung in der polaren Tiefdruckrinne gibt es auch Hitzetiefs. Ein Hitzetief entsteht durch starke Sonneneinstrahlung über dem Kontinent. Es hat meistens eine deutlich geringere horizontale und vertikale Ausdehnung. Hitzetiefs sind die Folge starker, andauernder Thermik. Ihre Entstehung wird durch schwache horizontale Luftbewegungen begünstigt. Hitzetiefs treten bei uns nur gelegentlich im Hochsommer auf, häufiger sind sie im Sommerhalbjahr über Südeuropa.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Tiefdruckgebiete sind keine Hitzetiefs, sondern Tiefs mit Ursprung in der Polarfront. Ein solches Tief entsteht an der Grenze von kalter und warmer Luft nach Auftreten einer Störung, die eine Wellenbewegung der Polarfront verursacht. Als Störung kann zum Beispiel die unterschiedlich starke Erwärmung über Wasser und Land genügen.

Die meisten Tiefs entstehen über dem Atlantik vor der Ostküste Kanadas, da dort die größten Temperaturunterschiede herrschen. Der Bereich vor Neufundland und westlich von Grönland ist typisch, da dort dank des Labradorstroms sehr kalte Luft nach Süden gelangt. Seine größte Intensität erreicht dieses Tief dann bei seiner Verlagerung nach Island.

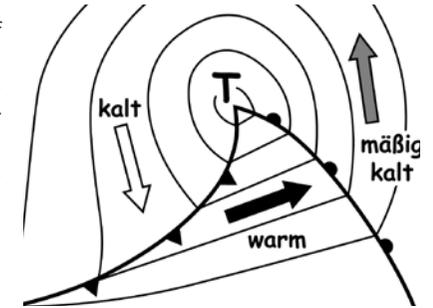
Innerhalb der Ausläufer können weitere Tiefs über Mittel- und Südeuropa entstehen. Die Tiefs im Lee der Alpen (Adria- und Genuatief) können nicht nur den Alpenraum, sondern auch weite Teile Mitteleuropas beeinflussen (siehe Kapitel 7.10, Genuatief und Adriatief).



## Vertikalbewegung im Tief

Aufgrund der Wellenform wird über einem Ort die anfangs vorherrschende kühle Luft durch milde (warme) Luft ersetzt. Diese Luftmassengrenze wird als Warmfront bezeichnet. An der nachfolgenden Kaltfront wird die milde Luft durch kalte Luft ersetzt.

Das in der Abbildung dargestellte Tief mit Warm- und Kaltfront zieht von links nach rechts über einen Standort hinweg. Gezeigt ist die Verwirbelung der kalten (polaren) und warmen (subtropischen) Luft. Die kalte Luft wird nach Süden transportiert, die warme nach Norden. Das genaue Wetter Szenario wird in Kapitel 6.1, Warm- und Kaltfronten, beschrieben.



## Intensität und jahreszeitliche Unterschiede

Die Intensität eines Tiefdruckgebiets hängt von der Temperaturdifferenz der warmen und kalten Luft ab. Je größer diese ausfällt, umso stärker entwickelt sich ein Tiefdruckgebiet. Typische Werte des Tiefdrucks im Zentrum des Tiefs sind in folgender Tabelle aufgeführt:

| Luftdruck im Tiefdruckkern | Sommer        | Winter       |
|----------------------------|---------------|--------------|
| Tief über Atlantik         | 980-990 hPa   | 950-970 hPa  |
| Tief über Alpenraum        | 1000-1010 hPa | 990-1000 hPa |

Große Druckdifferenzen in einem Tief führen zu hohen Windgeschwindigkeiten, die je nach ihrem Windmaximum die Bezeichnung Sturmtief oder Orkantief erhalten (siehe Kapitel 3.5, Wind).

## Horizontale Verlagerung

Bei der Entwicklung und der Verlagerung von Tiefdruckgebieten überlagern sich mehrere Bewegungen. Zum einen dreht sich das Tief gegen den Uhrzeigersinn (Nordhalbkugel), zum anderen ist es in die Höhenströmung eingebettet und wandert mit dieser mit.



### 5.4.2 Hochdruckgebiete

In einem Hoch herrscht meist wolkenarmes und schönes Wetter. Dies ist eine Folge des Absinkeffekts: Die Luft erwärmt sich und kann mehr Wasserdampf aufnehmen als zuvor. Es kommt zu keiner Wolkenbildung oder Wolken lösen sich auf.

#### Arten, Entstehung und horizontale Verlagerung

Je nach horizontaler und vertikaler Ausdehnung wird zwischen zwei Arten unterschieden:

- Zwischenhochs sind kalte Hochs mit geringer vertikaler und horizontaler Ausdehnung. Sie entstehen in der rückseitigen Kaltluft eines Tiefs und wandern in der Höhenströmung zwischen den Tiefs mit.
- Horizontal ausgedehnte und vertikal hoch reichende Hochdruckgebiete sind warme Hochs, die subtropisch entstehen (z.B. Azorenhoch) und sich zeitweise bis nach Mitteleuropa erstrecken. In mittleren Breiten sind sie im Winter am Boden häufig kalt (Folge der Ausstrahlung, siehe Kapitel 8.4, Inversion).

Ausgedehnte Hochs können zeitweise blockierend wirken und vor allem im Winterhalbjahr für stabiles Wetter sorgen.

#### Intensität und jahreszeitliche Unterschiede

Die Intensität eines Hochdruckgebiets hängt ebenfalls von der Temperaturdifferenz der beteiligten Luftmassen ab, vor allem von der Stärke des Warmlufttransports. Im Sommer haben die Hochdruckgebiete im Kern 1020 bis 1030 Hektopascal, im Winter bis zu 1045 Hektopascal über Mitteleuropa.

Im Sommer nimmt der Einfluss der subtropischen Hochdruckzone auf Mitteleuropa grundsätzlich zu, da sich die Polarfront im Sommer nach Norden verlagert. Im Winter treten bei Westwetterlage (siehe Kapitel 7.7, Westlage) häufig nur kurz andauernde Zwischenhochs auf. Polare Hochs mit kalter Luft in den unteren Schichten bedeuten meist länger andauernde Hochdrucklagen.



## 6 Wettergeschehen im Detail

Typische Schlechtwettererscheinungen im Alpenraum sind verbunden mit Warm- und Kaltfrontpassagen sowie mit Gewittern durch Thermik.

#### LERNZIELE

- Grundwissen über typische Schlechtwettererscheinungen im Alpenraum erarbeiten.
- Folgen und Gefahrenpotenzial von Schlechtwettererscheinungen erkennen.

#### METHODE

- Referat, Unterrichtsgespräch und Kleingruppenarbeit (je Gruppe ein Unterthema).
- Anschließend Präsentation und Austausch in der Gesamtgruppe.

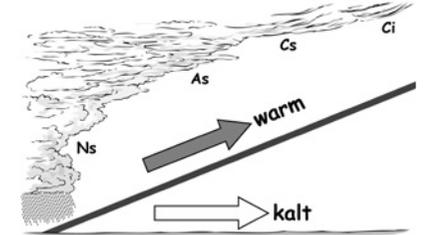
### 6.1 Warm- und Kaltfronten

Tiefs über Mitteleuropa mit Ursprung in der Polarfront haben ausgeprägte Luftmassengrenzen. Diese werden als Warmfronten bezeichnet, wenn warme Luft kalte oder kühle Luft austauscht. Bei einer Kaltfront ersetzt kalte Luft die warme Luft. Aufgrund der Wellenform der Polarfront zieht über einen Standort zuerst die Warmfront und dann die Kaltfront hinweg.

#### 6.1.1 Warmfront

Beim Austausch von kalter Luft durch warme Luft gleitet die warme Luft infolge ihrer geringeren Dichte über der kälteren Luftmasse auf. Trotz zunehmender Windgeschwindigkeit am Boden kommt sie dabei meist nur sehr langsam voran.

Das Aufgleiten warmer Luft erfolgt in einem sehr flachen Winkel, die kalte Luft darunter wird nur allmählich verdrängt (siehe Abbildung). In den Alpentälern hält sich die kalte Luft noch länger als im Flachland.



#### Vertikale Struktur und typische Wolkenabfolge

Der flache Neigungswinkel hat zur Folge, dass die ersten Wolken im obersten Wolkenstockwerk (siehe Kapitel 4, Wolkengattungen und ihre Bedeutung) schon weit vor dem Eintreffen der warmen Luft am Boden auftreten. Anfangs sind Cirrus zu sehen. Danach werden die Cirrus dichter, es bildet sich eine geschlossene Wolkendecke (Cirrostratus). Der Luftdruck fällt langsam. Hält der Warmluftstrom an, folgen mittelhohe Wolken: Die Wolkenuntergrenze wird tiefer und die Wolkendecke nach unten hin dunkler (Altostratus). Schließlich bildet sich Nimbostratus, aus dem der Niederschlag fällt. Dabei erreicht der Luftdruck seinen Tiefpunkt. Nach dem Regen ist ein Temperaturanstieg spürbar, der Luftdruck steigt wieder an.



## Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer tritt eine Warmfront häufig ohne Niederschlag auf, da die Luft über dem Festland durch die Sonneneinstrahlung meist wärmer ist als die atlantische Warmluft (Ausnahme: Tiefs im Mittelmeerraum). Die typische Wolkenabfolge bis Altostratus bleibt jedoch erhalten.

Im Winter fällt meist länger anhaltender, teils stärkerer Niederschlag oft bis in mittlere Lagen herab als Regen. Folgen können Hochwasser in den Tälern und im Hochgebirge große Neuschneemengen sein. Der Temperaturanstieg bringt einen vorübergehenden „Frühlingseinbruch“.

► *Alpine Gefahren in Verbindung mit einer Warmfrontpassage können neben größeren Niederschlagsmengen auch andauernd hohe Windgeschwindigkeiten sein. Im Winter führen Neuschnee und Schneeverfrachtungen zu einem Anstieg der Lawinengefahr. In der aufliegenden Bewölkung ist erschwerter Orientierung durch eine deutlich reduzierte Sichtweite möglich.*

## Vorhersehbarkeit

Warmfronten sind aufgrund ihrer typischen Wolkenabfolge relativ leicht und einige Zeit im Voraus zu erkennen. Verdichten sich Cirren zu Cirrostratus, dauert es noch rund 6 bis 18 Stunden, bis der (mögliche) Regen da ist.

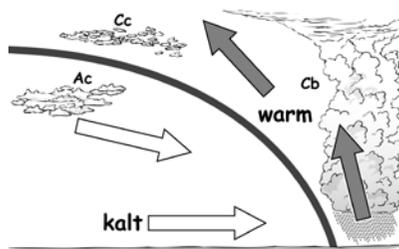
Der fallende Luftdruck ist ein weiteres Indiz, wobei er deutlich langsamer fällt als bei einer Kaltfront.

