Dr. Manfred Reiber E-Mail DrMReiber@freenet.de Website www.DrMReiber.de

„Ballonfahren in der Nähe von Wetterfronten! Geht das überhaupt?“

von Dr. Manfred Reiber

„Das Wetter macht keine Unterschiede zwischen den Menschen, es ist unser aller ständiger Begleiter - so ruhig, so turbulent, so wunderbar und manchmal auch so unvorhersehbar wie das Leben“ *John W. Zillmann*

Das „Wetter“ ist wohl die häufigste Unfallursache beim Ballonfahren. Zum Glück sind es aber immer nur einzelne „Wetterelemente bzw. Wetterscheinungen“, die wirklich zur Gefahr werden. Das sind vor allem:

- starke Windböen
- Turbulenz
- Schauerniederschläge als Regen, Schnee oder gar Hagel

Gerät man aber in eine Gewitterwolke, dann sind der Ballon und seine Besatzung extremen Gefahren ausgeliefert, denen man kaum „gezielt“ entkommen kann. Diese Gefahren sind:

- Wolkenthermik mit Vertikalgeschwindigkeiten bis ca. 100 Knoten, gekoppelt mit starker bis sehr starker Turbulenz
- Hagelschlag
- Blitzschlag
- ggf. Sauerstoffmangel, gelangt man gewollt oder ungewollt in Höhen über 4000 m und hat keine Sauerstoffausrüstung an Bord
- Vereisung des Korbes und des eigenen Körpers, bei Gasballonen auch der Hülle und Ventile in Höhen oberhalb der Nullgrad-Grenze

Es ist nun die Frage, wo und wann kommen diese Wettererscheinungen vor, wie kann ich sie als Pilot rechtzeitig erkennen und meiden?

Derart wetteraktive Zonen entstehen im Grenzbereich verschiedener Luftmassen. Diese Grenzen oder Grenzbereiche werden in der Meteorologie als *Wetterfronten* bezeichnet. Wenn wir verstehen wollen, wie man sich im Bereich dieser Wetterfronten als Pilot richtig verhalten soll, ist es notwendig sich gründlich mit diesem Phänomen zu beschäftigen und sich solide Kenntnisse darüber anzueignen. Dazu soll dieser Artikel beitragen.

1. *Die Arten von Wetterfronten und der Grad ihrer Gefährlichkeit für das Ballonfahren*

Wetterfronten gehören zu jedem Tiefdruckgebiet, wie Blitz und Donner zu einem Gewitter. Wetterfronten sind kennzeichnend für Tiefdruckgebiete. Es sind die Grenzflächen bzw. die Grenzlinien zwischen warmer und kalter Luft.

Wetterfronten, es gibt davon drei verschiedene Grundtypen, die *Warmfront*, die *Kaltfront* und die *Okklusion*, sind Gebiete mit besonders intensiven Wettererscheinungen. Sie sind deshalb für Luftfahrzeuge aller Art potenzielle „Wettergefahrenzonen“.

Zwar ist keine Front identisch mit einer anderen, man kann aber *„Modellfronten“* einer Idealzyklone gut beschreiben, deren typische Wettererscheinungen in der Natur immer wieder beobachtet werden können. Das gibt uns die Möglichkeit allgemeingültige, praxisrelevante Schlussfolgerungen für das Wetter an Fronten abzuleiten und unser Verhalten als Ballonfahrer darauf eizurichten.

Fundierte Kenntnisse über das gegenwärtige und künftige Wettergeschehen im Bereich von Fronten sind deshalb wesentliche Grundlage für eine hohe Flugsicherheit und vielleicht auch für den Mut eine geplante Fahrt einmal ***nicht*** durchzuführen. Betrachten wir zunächst, wie sieht ein typisches Tiefdruckgebiet aus?

