

## Flugbetrieb Wetter

## Gewitter und Flugbetrieb

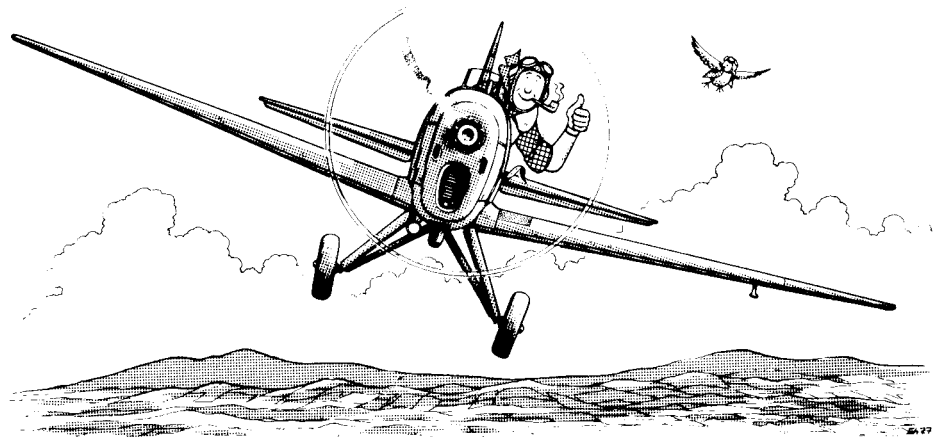
Braunschweig, den 1. 10. 1979 LBA  
1113 - 985.1/79 Nachdruck 1995

*Die Gefahren, die Gewitter für den Flugbetrieb mit sich bringen, sind vielfältig. Hierzu gehören vor allem starke Turbulenzen, extreme Niederschläge, Blitzschlag usw.*

*Die Luftfahrer, besonders der Allgemeinen Luftfahrt, sollten wissen, wie und wo Gewitter entstehen, wie sie zu erkennen sind, wie sie ziehen und vor allem, wie man sich dann zu verhalten hat.*

*Der Deutsche Wetterdienst hat für die Luftfahrer zu diesem Thema eine ausführliche Darstellung zur Verfügung gestellt. Wir danken dem Deutschen Wetterdienst für seine Mitarbeit und empfehlen allen Luftfahrern diese für die Sicherheit wichtigen Informationen durchzuarbeiten und zu beachten.*

*Sollten Sie zu diesem Thema über allgemeingültige Erfahrungen verfügen, wären wir für Informationen dankbar, die wir wiederum veröffentlichen könnten.*



## Allgemeines

Für die Fliegerei sind Gewitter in unseren Breiten besonders im Sommerhalbjahr ein außerordentlich gefährliches Element. Deshalb wird der junge Pilot schon in der Ausbildung auf dieses Phänomen hingewiesen und mit seinen Gefahren vertraut gemacht. Trotzdem zeigt der fliegerische Alltag immer wieder, daß dieses Wissen viel zu wünschen übrig läßt. Deshalb wird im folgenden das Gewitter mit seinen Gefahren beschrieben. Dem Luftfahrzeugführer werden außerdem noch einige Hinweise für das Verhalten bei Gewittersituationen gegeben.

Als oberstes Leitmotiv gilt:

Einem Cumulonimbus ist nie zu trauen,

auch wenn nur ein kleiner ist zu schauen.

Viel ist in der Meteorologie schon über Gewitter geforscht und geschrieben worden, doch gehen die Untersuchungen immer noch weiter, weil manches noch unbekannt ist.

## Tages- und jahreszeitliches Auftreten

Die Gewitter treten zu den Zeiten der größten Erwärmung und damit der stärksten senkrechten Luftbewegungen am häufigsten auf. Dies trifft besonders auf die Wärmegewitter und die geländebedingten Gewitter zu, obwohl die letzteren auch zu anderen Tageszeiten entstehen können. Geht man von den starken Aufwinden aus, dann ist der späte Nachmittag, ab zwei Stunden nach dem Tagesmaximum der Temperatur bis in die frühen Abendstunden hinein die „gewitterträchtigste Zeit.

Aber auch jahreszeitlich gesehen spielt der Sonnenstand die wesentlichste Rolle und damit ist in den wärmsten Monaten des Jahres, im Juli und August, das Jahresmaximum der Gewitterhäufigkeit zu finden.

Das bisherige gilt für Gewitter, die über Land auftreten. Gewitter über Wassermassen haben die Wasseroberfläche als Heizfläche und entstehen damit, da das Wasser sich langsamer erwärmt als das Land, in der Hauptsache zu Zeiten, in denen das Land schon erheblich ausgekühlt ist. Das ist für die beiden o. g. Gewitterarten einmal in der Nacht und zum anderen im Frühjahr bzw. Herbst der Fall.

Gerade über Wasserflächen der Nordsee und teilweise auch der Ostsee ist in den Übergangsjahreszeiten mit Gewittern zu rechnen, da das Wasser dann für die darüberfließende polare Kaltluft als Heizfläche wirkt. Die dabei entstehenden Gewitter reichen nicht so hoch in die Atmosphäre hinauf und weisen auch nicht in dem Maße flugmeteorologische Gefahren auf, wie die während der warmen Jahreszeit auftretenden, abgesehen von der starken Sichtminderung durch Schneefall aus den Cumulonimben in der kalten Jahreszeit. Wesentlich weniger von der sommerlichen und tageszeitlichen Erwärmung abhängig sind die Frontgewitter, die in der Hauptsache luftmassengebunden auftreten. Doch sind ihre Stärken ebenfalls vom Sonnenstand beeinflusst.