Da Warmfronten im Sommer häufig ohne Niederschlag auftreten, ist die Wolkenabfolge sowie die Erwärmung der Luft umso genauer zu beobachten, insbesondere als Vorbote für die Kaltfront.

### 6.1.2 Kaltfront

Warme Luft wird von kalter Luft weggeschoben, indem sich die Kaltluft aufgrund ihrer höheren Dichte unter die Warmluft schiebt. Die Kaltfront kommt deutlich schneller voran als die Warmfront und die Frontfläche ist sehr steil.

In den Alpen verdrängt die kalte Luft die warme Luft zwar auch schnell, jedoch bilden die Alpen für die schwere, kalte Luftmasse ein Hindernis.



## Vertikale Struktur und typische Wolkenabfolge

Der steile Neigungswinkel hat zur Folge, dass die warme Luft sehr rasch nach oben ausweichen muss. Dies führt im Sommer fast immer zu Gewittern, im Winter meist nur, wenn zusätzlich in der Höhe Kaltluft vorherrschend ist.

In der warmen Luft ist im Sommer viel Wasserdampf enthalten. Ausreichend Feuchtigkeit in Kombination mit einer starken Hebung sind die Grundzutaten für



ein Gewitter. An einer Kaltfront sind teils kräftige, mitunter unwetterartige Schauer und Frontgewitter typisch. Im Winter herrscht vor der Kaltfront oft nur geringe Bewölkung. Im Sommer sind in der warmen Luft (nach der Warmfront) Wolken der Gattung Cumulus und Cumulus congestus bis hin zu Cumulonimbus (siehe Kapitel 6.2, Gewitter) möglich.

Eine typische Wolkenabfolge, ähnlich wie bei der Warmfront, die eine Kaltfront schon Stunden zuvor ankündigt, gibt es nicht. Die Gewitter an der Kaltfront können einen Amboss aus Eiswolken bilden, der jedoch nicht mit dem Cirrostratus der Warmfront verwechselt werden darf.

## Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer sind Kaltfronten aufgrund der großen Temperaturdifferenz meistens sehr intensiv. Typisch sind Gewitter mit starkem Niederschlag (Platzregen, Hagel) und Sturmböen sowie ein markanter Temperaturrückgang („Wettersturz“). Trifft die Kaltfront am Nachmittag oder Abend auf bereits ausgebildete Wärmegewitter, entstehen lokal meist kräftige Unwetter. Vorlaufende Gewitterlinien, so genannte Konvergenzlinien (siehe Kapitel 6.2, Gewitter), sind im Sommer nicht selten.

Im Winter sind Kaltfronten meist schwächer ausgeprägt. Sie bringen jedoch häufig auch im Flachland und bis in die Täler herab Schnee. Intensive Kaltfronten mit sonst seltenen Wintergewittern treten meist nur bei Sturm- und Orkantiefs auf.

► *Im Sommer bilden Kaltfronten ein starkes, ernst zu nehmendes Gefahrenpotenzial. Nicht nur die kurzzeitig starken Niederschläge mit hohen Windgeschwindigkeiten, sondern auch der markante Temperaturrückgang und die Blitzgefahr im Gewitter sind zu beachten. Schneefall ist bis in mittlere Lagen herab möglich, wobei der Schnee vorerst liegen bleibt. Im Hochgebirge können Lawinen auftreten.*

► *Kaltfronten sind in Wetterprognosekarten zwei bis vier Tage zuvor eingezeichnet und werden meist im Wetterbericht erwähnt. Zwar ist jede Kaltfront anders und die Ausprägung schwankt stark, aber generell lässt sich das Zusammentreffen mit ihr während einer Bergtour durch gute Planung vermeiden.*

## Vorhersehbarkeit

Für die Vorhersage von Kaltfronten ist der Luftdruckverlauf ein starkes Kriterium. Je schneller der Luftdruck sinkt, desto früher kommt die Wetteränderung und desto stärker sind die damit verbundenen Wettererscheinungen ausgeprägt. Bei Kaltfronten sinkt der Luftdruck rund 15 bis 20 Hektopascal in 24 Stunden, also 2 bis 3 Hektopascal in 3 Stunden. Bei Werten ab 5 Hektopascal in 3 Stunden steht ein Sturm bevor. Ein kurzfristiges Indiz sind Windböen. Bevor die Wolken direkt über einem stehen und Niederschlag einsetzt, kommt es zu starken Windböen, häufig auch zu Sturmböen (> 75 km/h).

Ein weiteres Indiz für eine Kaltfront ist das vorangegangene Wetter. Eine Kaltfront folgt immer einer Warmfront, auch wenn diese insbesondere im Sommer nur schwach ausgeprägt, zum Beispiel ohne Regen, war. Die Beobachtung der Wolkenabfolge sowie die Erwärmung der Luft sind dann umso wichtiger.



## 6.2 Gewitter

Gewitter entstehen, wenn ausreichend Wasserdampf in der Luft ist und die Luft schnell und/oder andauernd aufsteigt. Die Hebung kann verschiedene Ursachen haben, anhand derer die Gewitter klassifiziert werden:

- Frontgewitter.
- Wärmegewitter.
- Orografische Gewitter.
- Gewitter an Konvergenzlinien.

Die zwei Hauptarten sind Wärme- und Frontgewitter, die beiden anderen sind jedoch für Bergsteiger nicht weniger relevant.

Während Wärmegewitter keinen Wetterumschwung bedeuten und meist nur kurz andauern, bringen Frontgewitter einen Luftmassenaustausch mit nachfolgend deutlich kälterer Luft („Temperatursturz“). Die Unterscheidung kann im Ernstfall Leben retten. Die Erscheinungen können bei allen Gewitterarten gleichermaßen stark ausgeprägt sein.

- ▶ *Auch bei kurzen Wärmegewittern kann es zu Hagel und starkem Platzregen kommen, dazu braucht es keine frontale Hebung. Örtlich können auch bei kleinen Gewitterzellen Unwetter auftreten.*
- ▶ *Unwettergefahr herrscht jedoch vermehrt im Hochsommer, wenn sich mehrere Hebungsprozesse überlagern, wenn zum Beispiel eine Kaltfront am späten Nachmittag auf das Bergland trifft, während sich dort bereits erste Wärmegewitter entladen.*
- ▶ *Die Bildung eines Ambosses ist keine Voraussetzung für Entstehen von Starkregen, Hagel oder Blitzen und auch kein Maßstab für die Stärke des Gewitters.*

Eine weitere Gemeinsamkeit aller Gewitter ist ihr Auftreten nur in den Sommermonaten, meist von Mai bis August. Frontgewitter überwiegen von April bis September, selten im Winterhalbjahr. Wärmegewitter leben von der Thermik, also vom starken Aufwind, der als Folge der Erwärmung der Erdoberfläche auftritt. Deshalb sind felsige Gebirge mit großem Wärmespeicherpotenzial und große besonnte Süd- und Südwesthänge häufiger betroffen.

Innerhalb einer Gewitterwolke gibt es starke Auf- und Abwinde mit Geschwindigkeiten bis zu 50 Meter pro Sekunde. Durch mehrmaliges Auf und Ab entstehen immer größere Hagelkörner. Schmelzen diese beim Herabfallen, gibt es großtropfigen Regen, sonst Hagel bis zum Boden.

Die Zugrichtung des Gewitters hängt von den Höhenwinden der mittleren Troposphäre ab, nicht von der Zugrichtung des Ambosses.



## 6.2.1 Frontgewitter

Frontgewitter treten meistens an Kaltfronten auf, an Warmfronten sind sie eher selten (siehe Kapitel 6.1, Warm- und Kaltfronten). Das heißt, dass im Sommer die warme, feuchte Luft von kälterer Luft verdrängt wird. Die schwüle Luft wird zum raschen Aufstieg gezwungen. An der Luftmassengrenze kommt es zu Schauern und teils unwetterartigen Gewittern mit Sturmböen, starkem Platzregen oder Hagel.

- ▶ *Frontgewitter können zu jeder Tages- und Nachtzeit auftreten. Sie können entlang der Frontlinie mit Satellitenbild und Radarkarte kurzfristig gut prognostiziert werden.*

## 6.2.2 Wärmegewitter

Wärmegewitter entstehen bei starker und/oder andauernder Thermik, wenn ausreichend Wasserdampf in der Luft vorhanden ist. Dieses Szenario kann mit einem mit Wasser gefüllten Kochtopf auf einem Herd verglichen werden. Wo genau die erste, zweite, dritte Luftblase aufsteigt, wenn das Wasser zu kochen beginnt, weiß niemand. Sicher ist nur, dass es Luftblasen geben wird. Ähnlich unpräzise ist auch eine Gewitterprognose. Ob sich eine Gewitterwolke an diesem Berg oder dem Nachbarberg bildet, ist nicht vorherzusehen. Nur Kurzzeitprognosen von rund 15 Minuten sind möglich, wenn sich die Gewitterzelle bereits gebildet hat. Dies ist für die meisten Entscheidungen jedoch viel zu knapp.

Wärmegewitter entstehen häufig zuerst in den Alpen und über den Mittelgebirgen, weil die orografische Hebung hinzukommt (siehe Kapitel 6.2.3 und 8.1, Orografische Effekte bei Gewittern). Sie bilden sich nur bei Hochdrucklagen, oft wenn sich diese abschwächen, also schon einige Tage andauern, und sich die Luft von Tag zu Tag mehr aufgeheizt hat. Die für Wärmegewitter nötige Feuchtigkeit in der Luft ist an der Bewölkung zu erkennen. Viele Wolken bedeuten viel Luftfeuchtigkeit. Aufsteigende Wolken (Cumuli) haben eine flache Wolkenuntergrenze und sind meistens leicht zu erkennen (siehe Kapitel 4, Wolkengattungen und ihre Bedeutung). Werden sie von Tag zu Tag mehr und mächtiger, wird das Auftreten von Gewittern wahrscheinlicher.

- ▶ *Wärmegewitter treten vermehrt am Nachmittag und frühen Abend auf, da sich die Wolken erst zu Gewitterwolken aufbauen müssen. Die Entstehung von Wärmegewittern kann man demnach über die Wolkenentwicklung beobachten. In Tallagen wird die feuchte Luft häufig als drückend oder schwül empfunden.*

Allerdings gibt es jeden Sommer einige wenige Tage, in denen trotz eines starken vertikalen Temperaturunterschieds, und somit starker Thermik, Hochdruckwetter mit strahlend blauem Himmel ohne Wolken am Himmel herrscht. Diese trockenen Tage, meistens nach Anströmung relativ trockener Luft aus Osten, sollten für die langen Touren genutzt werden.



