

# Stereowolgentafeln

Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 12, Teil 2

Offenbach am Main 1994

Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes



# Stereowolken tafeln

Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 12, Teil 2

Offenbach am Main 1994

Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

**Herausgeber und Verlag:**

Deutscher Wetterdienst  
Zentralamt  
Frankfurter Str. 135  
63067 Offenbach am Main

**Bearbeitung:**

Manfred Kurz,  
Dieter Lorenz und  
Raymund Windolf

Tafeln 1-31 Dieter Lorenz,  
Tafel 32 European Space Operation Center  
der ESA (Datenaufnahme) und  
DLR Oberpfaffenhofen (Bildverarbeitung).

Die Bilder 1-3 und die Stereoaufnahmen für die  
Tafeln 3, 5, 8, 14-18, 21, 27 und 28 wurden mit  
Zustimmung des Verlages entnommen aus „Das  
3-D-Wolkenbuch“ von Dieter Lorenz und Max  
Miller (Fachbuchverlag Rita Wittig, Hückelhofen  
1991). Die Stereobilder sind dort zum größten  
Teil in Farbe wiedergegeben.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede  
Verwertung außerhalb der engen Grenzen des  
Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Selbst-  
verlages des Deutschen Wetterdienstes unzulässig  
und strafbar. Dies gilt insbesondere für Ver-  
vielfältigungen, Übersetzungen und Mikrover-  
filmungen. Für den Inhalt sind die Bearbeiter  
verantwortlich.

**Gesamtherstellung:**

Lipp GmbH Graphische Betriebe  
Meglingerstraße 60  
81477 München  
Telefon 089/785808-0  
Fax 089/785808-33

ISBN 3-88148-278-4

## Inhalt

Vorwort.....	5
Einführung.....	7
Hinweise zur Betrachtung der Bildtafeln .....	11
Liste der Stereowolkentafeln.....	12
Stereowolkentafeln mit Erläuterungen.....	14
Danksagung .....	79



## Vorwort

1990 erschien der Internationale Wolkenatlas als Teil 1 der Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 12. Der nun vorliegende Teil 2 enthält die dort angekündigten Stereowolkentafeln. Mit Hilfe der dreidimensionalen Sichtweise soll dem Betrachter ein Eindruck von der räumlichen Anordnung, der horizontalen und vertikalen Erstreckung der Wolken sowie ihrer Beeinflussung durch die Orographie vermittelt werden.

Die Bildtafeln, die neben dem Stereobild ein Schwarz-Weiß-Bild des gleichen Motivs enthalten, wurden so ausgewählt, daß möglichst alle

Wolkengattungen und -arten dargestellt werden. Beschreibungen des Bildinhalts und der Wetterlage zum Zeitpunkt der Aufnahme vervollständigen die Tafeln. Neben der Erläuterung der Wetterlage findet man wahlweise Boden- oder Höhenkarten, Radiosondenaufstiege oder Satellitenbilder vom Tag der Aufnahme.

Die Bezeichnungen der Wolken und ihre Verschlüsselung folgen den im Teil 1 enthaltenen international gültigen Regeln. Wie im Wolkenatlas findet man bei jedem Bild Datum, Uhrzeit, Aufnahmeort und die Blickrichtung des Fotografen.



Die Bemühungen, die Fotografie zur Wolkenklassifizierung einzusetzen, gehen bis ins 19. Jahrhundert zurück. Sie führten zu einer stetigen Weiterentwicklung, deren gegenwärtiger Stand durch den International Cloud Atlas, Volume II, der International Meteorological Organisation von 1987 und - für den deutschsprachigen Raum - durch die 2. Auflage des Internationalen Wolkenatlas' des Deutschen Wetterdienstes von 1990 repräsentiert werden. Die darin wiedergegebenen Fotos zeigen die Wolken so, wie sie die menschlichen Augen sehen, nämlich zweidimensional. In der Realität sind die Atmosphäre und die Wolken in ihr räumliche, d.h. dreidimensionale Gebilde. Den üblichen Fotos fehlt jedoch ebenso wie dem normalen menschlichen Sehen beim Anblick der Wolken die dritte Dimension.

Der Mensch kann zwar mit seinen zwei Augen räumlich sehen, denn die beiden Sehorgane nehmen den Raum aufgrund ihres Abstandes von ca. 60 bis 70 mm aus unterschiedlichen Positionen auf. Sie entwerfen deshalb zwei etwas voneinander abweichende Bilder, die im Gehirn dann zu einem räumlichen Bild verschmolzen werden. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Abbildungen werden aber umso geringer, je größer der Abstand zu den betrachteten Gegenständen ist. Bei Entfernungen von 50 bis 100 m sind sie schon nicht mehr wahrnehmbar, und das bedeutet, daß es dann keinen Raumeindruck mehr gibt. Da Wolken in der Regel weiter als 100 m vom Betrachter entfernt sind, erscheinen sie deshalb auch nicht räumlich. Es gibt allerdings andere Anhaltspunkte, die auf die Entfernung und damit die Anordnung im Raum schließen lassen, z. B. die Größenverhältnisse bekannter Objekte, deren gegenseitige Verdeckung, das Luftlicht oder ähnliches. Das sind aber wirklich nur Anhaltspunkte, die bei Wolken nicht allzuviel über deren tatsächliche räumliche Verhältnisse verraten.

Bei der Stereofotografie werden die Augen gewissermaßen durch eine Kamera mit zwei Objektiven im Augenabstand oder durch zwei getrennte Kameras ersetzt. Hier lassen sich die durch den Au-

genabstand vorgegebenen Grenzen ohne Schwierigkeiten überwinden, indem man den Abstand zwischen den beiden Aufnahmegeräten, die stereoskopische Basis, vergrößert. Damit wächst auch die Distanz, bis zu der noch merkliche Unterschiede in den beiden aufgenommenen Bildern erkennbar sind. Durch Anpassen der Basis an die Entfernung der Aufnahmeobjekte lassen sich so selbst die Wolken in der Atmosphäre räumlich wiedergeben. Allerdings darf die Basis auch nicht zu groß werden, da dann das Gehirn die zu stark unterschiedlichen Bilder nicht mehr miteinander verschmelzen kann und deshalb kein Raumeindruck zustande kommt.

Was bei Beachtung der geschilderten Voraussetzungen in einem mit vergrößerter Basis aufgenommenen Stereowolkenbild an zusätzlicher Information steckt, ist überraschend. Es läßt erst so richtig erkennen, was Wolken sind und wie sie sich über den Raum verteilen. Auf diese Weise wird die Klassifikation der Wolken wesentlich erleichtert. Auch wenn man die Wolken in der Natur selbst dann nur zweidimensional sieht, hat man mit dem räumlichen Bild und durch den Vergleich mit der zweidimensionalen Abbildung der gleichen Objekte eine zusätzliche Hilfe für die Klassifikation und die Verschlüsselung der Wolken. Deshalb hat der Deutsche Wetterdienst zusätzlich zum Internationalen Wolkenatlas die vorliegenden Stereowolken tafeln herausgegeben.

### Aufnahmeverfahren

In der Praxis sind, damit ein optimaler Raumeindruck entsteht, – je nach der Entfernung der aufzunehmenden Wolken – Stereobasen etwa vom Meter- bis in den Kilometerbereich erforderlich. Streng genommen müssen die beiden Aufnahmen exakt zur gleichen Zeit belichtet werden, damit keine Verfälschung der räumlichen Anordnung und andere Fehler wie Höhenparallaxen infolge des Wolkenzugs oder durch Veränderungen der Wolken auftreten können. Man wird also mit zwei

getrennt voneinander aufgestellten, genau senkrecht zur Stereobasis ausgerichteten Kameras arbeiten, wie dies Bild 1 zeigt. Die müssen dann genau zur gleichen Zeit ausgelöst werden. Derart aufgenommene Stereobildpaare eignen sich sogar zur Vermessung von Wolken.

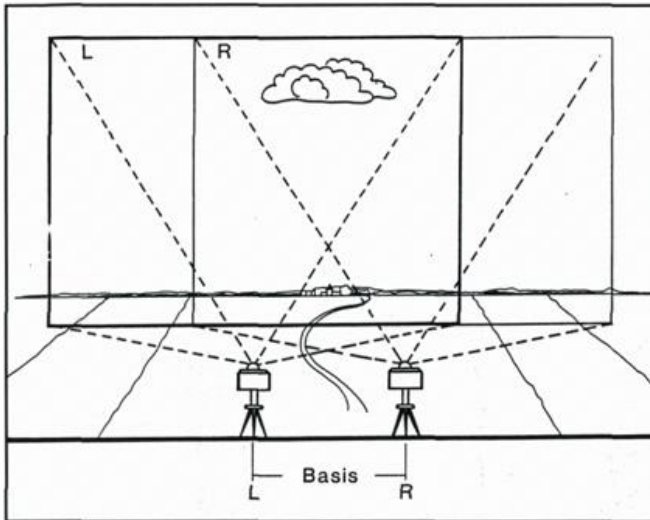


Bild 1: Aufnahme von Wolken-Stereobildern mit zwei gleichzeitig ausgelösten Kameras in unterschiedlichen Positionen.

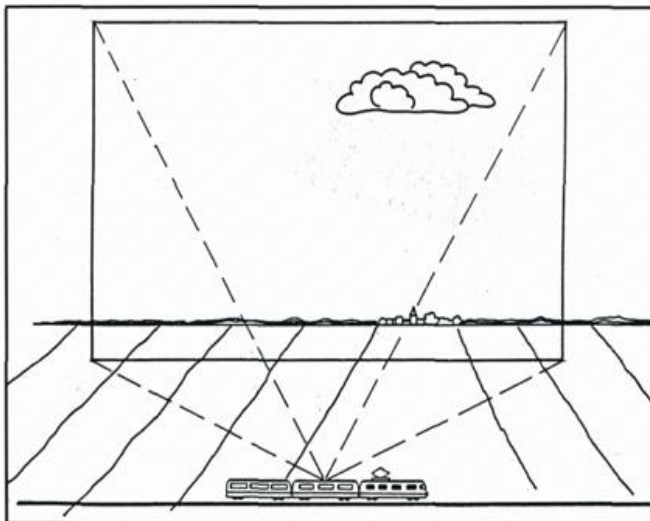


Bild 2: Herstellung von Wolken-Stereobildern mit einer Kamera aus einem fahrenden Eisenbahnzug: zwei Aufnahmen nacheinander aus unterschiedlichen Positionen.

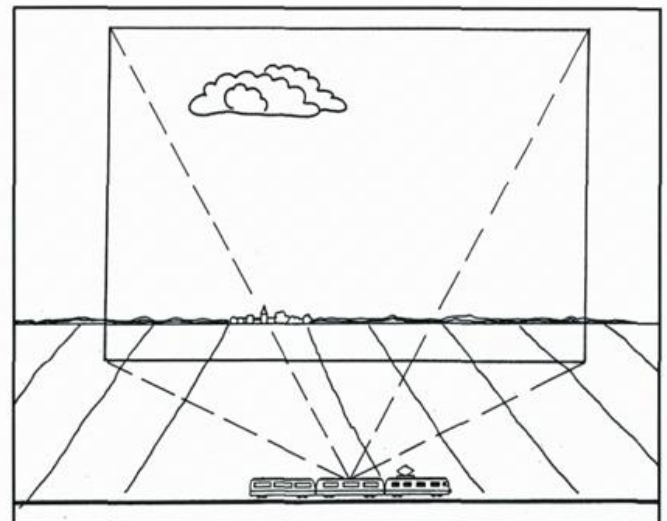
Sind die Bildpaare nur zu Anschauungszwecken bestimmt, wie im vorliegenden Fall, so genügt meistens eine einzige Kamera, mit der man sich nur schnell genug vom einen zum anderen Ende der Stereobasis bewegen muß. Das kann mit einem

üblichen Verkehrsmittel geschehen, einem Eisenbahnzug (Bild 2), einem Kraftfahrzeug oder einem Flugzeug.

Es ist für die Erzeugung der Stereobasis sogar gleichgültig, wer sich bewegt, ob die Kamera oder die Wolken. Man kann deshalb den Wolkenzug ausnutzen und mit einer ortsfesten Kamera zwei Belichtungen nacheinander vornehmen, vorausgesetzt, die Wolken ziehen senkrecht zur Kameraachse und schnell genug, ohne sich merklich zu verändern (Bild 3). Allerdings erscheinen dann mit aufgenommene Landschaftsteile nicht räumlich, denn für sie fehlt ja die Stereobasis; sie werden zweimal vom gleichen Standort aus aufgenommen. Wolken und Landschaft passen deshalb im Raumeindruck nicht zusammen.

### Betrachtungsmethoden

Ein Stereobild kann nur dann einen räumlichen Eindruck vermitteln, wenn jedes der beiden Augen



das - und nur das - ihm zugeordnete Bild sieht. Das ist in der Regel nicht ohne ein entsprechendes Hilfsmittel möglich. Von diesen gibt es eine ganze Anzahl. Das am weitesten verbreitete ist das Linsenstereoskop. Bei diesem schaut jedes der beiden

Augen durch eine eigene, als Vergrößerungsglas wirkende Linse auf das ihm zukommende Bild. Das Stereobildpaar muß hierzu nebeneinander im Augenabstand angeordnet sein. Dadurch ist die Bildbreite auf wenig mehr als 60 mm begrenzt. Eine andere Methode, die sich vor allem für die Wiedergabe von Schwarz-Weiß-Bildern im Druck-

Augen ein rotes und dem rechten ein grünes Filter vorsetzt, so entsteht ein räumlicher Eindruck, denn das linke, rot gefilterte Auge sieht jetzt nur das grüne Bild und das rechte, grün gefilterte nur das rote. Die eingangs erwähnte Bedingung für die Trennung der Bildeindrücke für linkes und rechtes Auge ist damit erfüllt.

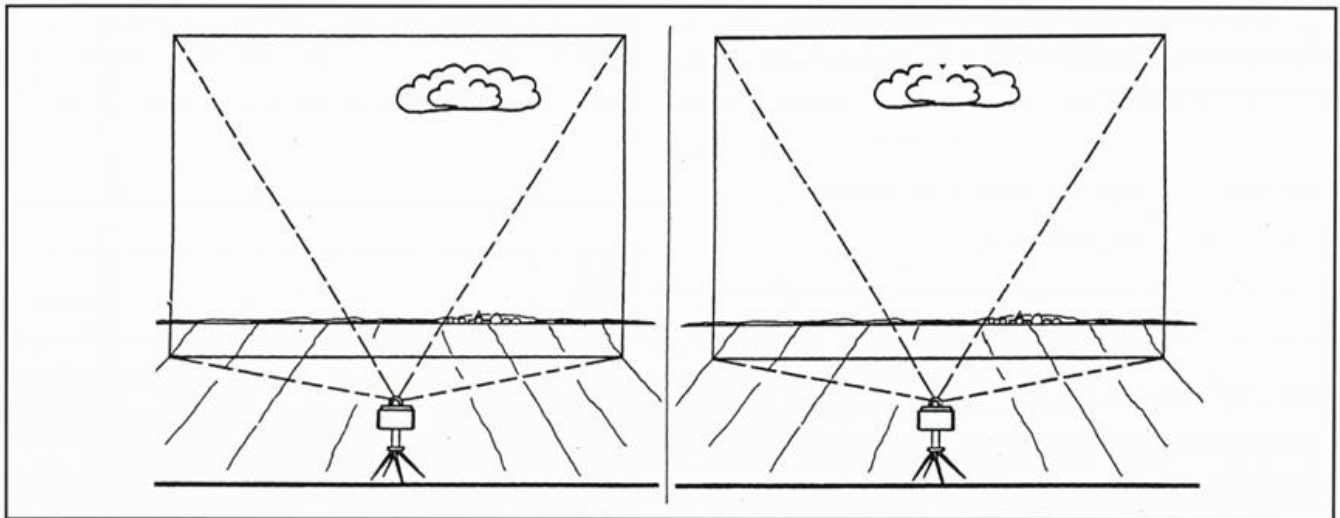
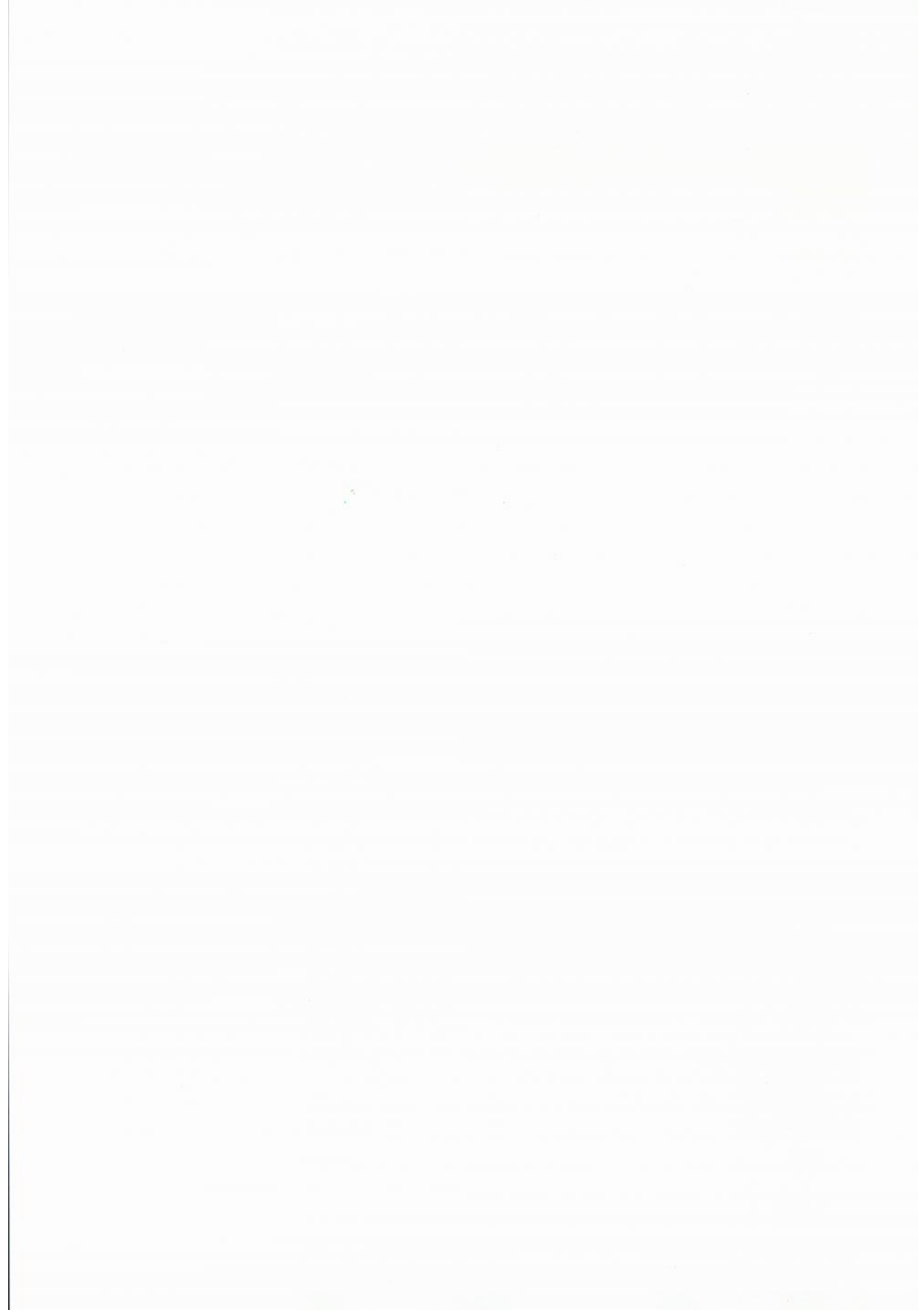


Bild 3: Herstellung von Wolken-Stereobildern mit einer ortsfesten Kamera unter Ausnutzung des Wolkenzugs.

verfahren eignet, ist das sogenannte Anaglyphenverfahren. Hierfür wird z. B. das für das linke Auge bestimmte Bild in Grün und das für das rechte Auge in Rot gedruckt und zwar auf das gleiche Bildfeld. Betrachtet man das so entstehende scheinbare Durcheinander roter, grüner und bräunlicher Farbflecken mit einer Brille, die dem linken

Für die vorliegenden Stereowolken tafeln wurde diese Betrachtungsmethode ausgewählt, weil es sich hier ausschließlich um Schwarz-Weiß-Wiedergaben handelt, die Betrachtungsbrille preisgünstig herzustellen bzw. leicht in ein Buch einzulegen ist und sich schließlich der Raumeindruck auch bei Ungeübten ohne große Probleme einstellt.



## Hinweise zur Betrachtung der Bildtafeln

Zur Betrachtung dient die im Rückumschlag eingesteckte Folienbrille mit einem roten Filter für das linke und einem grünen für das rechte Auge. Das dreidimensionale Bild ist jeweils das untere in Rot und Grün gedruckte. Es muß für die Betrachtung so ausgerichtet sein, daß seine Unterkante parallel zur Verbindungslinie der beiden Augen verläuft.

Erst der unmittelbare Vergleich zwischen zwei- und dreidimensionalem Bild läßt den Informationsgewinn des Stereobildes richtig erkennen. Deshalb ist über dem Anaglyphenbild die gleiche Aufnahme zweidimensional im Schwarzdruck wiedergegeben. Die Unterschiede zwischen diesen Bildern werden am besten sichtbar, wenn man sie beide gleichzeitig durch die Folienbrille betrachtet: das obere erscheint auch so nur zweidimensional, das untere dagegen räumlich.

Ganz allgemein sollte man sich darüber im klaren sein, daß Stereobilder sich nicht für eine flüchtige Betrachtung eignen, sondern daß man sich für sie Zeit nehmen muß. Da die meisten Menschen des räumlichen Sehens entwöhnt sind oder es nie bewußt gelernt haben, dauert es oft eine ganze Weile, ehe sich der Raumeindruck richtig einstellt, insbesondere bei nicht so kontrastreichen Bildern oder Details. Dieser Raumeindruck wird aber umso stärker, je länger man das Stereobild betrachtet. Deshalb Geduld, wenn es nicht auf Anhieb klappt.