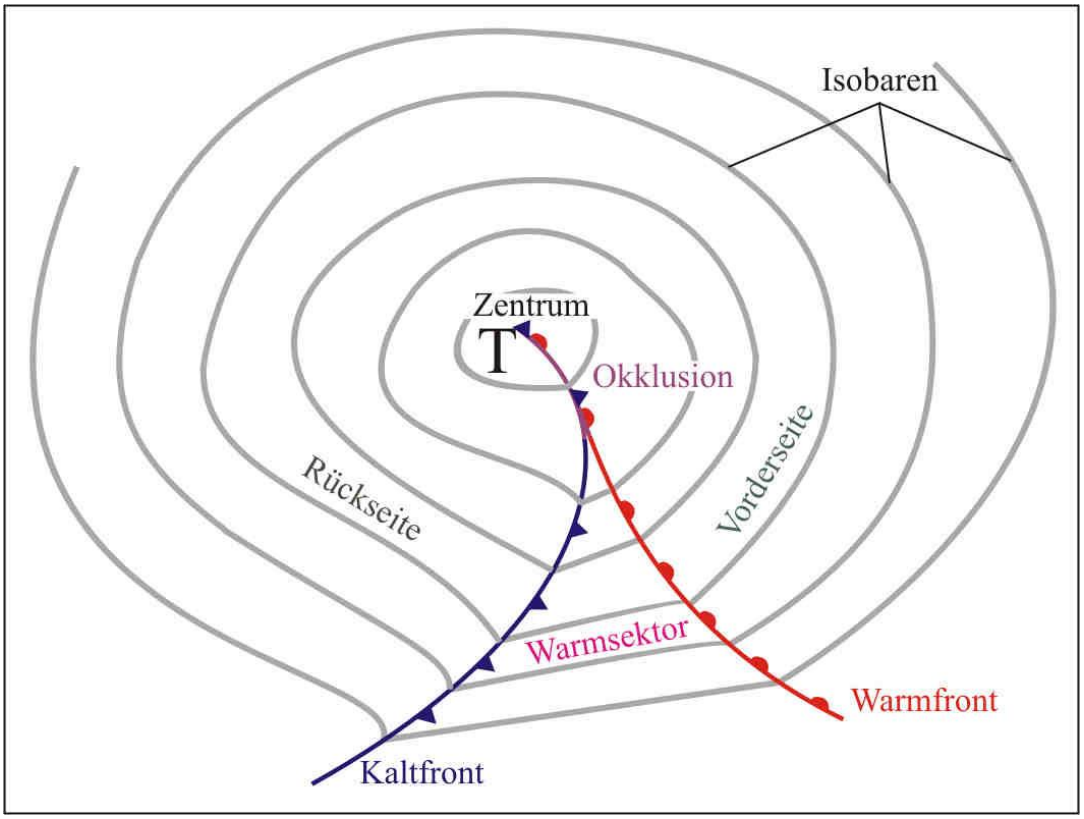

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Tiefdruckgebietes mit seinen Wetterfronten (Idealzyklone). Typisch für ein Tief im Reifestadium ist die Existenz von Fronten. Auf der Vorderseite des Tiefs gleitet warme Luft auf die vorgelagerte kältere Luft auf. Es bildet sich so eine Frontfläche mit einer relativ gleichmäßigen, eher geringen Aufwärtsbewegung. Das ist die Warmfront, im Bild die rote Linie (siehe auch Abbildung 2). Zwischen Warm- und Kaltfront befindet sich der Warmsektor. Danach folgt die Kaltfront, im Bild die blaue Linie (siehe auch Abbildung 9). Charakteristisch sind die „Isobarenknicke“ an den Frontlinien. Sie sind sichtbarer Ausdruck für die Winddrehung beim Frontdurchgang! Eine Kaltfront zieht immer schneller als eine Warmfront, d. h. die Kaltfront holt die Warmfront ein, zuerst natürlich im zentralen Bereich des Tiefs. Die vereinigte Front wird als Okklusion bezeichnet, im Bild die lila Linie (siehe auch Abbildung 16). Grafik: Dr. Manfred Reiber

1.1 Die Warmfront, ihre Wettererscheinungen und Fluggefahren

Wenn die Warmluft gegen die Kaltluft vordringt, das geschieht in aller Regel auf der Vorderseite des Tiefs, dann gleitet die wärmere, leichtere Luft auf der vor ihr liegenden kalten, schwereren Luft auf. Die Schnittlinie zwischen der Warmluft und der Kaltluft am Erdboden wird als Warmfront bezeichnet und in die Bodenwetterkarte als rote Linie (zusätzlich oft noch mit Halbkreisen markiert) eingezeichnet.

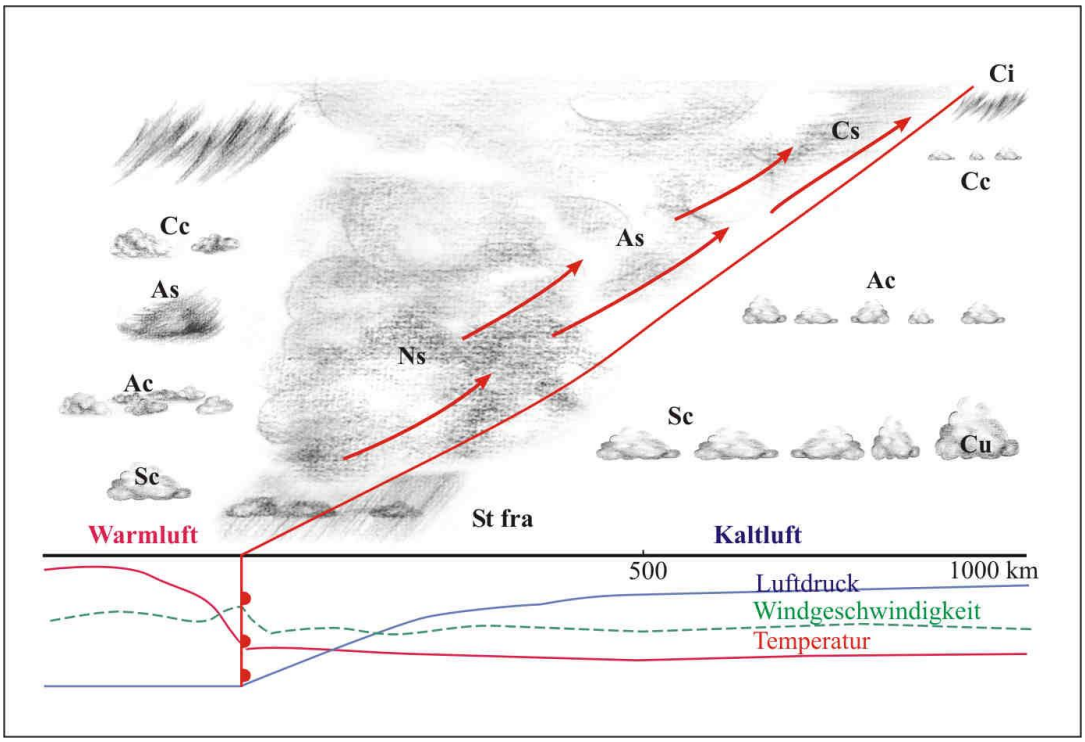

Abbildung 2: Wettererscheinungen an der Warmfront einer Idealzyklone. Warmfronten entstehen, wenn Warmluft auf kalter Luft aufgleitet. Dabei kühlt sich die Warmluft zunächst trockenadiabatisch, nach Erreichen des Taupunktes, weiter feuchtadiabatisch ab. Das führt zur Ausbildung eines Schichtwolkensystems. Grafik: Dr. Manfred Reiber

In Warmfronten ist folgender typischer Wetterablauf zu erwarten:

Beim ruhigen und relativ langsamen Aufgleiten der Warmluft bildet sich ein charakteristisches Schichtwolkensystem heraus. Schon etwa 1000 bis 1200 km vor der Bodenwarmfront sind in ca. 7 bis 12 km Höhe die ersten Cirren (Ci) zu beobachten, die sich mit dem Heranrücken der Warmfront weiter verdichten, im Bedeckungsgrad zunehmen und allmählich in Cirrostratus (Cs) übergehen. Die Wolkenuntergrenze sinkt im weiteren Verlauf ab, die vertikale Mächtigkeit der Bewölkung nimmt zu. Sie geht in Altostratus (As) und schließlich in Nimbostratus (Ns) über. Vielfach ist dieses Wolkensystem in der Vertikalen nicht gleichmäßig dicht. Nicht selten beobachtet man auch in dieser dicken Schichtbewölkung wolkenfreie Räume. Man spricht dann von mehrschichtiger Bewölkung. Etwa 300 bis 100 km vor Frontdurchgang kann bereits Niederschlag einsetzen. Es ist allmählich einsetzender, aber meist anhaltender Niederschlag (Landregen), der entsprechend der Lufttemperatur als Regen

oder Schnee fällt. Es kann auch anhaltender Sprühregen sein. Oft kann man vor dem Wolkensystem der Warmfront auch noch vorgelagerte, einzelne Altocumulus- (Ac) und Stratocumuluswolken (Sc) beobachten, vor allem tagsüber entwickeln sich gelegentlich auch noch flache Cumuluswolken (Cu). Wegen der *Abschirmung* der Sonnenstrahlung durch die hohe und mittelhohe Bewölkung ist die thermische Konvektion meist sehr schwach. Thermik und Quellwolkenbildung unterbleiben schließlich ganz.
Im Niederschlag entstehen unter dem Nimbostratus (durch die Verdunstung von Niederschlag auf seinem Fallweg) sehr tiefe Stratuswolken (St fra), mit meist hohen Bedeckungsgraden. Berge sind dann oft in Wolken eingehüllt und werden dadurch zu einer weiteren Gefahr für die Luftfahrt im Allgemeinen.
Bei Annäherung einer Warmfront fällt der Luftdruck. Die vorgelagerte Kaltluft wird immer mehr durch warme Luft ersetzt, die leichter als die kalte ist und das führt eben zum Druckfall. Mit Frontdurchgang hört der Luftdruckfall auf, oder wird zumindest schwächer. Der Wind weht vor der Warmfront oft aus südöstlicher und nach Frontdurchgang aus südwestlicher Richtung. Es kommt zu einem mäßig starken „Sprung“ in der Windrichtung. Der Wind dreht dabei nach rechts. Die Windgeschwindigkeit nimmt im Frontbereich zu, meist aber nicht dramatisch, auch die Böigkeit nimmt zu, wird aber nur selten zu einer wirklichen Gefahr. Die Temperatur steigt nach Warmfrontdurchgang. Es gibt eine Ausnahme davon, das sind die sog. „maskierten“ Warmfronten, die nur im Winter vorkommen. Darauf soll nicht weiter eingegangen werden, weil bei diesen Wetterlagen ohnehin kein „Flugwetter“ herrscht.

Die typische Bewölkung beim Aufzug einer Warmfront ist auf den Abbildungen 3 bis 7 zu sehen.

Abbildung 3: Die herannahende Warmluft, zunächst noch in großer Höhe, wird an der milchig-weißen Farbe des Himmels, an der langen Lebensdauer der Kondensstreifen und ihrer Ausbreitung, sichtbar. *Foto: Dr. Manfred Reiber*

Abbildung 4: Mit der weiteren langsamen Annäherung der Warmfront verdichtet sich die hohe Bewölkung (Cirrus), die Sonneneinstrahlung wird immer mehr abgeschirmt, die Thermik wird schwächer und schwächer, falls sie überhaupt vorhanden war.
Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 5: Die Schichtbewölkung wird immer dichter und vertikal mächtiger. Es hat sich nun dichter Cirrostratus (Cs) ausgebildet. Die Sonne schimmert nur noch durch diese Wolken hindurch. Oft entstehen an den Eiskristallen dieser Wolken „optische Erscheinungen“. Hier im Bild ist ein Sonnenhalo mit rechter und linker Nebensonne und oberem Berührungsbogen zu sehen. *Foto: Dr. Manfred Reiber*

Abbildung 6: Die Warmfront kommt immer näher. Die Wolken verdichten sich weiter. Die Untergrenzen sinken weiter ab. Sie reichen jetzt schon bis auf etwa 3000 m hinab. Die Sonne ist kaum noch durch die Wolken zu erkennen. Das Wolkensystem hat sich zum Altostratus (As) weiterentwickelt. Spätestens jetzt gibt es überhaupt keine Thermik mehr. Es dauert aber auch nicht mehr lange, bis Niederschlag einsetzt. Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 7: Das Schichtwolkensystem hat sich zum Nimbostratus (Ns) weiterentwickelt. Jetzt bereits setzt Niederschlag ein, also noch vor dem eigentlichen Warmfrontdurchgang. Unter dem Ns bilden sich infolge des Niederschlages sehr tiefe Wolken aus. Es sind meist nur

"Wolkenfetzen". Man bezeichnet sie deshalb auch als Stratus fractus (St fra).

Foto: Dr. Manfred Reiber

Welche Schlussfolgerungen haben wir als Ballonpiloten für das Fahren in der Nähe von Warmfronten abzuleiten?

1. *Warmfronten bilden ein dichtes Schichtwolkensystem aus. Thermische Prozesse werden total oder nahezu total unterdrückt. Unter der dichten Schichtbewölkung kann kaum Thermik entstehen.*
2. *Bei Fahrten unmittelbar im Frontbereich muss man mit einer Winddrehung und leichter, seltener mäßiger Turbulenz rechnen. Niederschlag und tiefe Wolkenfetzen können schon mehr als 100 km vor Frontdurchgang einsetzen. Rechtzeitige Landung ist also empfohlen.*
3. *Ballonfahren in der Schichtbewölkung sollte auf jeden Fall vermieden werden. (Vereisungsgefahr oberhalb der Nullgradgrenze)*

Wichtiger Hinweis:

Nicht jedes Mal, wenn man Cirren am Himmel sieht, kommt eine Warmfront! Das unterstreicht auch die „Meteorologenweisheit":

„In Menschen und Cirren kann man sich irren"

Um einen „Warmfrontaufzug" handelt es sich nur dann und nur dann, wenn sich die „aufziehenden" Cirren fortlaufend verdichten, also vom Ci übergehen in Cs und weiter in As und schließlich in Ns!