### 6.2.3 Orografisches Gewitter

Orografische Gewitter sind eine Sonderform des Wärmegewitters. Die Hebung durch Thermik reicht noch nicht aus zur Bildung von Gewittern, es bedarf noch den zusätzlichen Einfluss der Orografie. Die Orografie beeinflusst einerseits die Thermikintensität (siehe Kapitel 8.1.2, Lambert'sches Gesetz) und andererseits die mechanische Hebung aufgrund des Gebirgshindernisses.

► **Siehe dazu ausführlich Kapitel 8.1, Orografische Effekte bei Gewittern.**

### 6.2.4 Gewitter an Konvergenzlinien

Ein Gewitter an Konvergenzlinien ist eine Besonderheit, die vor allem in der warmen Jahreszeit auftritt. Hier kommt es zu einer markanten Hebung warmer, feuchter Luft aufgrund des bodennahen Zusammenströmens von Luftmassen (Konvergenz), meist einer Kaltfront vorgelagert. Die Konvergenzlinien, auch Gewitterlinien genannt, sind in Wetterkarten als durchgezogene Linie parallel vor einer Kaltfront eingezeichnet. Der eigentliche Luftmassenaustausch erfolgt mit der Kaltfront wenige Stunden danach. Das Wettergeschehen an der Kaltfront ist bei starker Intensität der Gewitter an der Konvergenzlinie teils nur noch schwach ausgeprägt.

- *Gewitter an Konvergenzlinien können zu jeder Tages- und Nachtzeit auftreten, sind jedoch umso stärker, je mehr sich die Luft im Tagesverlauf aufgeheizt hat.*
- *Im Sommer bildet jede Art von Gewitter ein Gefahrenpotenzial. Neben Hagel und starkem Platzregen, der lokale Überschwemmungen und Schlammlawinen als Folge haben kann, sind vor allem Blitzeinschläge gefährlich. Dabei ist zu beachten, dass Blitzeinschläge besonders an exponierten Stellen auch mehrere Kilometer außerhalb des Cumulonimbus auftreten können, selbst wenn man blauen Himmel über sich hat.*
- *Bei Gewitter sind exponierte Grate und Gipfel deshalb sofort zu verlassen. Im Ernstfall ist die Absturzgefahr gegenüber der Blitzgefahr abzuwägen. Ebenfalls sind Rinnen, Wasserläufe und nasse Wände sowie Stahlseile (Klettersteige) zu meiden. Metall zieht den Blitz zwar nicht noch stärker an, bei einem Blitzeinschlag wirkt es jedoch stark leitend.*
- *Schutz bietet gleichmäßig hoher, dichter Wald, man sollte sich jedoch nicht am Waldrand oder auf Lichtungen aufhalten. Bei Höhlen und Felshöhlen ist auf ausreichende Entfernung von Höhlendecken und Wänden (mindestens 2 Meter zum Wandfuß) zu achten. Relativ sicher ist das Kauern auf einer isolierenden Unterlage mit geringer Kontaktfläche zum Boden (Füße zusammen, um die Schrittspannung zu vermeiden).*
- *Der beste Schutz ist jedoch die Vermeidung. Im Hochsommer sollte man früh aufbrechen und früh zurück sein, bei Wärmegewitterneigung sogar bereits am frühen Nachmittag. Bei einer angekündigten Kaltfront ist der Verzicht der beste Schutz. Lange Touren ohne Notausstieg sind meist im Spätsommer sicherer.*



## 7 Wetterlagen und ihre regionale Bedeutung

Als Großwetterlage bezeichnet man den Wetterzustand bezüglich der wichtigsten Wetterelemente (siehe Kapitel 3, Wetterelemente und physikalische Zusammenhänge) über einem begrenzten Gebiet für die Dauer von mehreren Tagen.

Wetterlagen sind nach ihrer Hauptströmungsrichtung benannt. Bei einer Nordlage kommt die Luftmasse aus Norden, bei einer Westlage aus Westen. Daneben gibt es das zentrale Hoch und das zentrale Tief.

Die Wetterlage ist für die Vorhersage des Wetters für einen kurz- und mittelfristigen Zeitraum von großer Bedeutung. Insgesamt wurden 29 Wetterlagen für Mitteleuropa klassifiziert. Die dargestellten Wetterlagen treten davon am häufigsten auf, jedoch mit unterschiedlichem Anteil.

### LERNZIELE

- Grundwissen über die für Mitteleuropa relevanten Wetterlagen vermitteln.
- Die Zusammenhänge und die Auswirkungen der Wetterlage auf die unterschiedlichen Alpenregionen erkennen.

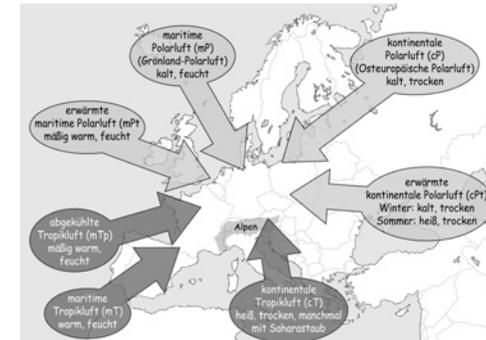
### METHODE

- Referat, Unterrichtsgespräch, Partner-/Kleingruppenarbeit (pro Team eine Wetterlage erarbeiten, anschließend der Großgruppe präsentieren).
- Als Materialien können Literatur, Internet, eigene Aufzeichnungen und aktuelle Wetterkarten mit Ablauf über mehrere Tage eingesetzt werden.

### 7.1 Hauptluftmassen in Europa

Die Wetterlage bestimmt den Charakter des nach ihr benannten Abschnitts. Je nach Strömungsrichtung ist die nach Mitteleuropa transportierte Luftmasse eher feucht oder trocken, warm oder kalt.

Haben die Luftmassen einen längeren Weg über Meeresflächen, weisen sie einen hohen Wasserdampfgehalt auf. Strömen sie dagegen hauptsächlich über Land (aus Osten), sind sie relativ trocken. Luft aus Süden ist in der Regel wärmer, beziehungsweise milder, als Polarluft aus nördlicher Richtung.

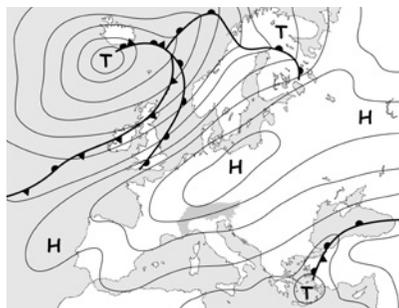




## 7.2 Hochdrucklage

Bei einer Hochdrucklage bestimmt ein horizontal ausgedehntes und vertikal hoch reichendes Hochdruckgebiet das Wetter in Mitteleuropa (siehe Kapitel 5.4.2, Hochdruckgebiete). Diese Hochs können zeitweise blockierend wirken und vor allem im Winterhalbjahr für stabiles Wetter sorgen.

Das Zentrum des Hochs liegt nahe den Alpen. Über ganz Mitteleuropa sind nur geringe Luftdruckunterschiede zu erkennen. Die Luftmasse ist austauschbar und horizontal kaum in Bewegung. Es können sich Schönwetterwinde wie zum Beispiel Berg- und Talwinde (siehe Kapitel 8.2) ausbilden.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer sind im Zentrum kaum Wolken, zum Rand hin gibt es zunehmend Quellwolken, und über mehrere Tage hinweg sind im Verlauf Wärmegewitter möglich (alterndes Hoch, siehe Kapitel 7.12, Gewitterlage). Im Winter bildet sich häufig Inversion mit Dauerebel in den Tälern (siehe Kapitel 8.4, Inversion).

### Regionale Unterschiede

Regionale Unterschiede gibt es prinzipiell keine. Im ganzen Alpenraum herrscht meist sonniges Wetter.

### Besonderheiten

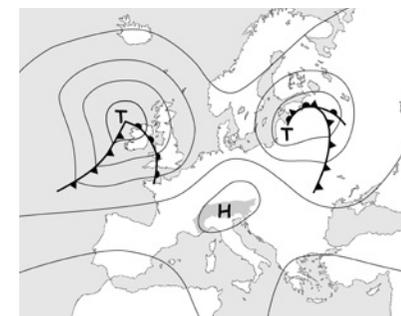
Im Winter herrscht gute Fernsicht, da die Emissionen im Tal in der Inversionsschicht bleiben. Im Sommer wird durch die gute vertikale Durchmischung aufgrund der Thermik die Fernsicht eingeschränkt, da Emissionen und Feuchte bis in größere Höhen verfrachtet werden.



## 7.3 Zwischenhoch

Zwischenhochs sind kalte Hochs mit geringer vertikaler und horizontaler Ausdehnung, die in der rückseitigen Kaltluft eines Tiefs entstehen. Sie wandern in der Höhenströmung zwischen den Tiefs mit.

Zwischenhochs kennzeichnen eine kurzlebige und bewegliche Hochdruckphase, die meist nur 12 bis 24 Stunden, in Ausnahmen bis zu 48 Stunden, andauert. Nach der davor abziehenden Kaltfront steigt der Luftdruck rasch an, fällt dann im Verlauf jedoch auch wieder rasch, da sich von Westen das nächste Tiefdruckgebiet ankündigt. Auf der Wetterkarte und im Satellitenbild ist das nächste Tief bereits über dem Atlantik oder den Britischen Inseln zu sehen.



### Regionale Unterschiede

Regionale Unterschiede gibt es nur im zeitlichen Verlauf. Zum Beispiel können im Osten noch Kaltfrontreste für Wolken und Niederschlag sorgen, während im Westen bereits deutlicher Hochdruckeinfluss bemerkbar ist. Kurzzeitig herrscht dann im ganzen Alpenraum freundliches und oft sonniges Wetter, bevor nachfolgend von Westen, später vermehrt von Südwesten, Warmluftzufuhr mit zunehmend labilerer Luft und steigendem Gewitterpotenzial auftritt. Teils reicht die kurze Zeit dafür nicht einmal aus, sondern es zieht aus Nordwesten bereits die nächste Front durch.

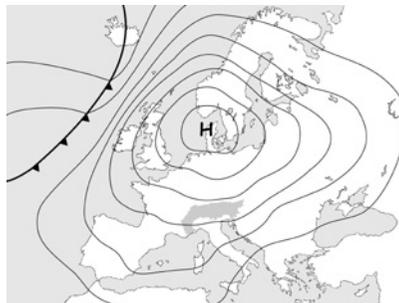
### Besonderheiten

Bei Zwischenhochs ist im Vergleich zur Hochdrucklage der Luftdruck deutlich schwächer. Die vertikale Ausdehnung ist geringer und horizontal deckt es nur mehrere 100 bis 1000 Kilometer ab, wohingegen eine Hochdrucklage mehrere 1000 Kilometer abdecken kann.