## Zugrichtung der Gewitter

Allgemein ziehen die Gewitter mit der Höhenströmung und verbleiben kaum am Ort ihrer Entstehung. Die Zuggeschwindigkeit ist meist bei geländebedingten Gewittern am geringsten. Sie verweilen („hängen“) oft stundenlang - gerade im Gebirge - an Gipfeln und Kämmen. Am größten ist die Zuggeschwindigkeit bei Frontgewittern.

Die horizontale Bewegung der Gewitter ist, mit Ausnahme der geländebedingten Gewitter, ausschlaggebend für ihre Dauer. Da auf dem Weg, den das Gewitter einschlägt, neue Luftmassen in den Cumulonimbus mit einbezogen werden und damit je nach Untergrund mehr oder weniger viel Energie geliefert wird, können immer wieder neue Zellen gebildet werden. Großräumig betrachtet wird die Zugrichtung der Gewitter von der Höhenströmung vorgegeben in der der Cumulonimbus „schwimmt“ in Europa meist von West nach Ost. Kleinräumig gesehen werden sie jedoch durch die Richtung ("Streichen") der einzelnen Gebirgsketten im Mittelgebirgs- und Alpenraum beeinflusst. So wirkt ein langes breites Tal wie eine Leitschiene auf die Gewitter und bei entsprechendem Verlauf erhöht sich dadurch auch die Zuggeschwindigkeit - auch wenn das Tal nicht absolut in West-Ost-Richtung verläuft.

Umgekehrt verzögern Täler, die quer zur Zugrichtung verlaufen, oder Täler, die an drei Seiten von hohen Bergen umschlossen sind, das Fortkommen der Gewitter (Einbahnstraße), wodurch sich bevorzugte Zugwege herauskristallisieren. Zwei sehr bekannte im Südwesten Deutschlands seien

hier genannt:

- a) Von Frankreich kommend: Schluchtpaß (Vogesen) - Münster - Colmar - Breisach/Rhein - Tuni Berg (südl. Kaiserstuhlgebiet) - Freiburg - Schauinsland;
- b) Burgundische Pforte - Südschwarzwald (Blauen Belchen) - Schwäbische Alb.

Die allgemeine Zugrichtung der Frontgewitter ist bedingt durch die Hauptzugrichtung der Fronten in Deutschland - am häufigsten Nordwest-Südost. Ihre Zuggeschwindigkeit wird im Mittelgebirgs- und Alpenraum durch die Erhebungen stark beeinflusst.

## Entstehung des Gewitters

Gewitter sind grundsätzlich mit dem Entstehen von Cumulonimben (CBs) verbunden. Gewitter bestehen aus mehreren Zellen eines Durchmessers von ca. 2 km, die jeweils eine Lebensdauer von 45 bis 60 Minuten haben. Durch die ständige Neubildung solcher Zellen kann ein Gewitter recht lang anhalten. Damit jedoch überhaupt ein Gewitter entstehen kann, müssen folgende Voraussetzungen vorhanden sein:

- Eine nicht ausgeglichene Atmosphäre. In den meisten Fällen ist jedoch eine bedingt-stabile Schichtung vorhanden, d. h. wenn aufgrund von Hebungsvorgängen Sättigung der Luft mit Wasserdampf erreicht wird, zeigt sich in Form von Quellwolken eine latente Labilität der Atmosphäre. Die latent-labile Schicht muß jedoch mindestens 10.000 ft (ca. 3000 m) stark sein, sonst kommt es zu keiner Gewitterbildung.

- Genügend Feuchtigkeit und Nachschub am Boden.

- Hebungsprozesse in der Atmosphäre. Dies können sein

- a) Thermische Aufwinde
- b) Geländebedingte Hebung
- c) Aufgleiten auf vorhandene, kältere Luftmassen
- d) Hebung von Luftmassen in bestimmten Gebieten verbunden mit Druckfall am Boden
- e) Kaltluftzufuhr in der Höhe oder Warmluftzufuhr in tiefen Schichten. Bei letzterer stellen sich meist im mittelhohen Niveau Altocumuli castellani (zinnenförmige Wolken) ein.

Die eigentliche Auslösung der Gewitter erfolgt jedoch durch a) oder b).

Die gesamte Entwicklung eines Gewitters bzw. einer Cumulonimbuswolke lässt sich in drei Stadien einteilen:

- Cumulusstadium

Ein Cumulus wächst zu einem Cumulus congestus mit einer Wolkenobergrenze bei ca. 20.000 bis 25.000 ft (6100 m bis 7600 m) heran. Dies ist das Vorstadium des Cumulonimbus. Diese Wolke weist nur Aufwinde auf, die vom Rand zur Mitte und von der Basis zur Wolkenobergrenze zunehmen. Sie haben eine Geschwindigkeit von ca. 30 m/s. Aus der Wolke fällt noch kein Niederschlag, es entstehen auch noch keine Blitze.