Da die Folien der Brille verhältnismäßig viel Licht absorbieren und die Druckfarben auf Tageslichtverhältnisse abgestimmt sind, sollte man die Stereobilder möglichst bei hellem Tageslicht, d. h. in Fensternähe, betrachten. Am besten ist sogar direktes Sonnenlicht.

## Liste der Stereowolkentafeln

- Tafel 1**     **Cumulus humilis, Cumulus fractus**  
22. Juli 1976, 13.28 UTC, nordwestlich Hamburg.
- Tafel 2**     **Cumulus humilis, Cumulus fractus**  
22. Juli 1976, 15.10 UTC, südlich Niebüll nach Westen.
- Tafel 3**     **Cumulus congestus**  
17. August 1973, gegen Mittag, über Graubünden (Schweiz) nach Südwesten.
- Tafel 4**     **Cumulus congestus**  
25. August 1970, 11.12 UTC, Raum Bad Wimpfen aus 2100 m ü. NN nach Westen.
- Tafel 5**     **Cumulonimbus calvus**  
11. Juni 1980, 14.43 UTC, Raum Hamburg-Hannover aus ca. 8000 m ü. NN nach Osten.
- Tafel 6**     **Stratocumulus stratiformis cumulogenitus**  
25. Juni 1985, 15.04 UTC, südlich Landsberg/Lech nach Nordnordwesten.
- Tafel 7**     **Stratocumulus stratiformis cumulogenitus**  
10. Juni 1981, 10.29 UTC, zwischen Sarajewo und Skopje (Jugoslawien) aus 10700 m ü. NN nach Nordosten.
- Tafel 8**     **Stratus-Decke**  
24. Dezember 1988, 09.15 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.
- Tafel 9**     **Stratus fractus, Cumulus fractus (pannus)**  
3. September 1957, 11.00 UTC, Raum Immenstadt nach Osten.
- Tafel 10**    **Cumulus mediocris, Cumulus congestus und  
Stratocumulus stratiformis perlucidus translucidus**  
22. Juli 1976, 09.03 UTC, zwischen Recklinghausen und Münster nach Nordwesten.
- Tafel 11**    **Stratocumulus und Cumulus**  
7. März 1968, 13.32 UTC, über Norditalien nach Osten.
- Tafel 12**    **Cumulus congestus, Stratocumulus stratiformis**  
13. März 1967, 15.07 UTC, Nordatlantik westlich von Schottland nach Norden.
- Tafel 13**    **Cumulonimbus calvus beim Übergang zu Cumulonimbus capillatus**  
3. Juni 1985, 17.25 UTC, Raum Basel nach Norden.
- Tafel 14**    **Cumulonimbus capillatus incus**  
23. August 1981, 15.43 UTC, Ostküste der Insel Amrum nach Osten.
- Tafel 15**    **Cumulonimbus capillatus mamma arcus**  
30. Juli 1987, 18.02 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.
- Tafel 16**    **Cumulonimbus capillatus praecipitatio arcus pannus (Böenwalze)**  
23. November 1984, 09.30 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen bei München nach Nordnordwesten.

- Tafel 17** **Alto cumulus lenticularis**  
1. Dezember 1981, 13.22 UTC, über Mallorca nach Norden.
- Tafel 18** **Alto cumulus lenticularis**  
7. November 1963, 09.37 UTC, Ruhrgebiet aus ca. 9000 m ü. NN nach Nordosten.
- Tafel 19** **Alto cumulus lenticularis**  
31. März 1980, 09.45 UTC, Ostalpen zwischen Chiemsee und Villach aus ca. 7000 m ü. NN nach Nordosten.
- Tafel 20** **Alto cumulus cumulogenitus**  
10. Juli 1956, 16.30 UTC, Spessart.
- Tafel 21** **Alto cumulus stratiformis translucidus und perlucidus duplicatus**  
31. Oktober 1960, 12.52 UTC, über dem Odenwald nach Westsüdwesten.
- Tafel 22** **Mehrschichtiger Alto cumulus**  
12. Mai 1985, 07.21 UTC, östlich Hannover nach Norden.
- Tafel 23** **Alto cumulus stratiformis opacus**  
12. September 1980, 06.23 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen nach Nordnordosten.
- Tafel 24** **Cirrus fibratus**  
16. Oktober 1987, 11.35 UTC, westlich Augsburg nach Nordnordosten.
- Tafel 25** **Cirrus spissatus, floccus**  
17. Juli 1978, 17.51 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.
- Tafel 26** **Cirrus spissatus**  
18. August 1978, 14.15 UTC, Raum Bad Wimpfen aus ca. 5000 m ü. NN nach Westsüdwesten.
- Tafel 27** **Cirrus spissatus**  
16. Juni 1981, 11.39 UTC, über den Ostalpen aus ca. 10500 m ü. NN nach Westsüdwesten.
- Tafel 28** **Cirrus spissatus cumulonimbogenitus**  
10. Juni 1981, 10.01 UTC, westlich Banja Luka (Jugoslawien) aus 8800 m ü. NN nach Nordosten.
- Tafel 29** **Cirrostratus fibratus**  
28. Oktober 1960, 11.54 UTC, Raum Frankfurt a. M. nach Osten.
- Tafel 30** **Cirrocumulus stratiformis undulatus und lacunosus**  
23. Mai 1985, 06.03 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen nach Norden.
- Tafel 31** **Kondensstreifen**  
22. Februar 1986, 16.28 UTC, Hohenpeißenberg nach Südwesten.
- Tafel 32** **METEOSAT-2, Kanal VIS.**  
28. April 1985 bis 1. Mai 1985, jeweils 11.30 UTC.

# TAFEL 1

## Cumulus humilis, Cumulus fractus

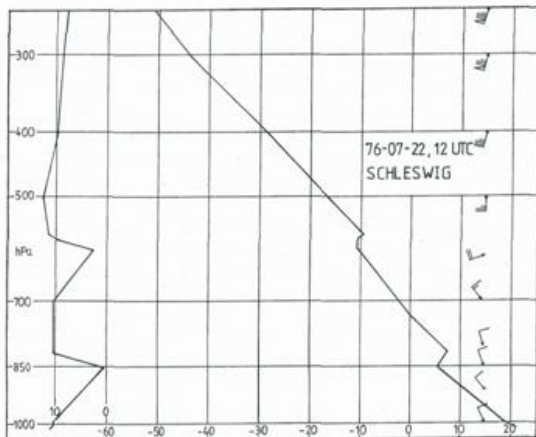
Es überwiegt hier Cumulus humilis mit im Stereobild deutlich sichtbarer Basis, die auf eine geordnete Konvektion hinweist. Typisch dafür sind auch die scharfen Begrenzungen der einzelnen Wolken. Im Gegensatz dazu stehen, vor allem in der linken oberen Bildhälfte, einige wesentlich dünnere Wolkenketzen (Cumulus fractus). Das Stereobild läßt deutlich erkennen, daß sie sich oberhalb der Basis der übrigen Wolken befinden. Es dürfte sich um Reste von sich auflösendem Cumulus humilis handeln.

$C_L=1$

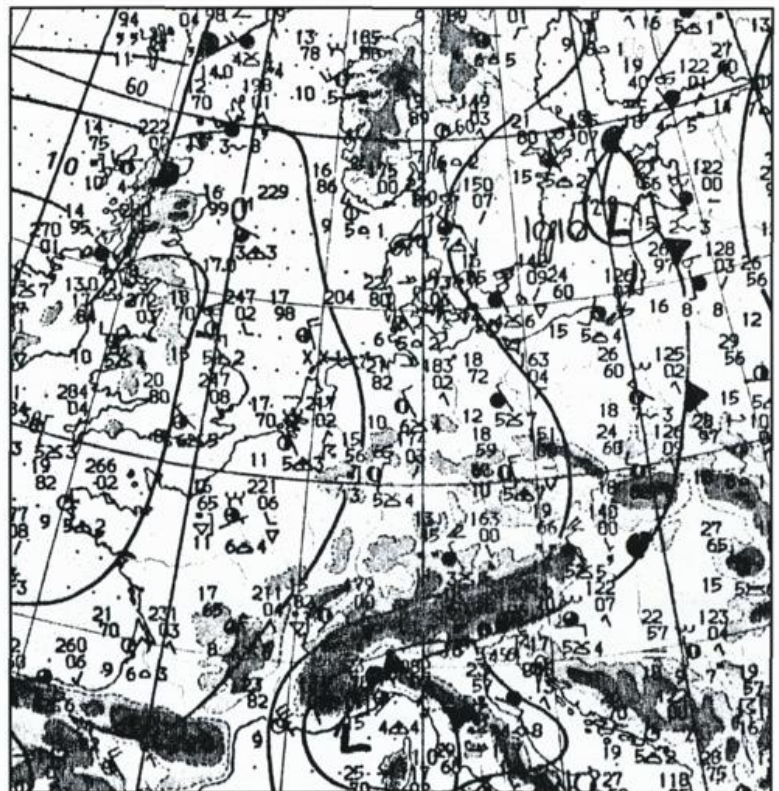
$C_M=0$

$C_H=0$

Norddeutschland lag zum Aufnahmeterrain an der Ostflanke eines Hochs im Zustrom von Meereskaltluft. Wie der aerologische Aufstieg von Schleswig demonstriert, hat sich durch großräumiges Absinken bei ca. 1500 m über NN (850 hPa) eine Inversion gebildet. Sie fungiert als Sperrschicht für die darunter entstehende Konvektionsbewölkung.



Aerologisches Diagramm von Schleswig vom 22.7.1976, 12 UTC mit Temperatur, Taupunktdifferenz und Höhenwinden.



Bodenkarte vom 22.7.1976, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



22. Juli 1976, 13.28 UTC, nordwestlich Hamburg.

## TAFEL 2

### **Cumulus humilis, Cumulus fractus**

Cumulus humilis und Cumulus fractus, beide infolge eines nicht nur tageszeitlich bedingten Absinkens in Rückentwicklung begriffen. Dadurch sind die Wolkenränder ausgefranst und zeigen nicht die sonst übliche scharfe äußere Begrenzung. Aufgrund des Gegenlichtes weisen die kompakteren Cumuli deutliche Schatten auf. Im Vordergrund sind mehr Fractus-Strukturen vorhanden, während weiter hinten bis in Horizontnähe noch stärker entwickelte Quellungen auftreten, die sich bereits Mediocris-Formen annähern. Durch den von links hinten wehenden und mit der Höhe zunehmenden Wind kippen einzelne Wolkenköpfe nach rechts vorne. Die sonst für Cumulus humilis typischen, scharfen gemeinsamen Untergrenzen sind wegen der Auflösungserscheinungen wenig ausgeprägt. Trotzdem läßt der 3-D-Effekt das einheitliche Kondensationsniveau deutlich hervortreten. Vereinzelter Cirrus fibratus ist in der Höhe deutlich von der Cumulus-Bewölkung abgesetzt.

$C_L=1$

$C_M=0$

$C_H=1$

Diese Aufnahme wurde wenige Stunden später als die der Tafel 1 gemacht. An der Veränderung der Wolkenstruktur erkennt man die beginnende Ausbreitung und Auflösung der Quellwolken.



22. Juli 1976, 15.10 UTC, südlich Niebüll nach Westen.

### TAFEL 3

#### Cumulus mediocris, **Cumulus congestus** und Cumulus fractus (Luftaufnahme)

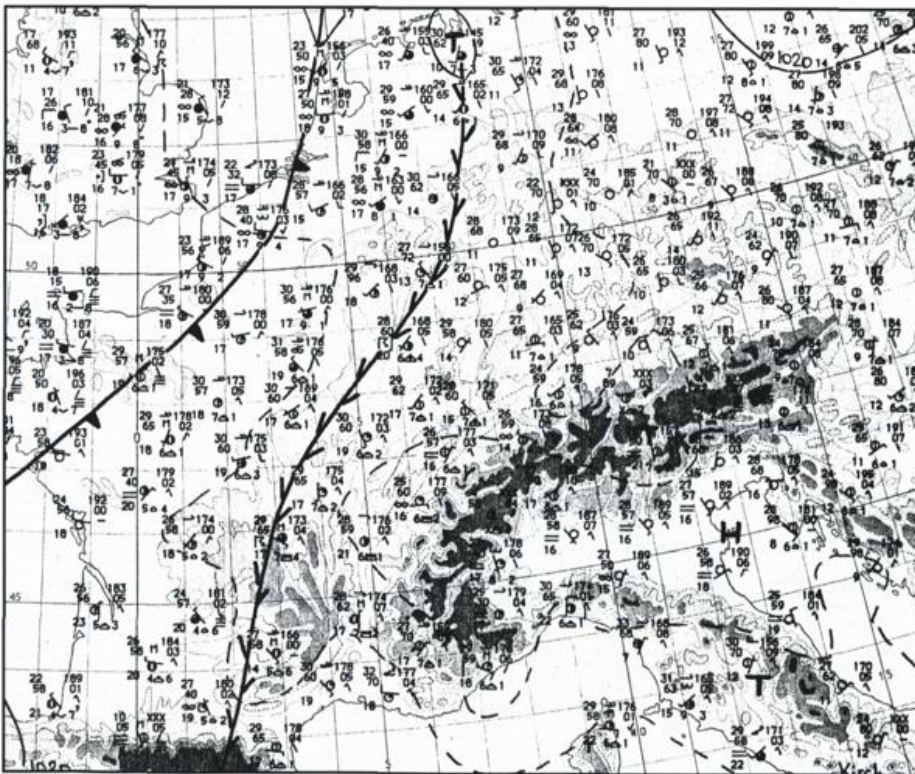
Die Flughöhe lag bei dieser Luftaufnahme unterhalb der Wolkenuntergrenze. Die kräftige, vor allem von den besonnten Berghängen ausgehende Konvektion bewirkt, daß die Wolken im Wachstum begriffen sind; teilweise haben sie sich bereits zu Cumulus congestus entwickelt, an anderer Stelle sind aber auch Auflösungserscheinungen zu beobachten, die zu Cumulus fractus geführt haben. Weniger mächtige Wolken (Cumulus humilis und Cumulus fractus) werfen ihren Schatten auf die dahinter stehende Wolke. Die Dichte der Wolken wird durch die Wolkenshatten auf den Berghängen angezeigt. Das Kondensationsniveau liegt orographisch bedingt in etwas unterschiedlichen Höhen, was bei räumlicher Betrachtung klar zum Ausdruck kommt.

$C_L=2$

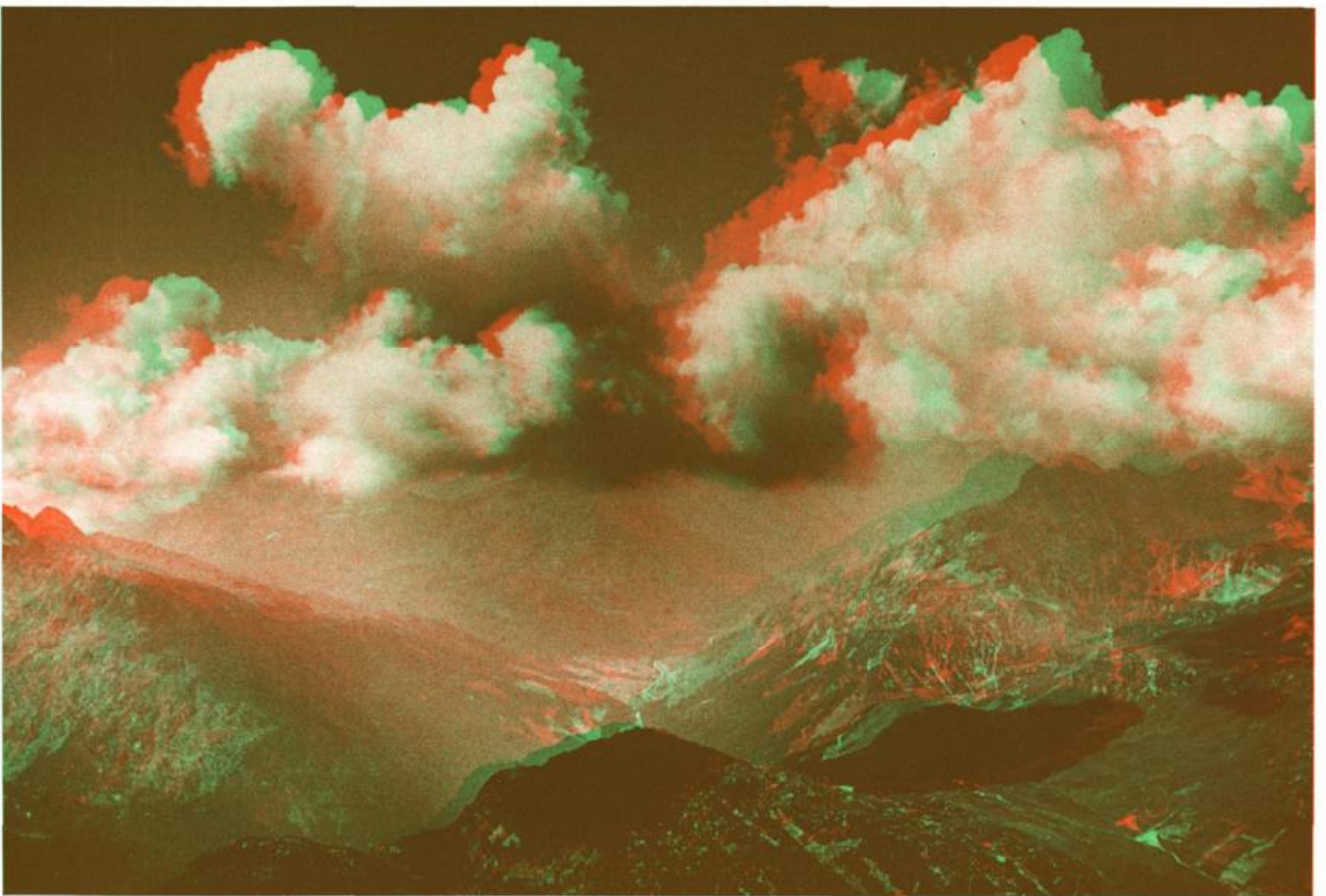
$C_M=0$

$C_H=0$

Die Bündner Alpen befanden sich z.Zt. der Aufnahme im Bereich sehr geringer Luftdruckgegensätze. Die dort lagernde Luftmasse war sommerlich warm und mäßig feucht. Durch die Tageserwärmung und die dadurch ausgelösten Zirkulationen an den Berghängen haben sich erste Quellwolken gebildet. Da die Schichtung relativ stabil war, kam es zu keiner stärkeren Weiterentwicklung, während sich weiter westlich im Tagesverlauf Gewitterwolken bildeten.



Bodenkarte vom 17.8.1973, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



17. August 1973, gegen Mittag, über Graubünden (Schweiz) nach Südwesten.

## TAFEL 4

### Cumulus congestus, von Windscherung beeinflusst (Luftaufnahme)

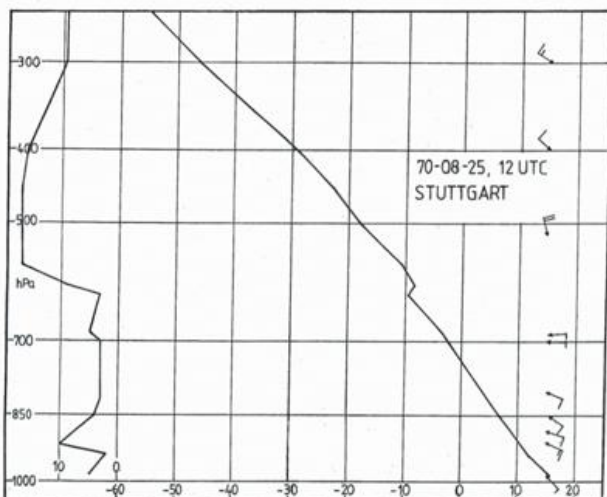
Die Luftaufnahme, aufgenommen in einer Höhe etwas unterhalb der höchsten Quellungen, zeigt überwiegend Cumulus congestus, an dem sich eindeutig die Auswirkungen horizontaler Windscherung ablesen lassen: Die Wolkengipfel kippen im Bild nach links. Die einzelnen Quellungen sind nicht sehr stark ausgeprägt und lösen sich zum Teil von der Mutterwolke ab. Etwas rechts von der Bildmitte zeigen sich Auflösungserscheinungen in Form von Cumulus fractus.

$$C_L=2$$

$$C_M=0$$

$$C_H=0$$

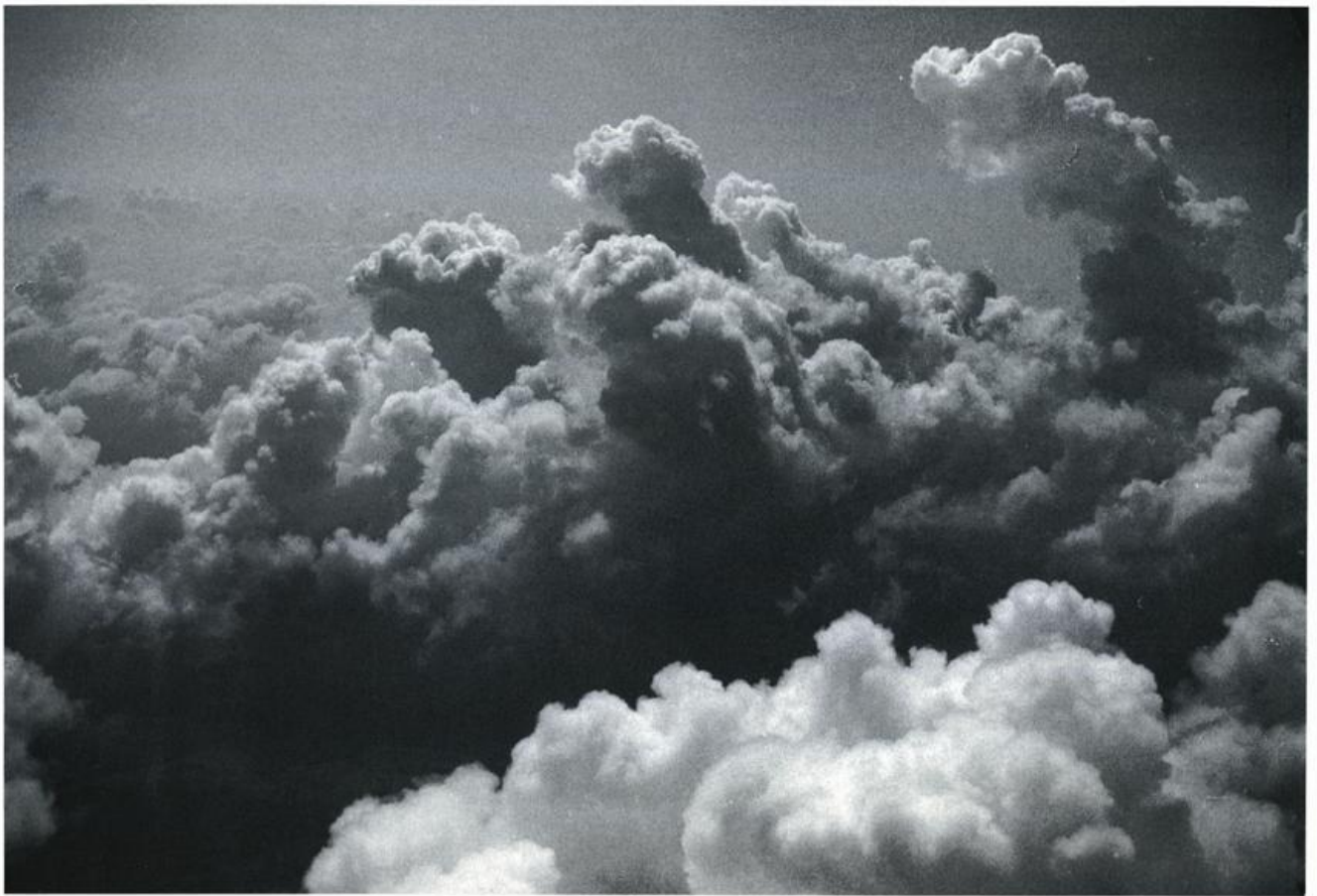
Deutschland lag an der Südostflanke eines Boden- und Höhenhochs im Bereich latent labil geschichteter, relativ kühler Luftmassen. Durch die Tageserwärmung wurde die Labilität ausgelöst, und es bildeten sich Quellungen, die örtlich zu Schauern Anlaß gaben. Der Mittagsaufstieg von Stuttgart läßt erkennen, daß die Quellwolken sich vertikal bis etwa 4 km Höhe entwickeln konnten. Darüber lag eine Inversion mit Feuchterückgang, die ein größeres Aufsteigen verhinderte.