1.2 Modifizierte Warmfronten

Beim Überqueren von Gebirgen werden Warmfronten durch Stau- und Föhnwirkung modifiziert. Die zusätzliche aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung auf der Luvseite des Gebirges bewirkt eine Verdichtung und größere vertikale Ausdehnung des Wolkensystems und führt zu intensiveren Niederschlägen und Vertikalbewegungen in der Wolke. Auf der Leeseite dagegen herrscht abwärtsgerichtete Vertikalbewegung, das ist mit adiabatischer Erwärmung, einer teilweisen Auflösung der Bewölkung und der Abschwächung des Niederschlages verbunden. Gelegentlich kommt es sogar vor, dass die der Warmfront vorgelagerte Kaltluft das Gebirge nicht überqueren kann, dann wird die Warmfront im Luv quasistationär. Leeseitig nimmt die Frontfläche ihre ursprüngliche Form erst in größerer Entfernung vom Gebirge wieder ein. Man gewinnt den Eindruck die Front sei über das Gebirge *gesprungen* (siehe Abbildung 8).

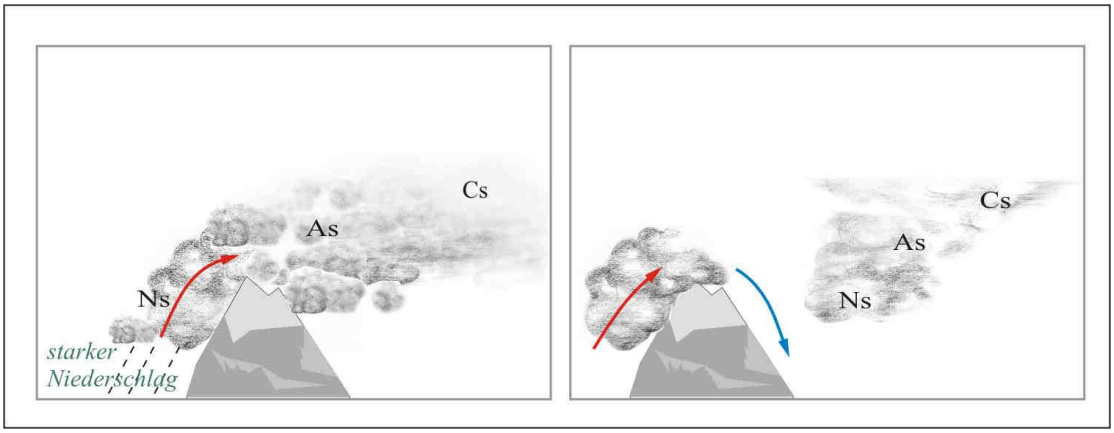

Abbildung 8: Modifizierte Warmfront durch Stau und Föhn.

Grafik: Dr. Manfred Reiber

1.3 Die Kaltfront und ihre Wettererscheinungen

Von einer Kaltfront spricht man dann, wenn die Kaltluft aktiv vordringt, sich keilförmig unter die Warmluft schiebt und so deren Hebung herbeiführt. Kaltfronten folgen grundsätzlich hinter Warmfronten und verlagern sich schneller als diese. In Wetterkarten werden sie als blaue Linien (oft zusätzlich noch mit Dreiecken) markiert. Ihre Verlagerungsgeschwindigkeit ist nahe dem Tiefzentrum größer, je weiter sie von dort entfernt ist, umso langsamer bewegt sie sich vorwärts. Die Neigung ihrer Frontfläche ist vor allem in den unteren Luftschichten deutlich steiler, als die von Warmfronten. Das ist ein Grund dafür, dass die Kaltfront schneller zieht und die vorgelagerte Warmluft kräftig angehoben wird. Die starke bis sehr starke Vertikalbewegung führt ***nicht*** zu einem Schichtwolkensystem, wie an der Warmfront sondern zur Ausbildung von kräftigen Cumuluswolken (Cu), oder sogar Cumulonimben (Cb´s), die von intensiven Niederschlägen (Schauern) und Gewittern begleitet werden.