- Reifestadium

Die mit den zunehmenden Aufwinden (40 m/s) empor getragenen Wassertröpfchen und Eisteilchen fallen wegen Gewichtszunahme mit zunehmender Höhe aus dem Aufwindfeld aus. Damit beginnt sich ein Abwindfeld aufzubauen. In unseren Breiten liegt die Abwindzone allgemein in Höhen unterhalb von 25.000 ft (ca. 7600 m). Die Zone des Mischniederschlages und damit die Zone der größten meteorologischen Gefahren reicht im europäischen Raum bis in etwa 22.000 ft (ca. 6700 m) Höhe. In noch größeren Höhen nehmen die Gefahren schnell ab. Die Obergrenzen der Cumulonimben reichen in Höhen von 34.000 bis 38.000 (ca. 10360 bis 11 600 m) hinauf. In diesem Stadium weisen die Cumulonimben starken Niederschlag, starken Hagel, starke Turbulenz, starke Vereisung, Blitze und Böen auf. Es ist das „kraftstrotzende“ Stadium der Wolken.

- Zerfallstadium

Aufgrund der nach allen Seiten aus dem Cumulonimbus ausfließenden Kaltluft wird die Zufuhr thermischer Energie, die zur Aufrechterhaltung der Aktivität der Wolke notwendig ist, abgeblockt. Die Folge ist ein Absterben des Cumulonimbus. In der Wolke bleiben nur noch Abwinde übrig und der starke Niederschlag geht in gleichmäßig leichten Niederschlag über. Danach zerfällt die Wolke immer mehr.

Je nach Art der die Hebung der Luft bewirkenden Vorgänge unterscheidet man zwei Arten von Gewittern:

- Frontgewitter

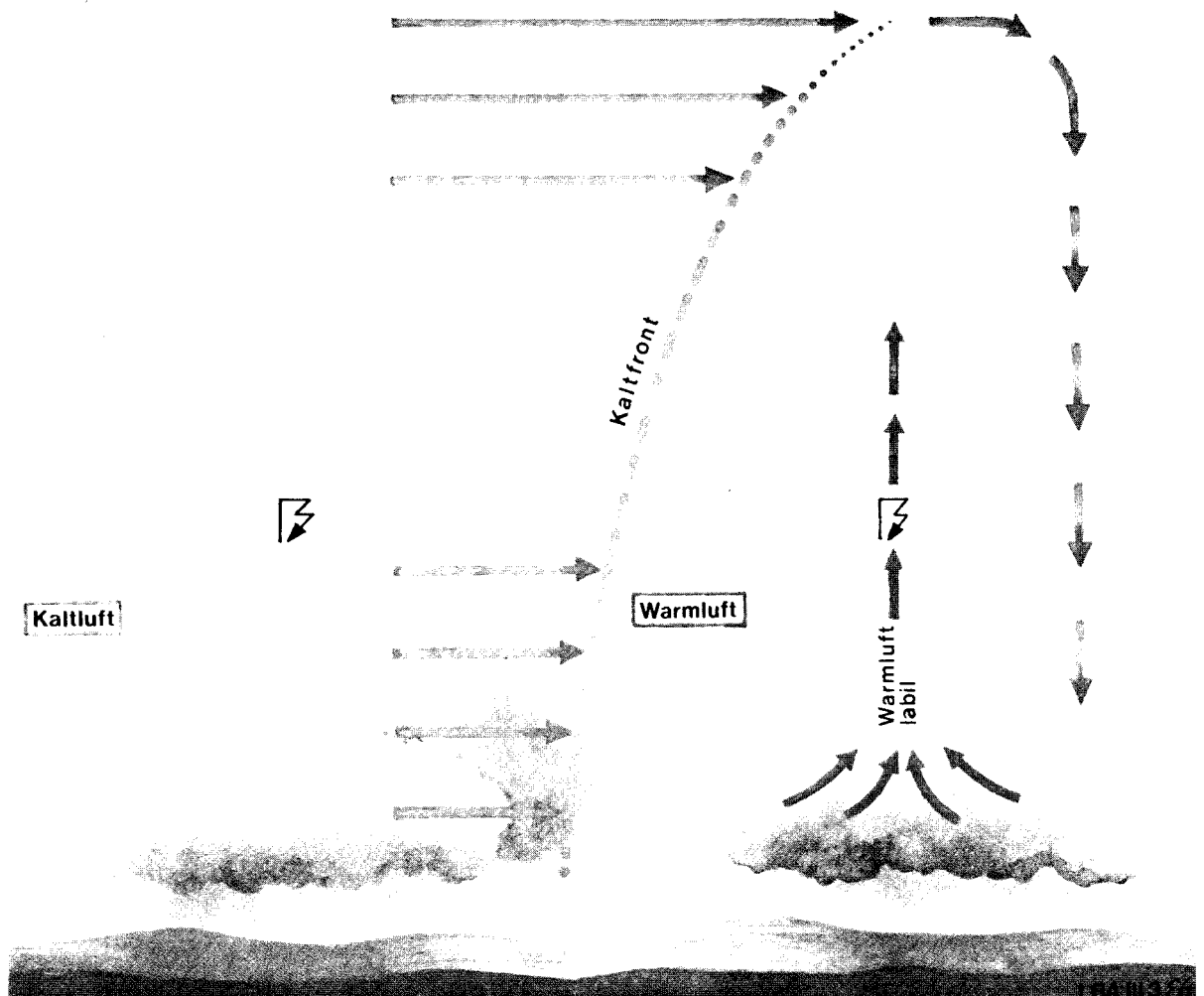
- Luftmassengewitter.