Aerologisches Diagramm von Stuttgart vom 25.8.1970, 12 UTC mit Temperatur, Taupunktdifferenz und Höhenwinden



Bodenkarte vom 25.8.1970, 12 UTC mit Isobaren und Stationseintragungen



25. August 1970, 11.12 UTC, Raum Bad Wimpfen aus 2100 m ü. NN nach Westen.

## TAFEL 5

**Cumulonimbus calvus**, Cumulus congestus, Altopcumulus stratiformis cumulogenitus, Altopcumulus lenticularis, Cirrus spissatus cumulonimbogenitus  
(Luftaufnahme)

Blick von oben auf eine Ansammlung von Cumulus-congestus-Wolken, von denen sich eine in der rechten Bildhälfte bereits zu Cumulonimbus calvus entwickelt hat. Im mittleren Niveau zeigen sich etwas rechts von der Bildmitte bis zum unteren Bildrand Altopcumulus stratiformis cumulogenitus und, etwas höher, ebenfalls in der Bildmitte, vereinzelter Altopcumulus lenticularis. Über diesem und in der linken oberen Bildhälfte schweben noch einige von bereits aufgelösten Cumulonimben stammende Eisschirme (Cirrus spissatus cumulonimbogenitus).

$C_L=3$

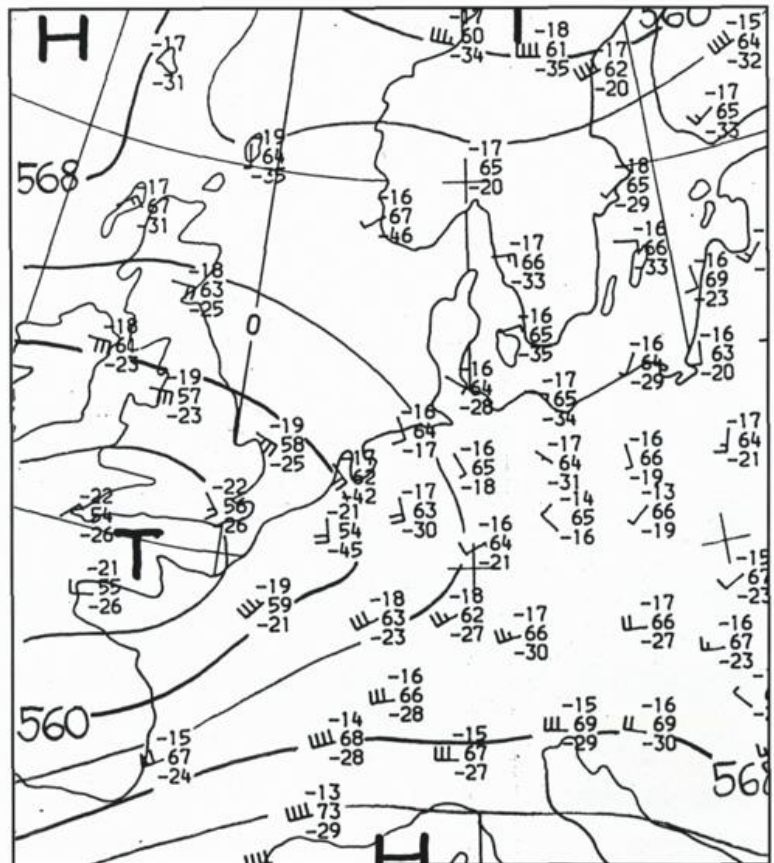
$C_M=6$

$C_H=3$

Im Bereich einer Tiefdruckrinne mit feuchtwarmer Luft kam es über Norddeutschland zu konvektiven Umlagerungen mit Schauern und Gewittern. Die Labilität wurde zum Teil durch die Tageserwärmung, zum Teil aber auch durch die Hebung vorderseitig eines nordostwärts schwenkenden Höhentrogos ausgelöst.



Bodenkarte vom 11.6.1980, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



500 hPa-Topographie vom 11.6.1980, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



11. Juni 1980, 14.43 UTC, Raum Hamburg-Hannover aus ca. 8000 m ü. NN nach Osten.

## TAFEL 6

Cumulus mediocris, Cumulus congestus und **Stratocumulus stratiformis cumulogenitus**; Altostratus translucidus (Luftaufnahme)

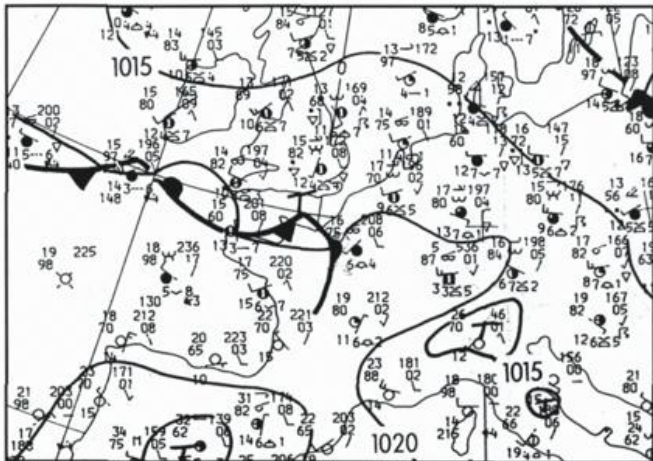
Die Luftaufnahme läßt unterhalb des Flugniveaus lockere Gruppen von Cumulus erkennen, die in der Bildmitte und rechts in Horizontnähe überwiegend als congestus anzusprechen sind, vereinzelt auch noch als mediocris (linke Bildhälfte). Die oberen Teile einiger dieser Wolken haben sich, verursacht durch eine Inversion, als Stratocumulus stratiformis cumulogenitus ausgebreitet. Oberhalb des Flugniveaus bedeckt Altostratus translucidus den Himmel. Bei räumlicher Betrachtung zeigt sich, daß dessen Untergrenze uneinheitlich ist.

$C_L=4$

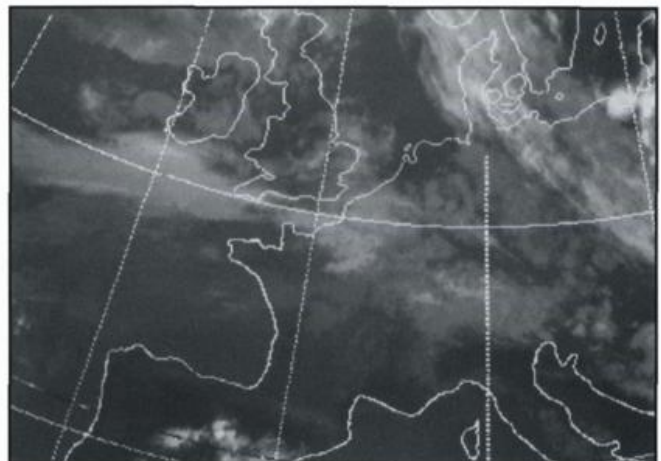
$C_M=1$

$C_H=X$

Das Aufnahmegebiet lag noch im Bereich eines Bodenhochkeils. Von Westen näherte sich allerdings die Warmfront eines wellenden Frontenzuges. Wie das Satellitenbild demonstriert, reicht in solchen Fällen die durch Hebung infolge Warmluftadvektion entstandene Aufzugsbewölkung bis weit stromab. An der Vorderseite dieser Bewölkung verlief in der Höhe der Jetstream mit 300 hPa-Geschwindigkeiten um 200 kmh<sup>-1</sup>.



Bodenkarte vom 25.6.1985, 18 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



Infrarot-Satellitenbild von METEOSAT vom 25.6.1985, 18 UTC



25. Juni 1985, 15.04 UTC, südlich Landsberg/Lech nach Nordnordwesten.

## TAFEL 7

Cumulus humilis, Cumulus mediocris, Cumulus congestus, **Stratocumulus stratiformis cumulogenitus** (Luftaufnahme)

Die Luftaufnahme aus etwa 11 km Höhe läßt in der Bildmitte einen mächtigen Cumulus congestus erkennen, von dem sich vor und rechts von ihm Stratocumulus cumulogenitus abgelöst hat. Die Konvektion war so stark, daß die Hauptwolke die Inversion, an der sich dieser Stratocumulus gebildet hat, durchstoßen konnte. Ein Cumulus mediocris links neben dem Cumulus congestus zeigt ebenfalls Quellungen, die sich oberhalb der Inversion intensiviert haben.

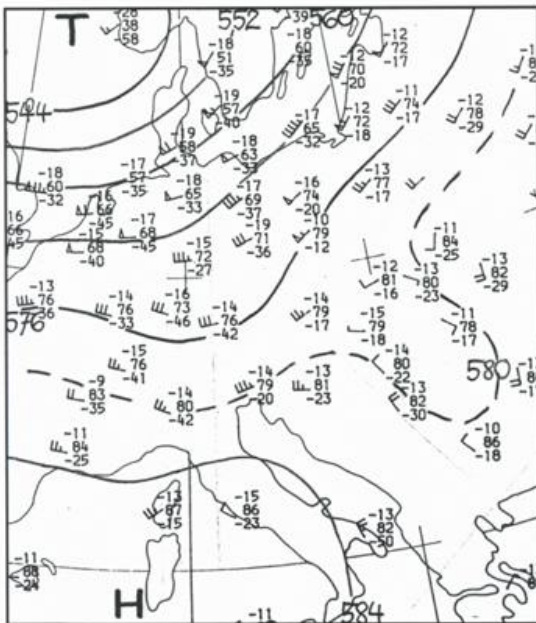
Vom im 3-D-Bild deutlich sichtbaren Kondensationsniveau ausgehend, ist an vielen Stellen des Bildes Cumulus humilis, Cumulus mediocris und Cumulus fractus zu erkennen. An der bereits erwähnten Inversion tritt auch - vor allem im Hintergrund - Stratocumulus stratiformis auf, über dem in Horizontnähe Altocumulus stratiformis liegt.

$C_L=4$

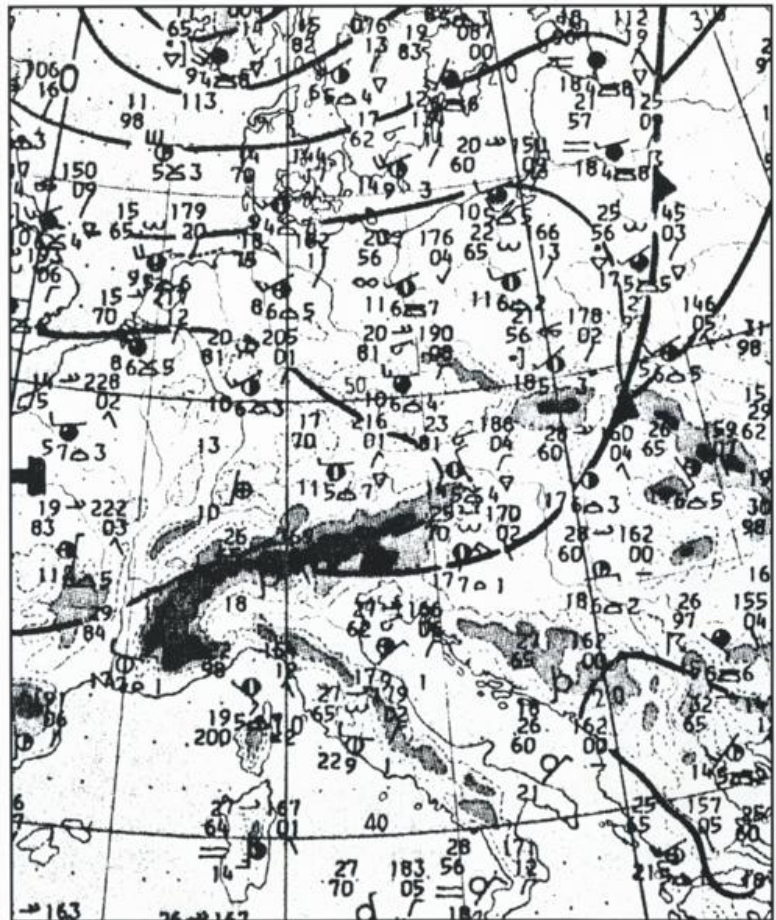
$C_M=3$

$C_H=0$

Die Flugstrecke befand sich im Bereich einer südostwärts vordringenden Kaltfront und vorderseitig eines flachen Höhentrog, der in die gleiche Richtung schwenkte. Bei latent labiler Schichtung führte die Hebung vorderseitig des Troges gemeinsam mit der Tageserwärmung zur Auslösung der Labilität und zu starker Konvektion.



500 hPa-Topographie vom 10.6.1981, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 10.6.1981, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



10. Juni 1981, 10.29 UTC, zwischen Sarajewo und Skopje (Jugoslawien) aus 10700 m ü. NN nach Nordosten.

## TAFEL 8

Blick von oben auf eine **Stratus-Decke**

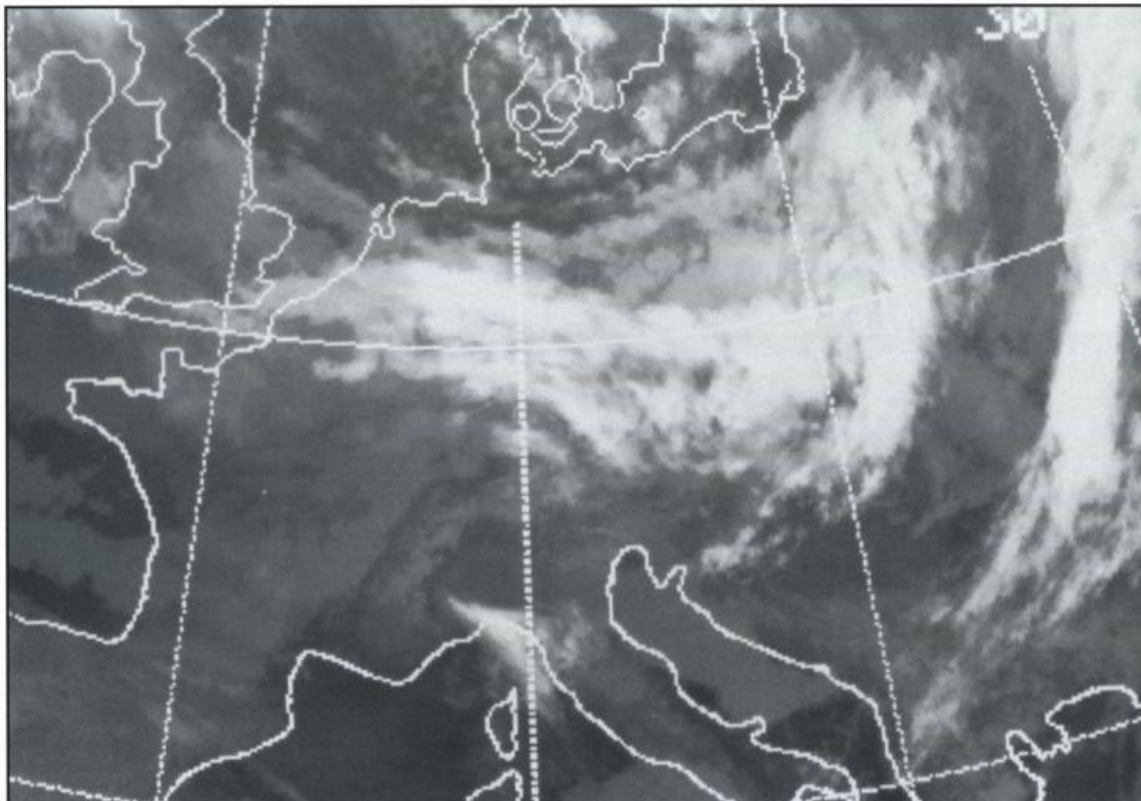
Man sieht vom Hohenpeißenberg/Obb. nach Süden auf eine Stratus-Decke, deren Obergrenze bei etwa 850 m über NN liegt. Die flach einfallende Sonnenstrahlung (Gegenlicht) läßt erkennen, daß die Oberfläche der Nebelschicht unregelmäßig gewellt ist. In der Höhe, vor allem in der linken Bildhälfte, ist Cirrus fibratus sichtbar, außerdem ein kurzer Kondensstreifen.

$(C_L=6)$

$C_M=0$

$C_H=1$

Über Deutschland herrschte eine kräftige nordwestliche Strömung, in der eine Warmfrontwelle rasch südostwärts zog. Südbayern lag jedoch außerhalb dieser Störungszone im Bereich eines von Frankreich zu den Alpen reichenden Hochkeils. An einer niedrigen Sperrschicht hat sich durch Ausstrahlung eine Stratus-Decke gebildet, die - wie das Satellitenbild zeigt - bis weit nach Frankreich ausgedehnt war. Die hohen Wolken gehörten zum Wolkensystem der nördlichen Frontalzone.



Infrarot-Satellitenbild von METEOSAT vom 24.12.1988, 09 UTC



24. Dezember 1988, 09.15 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.

## TAFEL 9

### Stratus fractus, Cumulus fractus (pannus) und Stratocumulus stratiformis unter Nimbostratus

Tiefhängende Fetzen von Stratus fractus und Cumulus fractus (pannus) verdecken im größten Teil des Bildes die Sicht auf den darüberliegenden Nimbostratus, der nur an zwei Stellen nahe dem rechten Bildrand schwach zu sehen ist. Der am unteren Bildrand sichtbare Berg hat die Bildung einer Stauwolke (Stratocumulus stratiformis) verursacht.

$C_L=7$

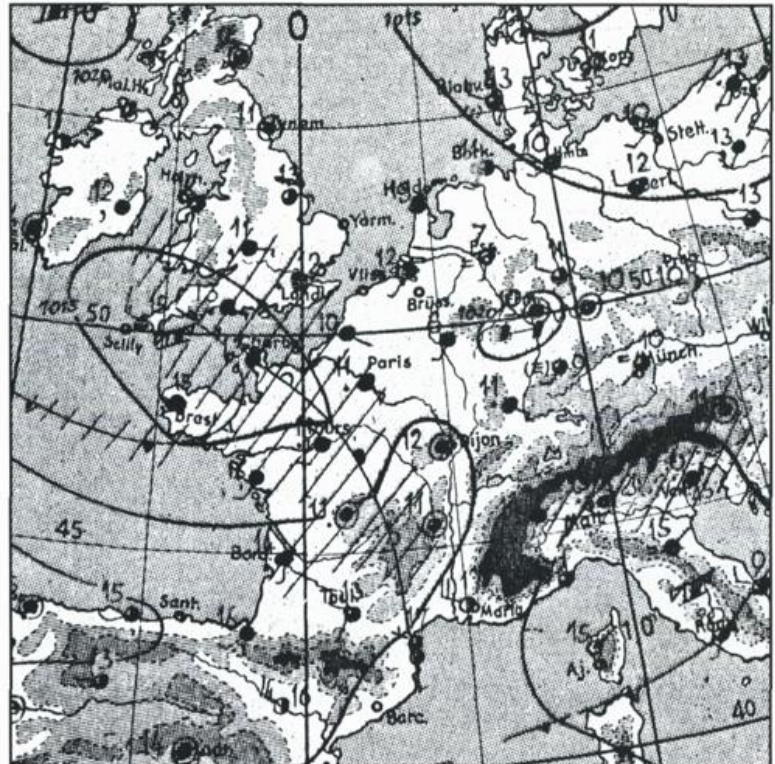
$C_M=2$

$C_H=X$

Das Alpenvorland lag im Bereich eines umfangreichen Höhentrog, an dessen Westflanke ein Bodentief mit seinem Frontensystem südostwärts gesteuert wurde. Die dabei wirksame großräumige Hebung hat die abgebildete Schlechtwetterbewölkung erzeugt.