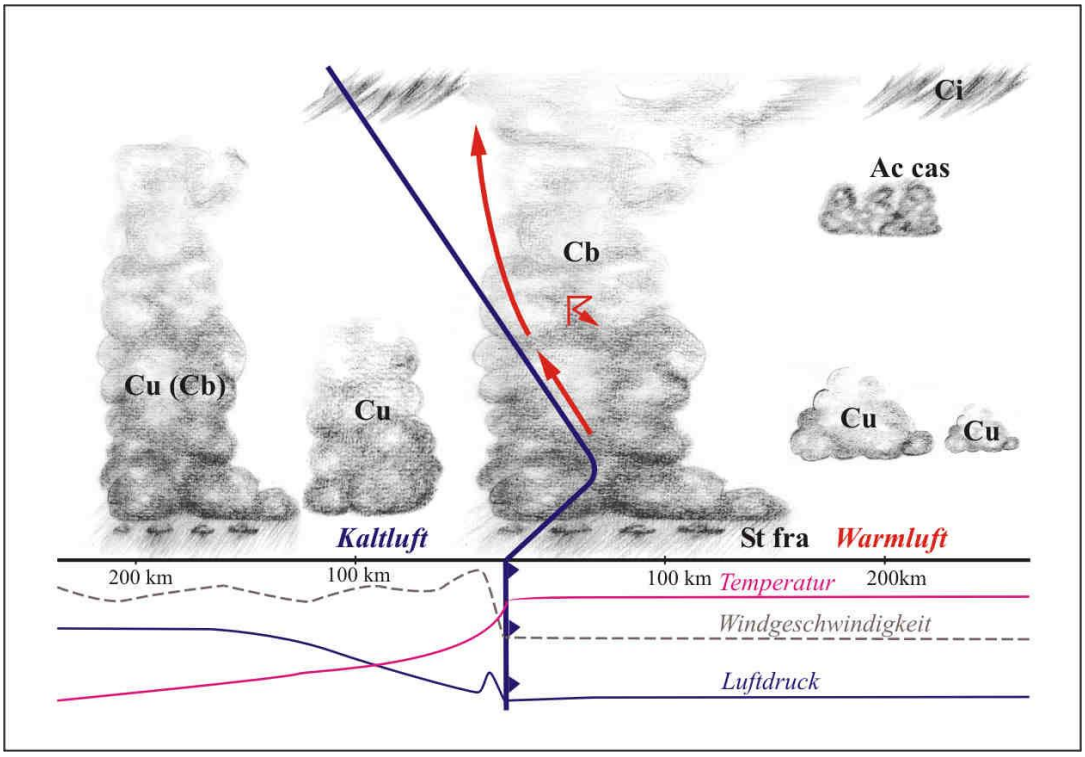

Abbildung 9: Wettererscheinungen an der Kaltfront einer Idealzyklone. Eine Kaltfront entsteht, wenn sich Kaltluft keilförmig in die vorgelagerte Warmluft „bohrt". Dabei wird die Warmluft kräftig gehoben. Es bildet sich, im Gegensatz zur Schichtbewölkung einer Warmfront, ein hochreichendes Quellwolkensystem mit starker Konvektion.

Grafik: Dr. Manfred Reiber

In Kaltfronten ist folgender typischer Wetterablauf zu erwarten:

Wegen der sehr großen Steilheit der Frontfläche (infolge der raschen Bewegung kann die Kaltluft sogar in mittleren Höhen etwas vorauseilen) wird die vorgelagerte Warmluft kräftig gehoben. Dabei entsteht eine vertikal mächtige Konvektionsbewölkung, aufgetürmte Cumulus (Cu) und Cumulonimbus (Cb), die häufig von Gewittern und intensiven Niederschlägen begleitet werden.
Schon lange vor Annäherung der Kaltfront sind im oberen und vor allem mittleren Wolkenstockwerk oft Cirrcumulus castellanus (Ci cas) bzw. Altocumulus castellanus (Ac cas) und Altocumulus floccus (Ac flo) zu beobachten (siehe auch Abbildungen 10 und 11). Diese Wolkenkarten deuten schon auf starke Labilität und hohe Luftfeuchte in diesen Stockwerken hin. Die Bezeichnungen castellanus und floccus kommen aus dem Lateinischen und bedeuten so viel wie türmchenförmig bzw. flockenförmig. Ihre Quellformen zeigen die bereits vorhandene Labilität an, diese Wolken selbst sind aber eher harmlos. In vielen Fällen lösen sie sich sogar vor Annäherung der Kaltfront wieder auf. Kurz vor Kaltfrontdurchgang erscheinen dann plötzlich kräftige Cumuluswolken (Cu) und direkt im Kaltfrontbereich Cumulonimben (Cb). Aus diesen Wolken fallen Schauer, nicht selten starke Schauer, auch mit Graupel, Hagel und Gewitter.

Im Frontbereich selbst treten häufig gleichzeitig mehrere extreme Wettererscheinungen auf, von der jede für sich allein eine große Gefahr für jedes Luftfahrzeug ist, insbesondere aber für Gleitsegel, Drachen, Ballone aber auch für anderen Sportflugzeuge. Diese Gefahren sind:

- Turbulenz
- Vereisung
- Blitz- und Hagelschlag, Starkniederschlag
- tiefe Wolkenuntergrenzen
- extreme aufwärts- und abwärtsgerichtete Vertikalbewegung in den Wolken, aber auch unterhalb der Wolken, verbunden mit der Gefahr, dass Gleitschirme, Drachen, Ballone und kleinere Sportflugzeuge in die Wolke regelrecht „eingesaugt“ werden und im Extremfall bis in Tropopausenhöhe (etwa 10 000 m) „hochgeschleudert“ werden (siehe Abbildung 16).

Im Sommer und am Nachmittag sind die Wettererscheinungen an Kaltfronten stärker ausgeprägt, weil die Temperaturunterschiede zwischen Kalt- und Warmluft größer sind. Deshalb gehen Kaltfrontdurchgänge im Sommer oft mit Gewittern, Sturmböen und auch gelegentlich mit Graupel oder Hagel einher. Im Winter sind Kaltfrontgewitter seltener, treten aber an gut ausgebildeten Kaltfronten auch in dieser Jahreszeit auf.

Der Wind nimmt im Frontbereich in der Regel zu, erreicht hier die höchsten Windspitzen und ist sehr böig. Die Windrichtung ändert sich markant (in Extremfällen bis 180°) und dreht bei Frontdurchgang nach rechts, im Allgemeinen von südwestlicher auf nordwestliche Richtung. Der Luftdruck beginnt mit dem Einfließen der Kaltluft zu steigen (kältere Luft ist schwerer als warme). Die Lufttemperatur fällt nach Frontdurchgang deutlich. Die Sicht ist in der Kaltluft immer gut bis sehr gut (außer im Niederschlag).

Schauen wir uns die typische Bewölkung beim Herannahen und Durchzug einer Kaltfront an.

Abbildung 10: Schon lange vor Ankunft einer Kaltfront können Altocumulus castellanus (Ac cas) einen Hinweis auf die zu erwartende Labilisierung geben. Die Wolken selbst sind eher ungefährlich, sie zeigen aber an, dass mit Annäherung der Kaltfront eine rasante, manchmal explosionsartige Wolkenbildung in der Labilisierungszone zu erwarten ist. Ac cas gilt deshalb ja auch als Gewittervorbote. Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 11: Ähnlich wie Ac cas ist auch Altocumulus flocus (Ac flo) ein Hinweis auf Labilität und gilt deshalb auch Gewittervorbote. Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 12: Vor Kaltfronten lassen sich auch häufig noch kleinere Cu-Wolken beobachten, die durch ihre äußere Form deutlich auf die zunehmende Turbulenz und Labilisierung hinweisen. Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 13: Mit Annäherung der Kaltfront wird die Bewölkung im Allgemeinen dichter, die Quellwolken „schießen“ jetzt in die Höhe. Ballone sollten längst gelandet sein, aberauf keinen Fall mehr starten! Das Risiko in nicht beherrschbares, extremes Steigen und in starke Turbulenz zu geraten ist jetzt sehr hoch. Die „Saugwirkung“ der Cu con bzw. Cb´s wird zur Gefahr. *Foto: Dr. Manfred Reiber*

Abbildung 14: Ist die Kaltfront mit ihren Cb`s in optischer Sichtweite, sollten die Ballonpiloten schon lange in gemütlicher Runde mit ihren Gästen sitzen und über interessante Erfahrungen beim Ballonfahren plaudern. Es ist kein Mut, in der Nähe von Cb`s oder gar in der Nähe einer Kaltfront Ballon zu fahren. Ballonfahrerisches Können beweist, wer sich und seine Gäste nicht durch übertriebenen Ehrgeiz oder Unwissenheit in Lebensgefahr bringt.