Letztere unterteilen sich noch einmal in geländeabhängige Gewitter und Wärmegewitter.

### Gewitterarten

#### Frontgewitter

im Bereich von Luftmassengrenzen (Fronten) treten häufig Gewitter auf, besonders wenn labil geschichtete Warmluft durch herangeführte Kaltluft zum Aufsteigen gezwungen wird. Dieses Aufsteigen erstreckt sich naturgemäß entlang der gesamten Zone, in der die Kaltluft mit der Warmluft in Berührung kommt - entlang dem Frontverlauf. So kann sich die Zone der Gewitter wie eine Mauer Hunderte von Kilometern erstrecken. Besonders stark sind dabei die Gewitter, die in Verbindung mit „aktiven Kaltfronten“ auftreten. d.h. Kaltfronten, bei denen die kalte Luft in der Höhe schneller vorankommt als am Boden. Damit fällt, wie in Abb 1





gehalten und damit „wellengeritten“ wird, d. h. das Flugzeug folgt den Auf- und Abwinden. Ein „Drücken“ in Aufwinden und „Ziehen“ in Abwinden könnte Überbeanspruchung oder Strömungsabriss zur Folge haben.

### **Böen (squalls)**

Starke Böen mit großen Windgeschwindigkeitsänderungen treten in der näheren Umgebung der Cumulonimben und in ihnen selbst auf. Sie sind besonders während der Start- und Landephase sehr gefährlich.

Die Windgeschwindigkeit muß in drei Komponenten unterteilt werden:

- a) Querwindkomponente (Seitenwind von rechts und links)
- b) Längskomponente (Gegen- und Rückenwind)
- c) Vertikalkomponente (Auf- und Abwind)

Es ist schwer, windbedingte Geschwindigkeitsänderungen vorher zu bestimmen. Wesentlichen Einfluß hat natürlich die Längskomponente! Bei der Landung führt abnehmender Gegenwind sowie nichtberücksichtigter, evtl. unerwarteter Rückenwind zum Zuweitkommen, während zunehmender Gegenwind (ebenso wie abnehmender Rückenwind) ein Zukurzkommen bewirken kann.

Normalerweise nimmt die Windgeschwindigkeit nach oben hin zu. Gefährlich ist es, wenn die Windgeschwindigkeit in der Startphase bei Böen oder Windscherungen nach oben abnimmt.

Wenn im Endanflug Böen auf das Luftfahrzeug einwirken, sind häufige und zum Teil große Änderungen der Triebwerkleistung notwendig. Das kann während der Endphase ein erhebliches Risiko sein. Bestehen daher Zweifel, ob der Aufsetzpunkt in der geplanten Weise erreicht wird, ob die notwendige bzw. gewünschte Landegeschwindigkeit beibehalten werden kann, oder wird die Längsneigung des Luftfahrzeugs für die Landung ungünstig, dann sollte frühzeitig und unverzüglich durchgestartet werden. In einem solchen Fall empfiehlt es sich, entweder die Landung etwas später zu wiederholen oder einen Ausweichplatz anzufliegen. Hierbei sollte man sich nur von dem Gedanken leiten lassen: „Du mußt sicher landen“. Das gilt sinngemäß auch für den Start.

### **Vereisung**

Vereisung bringt nicht nur eine erhebliche Gewichtszunahme des Flugzeuges mit sich, sondern auch eine Änderung des Flügelprofils, die zum Strömungsabriss führen kann.

Darüber hinaus kann Unwucht der Propeller oder Rotorblätter eintreten und zu Brüchen führen. Außerdem können wegfliegende Eisstücke erhebliche mechanische Schäden am Luftfahrzeug hervorrufen, wenn Zelle oder Steuerorgane von ihnen getroffen werden. Weiterhin kann das Pitotrohr oder auch das Triebwerk vereisen (Vergaservereisung bei einem Teil der Kolbenmotoren und Flammenabriss (flameout) bei Strahltriebwerken).

Mit den Aufwinden und der sonst in den Cumulonimben eingesaugten Luft wird reichlich Feuchtigkeit in die Wolken eingebracht. Bei der Aufwärtsbewegung kondensiert der Wasserdampf. In Höhen oberhalb der

0°-Grenze sind die Wassertröpfchen bis zu einer Temperatur von -20° C unterkühlt. Bei noch niedrigeren Temperaturen gefrieren sie und die Eiskörnchen wachsen dann auf Kosten der noch vorhandenen Wassertröpfchen weiter. In noch größeren Höhen geht schließlich der Wasserdampf sofort in Eis über, so daß

die Wolke dann nur noch aus Eisteilchen besteht. Mit zunehmender Höhe wird daher die Vereisungsgefahr wieder geringer. Der in Cumulonimben für Vereisung gefährlichste Temperaturbereich liegt somit zwischen 0° C und -20° C oder höhenmäßig gesehen in dem gesamten Bereich bis 10.000 ft (3000 m) oberhalb der Nullgradgrenze. Wegen der großen Anzahl unterkühlter Wassertropfen in diesem Bereich geht die Vereisung blitzschnell von statten.