## 7.4 Ost- und Nordostlage

Bei einer Ost- oder Nordostlage strömt trockene Luft aus Ost- oder Nordosteuropa nach Mitteleuropa ein. Die Strömung entsteht durch ein Hochdruckgebiet mit Kern über Nordeuropa. Teils wird die Ostströmung durch ein Tiefdruckgebiet über dem Mittelmeerraum verstärkt. Die aus Osten oder Nordosten einströmende Luft ist in der Regel sehr trocken.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer ist die Luft trocken und warm und sorgt für stabiles Wetter ohne oder mit nur sehr geringem, örtlichem Gewitterpotenzial, wenn dort noch andere Faktoren ausschlaggebend sind. Deshalb können einige Tage anhaltende Ostlagen insbesondere im Spätsommer für längere, exponierte Touren genutzt werden. Im Winter ist die Luft kalt und trocken. Sie sorgt bis in die Täler hinab für teils starken Frost. In den Tälern bildet sich häufig Inversion mit Dauernebel (siehe Kapitel 8.4, Inversion).

### Regionale Unterschiede

Bei Ostanströmung ist es meistens im ganzen Alpenraum freundlich und trocken mit nur wenigen Schönwetterwolken am Himmel. Bei anhaltender Nordostanströmung kann es auf der Alpennordseite im östlichen Alpenraum zu Staubewölkung kommen, aus der im Winter mitunter unergiebigere Niederschlag fällt, im Sommer bleibt es in der Regel trocken.

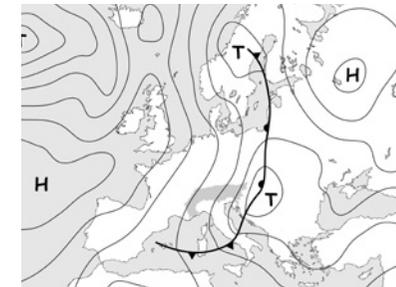
### Besonderheiten

Durch die trockene Luft herrscht bei Ost- und Nordostlagen häufig eine gute Fernsicht.



## 7.5 Nordlage (Staulage)

Staulagen treten immer auf, wenn Luftmassen durch Druckdifferenzen zum Überströmen von Gebirgen gezwungen werden. Staueffekte gibt es in Mitteleuropa demnach nicht nur in den Alpen, sondern auch in den Mittelgebirgen. Eine Nordanströmung entsteht zwischen einem Tiefdruckgebiet mit Kern über Nordost- oder Osteuropa und einem Hochdruckgebiet über dem Atlantik.



Die Stausituation entsteht im Luv (bei der Nordlage auf der Alpennordseite): Hochreichende, polare Kaltluft strömt nach Mitteleuropa. Sie wird zum Aufsteigen gezwungen und kühlt dadurch ab. Das führt zu Kondensation, Wolkenbildung und Abregnen in oft heftigen Stauniederschlägen.

Die Zugrichtung der Luft gibt dem Wind den Namen: Strömungen von Norden nach Süden ergibt Nordstau plus Föhn (siehe Kapitel 7.6, Südföhn, und 8.3, Föhn). In der Nordanströmung können Fronten oder Niederschlagsfelder eingebettet sein. Dann kommt es zu den damit verbundenen Wettererscheinungen.

### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer kommt es meist zu einer markanten Abkühlung. Ist eine Kaltfront eingelagert, droht ein Wettersturz mit Neuschnee bis in mittlere Lagen herab. Im Winterhalbjahr entsteht eine kalte Witterungsperiode (Kälteeinbruch, Wintereinbruch, Winterrückfall) mit Schneefall auch in den Tälern und hochalpin sehr tiefen Temperaturwerten. Bei winterlichen Warmfronten kann andauernder und ergiebiger Niederschlag mit Neuschneehöhen bis zu einem Meter auftreten. Auch in der Rückseitenkaltluft sind dann meistens weitere Niederschlagsfelder eingebettet.

### Regionale Unterschiede

Nordstaulagen treten immer gemeinsam mit Föhn auf der Alpensüdseite auf. Dort herrscht oft eine ausgezeichnete Fernsicht und ähnliche Wetterverhältnisse wie bei Föhn auf der Alpennordseite. Allerdings ist es dort im Gegensatz zum Südföhn deutlich kühler als zuvor: Der Nordföhn bringt auch südlich der Alpen niedrige Temperaturen mit sich, da der Ursprung im Norden liegt (Polarluft). Am Alpenhauptkamm kann der Wind Sturmstärke erreichen. In den Zentralalpen und inneralpinen Gebieten gibt es zwar Bewölkung, aber nur wenig Niederschlag. Der größte Stau ist an der ersten Bergkette (Bayerische Vorberge, Nordkette) anzutreffen.

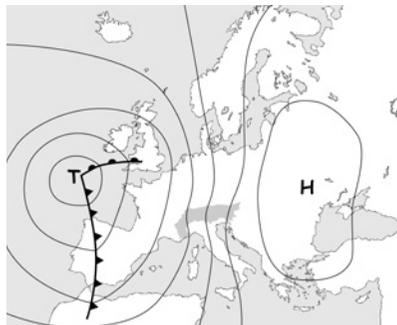
### Besonderheiten

Bei anhaltenden Staulagen kann auf der Luvseite trotz Druckanstieg weiter Niederschlag fallen. Das Überströmen des Gebirges versetzt die Luft in eine Wellenbewegung. Wo die Wellenkämme das Kondensationsniveau übersteigen, entstehen die linsenförmigen Föhnfische (Alto cumulus lenticularis, siehe Kapitel 4).



## 7.6 Südföhn

Bei Südföhn weht der Wind aus Süden, das heißt auf der Alpennordseite herrscht Föhn, während auf der Alpensüdseite meist eine Staulage auftritt. Südanströmung entsteht zwischen einem Tiefdruckgebiet über dem Atlantik und einem Hochdruckgebiet über Osteuropa. Darüber hinaus ist Südföhn auch beim Durchzug eines Tiefs vor der Warm- und/oder Kaltfront bei Wind aus Süden oder Südwesten möglich (siehe Kapitel 7.8, Südwestlage).



Bei Föhn strömt trockene Luft auf der Alpennordseite in die Täler und teils weit ins Alpenvorland hinein. Diese Luft ist warm, da sie einerseits von der Alpensüdseite kommt und dort meist deutlich wärmer ist als auf der Nordseite. Andererseits erwärmt sie sich zusätzlich auf ihrem Weg nach unten (siehe Kapitel 8.3, Föhn) und sorgt häufig für Wolkenauflösung. Meist herrscht eine gute Fernsicht.

### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer ist häufig eine deutliche Erwärmung spürbar. Der ausgeprägte Absinkeffekt wirkt einer Wolkenbildung und der Gewitterneigung entgegen. Im Winter und im Frühjahr sorgt Föhn für einen starken Rückgang der Schneedecke.

### Regionale Unterschiede

Südföhn tritt häufig gemeinsam mit einer Staulage auf der Alpensüdseite auf. Dort herrschen ähnliche Wetterverhältnisse wie bei einer Staulage auf der Alpennordseite (siehe Kapitel 7.5, Nordlage). Am Alpenhauptkamm kann der Wind Sturmstärke erreichen. In den Zentralalpen fällt oft ebenfalls Niederschlag, da die warme Luft viel Wasserdampf enthält. In den Westalpen ist das Wetter häufig schlecht, da sie näher am Tiefdruckkern liegen.

### Besonderheiten

Meistens treten große Druckdifferenzen zwischen der Süd- und der Nordseite der Alpen auf. Auf der Wetterkarte ist Südföhn durch das typische „Föhnknie“ zu erkennen. Beim Föhnknie handelt es sich um einen „Knick“ in den Isobaren um rund 90 Grad, von Südwest auf Südost drehend.

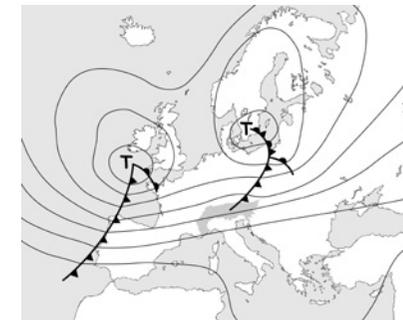
Wie bei der Nordstaulage sind häufig Föhnfische (*Alto cumulus lenticularis*, siehe Kapitel 4, Wolkengattungen und ihre Bedeutung) am Himmel zu sehen, da das Überströmen des Gebirges die Luft in eine Wellenbewegung versetzt.



## 7.7 Westlage

Die Westwetterlage ist eine der häufigsten Wetterlagen in Mitteleuropa. Westliche Anströmung tritt aufgrund eines Tiefs mit Kern über den Britischen Inseln oder Skandinavien auf. Das südlich davon liegende Mitteleuropa ist dann von Westwinden geprägt. Ein Azorenhochkeil oder Hochdruckgebiete über dem Mittelmeerraum können die westliche Anströmung noch verstärken. Dann kann der bei Westlagen meist starke bis stürmische Wind im Alpenraum regional Orkanstärke erreichen. In der westlichen Strömung sind meistens Tiefausläufer und weitere Wolken- und Niederschlagsfelder eingebettet.

Die Folgen einer Westlage sind stark wechselhafte Wetterverhältnisse. Zwischen wechselnder Bewölkung und Niederschlag gibt es auch immer wieder kurzzeitig sonnige Abschnitte, wobei der Zwischenhocheinfluss meist nur gering ausgeprägt ist.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Westwetterlagen wirken sowohl im Winter als auch im Sommer abschwächend. Dies bedeutet, dass sie im Winter eher mild und im Sommer kühl sind. Je nach Luftmasse ist die Schneefallgrenze stark schwankend.

### Regionale Unterschiede

Die in rascher Folge hinwegziehenden Tiefausläufer sorgen in den Nordalpen für häufigen, teils andauernden Niederschlag, der zeitweise schauer- und gewitterartig verstärkt auftritt. Der Wind weht vor allem hochalpin meistens stark bis stürmisch.

Auch auf der Alpensüdseite ist der Wind in den Hochlagen stark bis stürmisch, die Fronten sind jedoch häufig nur schwach ausgeprägt und die sonnigen Abschnitte dauern etwas länger an. Im Stau der Westalpen kann ergiebiger Niederschlag auftreten.

### Besonderheiten

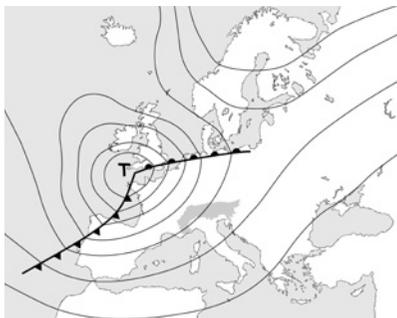
Durch den starken bis stürmischen Wind treten bei schneebedeckter Oberfläche starke Schneeverfrachtungen in mittleren und hohen Lagen auf.