Foto: Dr. Manfred Reiber

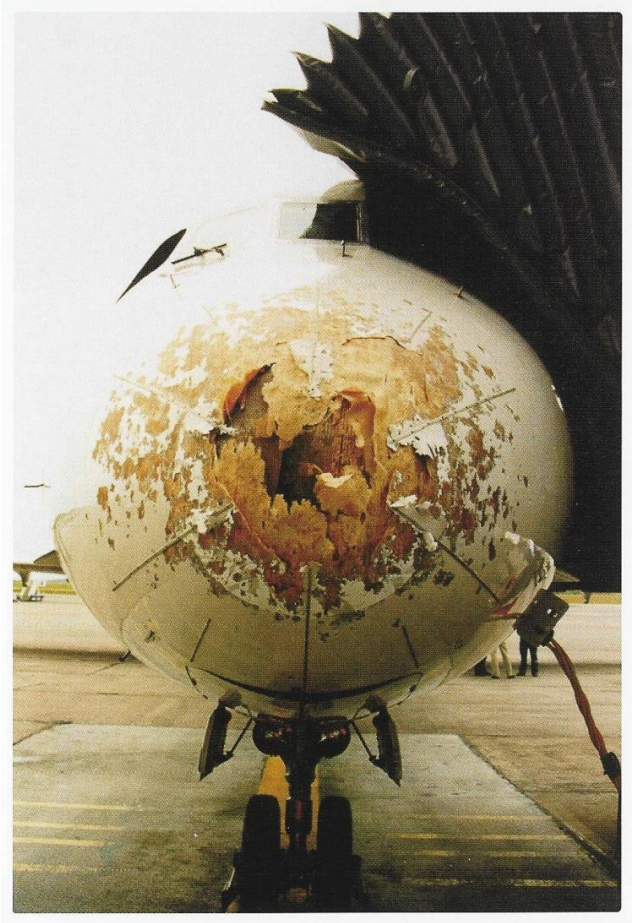

Abbildung 15: Dieses Bild demonstriert die Gewalt des Hagels in einer Gewitterwolke. Wie soll das ein Ballon überstehen? Foto: Dr. Manfred Reiber

Abbildung 16: Sollte doch einmal ein Ballon in den Einflussbereich eines CB geraten, dann kann die Position zum CB von entscheidender Bedeutung sein. Fährt man tief, etwa in Nähe der Untergrenze, so ist die Gefahr in die Wolke eingesaugt zu werden extrem groß. Dann wäre der Ballon allen Gefahren eines CBs ausgesetzt und eine Katastrophe sehr wahrscheinlich! (das entspricht etwa der Position des rechten Ballons im Bild). Versucht man jedoch in mittlerer Höhe Distanz zum CB zu halten (das entspricht etwa der linken Position des Ballons im Bild), dann ist man zwar auch der Turbulenz und ggf. einem Blitzschlag ausgesetzt, meidet aber die extremen Gefahren im CB selbst. In dieser Position hat man sogar aus strömungsphysikalischer Sicht gute Chancen den CB zu umfahren und so glimpflich davon zu kommen. Foto: Dr. Manfred Reiber

Welche Schlussfolgerungen haben wir als Ballonpiloten für das Fahren in der Nähe von Kaltfronten abzuleiten?

1. *Die für alle Sportflieger gefährlichen Cb`s (Gewitterwolken) gehören zur Kaltfront, sie sind ein Bestandteil dieser Front.*
2. *Im Cb herrschen extreme Fluggefahren. Das sind: Turbulenz, Blitzgefahr, Vereisung und Hagel. Wer mit einem Ballon in einen Cb gerät, hat nur noch geringe Überlebenschancen. Augenzeugenberichte über Flüge von Sportfliegern bzw. Ballonfahreren im Cb sind aus diesem Grund sehr selten. Die wenigen, die es gibt sollten deshalb sehr ernst genommen werden und von jedem Piloten gründlich studiert werden.*
3. *Auch in der Umgebung von Cb`s muss man mit extremen Fluggefahren rechnen. Das ist erstens die Saugwirkung des Cb´s. Fährt man unterhalb eines Cb´s kann das thermische Steigen so groß sein, dass man regelrecht in die Wolke eingesaugt wird*

und dann ist man den Gefahren in der Wolke unausweichlich ausgesetzt. Man muss aber auch außerhalb eines Cb´s mit sehr starker Turbulenz und der Gefahr vom Blitz getroffen zu werden rechnen.

Fazit:

Wagt nur eines nicht, wider das Wetter zu handeln! (Dr. M. Reiber)

1. *In der Nähe und im unmittelbaren Bereich von Kaltfronten sollte man auf keinen Fall Ballon fahren. Die Labilisierung geht mit Annäherung der Front oft „explosionsartig" von statten, man kann sie aber an einigen Wolkenformationen oft schon Stunden vorher erkennen (Abbildungen 10 bis 12). Wirklich überrascht wird nur der Pilot, der sich nicht ausreichend mit der Wetterlage befasst und/oder die Wolken nicht aufmerksam genug und sachkundig beobachtet.*
2. *Wer sicher gehen möchte landet mindestens 30 bis 50 km vor einer Kaltfront, insbesondere auch deshalb, weil sich bevorzugt im Sommer vor der Kaltfront Labilisierungszonen mit starker Turbulenz oder vorgelagerten Schauern ausbilden.*

1.4 Die Okklusion und ihre Wettererscheinungen

Da sich Kaltfronten, wegen ihrer steilen Frontfläche, der höheren Windgeschwindigkeit und der stärkeren Turbulenz in der Kaltluft, immer schneller als Warmfronten bewegen, werden diese auf ihrer Zugbahn von den Kaltfronten eingeholt. Es entsteht eine neue Front, die vereinigte Warm- und Kaltfront, die als ***Okklusion*** bezeichnet wird. In Wetterkarten werden sie als violette Linien (oft zusätzlich noch mit Dreiecken und Halbkreisen) markiert.