Es gibt drei Arten der Eisbildung:

- Klareis: Durchsichtiges und äußerst festes Eis, das wie angegossen an der Flugzeughaut liegt. Es entsteht durch das Auftreten großer unterkühlter Wassertropfen, die vor dem Gefrieren noch auseinanderlaufen.

- Rauheis: Undurchsichtiges, milchiges und bröckliges Eis. Es bildet keine glatte Eishaut, reißt teilweise aufgrund der Strömung selbst ab und ist relativ leicht zu entfernen; es können Schäden am Flugzeug hervorgerufen werden. Es entsteht beim Auftreffen kleiner unterkühlter Wassertropfen, die sofort unter Einschuß der im Tröpfchen enthaltenen Luft gefrieren.

- Mischeis: Eisansatz sowohl aus Rauheis als auch aus Klareis bestehend.

### **Hagel**

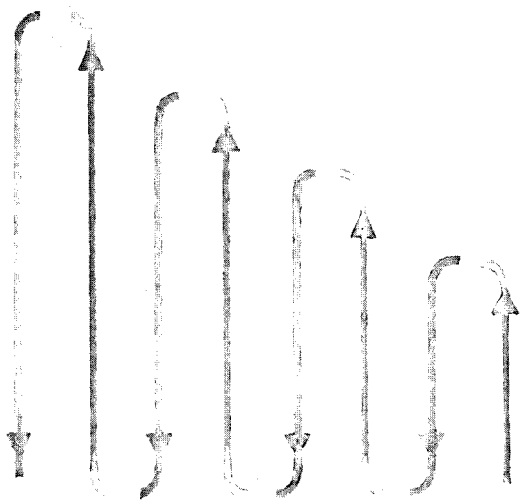
Neben der Turbulenz ist Hagel ein sehr gefährdendes Element. Die in Mitteleuropa beobachteten Hagelkorngrößen weisen im Schnitt einen Durchmesser von ca. 1 cm auf. Solche Hagelkörner können erhebliche Schäden an einem Luftfahrzeug ausrichten.

Hagel entsteht in den Cumulonimben aus den in den Aufwindschläuchen in die Höhe transportierten unterkühlten Wassertröpfchen. Mit zunehmender Höhe gefrieren sie und wachsen weiter, bis das Gewicht des Eiskornes von dem Aufwind nicht mehr getragen werden kann. Das Korn fällt aus dem Aufwindschlauch heraus und gelangt in tiefere Schichten, wobei die Oberfläche des Kornes anschlulzt. Das Korn gelangt wieder

in eine Aufwindzone und wird in ihr erneut in die Höhe getragen. Dabei vergrößert sich sein Durchmesser durch weiteren Eisansatz. Dieser Vorgang (das ständige Auf und Ab des Hagelkornes) wiederholt sich so lange, bis das Korn so schwer geworden ist, daß es von keinem Aufwind mehr getragen werden kann und aus der Wolke herausfällt. Aus dem Weg, den ein

Hagelkorn in einem Cumulonimbus zurücklegt, geht auch hervor, daß es nicht aus kompaktem Eis besteht; vielmehr liegen einzelne Eishäute wie Zwiebelschalen um den Eiskern. Je nach der Größe der eingesammelten Wassertröpfchen und der angelagerten Eisteilchen bestehen diese Schalen aus Klareis, Rauheis oder Mischeis.

Beim Fall durch Höhenbereiche mit positiven Temperaturen beginnen die Hagelkörner abzuschnulzen. So kommt je nach Größe des Hagelkornes der Niederschlag am Boden in flüssiger Form (Wasser) oder in fester Form (Eis) an. Aus Regen am Boden unter einem Cumulonimbus kann jedoch nicht geschlossen werden, daß es in größeren Höhen keinen Hagel gibt (s. Abb. 3). Ausschlaggebend für die Größe des Hagels ist der Wassergehalt und die Höhenausdehnung der Wolke. Je höher ein Cumulonimbus in die Atmosphäre hinaufreicht, um so mehr Energie besitzt er, d. h. um so stärker sind die Auf- und Abwinde. Von den Eisteilchen können damit größere vertikale Strecken überwunden werden. Dadurch werden sie größer.



In der warmen Jahreszeit liegen in Mitteleuropa die Obergrenzen der Cumulonimben im Mittel bei 35.000 ft bis 38.000 ft ( ca. 10600 bis 11 600 m). Doch gibt es in jedem Jahr auch Cumulonimben, die in die Stratosphäre hineinragen. Aus solchen Wolken, die für die Piloten schon von weitem zu erkennen sind, fallen neben sehr großtropfigem und kräftigem Niederschlag Hagelkörner mit einem Durchmesser bis zu 12 cm (!). Der Pilot sollte auch immer daran denken, daß Hagelschlag nicht nur in der Wolke und unterhalb der Wolkenbasis zu finden ist, sondern auch im wolkenfreien Raum seitlich der Wolke. Wie in Abb. 2 dargestellt, reichen die Aufwinde in den Cumulonimben über die Wolkenobergrenze hinaus. Mit diesen Winden werden Hagelkörner auch nach oben aus der Wolke herausgeschleudert und mit den in diesen Höhen starken horizontalen Winden versetzt.