## 7.8 Südwestlage

Unter einer Südwestlage versteht man einerseits eine leicht gedrehte Westlage, so dass die Hauptströmungsrichtung aus Südwesten statt Westen kommt. Der wechselhafte Wettercharakter bleibt erhalten, jedoch ist die aus beziehungsweise über Südwesteuropa geleitete Luft nicht ganz so kühl wie bei reinen Westlagen.

Andererseits entsteht eine ein bis zwei Tage andauernde Südwestströmung zwischen der Warm- und der Kaltfront eines Tiefs mit Kern über den Britischen Inseln oder Island. Ein Hoch über Südosteuropa verstärkt den Südwestwind. Dabei strömt milde beziehungsweise warme Luft nach Mitteleuropa ein.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Sommer kann die Luftmasse schwülheiß mit hohem Schauer- und Gewitterpotenzial sein. Im Winter ist es sehr mild. Die Nullgradgrenze steigt nach oben und die Niederschläge sind deutlich geringer.

### Regionale Unterschiede

Am südlichen Rand der Westalpen gibt es häufig Staubewölkung mit Niederschlag, die im Sommer schauer- und gewitterartig verstärkt sind. Alpennordseitig tritt insbesondere im zentralen und östlichen Alpenraum Föhn auf.

### Besonderheiten

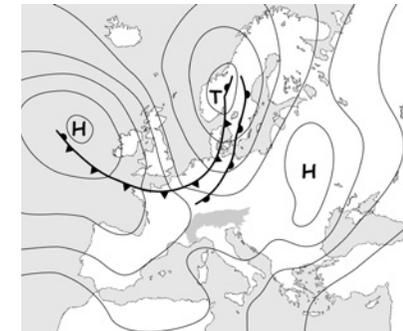
In manchen Föhntälern ist der Föhn mit all seinen Begleiterscheinungen (siehe Kapitel 8.3, Föhn) stark ausgeprägt, wenn die anströmende Luftmasse sehr warm ist. Die Föhnsituation endet erst bei Eintreffen der Kaltfront und dem damit verbundenen Wechsel der Windrichtung.



## 7.9 Nordwestlage

Zwischen einem Tief mit Kern über Skandinavien und hohem Luftdruck über dem Atlantik oder Spanien bis zu den Britischen Inseln stellt sich eine nordwestliche Strömung ein. Sie bringt feuchte Polarluft nach Mitteleuropa. Diese ist anfangs mild und wird im Verlauf zunehmend kühler.

Auf Gipfelniveau kann der Wind vor allem in den Nordalpen – und je nach südlicher Ausprägung auch am Alpenhauptkamm – Sturm- und Orkanstärke erreichen.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Winter sind auf der Alpennordseite große Neuschneemengen möglich. Die Schneefallgrenze schwankt, ist aber insgesamt meist niedrig. Im Sommer sind Nordwestlagen eher selten, können dann aber für Dauerregen mit regional großen Niederschlagsmengen sorgen.

### Regionale Unterschiede

Auf der Alpennordseite herrscht Staubewölkung und -niederschlag, der teils länger anhaltend sein kann. Dieser fällt zuerst im westlichen, im Verlauf dann auch im zentralen und östlichen Alpenraum. Auch am Alpenhauptkamm gibt es meist dichte Wolken mit Niederschlag. Südlich des Alpenhauptkamms ist es freundlich oder wechselnd bewölkt und meist trocken mit föhnigen Abschnitten.

### Besonderheiten

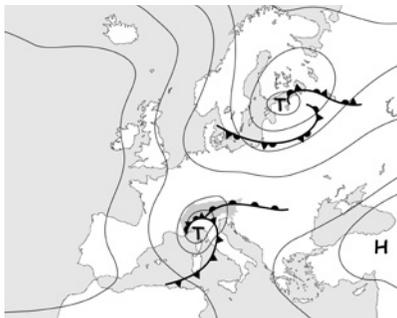
Nordwestlagen kommen häufig im Winterhalbjahr vor.



## 7.10 Genuatief und Adriatief

Tiefdruckgebiete südlich der Alpen mit Kern über dem Golf von Genua oder der Adria sind zunächst für den südlichen Alpenraum wetterbestimmend, können im Verlauf aber auch auf der Nordseite aktiv werden.

Genua- oder Adriatiefs bilden sich im Lee der Alpen bei Nord-/Nordwestanströmung oder als Teiltiefs, die aus einer Kaltfront hervorgehen und südlich der Alpen ostwärts ziehen. Feuchtwarmer Luft aus dem Mittelmeer stößt dabei auf kalte Luft in den Alpen. Das Genuatief bringt nicht nur viele Regenschauer, sondern kann auch für lang anhaltenden Regen sorgen. In Ost- und Mitteleuropa können diese zu Hochwasser führen.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Im Winter ist in den Hochlagen viel Neuschnee möglich, wobei dies regional stark unterschiedlich ist. Die kalte Polarluft, die ursprünglich aus Nordwesten kommt, sorgt auch im Sommer für ein Absinken der Schneefallgrenze.

### Regionale Unterschiede

Vorderseitig des Tiefs, also östlich, wird feuchtwarmer Luft nach Mitteleuropa geführt. Rückseitig des Tiefs wird kalte Luft zwischen den Pyrenäen und den Westalpen durch das schmale Rhonetal geleitet. Dieser kalte Nordwind wird als Mistral bezeichnet und weht häufig mehrere Tage anhaltend. Er kann Sturm- oder Orkanstärke erreichen.

Alpensüdseitig fällt anhaltender, teils starker und gewittrig verstärkter Niederschlag. Davon ist insbesondere der östliche Alpenraum betroffen. Je nach Zugbahn des Tiefs kann der Niederschlag im Verlauf auch auf die Alpennordseite ausgreifen und sogar wieder westwärts bis ins bayerische Alpenvorland ziehen.

### Besonderheiten

Genua- und Adriatiefs können sich zu einer Vb-Wetterlage (römische Zahl 5: V) entwickeln. Sie wandern von der Alpensüdseite nordwärts über die österreichischen Alpen oder nordostwärts um die Alpen herum nach Deutschland und sorgen dort für kräftige Niederschläge. Da sich der Tiefdruckkern nur langsam bewegt, bekommen die betroffenen Regionen sehr große Niederschlagsmengen. Die Folge ist Hochwasser, wie zum Beispiel die Hochwasser im Jahr 2002 an Elbe und Donau.

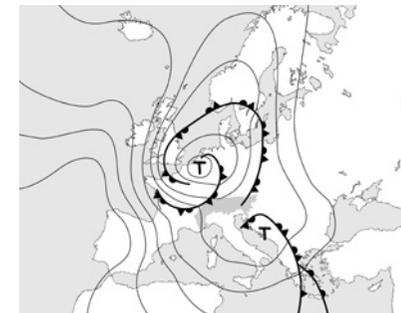
Der Begriff „Mittelmeertief“ steht allgemein für die Vorstufe der Vb-Wetterlage, bei der Tiefs auf einer V-Zugbahn stets südlich der Alpen ostwärts ziehen.



## 7.11 Tief über Mitteleuropa

Bei einem Tief über Mitteleuropa ist ein abgeschlossener Tiefdruckkern meist über Nord- und Mitteldeutschland von hohem Luftdruck umschlossen. Die Anströmung erfolgt aus Nordwest bis Nord mit feuchter und kalter bis mäßig warmer Luft.

Ein Tief über Mitteleuropa bringt sehr wechselhaftes Wetter: Von West nach Ost wird es trüb und nachfolgend setzt Niederschlag ein. Dieser dauert häufig länger an, da aus Nordwesten immer wieder Feuchtigkeit nachgeschoben wird.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Tiefs über Mitteleuropa sind im Sommer selten, sie treten hauptsächlich im Frühjahr auf, sind aber generell seltene Wetterlagen.

### Regionale Unterschiede

Zunächst ist die Alpennordseite mit Eintrübung von West nach Ost und nachfolgend einsetzendem Niederschlag betroffen. Dieser kann aufgrund des Staufeffekts und des andauernden Nachschubs an Feuchtigkeit aus Nordwesten auch länger anhaltend sein.

Auf der Alpensüdseite ist es anfangs meist freundlich und trocken, in manchen Tälern bilden sich Föhneffekte aus. Im Verlauf können Wolken und Niederschlag jedoch auch auf die Südseite übergreifen. Am längsten freundlich ist es im südöstlichen Alpenraum.

### Besonderheiten

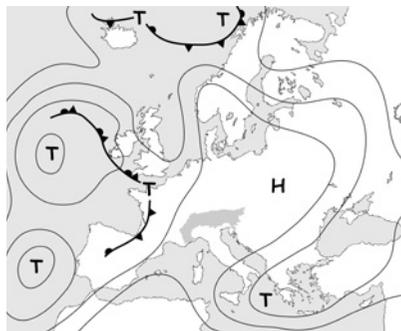
Die Windgeschwindigkeit kann insbesondere südlich des Tiefdruckkerns in den Hochlagen Sturm- bis Orkanstärke erreichen.



## 7.12 Gewitterlage

Eine Gewitterlage tritt bei sich abschwächendem Hochdruckeinfluss meist am Rand eines Hochdruckgebiets auf. Dabei bewegt sich die Luftmasse horizontal kaum.

Starke Thermik im Sommer führt zu starkem Aufsteigen der Luft. Der Absinkeffekt des sich abschwächenden Hochdruckeinflusses kann der Wolken- und später der Wärmegewitterbildung nicht gegensteuern.



### Jahreszeitliche Unterschiede

Wärmegewitter treten aufgrund der notwendigen Sonneneinstrahlung und damit verbundenen Erwärmung und Thermik (siehe Kapitel 3.3, Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung) nur im Sommerhalbjahr, etwa zwischen Ende März und Mitte September, auf.

### Regionale Unterschiede

Bei einer Gewitterlage können im ganzen Alpenraum Wärmegewitter auftreten. Auf der Alpensüdseite sind sie aufgrund der stärkeren Erwärmung tageszeitlich früher und teils auch stärker.

### Besonderheiten

Der Übergang von einem Hochdruckgebiet zur Gewitterlage ist oft schleichend.



## 8 Besonderheiten des Bergwettlers

### LERNZIELE

- Einflüsse des Gebirges auf das Wettergeschehen erkennen.
- Grundkenntnisse des typischen Wetterverlaufs im Gebirge erarbeiten.