500 hPa-Topographie vom 3.9.1957, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 3.9.1957, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stations-eintragungen



3. September 1957, 11.00 UTC, Raum Immenstadt nach Osten.

## TAFEL 10

### Cumulus mediocris, Cumulus congestus und Stratocumulus stratiformis perlucidus translucidus

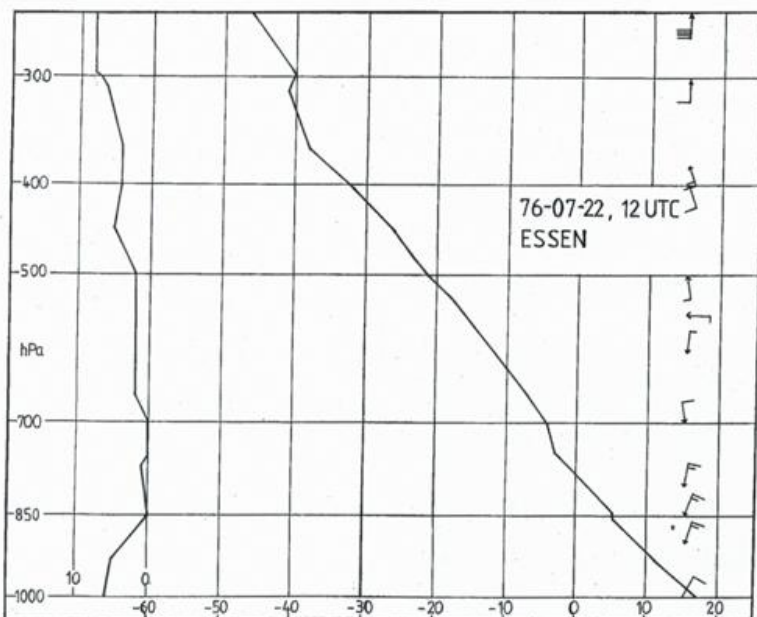
In einer labil geschichteten Atmosphäre hat sich Cumulus-Bewölkung gebildet, deren Formen von fractus (vor allem im Vordergrund) bis zu congestus reichen. Darüber befinden sich einzelne Bänke von Stratocumulus stratiformis perlucidus und translucidus, die nicht mit den Cumulus-Wolken im Zusammenhang stehen. Besonders bei den vorderen Cumulus-Reihen zeigt der 3-D-Effekt, daß die Basen jeweils im gleichen Niveau liegen. Die Köpfe der Cumuli werden von kräftigem, mit der Höhe zunehmendem Wind nach links versetzt.

$$C_L=8$$

$$C_M=0$$

$$C_H=0$$

Das Bild wurde am gleichen Tage aufgenommen wie die Aufnahmen der Tafeln 1 und 2. An diesem Tage strömte an der Ostflanke eines Hochdruckgebietes kühle Meeresluft nach Deutschland. Während aber im Norden bereits eine Stabilisierung eingesetzt hatte, kam es im Westen anfangs noch zu einzelnen Schauern und Gewittern. Der Mittagsaufstieg von Essen zeigt dementsprechend eine hochreichende feuchte Luftmasse, in der sich Quellungen bis etwa 6 km Höhe entwickeln konnten.



Aerologisches Diagramm von Essen vom 22.7.1976, 12 UTC mit Temperatur, Taupunktdifferenz und Höhenwinden



22. Juli 1976, 09.03 UTC, zwischen Recklinghausen und Münster nach Nordwesten.

## TAFEL 11

### Stratocumulus und Cumulus

(Luftaufnahme)

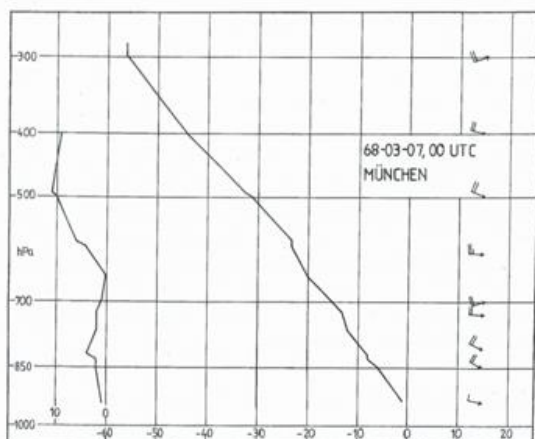
In der linken Bildhälfte sieht man eine dichte, geschlossene Wolkendecke, die dem tiefen Niveau zuzuordnen ist (Stratocumulus stratiformis opacus), in der rechten, vorderen Bildhälfte in gleicher Höhe, wie der räumliche Effekt zeigt, eine aufgelockerte Schicht (Stratocumulus stratiformis perlucidus). In der Zone dazwischen und zum Hintergrund hin sind Haufenwolken mit mäßiger und stärkerer Höhenentwicklung erkennbar (Cumulus mediocris und Cumulus congestus), deren Köpfe die Höhe der Stratocumulus-Decke erreichen und vereinzelt darüber hinausgehen. Insbesondere bei den Congestus-Formen lassen die im Bild nach links geneigten Köpfe der Wolken auf eine Windänderung mit der Höhe schließen.

$C_L=8$

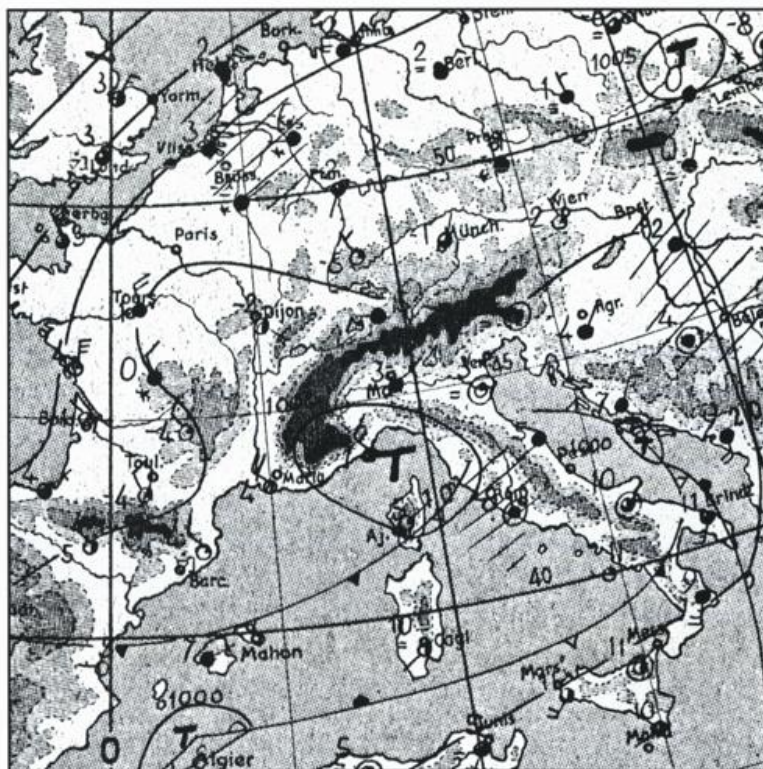
$C_M=X$

$C_H=X$

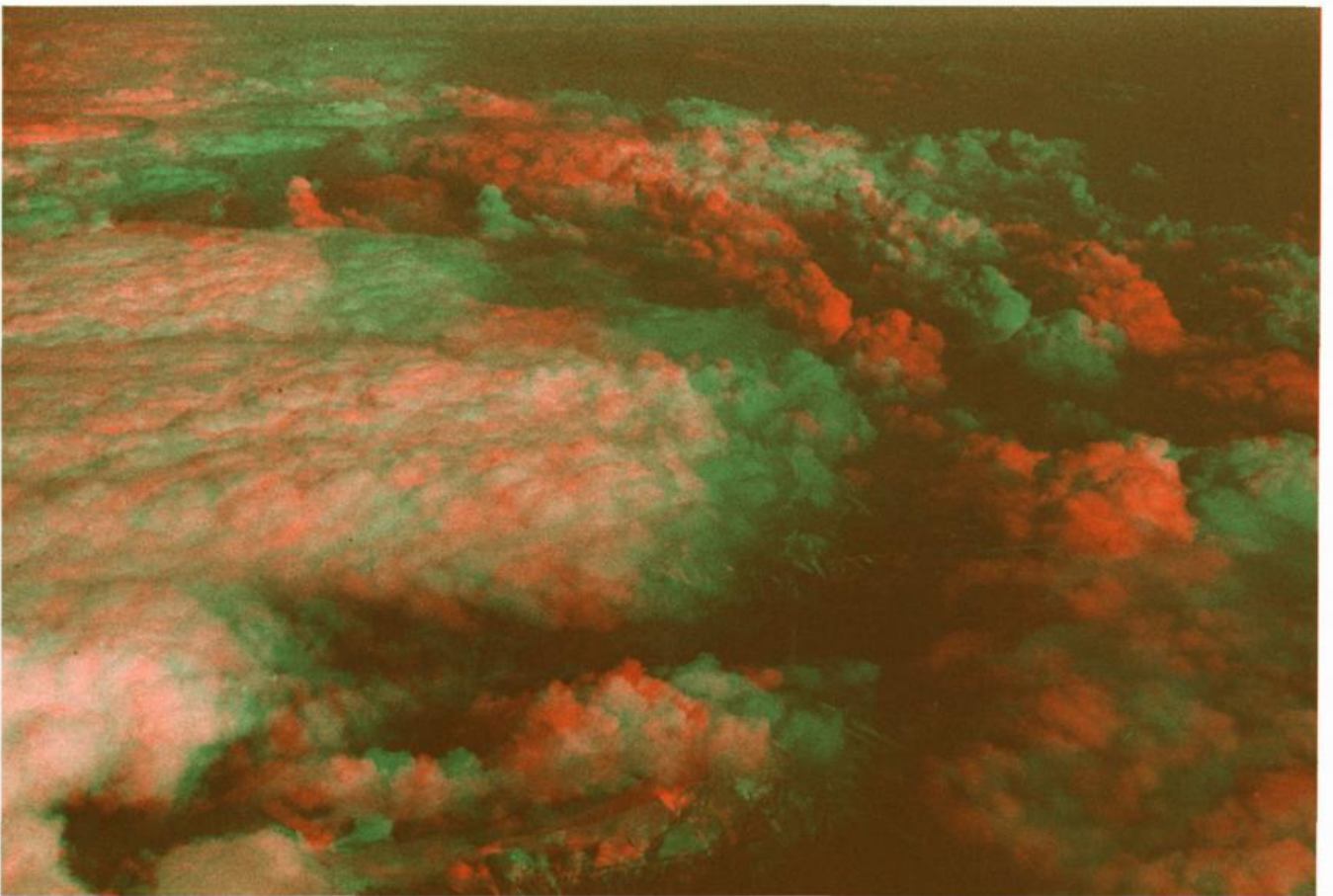
Die Alpen lagen zum Zeitpunkt der Aufnahme im Bereich eines komplexen Boden- und Höhentiefs. Vorderseitig eines südwärts schwenkenden Troges kam es zu großräumiger Hebung, die durch Stau von Norden her verstärkt wurde. Aufgrund des Mittagsaufstieges von München kann angenommen werden, daß die Obergrenze der Bewölkung bei etwa 4 km Höhe lag.



Aerologisches Diagramm von München vom 7.3.1968, 00 UTC mit Temperatur, Taupunktdifferenz und Höhenwinden



Bodenkarte vom 7.3.1968, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stations-eintragungen



7. März 1968, 13.32 UTC, über Norditalien nach Osten.

## TAFEL 12

**Cumulus congestus**, der **Stratocumulus stratiformis** durchstößt, darüber **Alto cumulus stratiformis perlucidus**  
(Luftaufnahme)

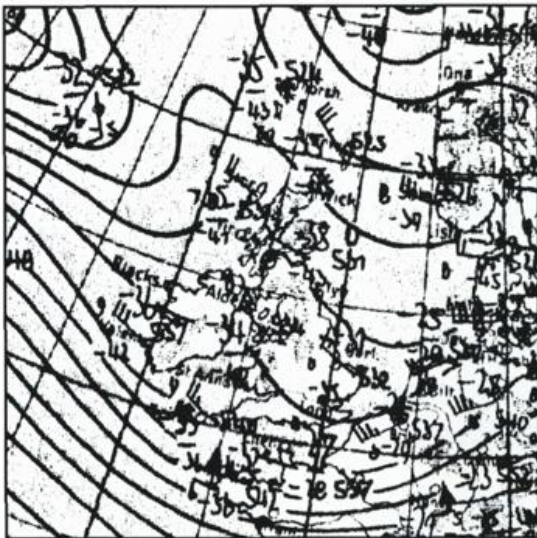
Blick von oben auf eine im Vordergrund fast geschlossene Decke von **Stratocumulus stratiformis perlucidus** und eine Reihe von **Cumulus-congestus**-Wolken (weiter hinten im Bild), die diese Decke durchbrochen haben. Im Vordergrund links im Bild ist unter der **Stratocumulus**-Decke eine weitere, tiefer liegende Schicht von **Stratocumulus stratiformis perlucidus** zu sehen. In einem höheren Niveau finden sich außerdem im Bild-Hintergrund noch Bänke von **Alto cumulus stratiformis perlucidus**.

$$C_L=8$$

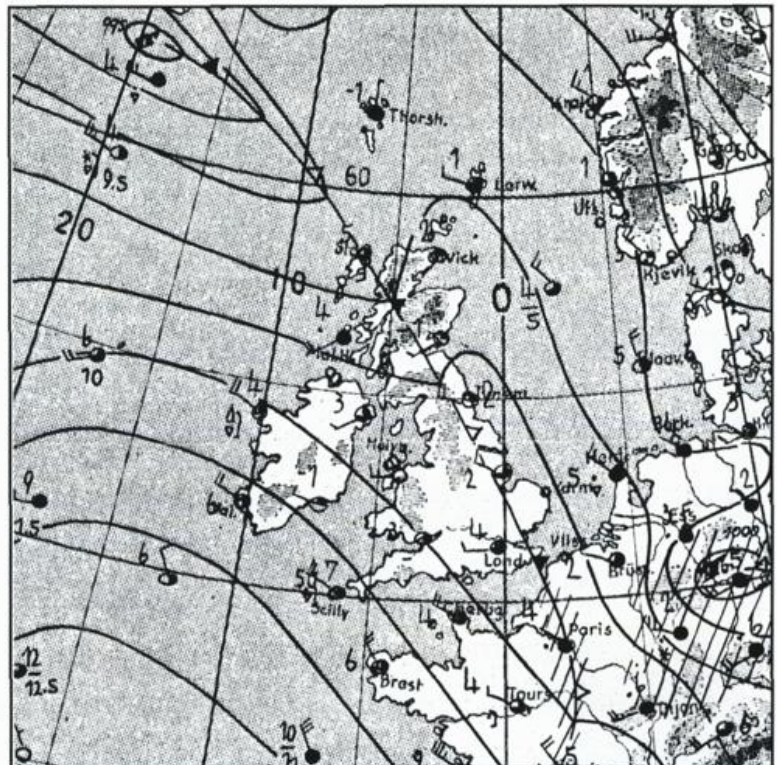
$$C_M=3$$

$$C_H=0$$

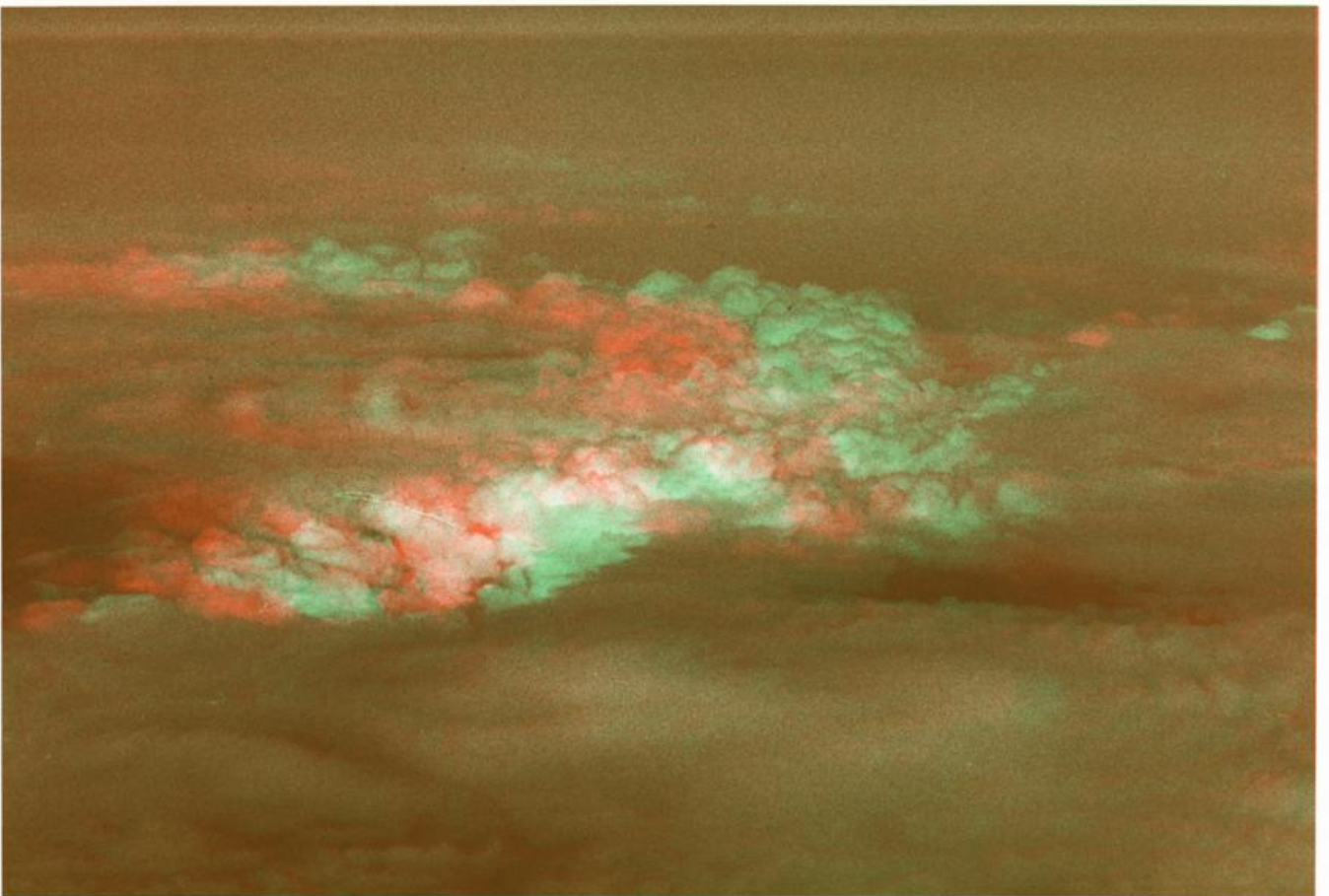
Nach Durchzug einer schwachen Okklusionsfront und eines nachfolgenden Höhentroges stellte sich über Schottland bei westlichen Boden- und Höhenwinden Zwischenhocheinfluß ein. Möglicherweise durch erzwungene Hebung über der Küste haben sich Quellwolken gebildet, die die Restbewölkung der abziehenden Front durchstoßen.



500 hPa-Topographie vom 13.3.1967, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 13.3.1967, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



13. März 1967, 15.07 UTC, Nordatlantik westlich von Schottland nach Norden.

## TAFEL 13

### Cumulonimbus calvus beim Übergang zu Cumulonimbus capillatus (Luftaufnahme)

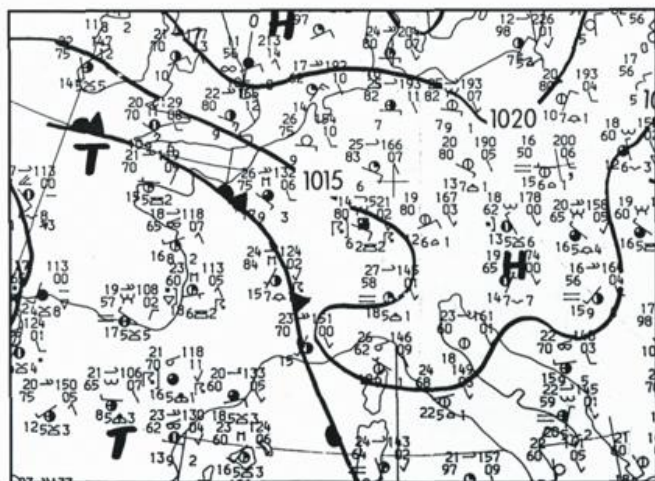
Oberer Teil eines Cumulonimbus, aufgenommen vom Flugzeug aus, das nur wenig unterhalb der Wolkenobergrenze flog. Bei den rechts oben liegenden Teilen dieser Wolke lassen sich im räumlichen Bild die einzelnen Wolkenköpfe deutlich voneinander trennen. Sie weisen noch scharfe Konturen auf und sind deshalb als Cumulonimbus calvus anzusprechen. Bei den links oben liegenden Wolkenköpfen beginnen die Konturen unscharf zu werden, das heißt, es setzt Vereisung ein (Cumulonimbus capillatus). Ein im Schatten liegender Cumulus congestus ragt von links teilweise in das Bild. Der weiße Streifen im Hintergrund, nahe dem rechten Bildrand, rührt vom Eisschirm eines weiteren Cumulonimbus her.

$$C_L=9$$

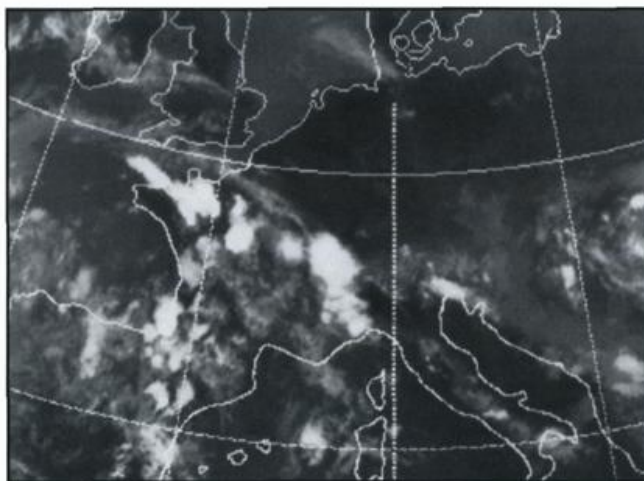
$$C_M=0$$

$$C_H=0$$

Die Flugroute lag knapp nördlich einer von Frankreich zu den Alpen verlaufenden Tiefdruckrinne im Bereich feuchter, latent labil geschichteter Luftmassen. Die Konvektion hatte vielfach zur Auslösung von Gewittern geführt. Die Gewitterherde werden im Satellitenbild eindrucksvoll wiedergegeben.