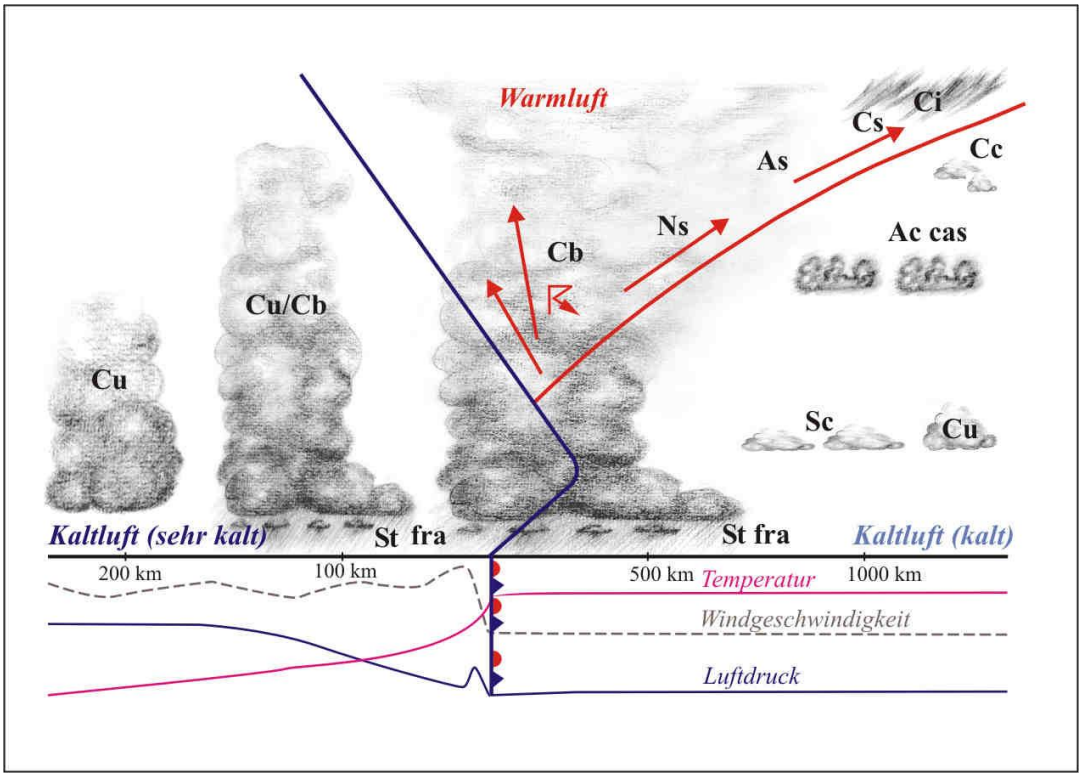

Abbildung17: Wettererscheinungen an der Okklusion einer Idealzyklone. Eine Okklusion entsteht, wenn die Kaltfront die vorgelagerte Warmfront einholt. Bei Annäherung einer

Okklusion erscheint zuerst die Aufgleitbewölkung der Warmfront, die abrupt in die Frontbewölkung der Kaltfront übergeht. Grafik: Dr. Manfred Reiber

In Okklusionen ist folgender typischer Wetterablauf zu erwarten:

Das Wetter im Bereich einer Okklusion ist sowohl durch die Warmluft als auch durch die Kaltluft gekennzeichnet. Vor der Front herrscht meist typisches Warmfrontwetter mit zunehmender und sich allmählich verdichtender Aufzugsbewölkung, die von Cirrus (Ci) über Cirrostratus (Cs), Altostratus (As) schließlich in Nimbostratus (Ns) übergeht. Bereits vor Frontdurchgang setzt Niederschlag ein. Im Frontbereich selbst ist die Nimbostratusbewölkung (Ns) von Cumulonimben (Cb) durchsetzt, der Landeregen geht abrupt in Schauer bzw. Gewitter über, gekoppelt mit allen Wettererscheinungen, wie sie auch bei einem Kalfrontdurchgang vorkommen.

Insbesondere in den Sommermonaten muss man an der Okklusion, wie an der Kaltfront, mit schwerer Turbulenz, Vereisung, Blitz- und Hagelschlag, mit tiefen Wolkenuntergrenzen und starkem Sichtrückgang im Niederschlag rechnen.

Welche Schlussfolgerungen haben wir als Ballonpiloten für das Ballonfahren in der Nähe von Okklusionen abzuleiten?

Fazit

Zumindest die Gefahren sind im Prinzip die gleichen, wie sie an der Kaltfront vorkommen und müssen deshalb nicht noch einmal wiederholt werden. Die Okklusion ist nur insofern etwas „heimtückischer“, weil sie zunächst den Aufzug einer Warmfront „vortäuscht“ und sich dann erst als „Kaltfront“ entpuppt. Insofern kann man sie als noch gefährlicher, als eine Kaltfront einstufen.

1.5 Regeln für die Abschätzung der Intensität von Wetterfronten

Die Wetterwirksamkeit von Fronten ist nicht immer gleich. Man sollte wissen von welchen Faktoren sie abhängt, das macht uns in unseren Entscheidungen noch sicherer.

In erster Linie hängt die Wirksamkeit von den Temperatur- und Feuchteunterschieden und den Stabilitätsverhältnissen der an der Front aufeinandertreffenden Luftmassen ab. Die Intensität der Wettererscheinungen wird aber auch von der Jahreszeit, der Tageszeit, der Beschaffenheit der Unterlage (Bewuchs, Bodenart, Geländehöhe, Orografie und Feuchteverhältnisse des Untergrundes) und ihrer räumlichen Nähe zum Zentrum des Tiefs beeinflusst. Die Wettererscheinungen an Fronten unterliegen einer hohen räumlichen und zeitlichen Dynamik, man muss immer mit gravierenden Änderungen rechnen.