Sie fallen dann seitlich der Wolke, und zwar je nach Größe nicht unbedingt nur in unmittelbarer Wolkennähe, zu Boden. Zwar sind diese Körner kleiner als die, die an der Wolkenbasis ausfallen, doch sind sie immer noch groß genug, um zu erheblichen Schäden am Flugzeug zu führen. Um einen solchen Hagel zu vermeiden, sollte sich der Luftfahrzeugführer in Höhenbereichen oberhalb der 0°-Grenze nicht mehr als 20 km, in Höhenbereichen unterhalb der 0°-Grenze nicht mehr als 10 km dem Cumulonimbus nähern und dabei auf die Ausbreitungsrichtung des Ambosses achten. Erst in Höhen oberhalb 25.000 ft (ca. 7600 m) wird in einem Cumulonimbus die Hagelschlaggefahr wieder geringer, weil in solchen Höhen allgemein nur noch kleine Hagelkörner auftreten.

#### Statische Elektrizität

Statische Elektrizität ist in der Atmosphäre ständig vorhanden. Jedoch nimmt sie beim Aufbau von Gewittern sehr stark zu. Dies macht sich durch stärker werdende Störgeräusche im Funk bemerkbar, besonders im MF- und HF-Bereich. Weit geringer sind die Störungen im VHF- und UHF-Bereich. Erreicht die statische Elektrizität einen bestimmten Schwellenwert, dann lassen sich elektrische Entladungen, sogenannte Elms-Feuer, seitlich an den Führerraumscheiben beobachten.

Beim Auftreten der verstärkten statischen Elektrizität sollten Navigationshilfen wie Funkfeuer wegen der schwankenden oder fehlerhaften Anzeige, die dabei auftreten kann, nur mit besonderer Vorsicht benutzt werden.

#### Blitz

Durch verschiedene Vorgänge bilden sich in Cumulonimben elektrische Ladungen. Sie sammeln sich in Bereichen mit überwiegend positivem und überwiegend negativem elektrischem Potential. Werden zwischen diesen bestimmte Feldstärkenwerte überschritten, erfolgt ein Ladungsausgleich in Form eines Blitzes. Mehrere Arten von Blitzen werden unterschieden:

##### - Wolken-Wolken-Blitze.

Einmal als elektrische Entladungen, die innerhalb der Wolke stattfinden und von einem Ort außerhalb der Wolke visuell meist gar nicht, in einigen Fällen nur am Aufleuchten eines Wolkenteiles wahrgenommen werden können. Zum anderen als Entladungen, die von einer Wolke zur anderen über einen wolkenfreien Raum gehen.

##### - Wolken-Erde-Blitze.

Als elektrische Entladungen zwischen der *Wolkenbasis* und der Erdoberfläche, wobei daran zu denken ist, daß Bewuchs oder Bebauung, die über das Niveau der eigentlichen Erdoberfläche hinaus gehen, ganz besonders gute Entladungsstellen bilden. Diese Blitze sind bei uns am häufigsten vom Boden aus zu beobachten.

##### - Wolken-Atmosphäre-Blitze.

Als elektrische Entladungen, die von der Wolke in die Atmosphäre hineingehen. Diese Art von Blitzen kommt in unseren Breiten nicht häufig vor. Sie ist meist nur von hohen Bergen oder hochfliegenden Flugzeugen zu beobachten.

Blitze wirken auf Flugzeuge äußerst selten so stark ein, daß sie primär als Ursache einer ernsthaften Störung in Betracht kommen; meist sind es die durch den Blitz erzeugten Sekundärfolgen. So erzeugen die Blitze ein sehr starkes elektromagnetisches Feld, aufgrund dessen die elektronischen Navigationseinrichtungen häufig falsche Anzeigen liefern. Funkverkehr im Bereich niedriger und mittlerer Frequenzen ist kaum noch möglich.

Bei sehr nahen Blitzen besteht die Gefahr, daß der Luftfahrzeugführer von dem überaus hellen und grellen Licht geblendet wird, was zu einer über etliche Minuten, im Extremfall sogar über Stunden anhaltenden Blindheit führen kann.

Am häufigsten treten Blitze im Bereich f- 3000 ft (ca. 1000 m) um die 0°-Grenze auf.

Wird ein Luftfahrzeug direkt vom Blitz getroffen, ist die betriebene Funkausrüstung oft nicht mehr nutzbar, die Anzeigen der elektronischen Navigationseinrichtungen sind sehr kritisch zu werten. Häufig kommt jedoch in solchen Situationen noch ein auf den Schreck des Piloten zurückzuführendes Fehlverhalten hinzu, z. B. Auslösen unbedachter Steuerreaktionen.

#### Instrumentenfehler

Die hauptsächlich auftretenden Instrumentenfehler bei Gewitterflügen sind:

##### Höhenmesseranzeige

Der Höhenmesser eines Luftfahrzeuges ist ein Barometer, das den gemessenen Luftdruck als Höhenwert über Grund, über NN oder Standarddruck (1013,25 mb) anzeigt. In und unter einem Cumulonimbus treten sehr starke Druckschwankungen auf. Nähert sich ein Gewitter, fällt die Luftdruck sehr rasch und steigt mit Beginn der ersten Windböe wieder stark an, um nach Durchzug des Cumulonimbus wieder auf den ursprünglichen Druckwert zurückzugehen. Diese Schwankungen bewirken eine ständig sich verändernde Höhen

messeranzeige, die häufig um mehrere 100 ft falsche Höhenwerte anzeigt. Jedoch weist auch die Anzeige eines Funkhöhenmessers Schwankungen auf, da das Luftfahrzeug im Bereich des Cumulonimbus durch die Auf- und Abwinde sehr rasch vertikal versetzt wird. Das bedeutet: Der Flugzeugführer muß beim Anflug auf ein Gewitter damit rechnen, daß sein Abstand zum Boden trotz gleichbleibender Höhenmesseranzeige abnimmt.