Bodenkarte vom 3.6.1985, 18 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



Infrarot-Satellitenbild von METEOSAT vom 3.6.1985, 18 UTC



3. Juni 1985, 17.25 UTC, Raum Basel nach Norden.

## TAFEL 14

### Cumulonimbus capillatus incus, Cumulus fractus; Altocumulus stratiformis perlucidus

Das Bild wird von einem voll entwickelten Cumulonimbus capillatus incus beherrscht. Bei der räumlichen Betrachtung zeigt sich, daß der obere Teil des gut ausgebildeten Eisschirms (incus) dem Beobachter näher liegt als die Basis der Wolke, was bedeutet, daß dieser Schirm sich ähnlich wie die Kappe eines Pilzes nach allen Seiten hin ausgebreitet hat.

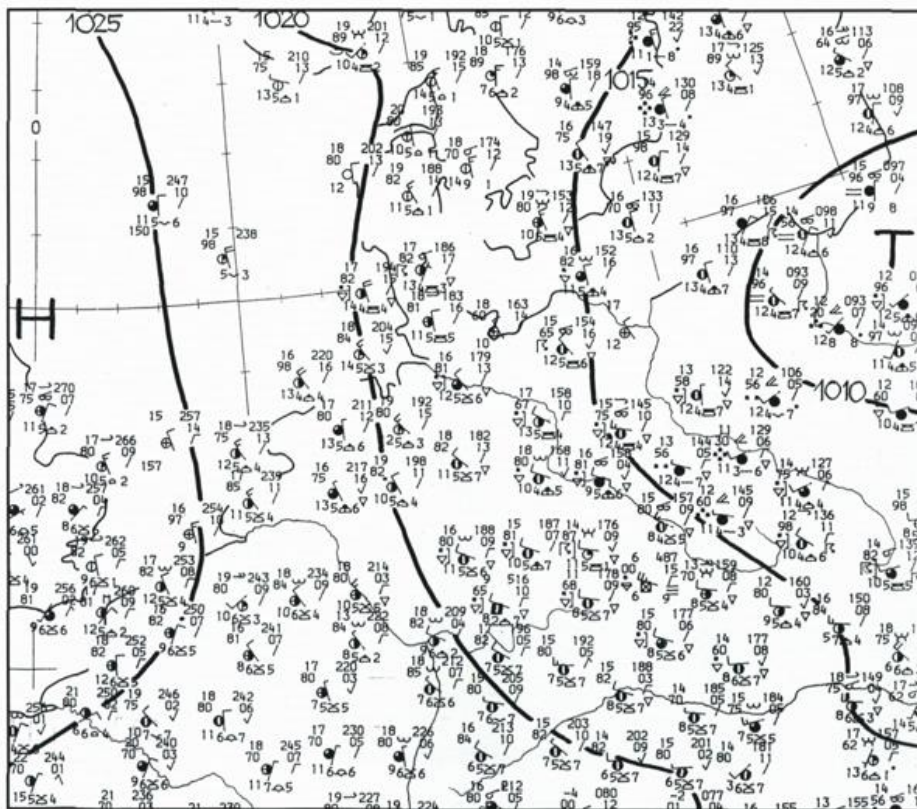
In der Nähe der Basis des Cumulonimbus hat sich Cumulus fractus gebildet. Im oberen Drittel des Schirmes zieht auf beiden Seiten Altocumulus stratiformis perlucidus mit.

$$C_L=9$$

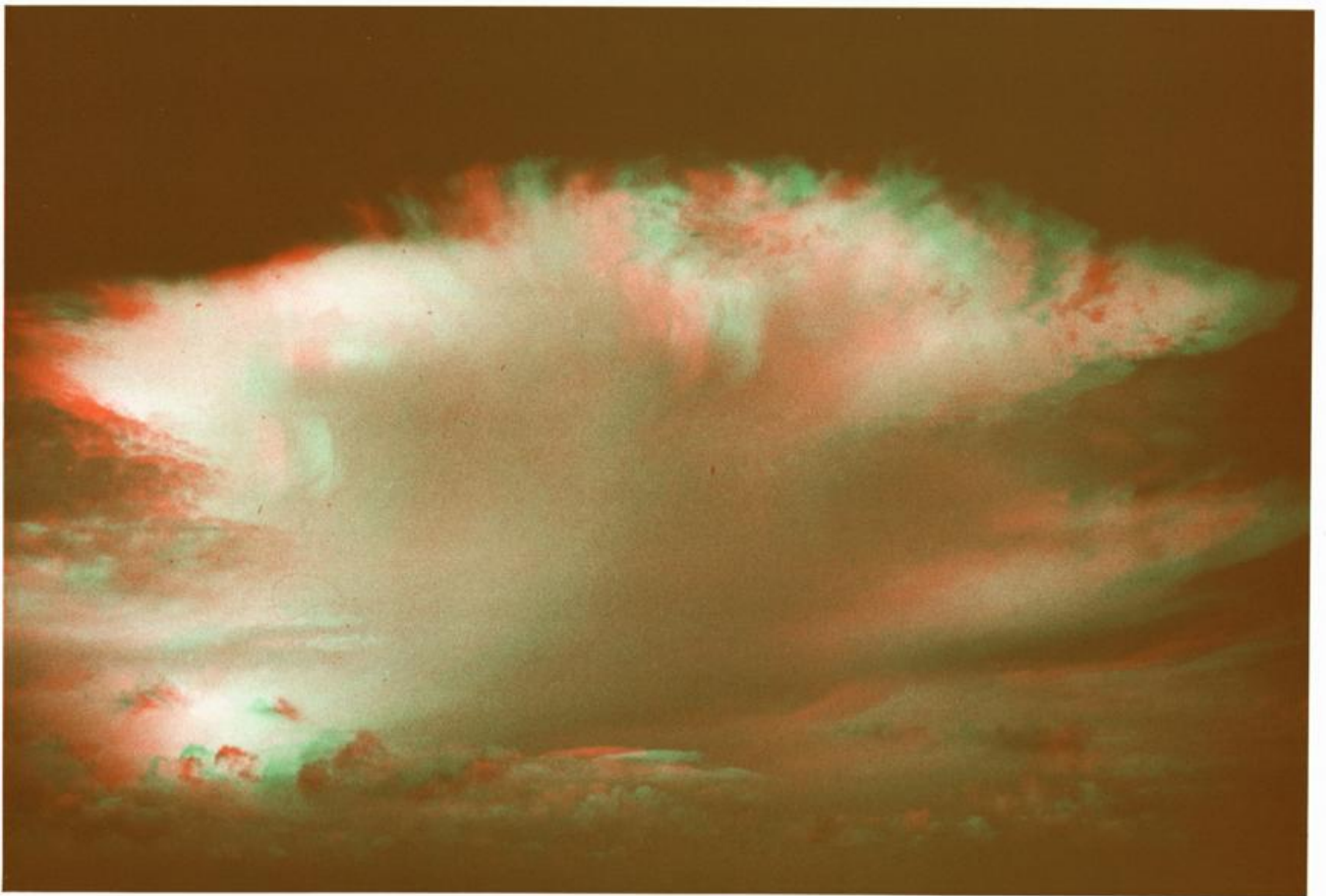
$$C_M=3$$

$$C_H=0$$

Norddeutschland lag an der Westflanke eines Boden- und Höhentiefs in hochreichender, latent labil geschichteter Kaltluft. Durch die Tageserwärmung haben sich verbreitet Quellwolken gebildet, und es kam zu Schauern und Gewittern.



Bodenkarte vom 23.8.1981, 15 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



23. August 1981, 15.43 UTC, Ostküste der Insel Amrum nach Osten.

## TAFEL 15

### Cumulonimbus capillatus mamma arcus

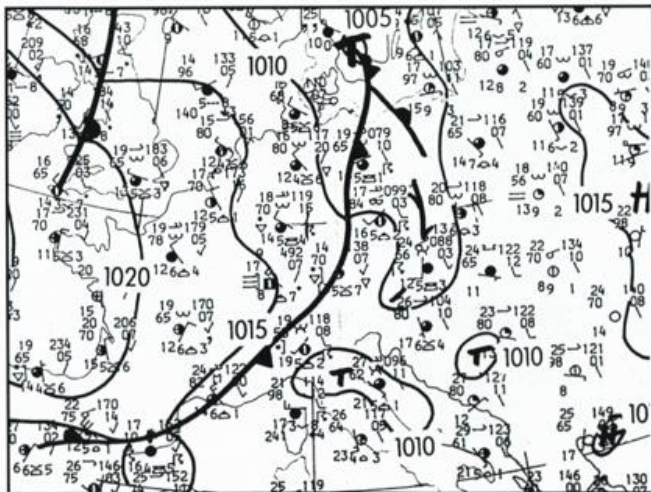
An der Unterseite eines (im Bild nicht sichtbaren) Cumulonimbus capillatus hat sich eine Böenwalze (arcus) mit - allerdings nicht sehr gut ausgebildeten - Mamma-Formen aufgebaut. Sie zog von rechts nach links am Beobachter vorbei. In der linken Bildhälfte ist die Auflösung der Mamma-Formen am weitesten fortgeschritten. Sie haben sich dort bereits zu Virga-ähnlicher Gestalt entwickelt, was durch den Stereoeffekt verdeutlicht wird.

$C_L=9$

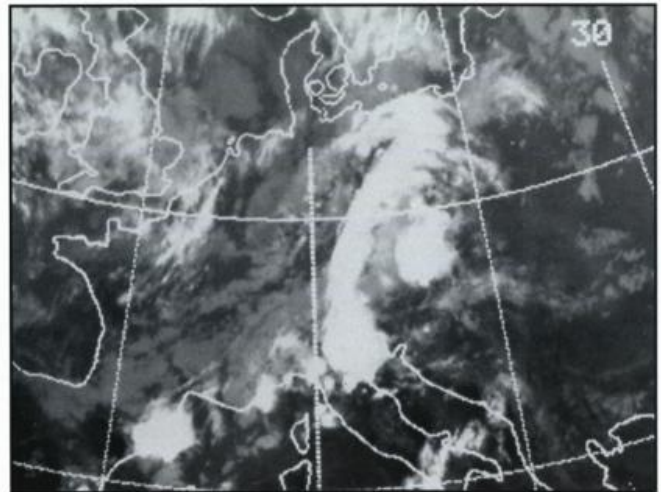
$C_M=X$

$C_H=X$

Die Aufnahme wurde im Bereich einer Kaltfront gemacht, die Deutschland südostwärts überquerte. Ihr folgte ein markanter Höhentrog. Das Satellitenbild zeigt die vor und über den Alpen liegende Bewölkung der Front sowie einige stark entwickelte Gewitterherde, die sich im Bereich einer vorlaufenden Konvergenzlinie formiert haben.



Bodenkarte vom 30.7.1987, 18 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



Infrarot-Satellitenbild von METEOSAT vom 30.7.1987, 18 UTC



30. Juli 1987, 18.02 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.

## TAFEL 16

### Cumulonimbus capillatus praecipitatio arcus pannus (Böenwalze)

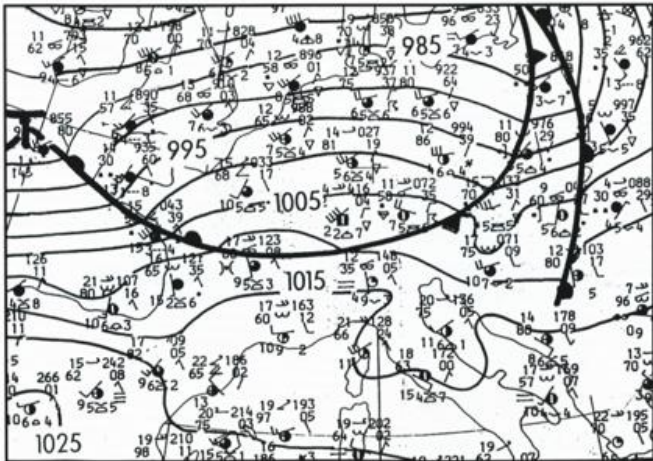
Von der großen Wolkenmasse eines Cumulonimbus capillatus ist hier nur der untere, vordere Teil in Form einer Böenwalze (arcus) erkennbar. Die an ihrer Basis stark zerrissenen Wolken heben sich im räumlichen Bild deutlich als hellere Masse von der dahinterliegenden Niederschlags säule (praecipitatio) ab. Diese selbst weist keinerlei Konturen auf und erscheint deshalb in sich nicht räumlich. Vor dem hellen, niederschlagsfreien Bereich unterhalb der Wolkenbasis (links unten im Bild) sind einige dunkle Cumulus fractus (pannus) zu sehen.

$C_L=9$

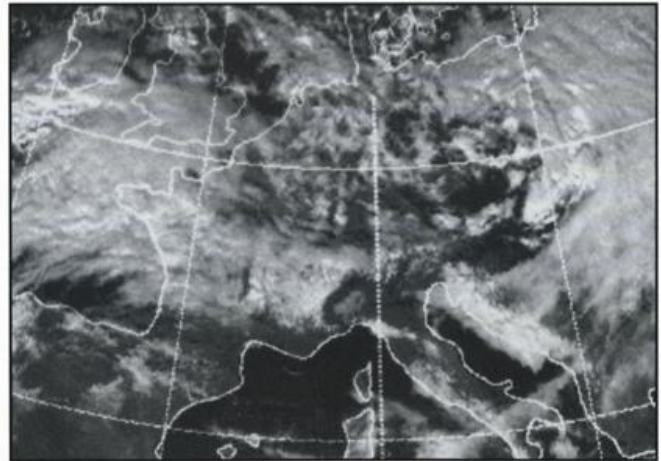
$C_M=X$

$C_H=X$

An der Südwestflanke eines kräftigen Boden- und Höhentiefs über Südkandinavien überquerte eine Kaltfront Süddeutschland mit starken Schauern und Gewittern, wobei auch kräftige Böen auftraten. Die Front wurde als Warmfront rückläufig. Das Satellitenbild zeigt die zellular angeordnete Konvektionsbewölkung nördlich des Frontenzuges.



Bodenkarte vom 23.11.1984, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



Satellitenbild (sichtbarer Spektralbereich) von METEOSAT vom 23.11.1984, 12 UTC



23. November 1984, 09.30 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen bei München nach Nordnordwesten.

## TAFEL 17

### Alto cumulus lenticularis über Cumulus humilis und Cumulus mediocris (Luftaufnahme)

Im Luv eines Gebirgszuges auf Mallorca sind, vor allem nahe dem linken Bildrand, aber auch weiter hinten von der Bildmitte nach rechts verlaufend, Felder von Cumulus humilis bis mediocris erkennbar. Darüber, deutlich in der Höhe abgesetzt, erscheint auf der Leeseite eine langgezogene, flache und linsenförmige Wolkenbank (Alto cumulus lenticularis). Weitere solche Bänke, allerdings offenbar weniger ausgeprägt, finden sich im Hintergrund. Flache Cumulus-Bewölkung ist auch vorne links und in der rechten hinteren Bildhälfte erkennbar.

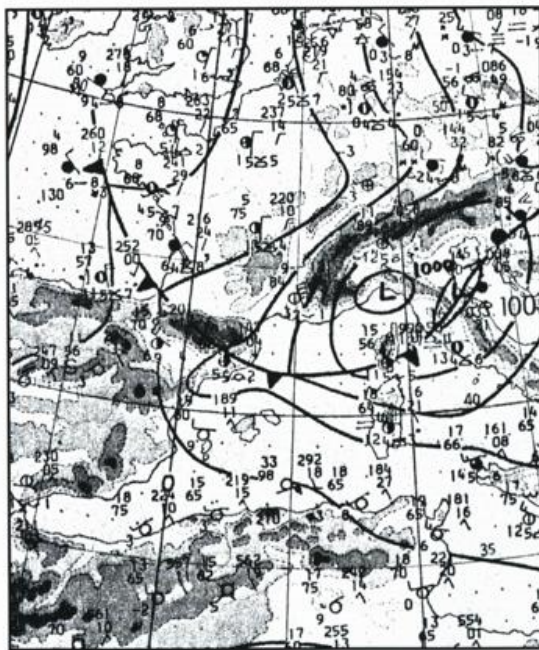
Die Höhenzuordnung der Lenticularis-Wolke ist nicht mit Sicherheit auf 2500 m oder höher festzulegen. Rein formal könnte sie deshalb auch als Stratocumulus lenticularis anzusprechen sein.

$C_L=1$

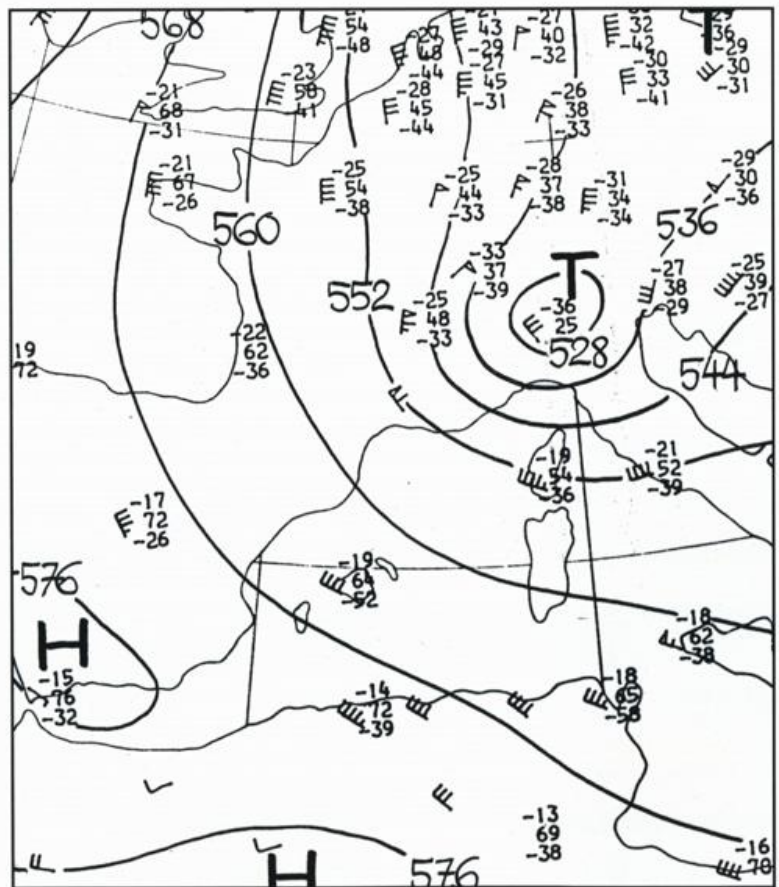
$C_M=4$

$C_H=0$

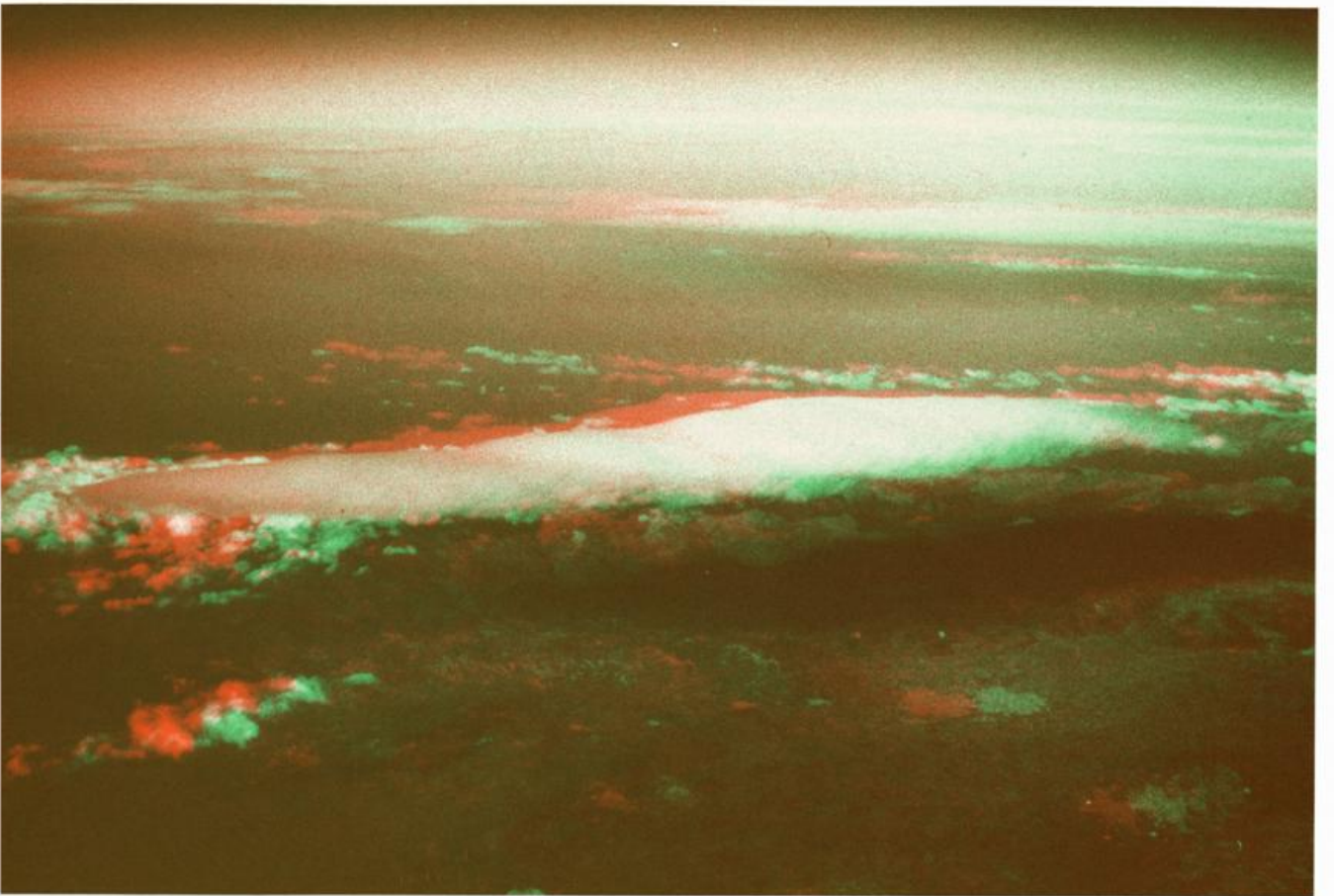
An der Westseite eines kräftigen Bodentiefs über dem nördlichen Italien drang eine Kaltfront von Frankreich ins Mittelmeergebiet vor. Auch in der Höhe herrschten im Aufnahmegebiet nordwestliche Winde. Aufgrund relativ geringer Feuchte vor allem in der Höhe war die Wetteraktivität der Front gering, und es bildeten sich nur im tiefen und mittelhohen Niveau einige Wolkenfelder. Orographische Effekte wie Stau am Inselgebirge dürften hilfreich bei der Formierung der Ac lent-Bewölkung gewesen sein.