### 8.1 Orografische Effekte bei Gewittern

Die Orografie hat sowohl groß- als auch kleinräumig einen erheblichen Einfluss auf Wetter und Klima. Hohe Gebirgsketten stellen häufig eine Wetterscheide dar: Ist der Gebirgszug Ost-West ausgerichtet (z.B. die Alpen), bildet er vor allem eine Temperaturscheide. Kalte Polarluft und warme Subtropenluft werden zusätzlich stark getrennt. Ist der Gebirgszug Nord-Süd ausgerichtet (z.B. das Küstengebirge an der Westküste Nordamerikas), stellt er häufig eine Niederschlagsgrenze dar. Während auf der Luvseite („Wetterseite“) viel Niederschlag fällt, ist es auf der Leeseite (die windabgewandte Seite) mitunter sehr trocken.

Im Folgenden werden die orografischen Effekte bei der Gewitterbildung näher betrachtet. Insbesondere im Sommer spielen sie eine große Rolle. Die Orografie beeinflusst einerseits die Thermikintensität (Lambert'sches Gesetz) und andererseits die mechanische Hebung aufgrund des Gebirges.

Orografische Effekte erschweren die Wettervorhersage deutlich gegenüber der Vorhersage für das Flachland, da vor allem die kleinräumigen Effekte in den numerischen Wettermodellen nicht aufgelöst werden können.

#### 8.1.1 Verstärkte Hebung am Gebirge

Das Gebirge als Hindernis zwingt eine heranströmende Luftmasse zum Aufstieg, da diese horizontal nicht ausweichen kann. Dabei kühlt sich die Luft ab und der darin enthaltene Wasserdampf kondensiert aus (siehe Kapitel 3.3, Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung). Ist genügend Luftfeuchtigkeit vorhanden, können sich Gewitterwolken bilden. Diese Gewitter werden orografische Gewitter genannt. Für dieses Phänomen ist ein schwacher Wind ausreichend.

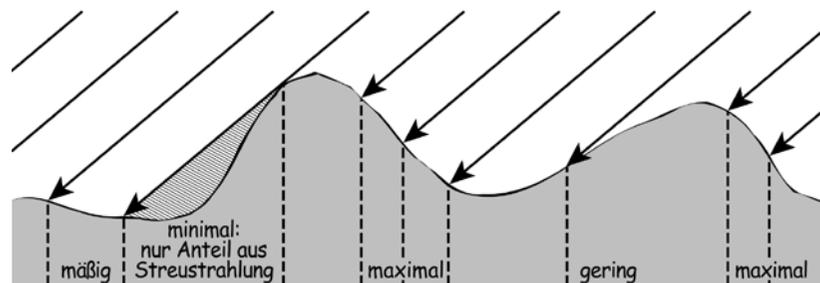
Unter Umständen können sich Gewitterwolken immer wieder an derselben Stelle bilden. Dort können diese orografischen Gewitter enorme Regenmengen verursachen. Bei stärker ausgeprägten Windverhältnissen kommt es zu markanten Unterschieden zwischen Luv- und Leeseite.



### 8.1.2 Lambert'sches Gesetz

Die Erwärmung der Erdoberfläche hängt nicht nur von der Oberflächenbeschaffenheit ab, sondern auch von der Exposition und der Hangneigung. Sonnenzugewandte Berghänge erwärmen sich stärker als sonnenabgewandte Hänge. Dieses Phänomen wird als Lambert'sches Gesetz bezeichnet.

Die Sonneneinstrahlung bringt den größten Energiegewinn, wenn sie möglichst senkrecht auf die Oberfläche erfolgt. Deshalb weisen alle Hänge in Gebirgen einen stark variierenden Tagesgang bezüglich Strahlung und Wärme auf. Die Abbildung verdeutlicht die je nach Hangneigung unterschiedliche Abstrahlung.



Folgen sind zum Beispiel im Winter auf Nordhängen eine stark verlangsamte Setzung des Neuschnees. Dadurch ist dort noch länger Pulverschnee, jedoch meist auch eine höhere Lawinengefahr. Im (Früh-)Sommer bieten Nordflanken länger Firn und sind generell tiefer herab vergletschert.

Südhänge apert im Frühjahr immer zuerst aus. Im Spätwinter firnt die Schneedecke im Tagesgang dort früher auf, eine tagesgangabhängige Lawinengefahr entsteht dann auch früher.

Für die Gewitterbildung im Sommer bedeutet der senkrechte Einstrahlungswinkel bei sonnenzugewandten Südhängen eine höhere Thermik als im Flachland. Somit bilden sich über dem Bergland täglich zuerst Quellwolken und bei den entsprechenden Verhältnissen im Verlauf die ersten Wärmegewitter. Diese Gewitter werden auch orografische Gewitter genannt.

Das Lambert'sche Gesetz erklärt auch, warum die Polargebiete (flacher Einstrahlungswinkel) das kälteste Klima und die Tropen (hoher Sonnenstand mit fast senkrechtem Einstrahlungswinkel) das wärmste Klima besitzen.



### 8.2 Berg- und Talwinde

Ist das lokale Wettergeschehen nicht von großräumigen Schlechtwetterereignissen, wie zum Beispiel einer Frontpassage, geprägt, können sich bei schönem Wetter lokale und regionale Winde ausbilden. Dazu gehören im Gebirge Hangauf- und Hangabwinde sowie Berg- und Talwinde.

► *Wie generell bei der Windrichtung und auch bei den Wetterlagen, wird der Wind immer mit der Richtung bezeichnet, aus der er weht. Ein Nordwind weht von Norden nach Süden, ein Westwind von Westen nach Osten.*

#### Hangaufwind

Hangaufwinde wehen an einem Hang entlang von unten nach oben. Ihre Ursache liegt in der Erwärmung von sonnenbeschienenen Hängen (siehe Kapitel 8.1.2, Lambert'sches Gesetz), wodurch die darüberliegende Luft ebenfalls erwärmt wird und durch Thermik aufsteigt. Dieser Vorgang erfolgt in Schüben: Nach dem Aufsteigen einer Warmluftblase muss erst wieder neue Warmluft gebildet werden.

Besonders an großen Hängen steigt die warme Luft weit über das Gipfelniveau auf und wird als Thermik von Gleitschirm- und Segelfliegern genutzt. Bei ausreichender Feuchtigkeit entwickeln sich im oberen Teil der Thermik kleine Haufenwolken, die manchmal auch die Gipfel einhüllen können.

#### Hangabwind

Hangnahe Luft kühlt sich durch die Ausstrahlung in der Nacht rasch ab. Die schwerere Kaltluft fließt hangabwärts, sammelt sich in Mulden und Tälern und führt dort zu verstärktem Frost oder auch Nebel. Im Sommer können kalte Hangabwinde auf und unterhalb von Gletschern auftreten.

Hangauf- und Hangabwinde setzen rasch nach Beginn und Ende der Sonneneinstrahlung am frühen Morgen und am Abend ein. An beschatteten Hängen können zumindest im Winterhalbjahr auch untertags Kaltluftströme entstehen. Die maximale Windgeschwindigkeit von Hangauf- und Hangabwinden erreicht kaum mehr als 2 bis 3 Meter pro Sekunde.

#### Talwind

Der Talwind weht talaufwärts. Vom Talboden aus wehen tagsüber Winde sowohl hangaufwärts als auch talaufwärts. Der Talwind speist den Hangaufwind: Die weggeführte Luft wird durch Luftmassen aus dem unteren Tal ersetzt.

Der Talwind beginnt im Laufe des Vormittags nach dem Beginn des Hangaufwinds und endet am späten Nachmittag, nachdem der Hangabwind bereits eingesetzt hat.

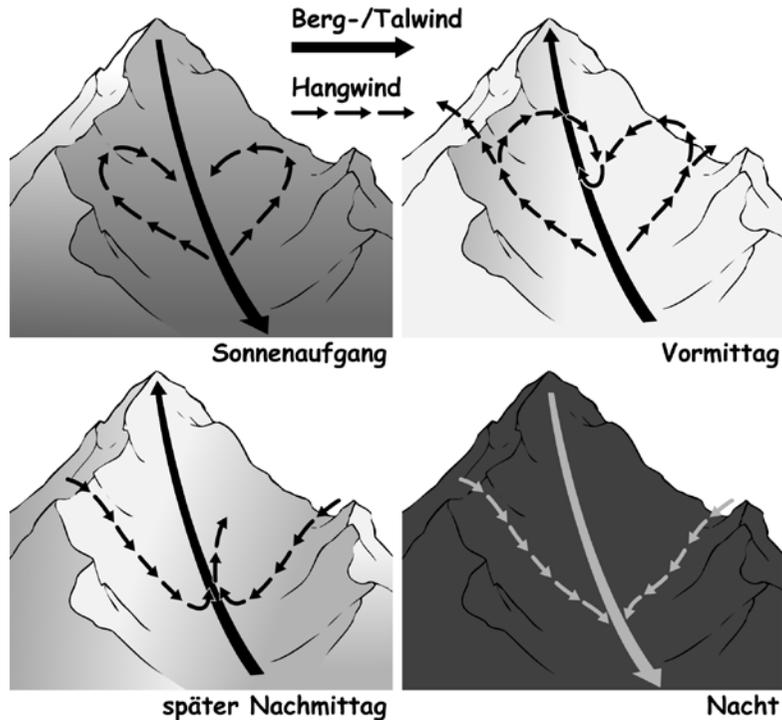
#### Bergwind

Der nächtliche Bergwind entsteht umgekehrt wie der Talwind. Die schwere Kaltluft fließt nachts die Hänge als Hangabwind hinunter. Im Tal strömt die Kaltluft zusammen und als Bergwind dem Talausgang zu.

Tal- und Bergwinde bilden sich erst mit einer Verzögerung von einigen Stunden



nach Beginn der Einstrahlung oder der Ausstrahlung. Die Windgeschwindigkeit erreicht beim Talwind bis zu 6 Meter pro Sekunde, beim Bergwind rund 1 bis 2 Meter pro Sekunde. Die folgende Abbildung erläutert das Zusammenspiel von Hangauf- und Hangabwinden mit den Berg- und Talwinden.



### Tagesgang des Luftdrucks

Durch die bei schönem Wetter vertikal aufsteigenden und absinkenden Luftmassen entstehen Druckänderungen. Diese führen zu einem unterschiedlichen Tagesgang des Luftdrucks im Tal und auf dem Berg (in Höhen oberhalb ca. 2000 m).