Dazu kommen noch die durch Turbulenz bedingten Höhenänderungen, so daß es sich empfiehlt, mit entsprechend großer Sicherheitshöhe über Grund zu fliegen.

#### Geschwindigkeitsanzeige

Bei sehr starkem Regen besteht die Möglichkeit, daß Wasser in das Leitungssystem der Gesamtdruck- und der Statikdruckanlage eindringt. In der Folge können dadurch die entsprechenden Instrumente, z. B. der Fahrtmesser, falsch anzeigen.

#### Magnetkompaß

Durch Blitzschlag in das Luftfahrzeug oder auch durch eine elektrische Entladung in der unmittelbaren Umgebung des Luftfahrzeuges entsteht ein sehr starkes magnetisches Feld. Der Magnetkompaß kann unbrauchbar werden!

#### Wolkenbasis und Sicht

Die Sicht in einem Cumulonimbus ist Null. Durch den hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft - es werden in einer solchen Wolke ca. 100.000 to Wasser bewegt (!) - ist es außerdem dunkel. Licht wird weitgehend absorbiert. Aber auch im wolkenfreien Raum unterhalb der Wolkenbasis ist die Sicht stark reduziert: kurz vor dem Cumulonimbus durch den von der Erdoberfläche aufgewirbelten Staub, nachfolgend durch den Niederschlag, wobei bei gleicher Intensität von Regen und Schnee die Sicht im Schneefall wesentlich schlechter ist, bei einem kräftigen Schneefall sogar auf Null zurückgeht.

Zu der Turbulenz- und Hagelgefahr unter einem Cumulonimbus kommt aber auch noch hinzu, daß die Wolkenbasis von Cumulonimben meist so niedrig ist, daß schon allein aus diesem Grund die notwendigen Sicherheitshöhen darunter nicht eingehalten werden können.

#### Warnungen

Die internationalen Verkehrsflughäfen in der Bundesrepublik Deutschland sind bis auf Saarbrücken mit Wetterradargeräten ausgerüstet. In Verbindung mit weiteren im Bereich des Deutschen Wetterdienstes eingesetzten Wetterradargeräten wird das gesamte Bundesgebiet überdeckt. Die mit einer Wellenlänge von 3,2 cm oder 5,7 cm arbeitenden Geräte orten die Wasser- und Eisteilchen in den Wolken ab einer bestimmten Konzentration und Größe: je größer die Zahl der Tropfen und je größer der Durchmesser der Tropfen, desto stärker ist das Echo (Radarinformation). Dabei wird das Echo weit mehr von der Tropfengröße beeinflusst. Wenn die Hagelkörner in den Wolken mit einem dünnen Wasserfilm umgeben sind, geben sie ein besseres Echo ab. als sogen. „trockene“ Hagelkörner. U. a. werden anhand dieser Radarbeobachtungen vom Wetterdienst Warnungen für die Luftfahrt über meteorologisch außergewöhnliche Erscheinungen (SIGMETs) erstellt und verbreitet. Diese Warnungen gelten maximal vier (4) Stunden nach Ausgabetermin und geben Auskunft über Standort, Stärke, Höhe, Zuggeschwindigkeit und -richtung der Gewitter.

Doch in SIGMETs wird nicht nur vor Gewittern gewarnt, sondern auch vor tropischen Wirbelstürmen, starken Böenlinien, starkem Hagel, starker Turbulenz, starker Vereisung, ausgeprägter Wellenbildung im Lee von Gebirgen sowie vor Sand- oder Staubstürmen. Die SIGMETs werden in englischer Sprache ausgegeben und gelten für die gesamte Luftfahrt. Zusätzlich werden für die Allgemeine Luftfahrt noch Hinweise (ADVISORIES) in deutscher und englischer Sprache ausgegeben, die vor dem Auftreten von mäßigem oder leichtem Hagel (Graupel) sowie vor mäßiger Vereisung in Höhen unterhalb 10.000 ft (ca. 3000 m) warnen.

Von diesen Warnungen erhält der Luftfahrzeugführer Kenntnis entweder vom Wetterdienst bei der persönlichen flugmeteorologischen Beratung oder von der Flugsicherung durch Funk während des Fluges über den Flight-Information-Service (FIS) (FlugsicherungsInformations-Dienst).

#### Beispiel für SIGMET:

„EDDF SIGMET No. 3, VALID 1215 TO 1600, HEAVY THUNDER STORMS OBSERVED AND FORECASTED WEST PART OF FIR EDDF, TOPS IN FL380, MOVING EAST WITH 20 KT, INTENSIFYING“

"Frankfurt Sigmat Nr. 3, gültig von 12.15 Uhr bis 16.00

Uhr (UTC): Schwere Gewitter beobachtet und vorhergesagt für den westlichen Teil des Fluginformationsgebietes Frankfurt. Wolkenobergrenze in 38.000 ft ca. 11600 m) Zuggeschwindigkeit 20 Knoten. Zugrichtung Ost, verstärkend."