Bodenkarte vom 1.12.1981, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



500 hPa-Topographie vom 1.12.1981, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



1. Dezember 1981, 13.22 UTC, über Mallorca nach Norden.

## TAFEL 18

### Alto cumulus lenticularis und Alto cumulus cumulogenitus (Luftaufnahme)

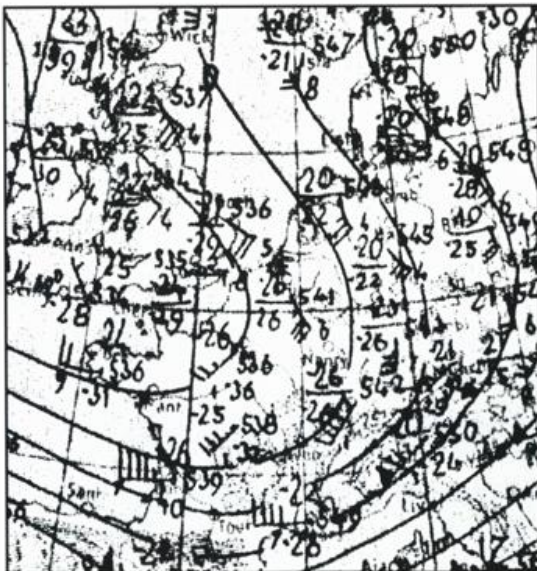
Bildbeherrschend in dieser Luftaufnahme sind mehrere Alto cumulus lenticularis, die deutliche Schatten auf die darunterliegende Schicht von Stratocumulus stratiformis werfen. Etwa in der Bildmitte erkennt man Alto cumulus, der wahrscheinlich aus einem bereits weitgehend aufgelösten Cumulus entstanden ist (Alto cumulus cumulogenitus). In seiner unmittelbaren Umgebung und über ihm sind weitere Lenticularis-Formen erkennbar. In noch größerer Höhe liegt in der linken Bildhälfte Cirrostratus, in der rechten Hälfte des Bildes ist dichter, bandenförmiger Cirrus (Cirrus fibratus radiatus) vorhanden.

$C_L=5$

$C_M=4$

$C_H=8$

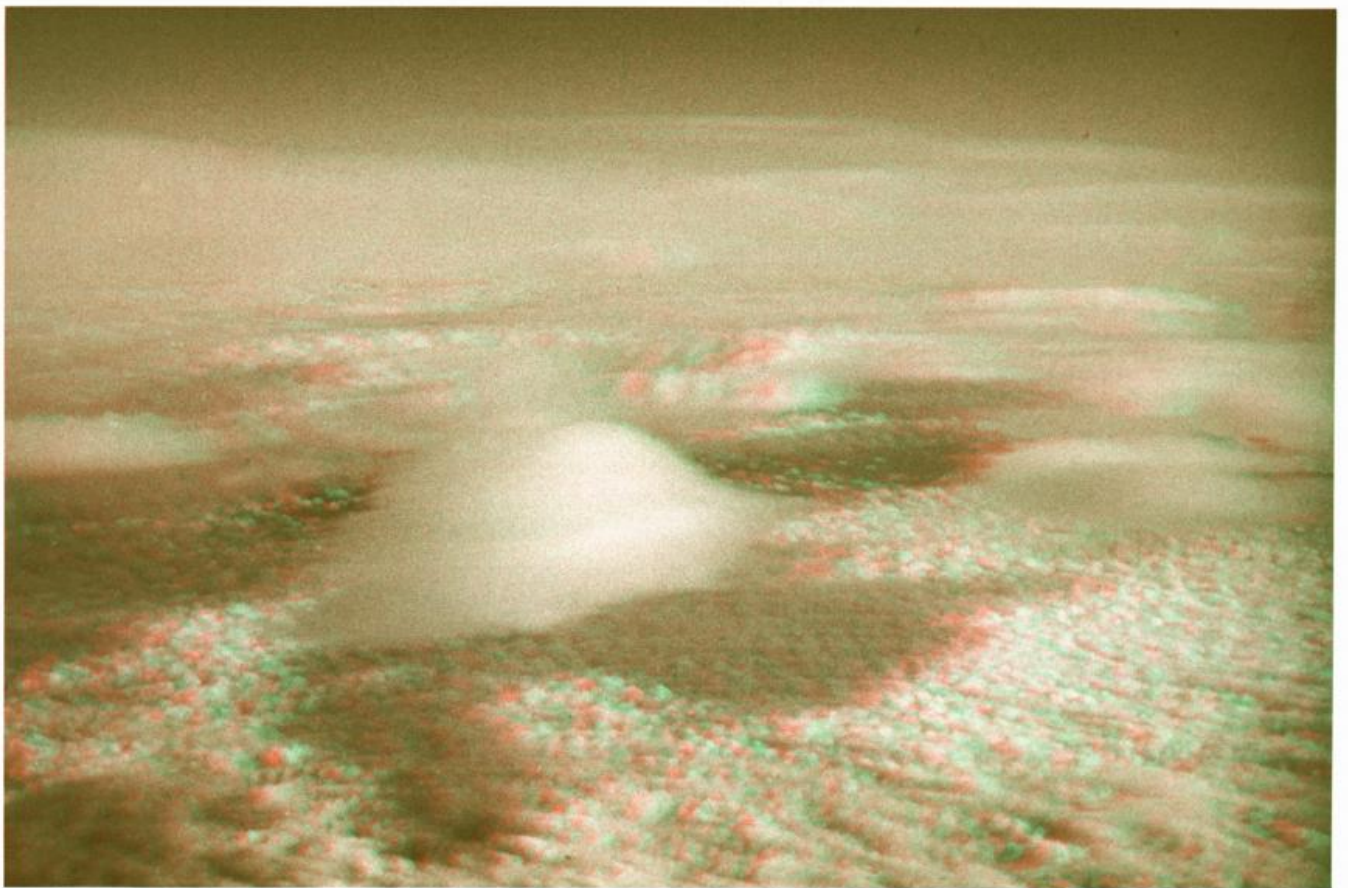
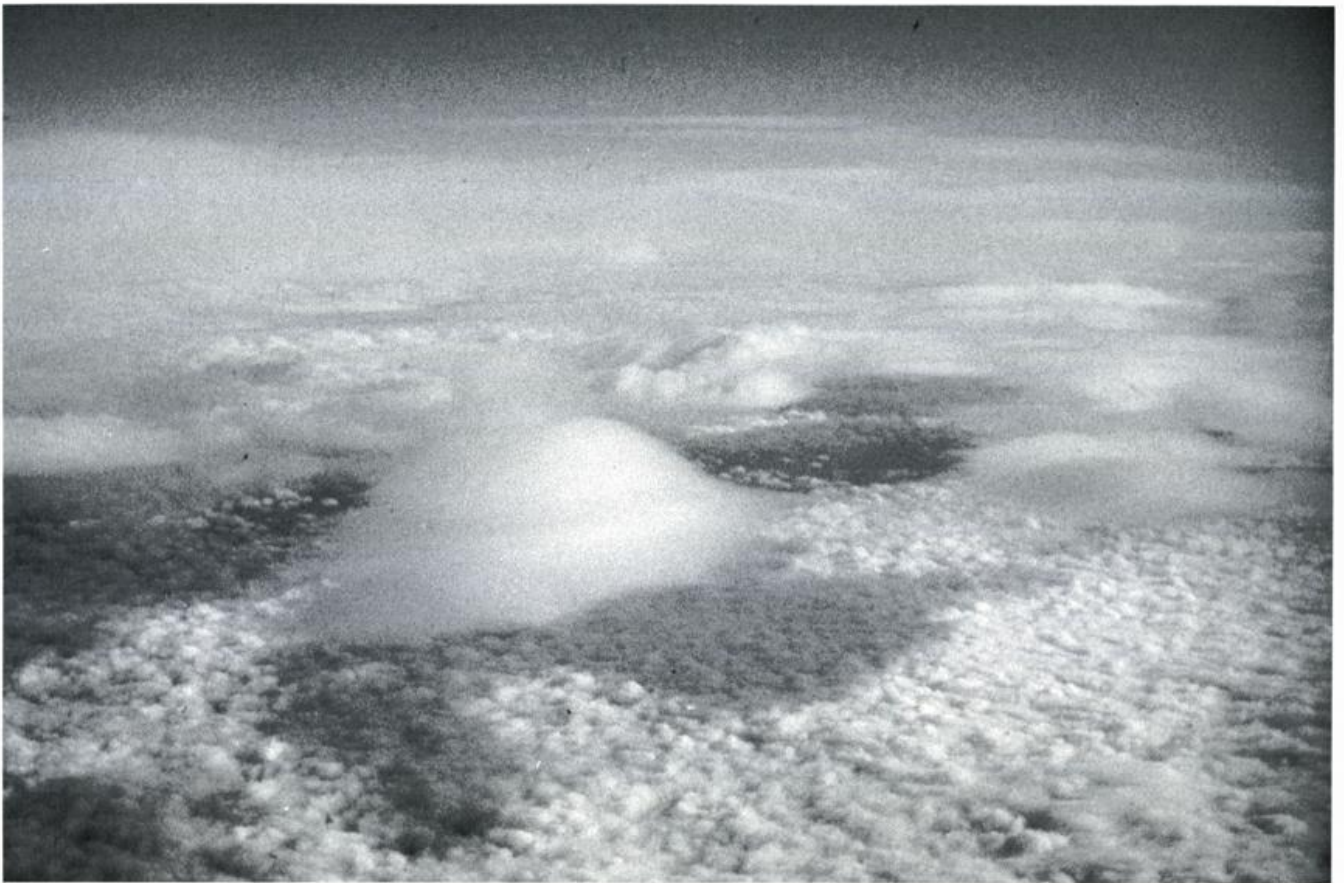
Die Flugroute lag im Achsenbereich eines nordostwärts schwenkenden Boden- und Höhentrog. Während vorderseitig des Troges eine Front mit hochreichender Bewölkung verlief, reichten im Trog selbst die Wolken nur bis in mittlere Niveaus hinauf. Aus ihnen fielen geringfügige Niederschläge. Da die Schichtung relativ stabil war und die untere Wolkendecke die Tageserwärmung weitestgehend unterband, konnte sich keine Konvektion entwickeln.



500 hPa-Topographie vom 7.11.1963, 00 UTC  
mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 7.11.1963, 06 UTC mit Isobaren, Fronten  
und Stationseintragungen



7. November 1963, 09.37 UTC, Ruhrgebiet aus ca. 9000 m ü. NN nach Nordosten.

## TAFEL 19

### Alto cumulus lenticularis

(Luftaufnahme)

Eine Gruppe von mehreren, hintereinander gestaffelten Alto cumulus lenticularis über Bergen der östlichen Alpen. Der 3-D-Effekt zeigt bei der Wolke im Vordergrund, daß es sich nicht um eine bikonvexe Form handelt, wie sie in zweidimensionalen Bildern oft vorgetäuscht wird. Diese Wolke hat vielmehr eine konvex-konkave Gestalt.

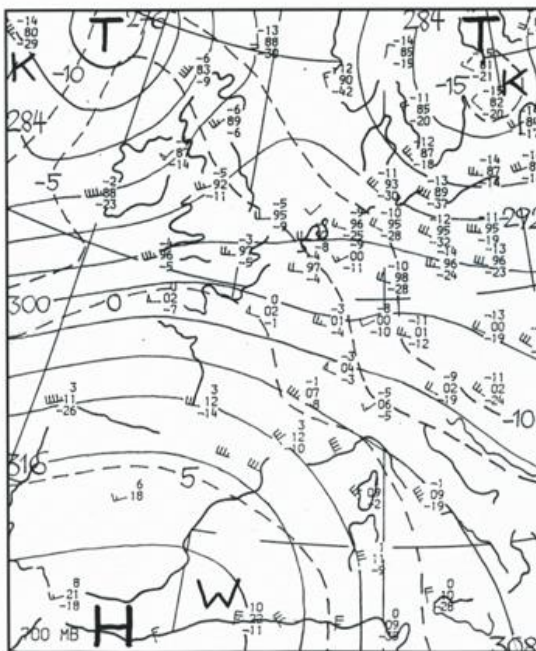
In einem tieferen Niveau liegen aufgelockerte Stratocumulus-Felder (vor allem im Mittelgrund). Im Hintergrund werden diese von einigen wenigen Cumulus-Wolken durchstoßen.

$$C_L=8$$

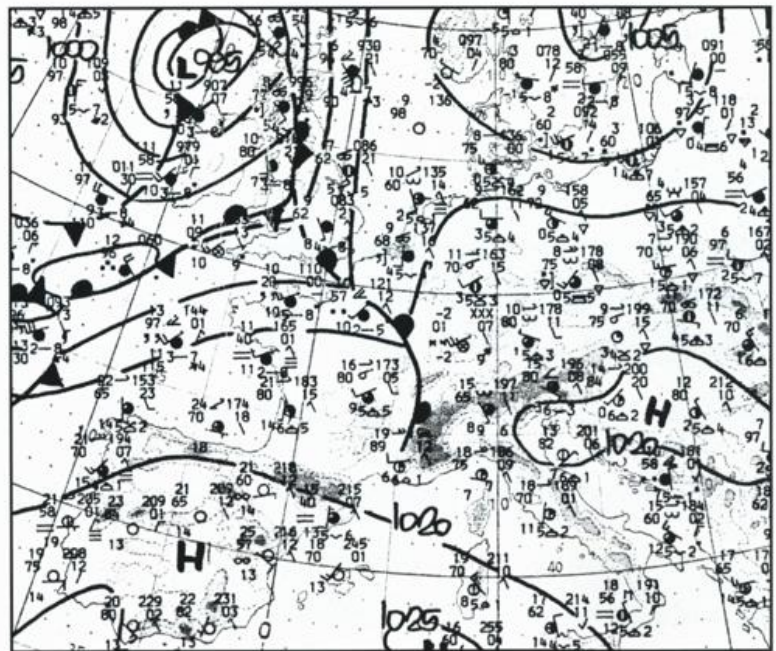
$$C_M=4$$

$$C_H=0$$

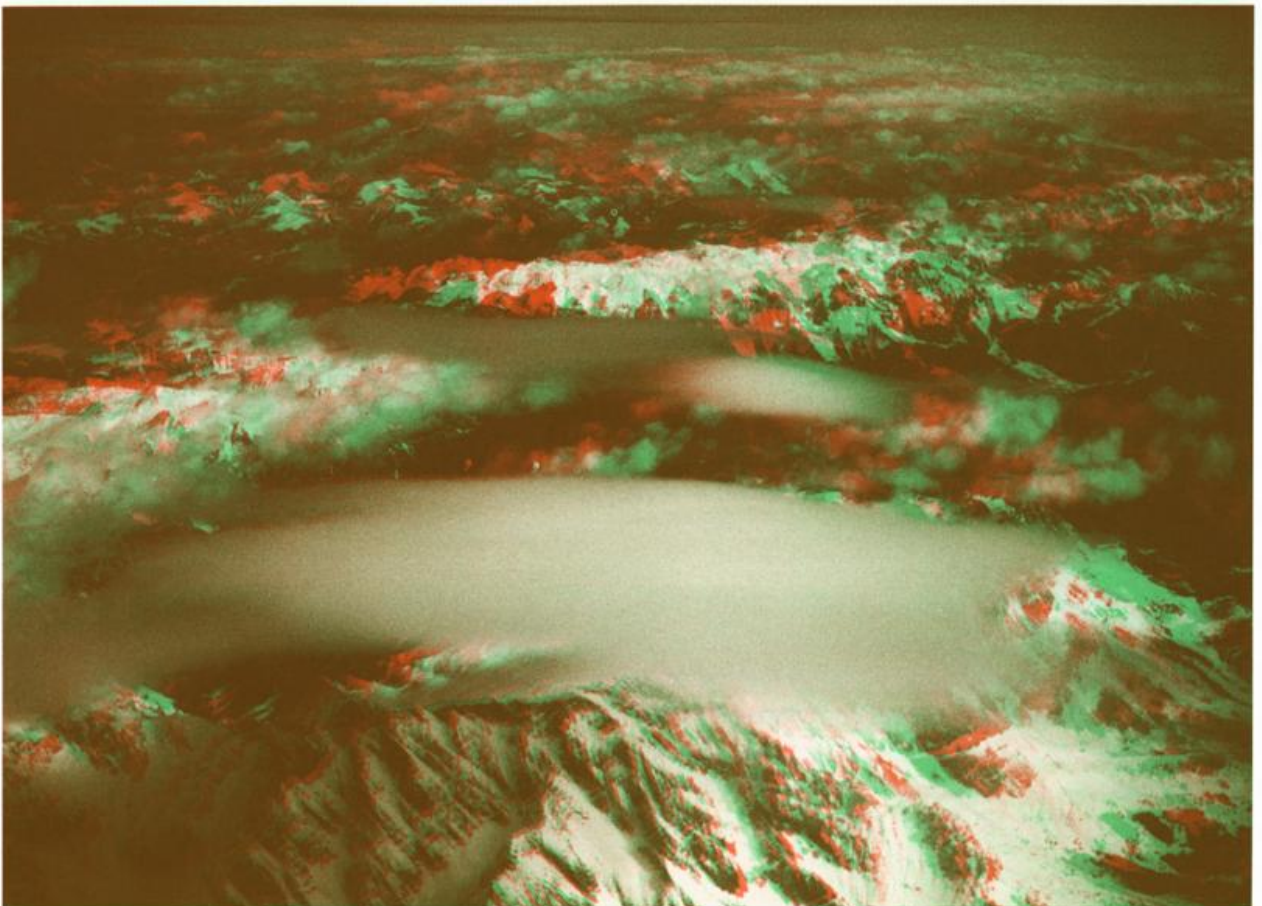
Die Ostalpen lagen zum Aufnahmezeitpunkt im Bereich eines flachen Zwischenhochs. Von Westen näherte sich die umfangreiche Bewölkung einer von den Britischen Inseln nach Ostfrankreich reichenden Warmfront. Die vorderseitig davon stattfindende Warmluftzufuhr ist aus der Strömungs- und Temperaturverteilung in 700 hPa ablesbar. Die damit verbundene Hebung der Luft wurde über den Berggipfeln verstärkt, so daß sich dort bei gleichzeitiger Feuchtezufuhr und statisch stabiler Schichtung Wolken in Lenticularis-Form bildeten. Solche Wolken sind häufig die ersten Zeichen einer bevorstehenden Wetterverschlechterung.



700 hPa-Topographie vom 31.3.1980, 12 UTC mit Isohypsen, Isothermen (strichliert, in °C) und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 31.3.1980, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



31. März 1980, 09.45 UTC, Ostalpen zwischen Chiemsee und Villach aus ca. 7000 m ü. NN nach Nordosten.

## TAFEL 20

### Alto cumulus cumulogenitus

Im tieferen Niveau sind Cumulus-Wolken in verschiedenen Entwicklungsstadien erkennbar. Der Gipfelbereich eines Cumulus congestus ist bis in das mittelhohe Niveau vorgestoßen und hat sich dort in horizontaler Richtung ausgebreitet und dabei weitgehend den Kontakt mit der Mutterwolke verloren. Er hat sich so zum Alto cumulus cumulogenitus entwickelt. Durch den Stereoeffekt wird sichtbar, daß sich eine dünne Wolkenschicht von Alto cumulus stratiformis perlucidus translucidus im oberen Bildteil im gleichen Höhenbereich wie der erwähnte Alto cumulus cumulogenitus befindet.

$C_L=2$

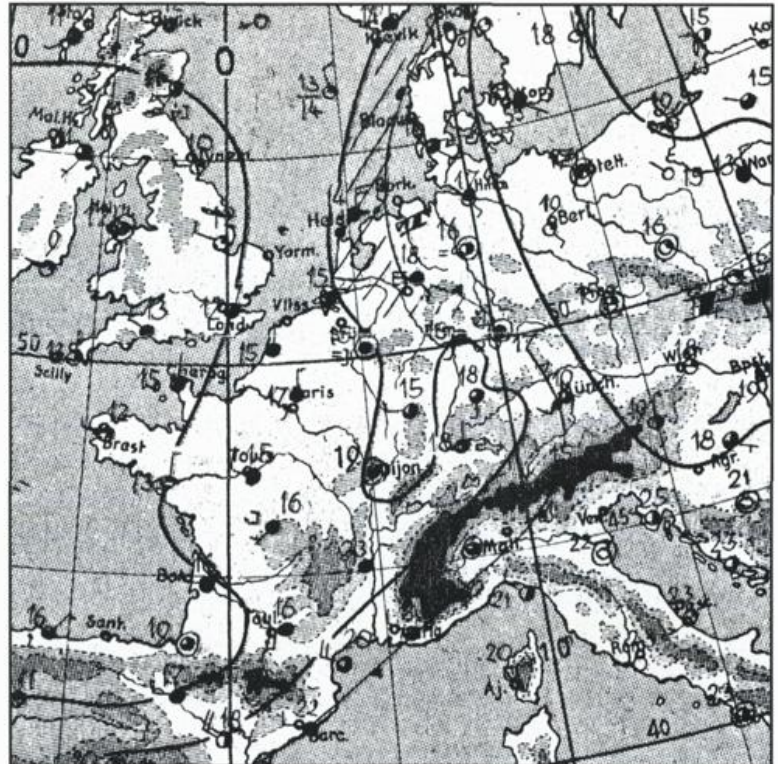
$C_M=6$

$C_H=0$

Die Aufnahme erfolgte auf der Rückseite einer Kaltfront, die Deutschland nach Osten überquerte. In Bodennähe herrschten nördliche, in der Höhe dagegen südliche Winde. Durch die vertikal unterschiedlichen Luftmassentransporte sowie durch einsetzendes Absinken in mittleren Niveaus kam es zu einer Stabilisierung der Schichtung und zur Bildung von Inversionen und Isothermien, die die Quellfähigkeit dämpften.