Bei der Interpretation von Wetterkarten oder anderen Unterlagen, die man beim Selbstbriefing verwendet (z.B. pc_met) sollte man sich folgende Regeln merken:

1. Dem Tiefzentrum nahegelegene Frontabschnitte sind in ihrer Wetterwirksamkeit intensiver als weiter außen gelegene, mit der Ausnahme bei *Wellenbildungen*.
2. *Wellen* bilden sich an Kaltfronten und zwar in der Regel dann, wenn die Kaltfront strömungsparallel liegt und die Kaltluft keine frontsenkrechte Komponente mehr hat. Unter diesen Bedingungen wird auch wieder Warmluft aktiv und es entsteht quasi aus einem Teilstück der Kaltfront ein kleines Teilstück einer Warmfront. Oft entstehen an diesen Stellen sogar neue Tiefdruckgebiete, zumindest aber eine Verstärkung des Wolkensystems und der Niederschlagsintensität.
3. Die Intensität der Wettererscheinungen an Fronten ist umso stärker, je deutlicher die Luftmassenunterschiede ausgeprägt sind. Die Wetterwirksamkeit an Kaltfronten und Okklusionen ist im Sommer und tagsüber (vor allem am Nachmittag) größer als im Winter und nachts. Deshalb ist ein Kaltfrontdurchgang im Sommer am Nachmittag wesentlich häufiger mit Gewitter verbunden, als im Winter oder in der 2. Nachthälfte. Andererseits schwächen sich die Wettererscheinungen an Warmfronten am Tag ab und intensivieren sich nachts wieder.
4. Fronten ziehen beschleunigt, wenn der Temperaturunterschied der beteiligten Luftmassen größer wird. Das ist bei Kaltfronten nachmittags (vor allem im Sommer), bei Warmfronten nachts (vor allem im Winter) der Fall. Dieses Phänomen führt häufig zu Prognose-Zeitfehlern bei der Verlagerung von Fronten.
5. Nach dem Durchzug von Kaltfronten und Okklusionen setzt häufig ein vorübergehender Bewölkungsrückgang ein. Dieses Gebiet wird als *postfrontale Aufheiterungszone* bezeichnet. Sie entsteht durch abwärtsgerichtete Vertikalbewegung auf der Rückseite der Kaltfront bzw. Okklusion. In Satellitenbildern ist sie meist gut zu erkennen. Diese Aufheiterungen können von etwa 30 Minuten bis 2-3 Stunden andauern, ehe wieder stärkere Quellwolkenbildung mit Schauern einsetzt. Für das Gleitschirm- bzw. Drachenfliegen ist dieses Gebiet nur nutzbar, wenn die Böigkeit nicht zu groß ist und keine Schauer vorkommen. Man sollte sich merken:
   Die Entscheidung in einer postfrontalen Aufheiterungszone zu fliegen sollte nur dann und nur dann positiv entschieden werden, wenn man die Wetterlage genauestens kennt und aktuell verfolgen kann (z.B. mit pc_met). Man darf sich nicht durch das vorübergehend schöne Wetter zu schnell zu einem Risiko verlocken lassen.

6. Seltener kommt es auch zu *präfrontalen Aufheiterungszonen* vor Fronten. Ursache ist der Sogeffekt vor einer Front. In Bodennähe wird die Luft zur Front hin beschleunigt, das erzeugt eine absteigende Luftbewegung vor der Front gekoppelt mit adiabatischer Erwärmung und Wolkenauflösung. Bei der Annäherung von Fronten an Gebirge kann die präfrontale Aufheiterung durch Föhneffekte verstärkt werden. Allerdings ist in diesem Gebiet die Thermik meist schwach entwickelt, obwohl es wolkenarm ist.
7. Die Zuggeschwindigkeit von Kaltfronten ist höher als die von Warmfronten. Kaltfronten verlagern sich mit 80 bis 100% der frontsenkrechten Windkomponente (im Allgemeinen liegt ihre Zuggeschwindigkeit zwischen 50 und 100 km/h). Warmfronten verlagern sich mit 50 bis 70% der frontsenkrechten Windkomponente (im Allgemeinen liegt ihre Zuggeschwindigkeit zwischen 20 und 50 km/h). Nahe des Tiefdruckzentrums ziehen Fronten schneller als in den äußeren Teilen eines Tiefs.

8. Fronten verlagern sich Richtung des stärksten Druckfalles. Ihre Geschwindigkeit ist umso höher, je größer der Druckfall vor der Front und der Druckanstieg nach der Front ist.
9. Tiefdruckgebiete verlagern sich längs der Isobarenrichtung im Warmsektor.
10. Fronten werden durch die Orografie modifiziert, im Luv verstärkt, im Lee abgeschwächt (siehe auch Abbildung 8)

Mit Hilfe dieser Regeln kann man relativ leicht die vorhergesagte Großwetterlage für seinen Startplatz präzisieren und die oft unscharfen Formulierungen der Wetterberichte konkretisieren. Auch das wird uns helfen, zu genauen lokalen Wettervorhersagen zu gelangen und für eine geplante Ballonfahrt die richtige Entscheidung zu treffen.

Wenn ich an das Fliegen oder Ballonfahren im Bereich von Wetterfronten denke, dann habe ich immer einen interessanten Merksatz der Ballonpiloten im „Ohr“:

„Es ist besser am Boden zu sein und sich zu wünschen man wäre oben, als oben zu sein und sich zu wünschen man wäre unten“

Der Autor:
Dr. Manfred Reiber hat Flugzeugbau und Meteorologie studiert. Er hat vieljährige Erfahrung auf allen Teilgebieten der Flugmeteorologie und Flugwettervorhersage. Von 1984 bis 1990 war er Direktor der Zentralen Wetterdienststelle Potsdam. Er ist als Dozent, Wissenschaftsjournalist und Buchautor tätig und betreut Ballonmeetings, Gleitschirm- und Segelflugwettbewerbe.
www.drmreiber.de