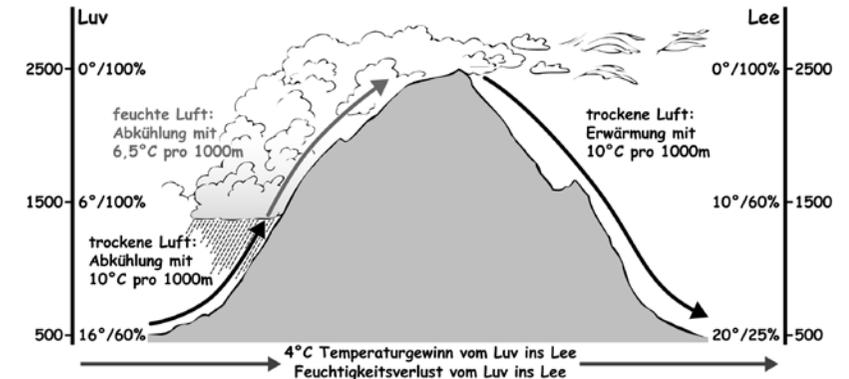
In Tallagen ist eine Luftdruckabnahme um 2 bis 4 Hektopascal tagsüber noch keine Schlechtwetterankündigung, vorausgesetzt, der Luftdruck steigt am Abend wieder an. In der Höhe nimmt der Luftdruck dagegen leicht zu. 2 bis 4 Hektopascal entsprechen auf dem Höhenmesser einer Höhenänderung um 20 bis 40 Meter.

► Dieser Tagesgang überlagert sich mit den großräumigen Druckänderungen und sollte deshalb bei eigenen Beobachtungen und Vorhersagen mit einbezogen werden. Um eine horizontale Luftdruckänderung zu bemerken, sollte der Luftdruck oder die Höhenanzeige des Höhenmessers immer zur gleichen Tageszeit gemessen werden.



### 8.3 Föhn

Föhn ist ein warmer, trockener Fallwind, der im Lee eines Gebirgszugs auftritt, wenn eine Luftmasse zum Überströmen gezwungen wird. Auf der Luv-Seite bildet sich Staubewölkung und -niederschlag (siehe Kapitel 7,5, Nordlage).



Nach der klassischen Föhntheorie entsteht im Luv eine Stausituation: Die Luft wird zum Aufsteigen gezwungen und kühlt dadurch ab. Das führt zu Kondensation, Wolkenbildung und Abregnen in meist heftigen Stauniederschlägen. Die Abkühlung bis zum Hebungskondensationsniveau erfolgt trockenadiabatisch, das bedeutet, mit 10 Grad Celsius pro 1000 Meter Höhengewinn.

Ist die Luft so weit abgekühlt, dass sie den darin enthaltenen Wasserdampf nicht mehr halten kann, kondensiert dieser in Form von Tröpfchen aus: Es entsteht eine Wolke. Die Höhe dieser Temperatur wird als Hebungskondensationsniveau (HKN) bezeichnet. Oberhalb des HKN kühlt sich die Luft mit 6,5 Grad Celsius pro 1000 Meter Höhenzunahme ab. Beim weiteren Aufsteigen fällt aus der Staubewölkung Niederschlag.

Am obersten Punkt des Gebirgshindernisses angekommen, ist die Luft nicht mehr zum weiteren Aufstieg gezwungen, sondern kann wieder nach unten strömen. Die nun deutlich trockenere Luft erwärmt sich trockenadiabatisch mit 10 Grad Celsius pro 1000 Meter Höhenabnahme, und zwar auf ihrem gesamten Weg ins Tal. Die Erwärmung im Lee ist somit größer als die vorherige Abkühlung im Luv, da dort ein Teil nur mit 6,5 Grad Celsius Abkühlung pro 1000 Meter Höhenzunahme erfolgt. Im Lee-Tal angekommen, ist die Luft wärmer und damit auch (relativ) trockener als im Luv-Tal. Die trockene Luft bringt ausgezeichnete Fernsicht, doch der warme Wind (bei Südföhn) kann bei wetterfühligen Menschen auch Kopfweh erzeugen. In Kamm-, Pass- und Gipfellenagen kann der Wind Sturmstärke, in Extremsituationen auch Orkanstärke, erreichen.

Bei Südföhn strömt die Luft von der Alpensüdseite über die Alpen auf die Alpen-nordseite. Dort angekommen, ist sie zum einen etwas wärmer als auf der Südseite,



zum anderen ersetzt sie die kühlere Luft auf der Alpennordseite. Der Föhn wird als warmer Fallwind wahrgenommen.

Bei Nordföhn tritt physikalisch genau das Gleiche auf: Die kalte Luft der Alpennordseite ist nach Überströmen der Alpen auf der Südseite etwas wärmer als zuvor. Allerdings ersetzt sie dort wärmere Luft, das heißt, trotz Erwärmung ist der Fallwind im Vergleich zur vorherigen Luft kalt und nicht warm.

Föhn tritt übrigens nicht nur in den Alpen, sondern auch in den Mittelgebirgen auf (z.B. der „Eifel-Föhn“).

- *Typische Zeichen für den Föhn sind Föhnfische (Alto cumulus lenticularis) am Himmel (siehe Kapitel 4.4, Wolken über mehrere Wolkenstockwerke).*



## 8.4 Inversion

In der Meteorologie spricht man von Inversion, wenn die Temperatur mit zunehmender Höhe zunimmt, nicht abnimmt, wie in Kapitel 3.2, Sonneneinstrahlung und Lufttemperatur, beschrieben. Bedeutsame Inversionen sind bodennah durch nächtliche Abstrahlung oder in mittleren Luftschichten durch horizontales Einströmen einer milderen Luftmasse.

Inversionswetterlagen sind vertikal austauscharme Wetterlagen mit Kaltluft am Boden und einer wärmeren Luftschicht, einer so genannten Inversionsschicht, in mittlerer Höhe. Eine Inversion ist sichtbar, wenn sich genügend Wassertröpfchen oder Staub in der kalten Luft anreichern. Dann sind sie als Stratuswolken zu erkennen.

Oberhalb der Inversionsschicht ist die Luft meist trocken und relativ sauber, was eine gute Fernsicht bewirkt. Aufgrund der verminderten Streustrahlung an den Luftpartikeln besteht dann jedoch eine erhöhte Sonnenbrandgefahr. Unterhalb dieser Schicht ist es trüb, teils mit Dauernebel, und aus der begrenzenden Wolken-schicht kann leichter Nieselregen fallen. Nachts ist starke Tau- oder Reifbildung möglich.

Inversion tritt meist im Winter bei Hochdruck- oder Ost-/Nordostlagen auf. Bei dieser vertikal stabilen Situation bleibt es in den Tälern häufig einige Tage kalt und trüb, da die Kaltluft am Boden von Nacht zu Nacht mächtiger wird. In Städten können sich insbesondere Industrie- und Auto-Abgase unter der Inversionsschicht anreichern. In Großstädten kann sich Smog (Kunstwort aus Smoke und Fog) bilden.

Erst mit einem kompletten Luftmassenaustausch, der in der Regel mit einer Kaltfront erfolgt, endet eine Inversion. Mit einer Warmfront wird die Inversion zunächst verstärkt, da in der Höhe warme Luft einströmt.

- **Siehe dazu auch Abbildung in Kapitel 4.3, Tiefe Wolken, Stratus.**



## 8.5 Erhöhte Sonneneinstrahlung im Hochgebirge

Die solare Strahlung liegt im Hochgebirge bei 150 bis 200 Prozent im Vergleich zu den Tallagen. Da es in größerer Höhe weniger Dunst und dünnere Wolken gibt, ist die damit verbundene UV-Filterwirkung geringer.

Dies bringt einige ungünstige Effekte mit sich:

- Der hohe UV-B-Anteil sorgt für eine Erhöhung der Sonnenbrandgefahr und des Hautkrebsrisikos.
- Es besteht die Gefahr einer akuten Hornhaut- und Bindehautentzündung am Auge (Extremfall: Schneeblindheit).
- Eine vorübergehende Orientierungslosigkeit ist in der grellen Umgebung möglich.
- Im Sommer besteht bei starker Wärme und Hitze die Gefahr von Kreislaufproblemen und von Sonnenstich bis hin zum Hitzschlag bei zusätzlicher starker körperlicher Anstrengung.

Insbesondere im Winter sorgt der vermehrte Sonnenschein oberhalb der Inversionsschicht jedoch für positive Reize:

- Er ist wohltuend für Psyche und Biorhythmus.
- Durch mehr Vitamin-D-Bildung wird eine heilende Wirkung angeregt.
- Die körperliche Widerstandskraft wird erhöht.
- Der UV-Anteil wirkt bakterientötend.
- In höheren Lagen gibt es weniger bis keine Pollen in der Luft.



## 9 Von der Beobachtung zur Kurzfristvorhersage

Aufgrund des Umfangs – Profis werten Wettermodelle mehrere Stunden lang für eine einzige Prognose aus – können hier nur einige Eckpunkte gegeben werden.

► *Bei tiefer gehendem Interesse bietet es sich an, an einem Wetterkundekurs teilzunehmen.*

### LERNZIELE

- Zusammenwirken der verschiedenen Wetterelemente in Kombination mit der aktuellen Wetterlage erkennen.
- Interpretationskompetenz eigener Beobachtungen vertiefen.

### METHODE

- Referat, Unterrichtsgespräch, Gruppenarbeit mit Kurzreferaten.
- Verwendet werden können Literatur, Internet, eigene Messungen und Beobachtungen sowie die Vorhersage eines Wetterdienstleisters zum Vergleich.

### 9.1 Wetterinformationen aus den Medien

Das Internet bietet mehr Informationen, als ein Bergsteiger je auswerten könnte. Es gilt, dabei das Wichtige herauszufinden und auszuwerten. Die Informationen aus Zeitung und Radio sind zwar hilfreich, für eine genaue Planung im Vorfeld jedoch meist zu oberflächlich, da häufig nicht einmal die Wetterlage genannt wird.

Anhand der Internet-Links (siehe Kapitel 10) kann bei der Tourenplanung die Wetterlage mit ihrer Hauptströmungsrichtung bestimmt werden. Mit dem Wissen aus Kapitel 7, Wetterlagen und ihre regionale Bedeutung, kann herausgefunden werden, welche Luftmasse aktuell für die geplante Region wetterbestimmend ist. Dabei ist auf eventuelle Abweichungen vom „Modellwetter“ zu achten, wie zum Beispiel auf markante Richtungsänderungen der Isobaren.

Bei Unternehmungen innerhalb der kommenden zwei Tage können auch Satellitendaten hilfreich sein. Für kurzfristige und kurzzeitige Unternehmungen hat sich die Auswertung von Radar- und Satellitendaten bewährt. Die Zugrichtung und -geschwindigkeit der Wolken- und Niederschlagsfelder ist häufig gut zu erkennen.

#### Lesen einer Wetterkarte

Wetterkarten gibt es für verschiedene Höhenstufen der Atmosphäre, auf denen jeweils verschiedene Wetterparameter dargestellt sind. Die in Kapitel 7, Wetterlagen und ihre regionale Bedeutung, dargestellten Karten sind Bodenkarten (d.h. der Luftdruck auf Meereshöhe mit Fronten). Sie gibt es als Analyse (Auswertung des aktuellen/vergangenen Wetters) und als Prognose. Die Wetterkarten zeigen den Wetterzustand über einem großen Raum.