500 hPa-Topographie vom 10.7.1956, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 10.7.1956, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



10. Juli 1956, 16.30 UTC, Spessart.

## TAFEL 21

Unten: Stratocumulus stratiformis perucidus

Oben: **Alto cumulus stratiformis translucidus** und **perucidus duplicatus**, Alto cumulus lenticularis (Luftaufnahme)

Beim Flug zwischen den Wolkenschichten sieht man unten eine Stratocumulus-Decke mit Löchern (Stratocumulus stratiformis perucidus). Sie wird oben von einem mehrschichtigen, stratiformen Alto cumulus überdeckt (Alto cumulus stratiformis translucidus und perucidus duplicatus). An dessen Randbereichen zeigen sich Lenticularis-Formen. Auch ein isoliert stehender Alto cumulus in der rechten Bildhälfte zeigt linsenförmige Gestalt (lenticularis).

$C_L=5$

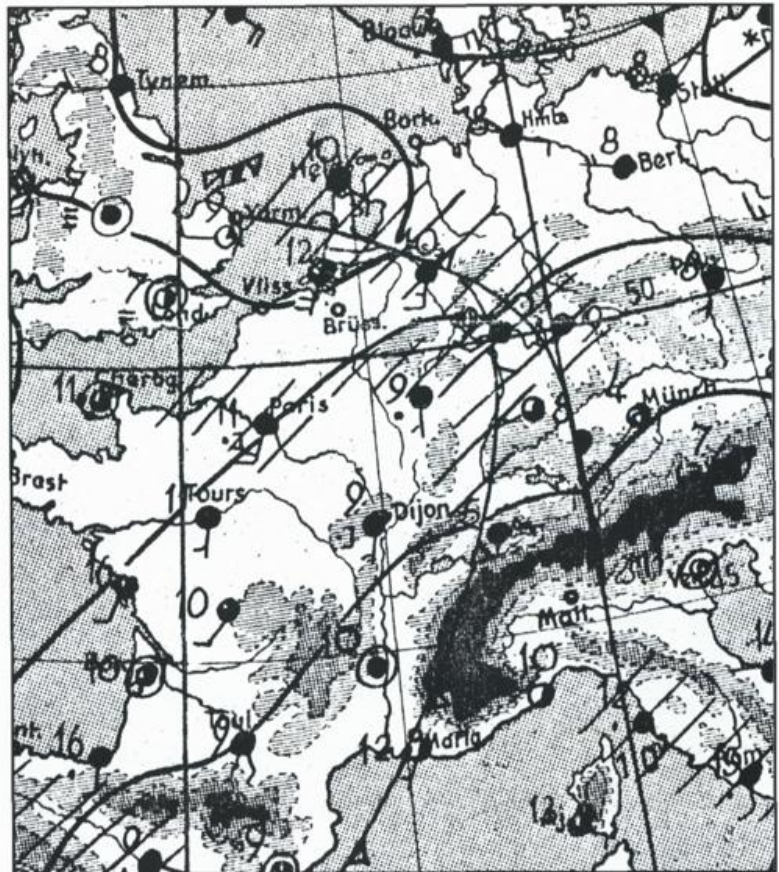
$C_M=7$

$C_H=0$

Die Aufnahme erfolgte im Bereich des schwach ausgeprägten, okkludierenden Frontensystems eines Randtiefs, das vom Kanal nordostwärts zog. Die Höhenströmung zeigt einen flachen Trog, der von Frankreich rasch ostwärts schwenkte.



500 hPa-Topographie vom 31.10.1960, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 31.10.1960, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



31. Oktober 1960, 12.52 UTC, über dem Odenwald nach Westsüdwesten.

## TAFEL 22

### Mehrschichtiger Altocumulus, zum Teil mit Lenticularis-Formen (Luftaufnahme)

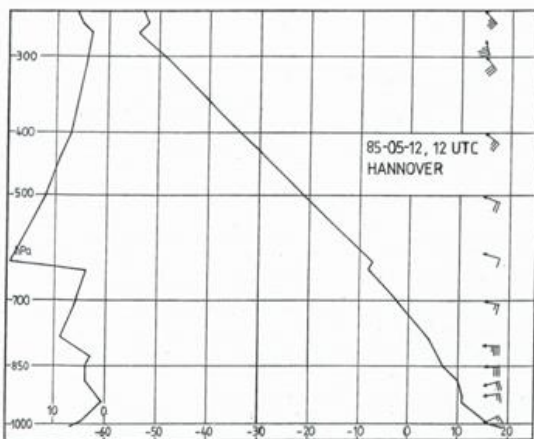
Das Stereobild zeigt, daß der Altocumulus hier in mindestens drei Schichten übereinander angeordnet ist. In der rechten Bildhälfte wird das besonders deutlich. Der Altocumulus zeigt überwiegend linsenförmige Gestalt (Altocumulus lenticularis), wobei - bevorzugt an den Rändern der Linsenformen - auch eine Bällchenstruktur (perlucidus) auftritt. An der rechten unteren Bildecke befindet sich eine dünne, durchbrochene Altocumulus-Schicht (Altocumulus stratiformis translucidus perlucidus). Zum oberen Bildrand hin macht sich ein milchiger Schleier von Cirrostratus nebulosus bemerkbar.

$C_L=0$

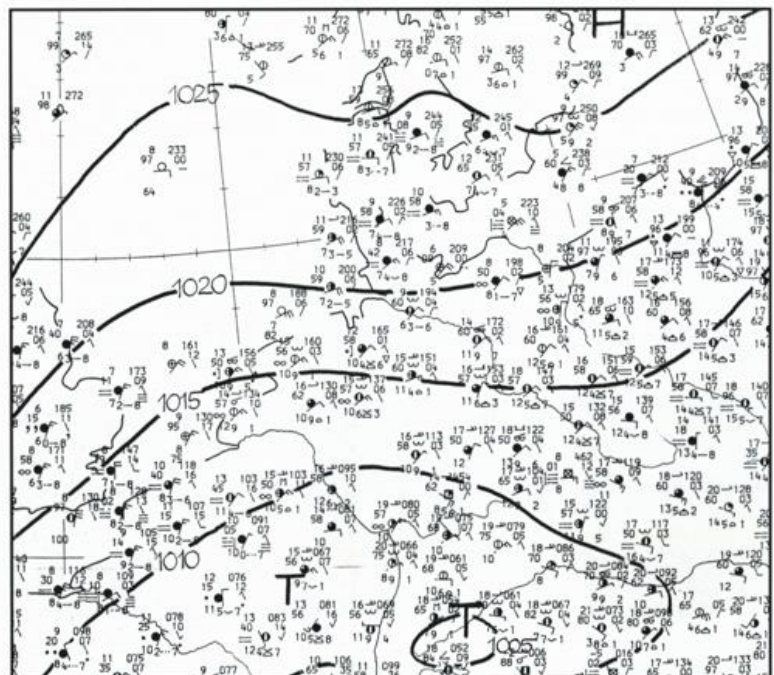
$C_M=7$

$C_H=8$

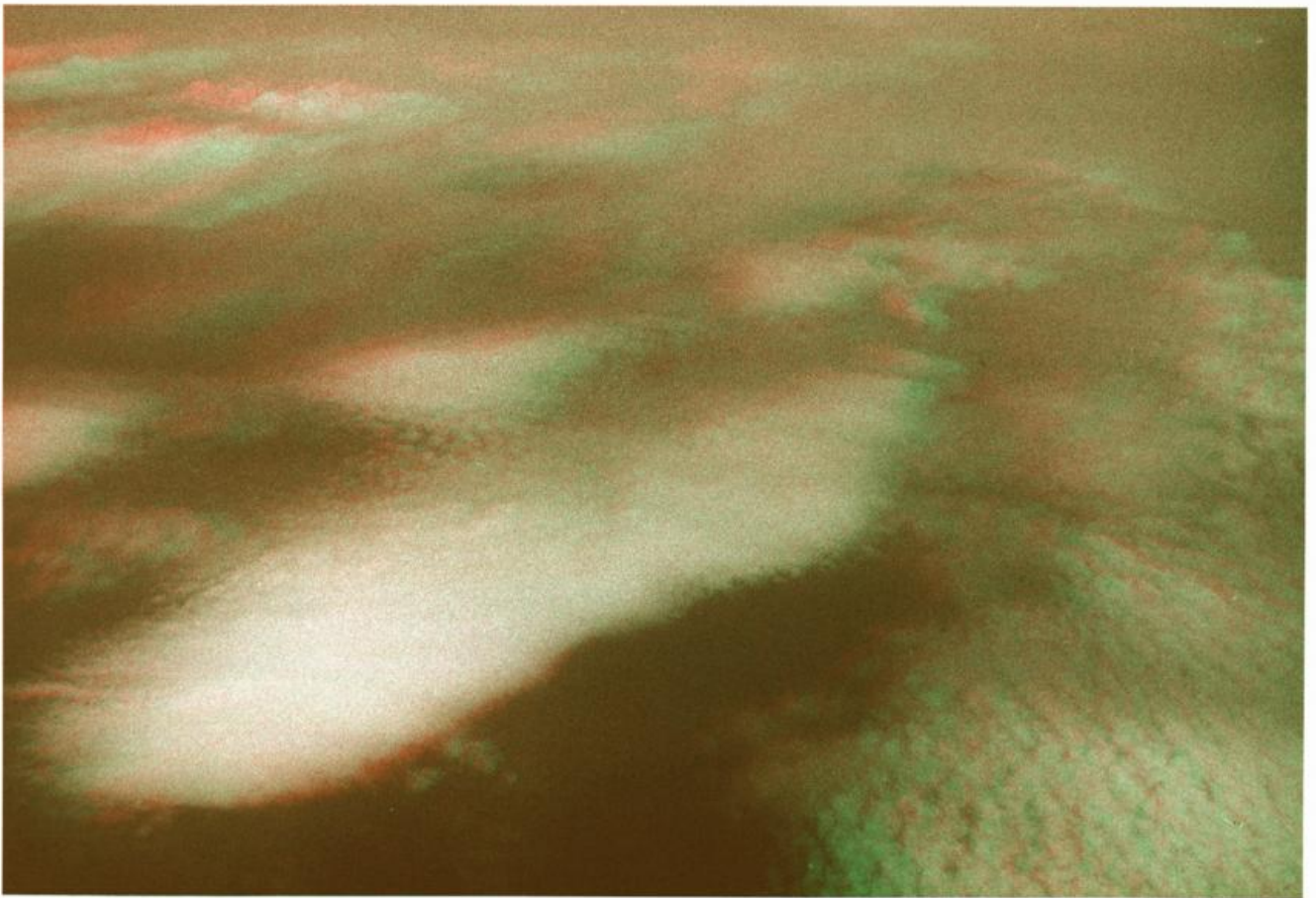
Die Flugroute lag im Bereich einer östlichen Strömung zwischen tiefem Druck über Süddeutschland und einem Hoch über Schweden. Der Mittagsaufstieg von Hannover zeigt mehrere Wolkenschichten an, wovon die höchste unter einer Inversion bei ca. 4 km Höhe anzunehmen ist.



Aerologisches Diagramm von München vom 12.5.1985, 12 UTC mit Temperatur, Taupunktdifferenz und Höhenwinden



Bodenkarte vom 12.5.1985, 09 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



12. Mai 1985, 07.21 UTC, östlich Hannover nach Norden.

## TAFEL 23

### Alto cumulus stratiformis opacus

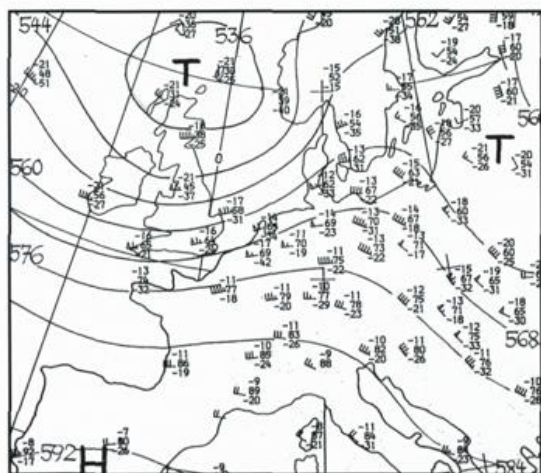
Das ganze Bild wird von einer zusammenhängenden Schicht von Alto cumulus stratiformis eingenommen. In der oberen Bildhälfte ist eine bällchenartige Struktur vorhanden, durch die der Himmel darüber durchscheinend erkennbar ist (Alto cumulus stratiformis translucidus). Nach unten zu schließt sich praktisch übergangslos, aber, wie schon angedeutet, mit gleicher Untergrenze, eine wesentlich dichtere und weniger strukturierte Schicht (Alto cumulus stratiformis opacus) an. Diese endet nahe der unteren Bildkante mit einem scharfen Rand, an dem sich Auflösungs-tendenzen zeigen, die aufgrund der Entfernung jedoch nicht sehr deutlich hervortreten.

$C_L=0$

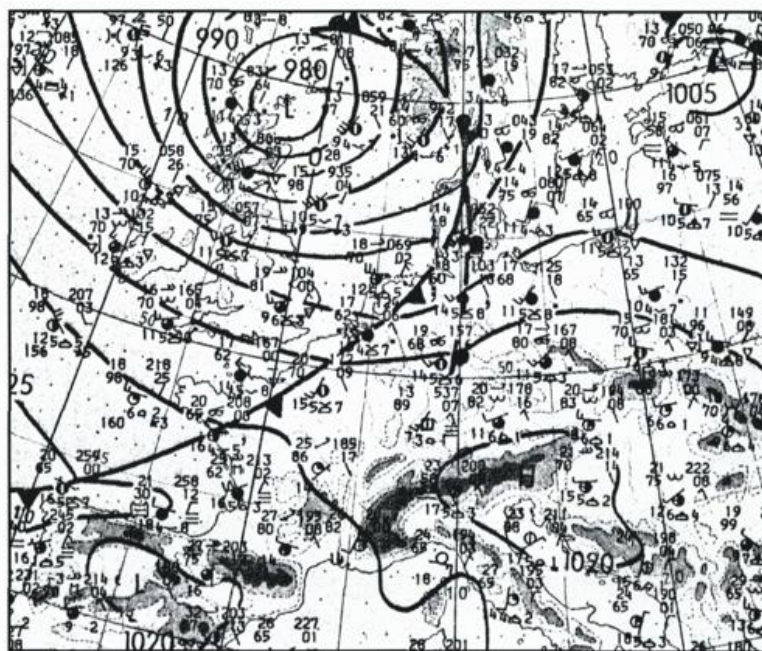
$C_M=7$

$C_H=X$

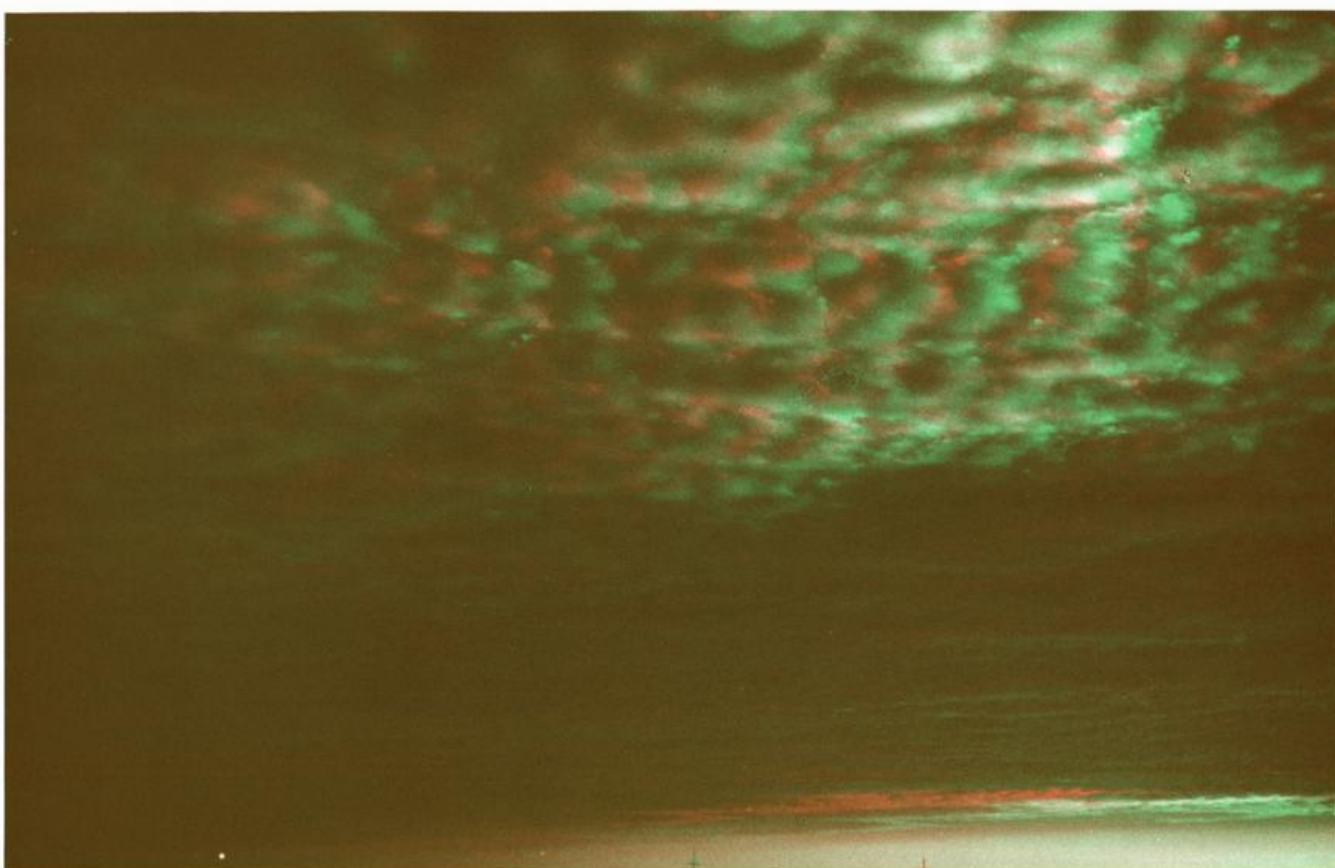
Die Bewölkung über Süddeutschland gehörte zum südlichen Rand des Wolkensystems eines Sturmtiefs mit Boden- und Höhenkern nördlich der Britischen Inseln. Sie wurde mit den mäßig starken Höhenwinden nach Osten verfrachtet.



500 hPa-Topographie vom 12.9.1980, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 12.9.1980, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



12. September 1980, 06.23 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen nach Nordnordosten.

## TAFEL 24

### Cirrus fibratus

Die obere Schicht in diesem Bild besteht aus unregelmäßig geformten Büscheln, Flecken und Fasern, innerhalb deren sich kaum Höhenunterschiede ausmachen lassen (das muß allerdings nicht heißen, daß keine vorhanden sind, es kann durchaus auch daran liegen, daß die stereoskopische Basis bei der Aufnahme zu gering war, um diese Höhenunterschiede zu zeigen). Ein Teil der Cirren wird von einer von links oben nach rechts unten verlaufenden Altocumulus-Bank verdeckt. Deren Aufbau zeigt Altocumulus stratiformis perlucidus mit Tendenz zu Altocumulus floccus. Bei den einzelnen kleinen Wölkchen nahe dem unteren Rand der Altocumulus-Bank (etwa in der Bildmitte) läßt erst die Stereobetrachtung erkennen, daß sie in das Altocumulus-Niveau gehören und nicht zu den Cirren.