#### Beispiel für Hinweis:

„Mäßige Vereisung in Flughöhen unterhalb 10.000 ft im Bereich Taunus, Westerwald und Hunsrück.“

Die Gebiete, in denen vor Gewittern gewarnt wird, sollten nach Möglichkeit gemieden werden, denn die Gewitter bauen sich schnell auf und ziehen meist rasch weiter.

Eine gute Beobachtung des Himmels läßt den Luftfahrzeugführer häufig schon frühzeitig die Cumulonimben erkennen. Damit verbleibt ihm, noch genügend Zeit umzukehren, oder, wenn die Cumulonimben vereinzelt stehen, sie in genügender Entfernung zu umfliegen. Beobachtet ein Luftfahrzeugführer beim Fliegen Cumulonimben, für die keine Warnung ausgegeben worden ist, so sollte er dies unverzüglich über Funk an die Flugsicherung melden.

#### Verhalten bei Gewitterflügen

##### Allgemeine Hinweise

Ist schon vor Beginn des Fluges eine Gewitterneigung nicht auszuschließen, sollte man im Rahmen der Flugvorbereitung bereits Umwege vorplanen, Staubereiche berücksichtigen, entsprechende Ausweichplätze vorsehen und schließlich die Kraftstoffreserve besonders reichlich bemessen.

- Bei herannahendem oder in der Nähe stehendem Gewitter nach Möglichkeit weder landen noch starten. Die auftretenden plötzlichen Windböen und Turbulenzen können das Luftfahrzeug sehr schnell in eine unkontrollierbare Lage bringen. Flugzeuge am Boden sichern, möglichst verankern.

- In gewitterträchtigen Gebieten nicht ohne Wetterradarinformationen in ein Wolkenfeld einfliegen. Eingebettete Cumulonimben sind von außen nicht erkennbar und können zu bösen Überraschungen führen.

- Nach Möglichkeit nicht unter dem Cumulonimbus durchfliegen, auch wenn es die Flugsicht zu ermöglichen scheint.

Turbulenz und plötzlich einsetzender Hagel sowie weiter sinkende Wolkenuntergrenzen können sehr schnell äußerst gefährlich werden.

- Nie zu nah an einen Cumulonimbus heranfliegen. Hagel und Turbulenz können auch im wolkenfreien Raum unmittelbar um das Gewitter herum sehr gefährlich werden. Angemessenen Abstand halten und auf Ausbreitung des Ambosses achten. Anhand der Verschiebung des Ambosses oder der Böenwalze die Zugrichtung des Cumulonimbus beobachten.

- Heftige und häufige Blitze deuten auf ein sehr starkes Gewitter hin.

Sollte ein Flug durch Gewitter ausnahmsweise unvermeidbar sein, seien hier dem Luftfahrzeugführer stichwortartig einige Hinweise gegeben:

#### **Vor dem Einfliegen in einen Cumulonimbus**

- Gurte anziehen (Bauch- und Schultergurte), lose Gegenstände so sichern, daß sie ihren Platz nicht verlassen können,

- Kurs so wählen, daß der Cumulonimbus oder die Gewitterfront auf **kürzestem Wege** durchflogen wird,

- günstigste Flughöhe wählen, meist über 23.000 ft. Den Bereich  $\pm 5000$  ft im die 0°-Grenze vermeiden, da hier alle Gefahren am stärksten ausgeprägt sind,

- Pitot-Heizung, Vergaservorwärmung, Vereisungsschutzanlage der Strahltriebwerke sowie Enteisungsanlage nach Vorschrift einschalten,

- Fluginstrumente und Stromversorgung auf mögliche Störungen überwachen,

- die im Flughandbuch für die Geschwindigkeit beim Flug in Turbulenz empfohlene Triebwerksleistung einstellen,

- Instrumentenbeleuchtung auf höchste Intensität schalten,

- Flugzeug austrimmen,

- Sonnenschutzbrille aufsetzen,

- vorbereitet sein auf Hagel, starke Turbulenz, starke Vereisung, Blitze, starken Regen, starken Schneefall.

- bordeigenes Wetterradargerät - wenn vorhanden - einschalten, Antenne gelegentlich kippen, um weitere Gewitterzellen ausfindig zu machen.

#### **Flug in einem Cumulonimbus**

- Nur auf die Instrumente schauen, um eine eventuelle Blendung durch den Blitz trotz Sonnenschutzbrille zu vermeiden,

- Einstellung der vor dem Einflug in das Gewitter gewählten Triebwerksleistung möglichst nicht verändern,

- Längsneigung beibehalten und Flugzeug „wellenreiten“ lassen,

- keine Höhenkorrektur vornehmen,

- Kurs beibehalten, jetzt niemals umkehren (es wäre zu spät),

- Trimmung beibehalten,

- aufgrund negativer g-Belastungen ertönenden oder aufleuchtenden Warnanzeigen erst nach Prüfung der Ursache (Belastung oder tatsächliche Störung) folgen.

Die Hinweise sind nur Ratschläge. Sie heben die Verhaltensregel, Gewitter - wenn irgend möglich - zu meiden, nicht auf. Es ist immer besser, auf einen Flug oder eine Landung am Zielort zu verzichten, als sich den unberechenbaren Gefahren eines Gewitterfluges auszusetzen. Sie wissen doch: Im Zweifel nie!