Die durchgehenden Linien in einer Wetterkarte sind die Isobaren, sie verbinden Punkte gleichen Luftdrucks miteinander und zeigen so die Lage der Druckgebilde. Die Zentren von Hochs und Tiefs sind mit den jeweiligen Anfangsbuchstaben gekennzeichnet.



Für die Interpretation gelten folgende Regeln:

- Große Druckunterschiede erkennt man an eng zusammenliegenden Isobaren.
- Eng liegende Isobaren bedeuten eine hohe Windgeschwindigkeit.
- Der Wind weht in der Höhe sowie mit etwas Abstand zu den Zentren parallel zu den Isobaren (siehe Kapitel 3.5, Wind).
- Steht man mit dem Rücken zum Wind, ist der tiefe Druck links und der hohe Druck rechts.



## 9.2 Anleitung zu Beobachtungen und Messungen

### Wind

- Höhe: Zugrichtung und -geschwindigkeit der mittelhohen/hohen Wolken (Ac, As, Ci, Cc).
- Gipfelniveau: Wolkenzug im Niveau der höheren Gipfel beobachten.
- Tal: Nebel oder Hangwolken in Talnähe.

### Bewölkung

- Art: nach den Wolkengattungen einteilen.
- Höhe: nach den Wolkenstockwerken einteilen.
- Untergrenze: abschätzen nach Höhe der Berge oder des eigenen Standorts.

### Luftdruck

- Mit Hilfe des Höhenmessers ermitteln; bei längerem Aufenthalt auf einer Hütte vorhandenes Barometer mit heranziehen.
- Mehrmals täglich aufschreiben, immer zu den gleichen Uhrzeiten (wegen des Tagesgangs).

### Temperatur

- Kann meistens nur geschätzt werden, auf mögliche Einflüsse (Strahlung, Standort) achten; Messungen mit Uhren sind meist sehr stark von der Körperwärme beeinflusst.
- Gefühlte Temperatur mit einbeziehen (Wind, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchtigkeit).

### Relative Feuchte

- Nur Beobachtung/Wahrnehmung möglich (eher trocken/schwül/sehr schwül). Bester Anhaltspunkt ist die Wolkenuntergrenze: Je tiefer sie liegt, desto höher ist die Luftfeuchtigkeit.

### Niederschlag

- Auch in der Umgebung beobachten.
- Kann oft schon einige Zeit vor dem Eintreffen beobachtet werden (vor allem Schauer, Gewitter).

Alle so erfassten Daten werden über mehrere Tage in ein Datenblatt eingetragen.



### 9.3 Wetterbeobachtungen vor Ort interpretieren

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über mögliche Szenarien für schlechtes Wetter.

| Wetterereignis  | Entwicklung/Anzeichen  | Wahrnehmungsmöglichkeit  |
|---|--|--|
| Staulage (Luv)<br><br>Warmfront-Passage:<br>Aufgleitniederschlag  | Wolken werden dichter,<br>Wolkenuntergrenze sinkt.<br>Luftdruck fällt.   | Sichtbar,<br>12 bis 24 Std. im Voraus.<br>Messbar,<br>12 bis 24 Std. im Voraus.  |
| Kaltfront-Passage   | Warmfront-Passage<br>12-48 Std. zuvor.<br><br>Luftdruck fällt stark.   | Spür-/messbar:<br>Temperaturanstieg.<br>Sichtbar:<br>typische Wolkenabfolge.<br>Messbar,<br>6 bis 12 Std. im Voraus.                           |
| Wärmegewitter<br>Orografische<br>Gewitter                         | Cumuli bauen sich zu<br>Cumulus congestus und<br>Cumulonimbus aus;<br>von Tag zu Tag frühere<br>Wolkenbildung. | Sichtbar:<br>Wolkenwachstum.<br>Spürbar:<br>viel Feuchtigkeit in der<br>Luft.<br>Messbar:<br>starke Thermik mit Tages-<br>gang des Luftdrucks. |
| Schlechte Sicht unterhalb des Hochnebels bei Inversionswetterlage | Allgemeine Wetterbesserung.  | Messbar:<br>Luftdruck steigt bei Übergang zur Hochdrucklage.   |



### Bedeutungen eigener Messungen und Beobachtungen

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über mögliche Bedeutungen eigener Messungen und Beobachtungen.

| Messung und Beobachtung  | Wetterereignis  | Folgen  |
|--|---|---|
| Wolken werden dichter, Wolkenuntergrenze sinkt.<br>Luftdruck fällt.                                | Warmfront-Passage: Aufgleitniederschlag.<br><br>Staulage (Luv). | Niederschlag, in Staulagen anhaltend; Nebel im Gebirge, „Dauergrau“; keine Gewitter.  |
| 12-24 Std. zuvor<br>Warmfront-Passage.<br>Luftdruck fällt stark.                                   | Kaltfront-Passage   | Rascher Wetterumschwung, „Wettersturz“; Schauer und Gewitter; Hagel, Starkregen und Sturmböen möglich; Schneefall auch im Sommer bis in mittlere Lagen herab. |
| Cumuli bauen sich zu Cumulus congestus und Cumulonimbus aus; von Tag zu Tag frühere Wolkenbildung. | Wärmegewitter   | Schauer und Gewitter; Hagel, Starkregen und Sturmböen möglich.  |

► *Generell ist zu beachten, dass eine kurze Beobachtung oder nur die Beobachtung eines einzelnen Parameters keine vollständige Analyse erlauben.*

#### Wetterzeichen mit teilweiseem Prognosewert

- Hof (Lichtkranz) um Mond oder Sonne: Hinweis auf Cirrusschleier und damit Wolkenaufzug und schlechteres Wetter; „Hat der Mond einen Hof, wird das Wetter doof.“
- Morgenrot bei vorherrschender Westströmung: im Osten klar, im Westen Wolken, damit ist eine Verschlechterung möglich.
- Abendrot: im Osten Wolken, im Westen klar, damit ist eine Besserung möglich.
- Taubildung (im Gebirge häufig wenig ausgeprägt): Anzeichen für eine Schönwetterphase.
- Ausbleiben von Tau: Anzeichen für Feuchtezunahme und Wolken in höheren Schichten.



## 10 Internet- und Literaturempfehlungen

### Internet

Die folgenden Links wurden mit Sorgfalt recherchiert und ausgewählt. Auf deren Inhalt besteht jedoch kein Einfluss. Für die Inhalte sind allein die Betreiber verantwortlich, es besteht keine Gewähr für Richtigkeit und Aktualität. Hiermit wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der DAV sich von allen Inhalten aller verlinkten Seiten distanziert sowie sich deren Inhalt nicht zu eigen macht.

| Internet-Link   | Beschreibung  |
|---|---|
| <b>Wetterkarten:</b>  |   |
| <a href="http://www.wetteronline.de/profi-wetter">http://www.wetteronline.de/profi-wetter</a>   | Große Sammlungen zahlreicher Modelkarten und Wetterinformationen, unter anderem Bodendruck mit Fronten (UKMO) und Bodenkarten mit Fronten, Analyse und Prognose, mit Hoch- und Tiefnamen (DWD). |
| <a href="http://www.wetterzentrale.de/topkarten/">http://www.wetterzentrale.de/topkarten/</a>   |   |
| <b>Satelliten- und Radardaten:</b>  |   |
| <a href="http://wetterradar.vorarlberg.at/radar/index.html">http://wetterradar.vorarlberg.at/radar/index.html</a>                                   | Niederschlagsradar von Vorarlberg; live; umfasst quasi die gesamte Schweiz; an den Rändern ungenau.   |
| <a href="http://www.wetteronline.de/regenradar">http://www.wetteronline.de/regenradar</a>   | Niederschlagsradar von Deutschland, nach Ländern aufgelöst.   |
| <a href="http://www.meteox.com">http://www.meteox.com</a><br><a href="http://www.sat24.com">http://www.sat24.com</a>                                | Niederschlagsradar und Satellitenbilder von Europa; live und mit Archiv; auch Überlagerung mit Blitzdaten möglich.  |
| <b>Aktuelle Wetterdaten</b>   |   |
| <a href="http://www.wetteronline.de/aktuelles-wetter">http://www.wetteronline.de/aktuelles-wetter</a>   | Aktuelle Wettermessungen (mit Archiv); auch für andere Länder.  |
| <a href="http://www.wetteronline.de/gewitter">http://www.wetteronline.de/gewitter</a>   | Aktuelle Blitzdaten für Deutschland und andere Länder oder ganz Europa.   |
| <b>Textprognosen</b>  |   |
| <a href="http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Bergwetter/">http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Bergwetter/</a>                                 | Aktuelle Wetterprognose für die Alpen für DAV und ÖAV von ZAMG (Österr. staatl. Wetterdienst).  |
| <a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/detailprognose.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/detailprognose.html</a> | Aktuelles Wetter Schweiz.   |
| <b>Wetterprognose als leicht verständliche Karten aufbereitet</b>   |   |
| <a href="http://www.wetteronline.de/temperatur-karte/europa">http://www.wetteronline.de/temperatur-karte/europa</a>                                 | Prognose der Wetterelemente für ganz Europa und Deutschland.  |
| <b>Lawinenlagebericht</b>   |   |
| <a href="http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Lawinen-Lage/">http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Lawinen-Lage/</a>                             | Links zu den europäischen Lawinenwarndiensten.  |
| <b>Wetterlexika</b>   |   |
| <a href="http://top-wetter.de/lexikon/lexikon.htm">http://top-wetter.de/lexikon/lexikon.htm</a>   | Eines der größten, deutschsprachigen Wetterlexika im Internet.  |
| <a href="http://www.wetter-kurse.de/lexikon.html">http://www.wetter-kurse.de/lexikon.html</a>   | Wetterlexikon: Grundbegriffe.   |
| <a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetterbegriffe.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetterbegriffe.html</a>               | Wetterbegriffe von der Meteoschweiz.  |
| <b>Persönliche Wetterberatung</b>   |   |
| <a href="http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Bergwetter/">http://www.alpenverein.de/DAV-Services/Bergwetter/</a>                                 | Service der Wetterdienststelle Innsbruck im Auftrag von DAV und OeAV  |



### Literaturempfehlungen

- Alpinlehrplan Band 6: Wetter und Orientierung, BLV Verlag München, 2006
- BergWetter für Sport & Freizeit, BLV Verlag München, 2000
- Luftdruck und Wetter, Delius Klasing Verlag, 1999
- Das Wetter in Bildern, Delius Klasing Verlag, 2006