$C_L=0$

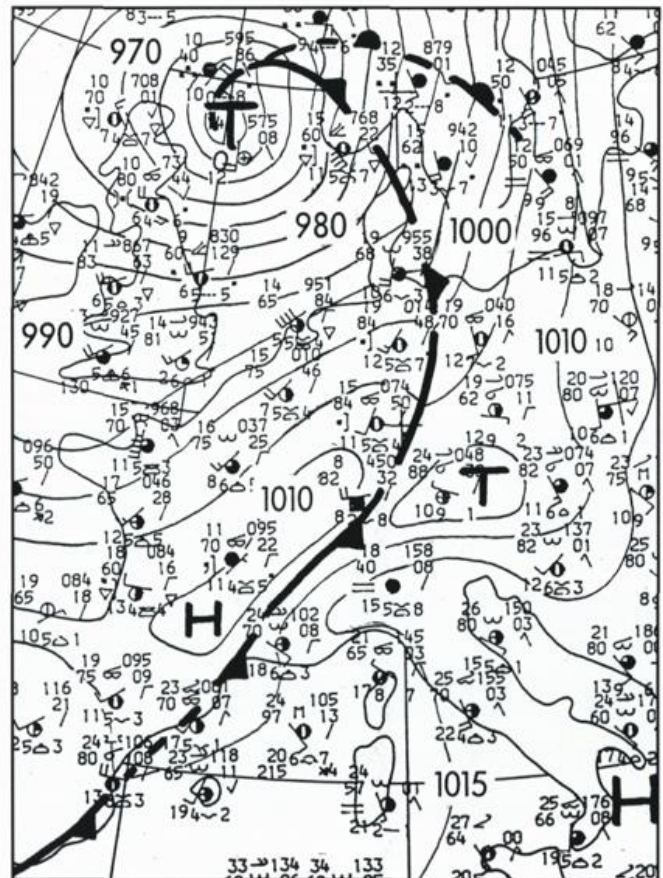
$C_M=8$

$C_H=1$

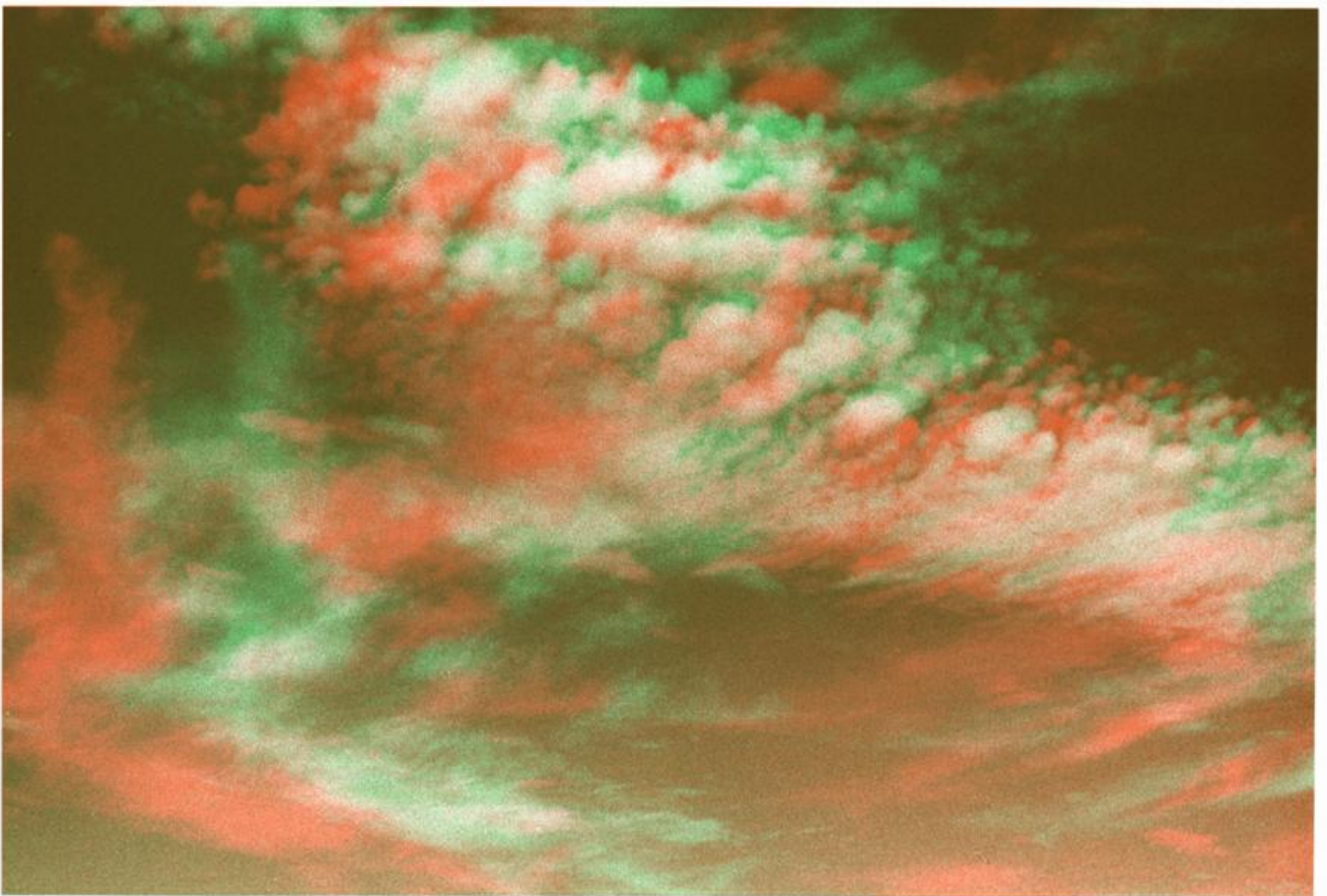
Der Bereich lag dicht vor einer Kaltfront, die im weiteren Tagesverlauf Bayern südostwärts überquerte und etwas Regen brachte. Vorderseitig der Front herrschte bei leichtem Föhn noch sonniges Wetter. Das Satellitenbild zeigt sehr schön das postfrontal angeordnete Wolkenband der Front, die starke staubedingte Bewölkung an den Alpen und den Aufheiterungsbereich nördlich davon, in dem sich ein Leetief gebildet hat.



Satellitenbild (sichtbarer Spektralbereich) von METEOSAT vom 16.10.1987, 12 UTC



Bodenkarte vom 16.10.1987, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



16. Oktober 1987, 11.35 UTC, westlich Augsburg nach Nordnordosten.

## TAFEL 25

### Cirrus spissatus, floccus und uncinus

Zwischen oberem Rand und etwa Bildmitte sind drei annähernd horizontal angeordnete Reihen von Cirrus-Wolken zu sehen, deren Obergrenzen sich alle im gleichen Niveau befinden. Sowohl aus den Floccus-Formen in der oberen Reihe, als auch aus den dichteren Formen (spissatus) der beiden unteren Reihen fallen Eiskristalle aus. Die dabei entstandenen Fahnen verschmälern sich nach unten, weil auf ihrem Fallweg durch trockenere Luftschichten Verdunstung einsetzt; außerdem werden sie durch Änderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe im Bild nach rechts vorne umgebogen: insgesamt ergeben sich durch diese Prozesse die deutlichen Hakenformen (uncinus).

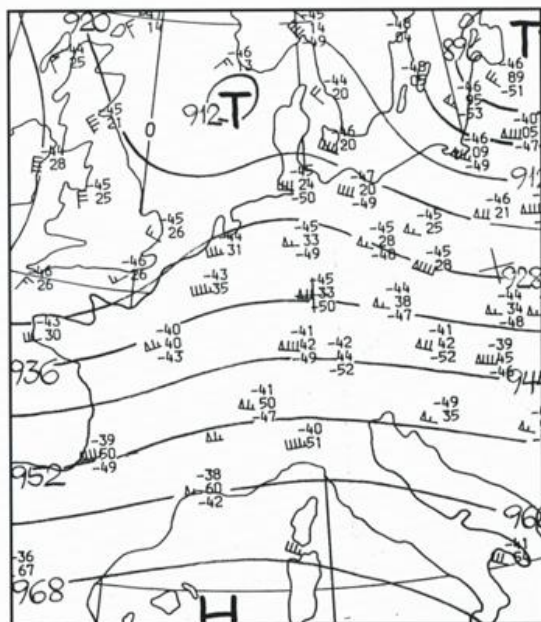
In Horizontnähe sind weitere Reihen im gleichen Niveau erkennbar, unter denen *Alto cumulus lenticularis* liegt.

$C_L=0$

$C_M=4$

$C_H=2$

Die Aufnahme entstand im Bereich einer über Süddeutschland angelangten Luftmassengrenze, die trockenkalte Luft im Norden von feuchtwarmer Mittelmeerluft im Süden trennte. Die Höhenwinde wehen aus westlichen Richtungen über einen langsam ostwärts wandernden Rücken hinweg. Die Wolkenformen und die Virga-Bildung zeigen an, daß in der Höhe konvektive Umlagerungen vor sich gingen.





17. Juli 1978, 17.51 UTC, Hohenpeißenberg nach Süden.

## TAFEL 26

### Cirrus spissatus über Stratocumulus cumulogenitus (Luftaufnahme)

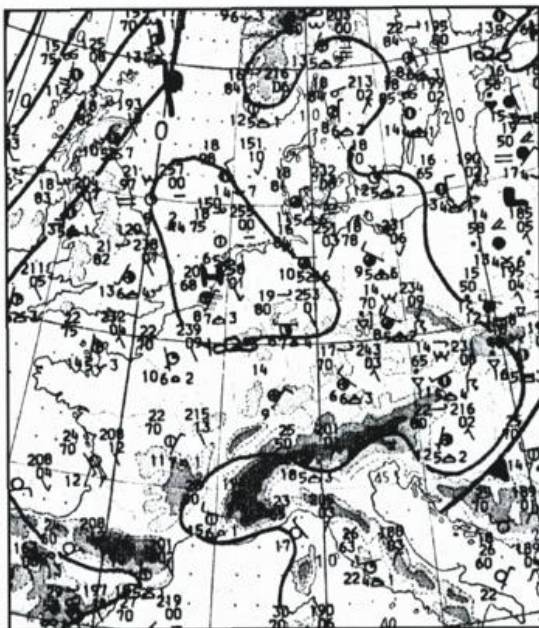
Die dichten hohen Wolken im oberen Bildteil zeigen das typische Aussehen von Cirrus spissatus. Sowohl bei den Wolken oben links und rechts, als auch bei denen im Bild weiter unten (Mitte und rechts davon) läßt sich das Ausfallen von Eiskristallen erkennen. Die zentral im Bild zu sehende Wolke zeigt in ihrem Mittelteil deutliche Schattenbildung, ein Indiz für ihre beträchtliche Dichte. Diese wird auch durch den Schatten bestätigt, den dieser Cirrus auf die darunterliegende Wolkenschicht wirft. Bei diesen tiefen Wolken handelt es sich um eine Schicht, die sich in der Übergangsphase von Cumulus humilis zu Stratocumulus cumulogenitus befindet. Bewirkt wird dies durch eine ausgeprägte Inversion, die die weitere Höhenentwicklung unterbindet und dafür mehr für eine Ausbreitung der Wolken sorgt.

$C_L=4$

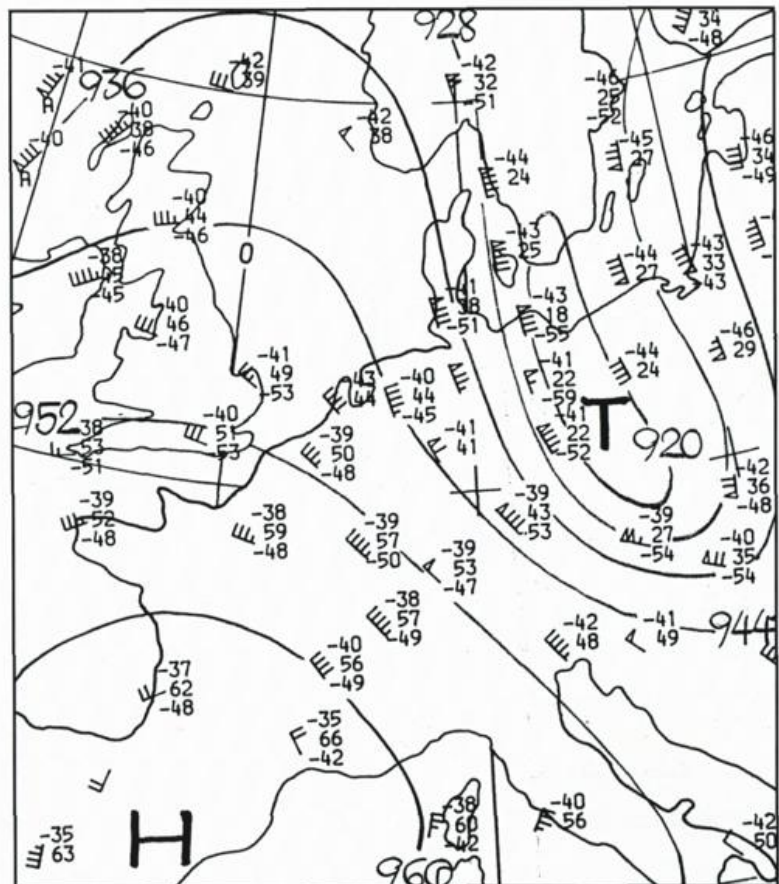
$C_M=0$

$C_H=2$

Die Flugroute lag im Bereich eines Bodenhochs mit Kern über den Niederlanden. Im Ci-Niveau wehten kräftige nordwestliche Winde zwischen einem markanten Trog über dem östlichen Mitteleuropa und einem Rücken über Westfrankreich.



Bodenkarte vom 18.8.1978, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



300 hPa-Topographie vom 18.8.1978, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



18. August 1978, 14.15 UTC, Raum Bad Wimpfen aus ca. 5000 m ü. NN nach Westsüdwesten.

## TAFEL 27

### Cirrus spissatus (Luftaufnahme)

Fast zwei Drittel des Bildes werden von teilweise recht dichtem Cirrus beherrscht (Cirrus spissatus). Möglicherweise handelt es sich bei ihm um Reste von Cumulonimbus-Schirmen (Cirrus spissatus cumulonimbogenitus). Besonders die Wolke rechts oben (sie liegt deutlich höher als die in der linken Bildhälfte) weist durch ihr dreidimensionales Abbild auf diese Entstehungsmöglichkeit hin. Die Wolken können jedoch auch durch andere Prozesse gebildet worden sein, so daß hier  $C_H=2$  als Schlüsselziffer zu wählen ist.

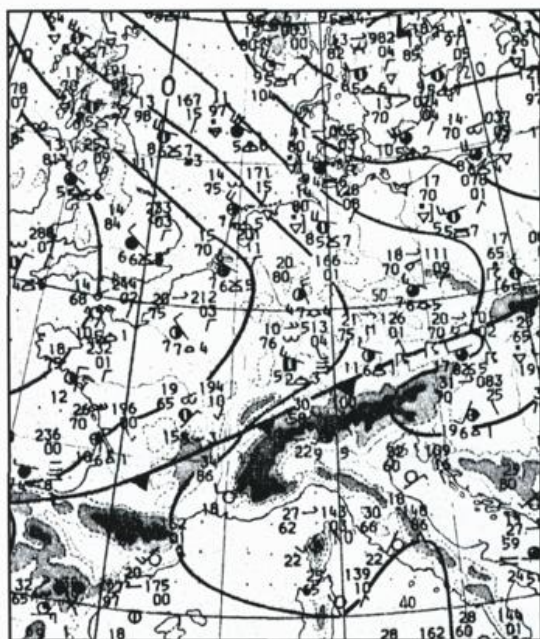
Im unteren Niveau sind Cumulus humilis und Cumulus mediocris vorhanden. Ein Teil von ihnen ist auch durch dünnere Partien des Cirrus hindurch zu sehen.

$C_L=1$

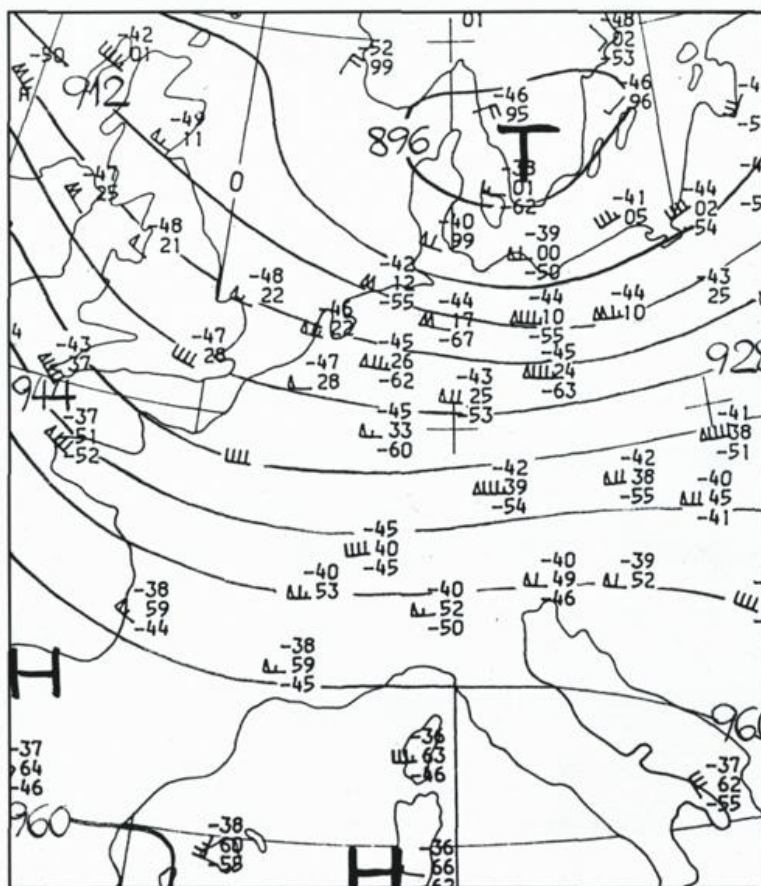
$C_M=0$

$C_H=2$

Eine Kaltfront verlagerte sich über die Ostalpen langsam südwärts. In ihrem Bereich kam es zur Auslösung einzelner Gewitter. Der dichte Cirrus hat sich im Bereich der kräftigen westlichen Höhenströmung gebildet und wird mit ihr rasch ostwärts verfrachtet.



Bodenkarte vom 16.6.1981, 12 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



300 hPa-Topographie vom 16.6.1981, 12 UTC mit Isohypsen und aero-logischen Meßwerten



16. Juni 1981, 11.39 UTC, über den Ostalpen aus ca. 10500 m ü. NN nach Westsüdwesten.

## TAFEL 28

### **Cirrus spissatus cumulonimbogenitus**

(Luftaufnahme)

Aus einem Cumulusfeld heraus (mit im räumlichen Bild gut erkennbarem Kondensationsniveau) hat sich ein Cumulus congestus entwickelt, dessen obere Teile durch Windänderungen mit der Höhe im Bild nach rechts hinten versetzt sind. Die Wolke rechts neben dem oberen Teil dieses Cumulus congestus zeigt bereits Vereisung. Es handelt sich bei ihr um den oberen Teil eines Cumulonimbus capillatus, dessen restliche Teile sich bereits aufgelöst haben. Die verbliebene Restwolke ist deshalb als Cirrus spissatus cumulonimbogenitus einzustufen.

$C_L=2$

$C_M=0$

$C_H=3$

Angaben zur Wetterlage siehe Tafel 7. (Die Aufnahme von Tafel 7 entstand am gleichen Tag und nur 28 Minuten nach der hier auf dieser Tafel gezeigten.)



10. Juni 1981, 10.01 UTC, westlich Banja Luka (Jugoslawien) aus 8800 m ü. NN nach Nordosten.

## TAFEL 29

### Cirrus uncinus und Cirrostratus fibratus

Das obere Bilddrittel wird von einem Cirrus uncinus eingenommen, wobei die Uncinus-Formen in der dreidimensionalen Sicht besonders gut herauskommen. Die unteren Bildteile zeigen den Übergang in einen wenig strukturierten Cirrostratus. Der Mangel an Strukturen und die große Entfernung bewirken dabei, daß die räumliche Wirkung in diesen Bildteilen nur gering ist.

$C_L=0$

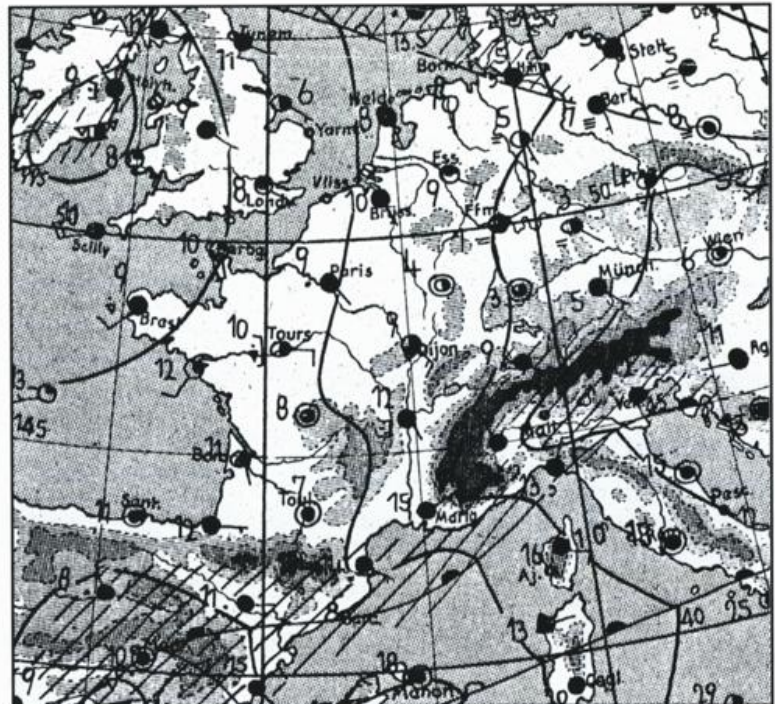
$C_M=0$

$C_H=6$

Auf der Ostseite eines von Spanien nach Frankreich ziehenden Bodentiefs dringen warme Luftmassen nach Mitteleuropa vor. Die durch diese Warmluftadvektion aufgelöste Hebung führte zu Wolkenbildung. Im Cirrus-Niveau werden die Wolken mit der dort herrschenden starken Strömung rasch nordostwärts transportiert und erscheinen als erste Vorboten einer zu erwartenden Wetterverschlechterung.



300 hPa-Topographie vom 28.10.1960, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



Bodenkarte vom 28.10.1960, 06 UTC mit Isobaren, Fronten und Stationseintragungen



28. Oktober 1960, 11.54 UTC, Raum Frankfurt a. M. nach Osten.

## TAFEL 30

### Cirrocumulus stratiformis undulatus und lacunosus, Cirrus fibratus

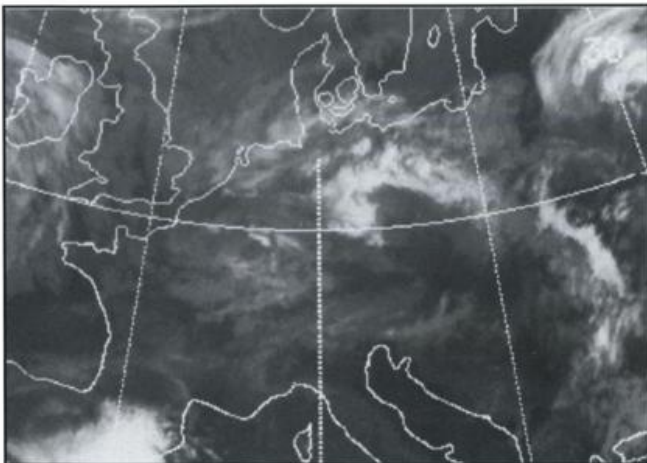
Diagonal durch das Bild zieht sich eine dünne Schicht von Cirrocumulus stratiformis, die überwiegend Wellenform zeigt (undulatus). Nur im rechten oberen Bilddrittel haben sich die charakteristischen Löcher von Lacunosus-Formen ausgebildet. Man sieht im räumlichen Bild klar, daß es sich dabei um eine einzige Schicht handelt, das heißt, Lacunosus- und Undulatus-Formen liegen im gleichen Niveau. Ein Cirrus fibratus rechts unten im Bild mit leichten Vertebratus-Anklängen liegt in einem nur wenig höheren Niveau als der Cirrocumulus.

$C_L=0$

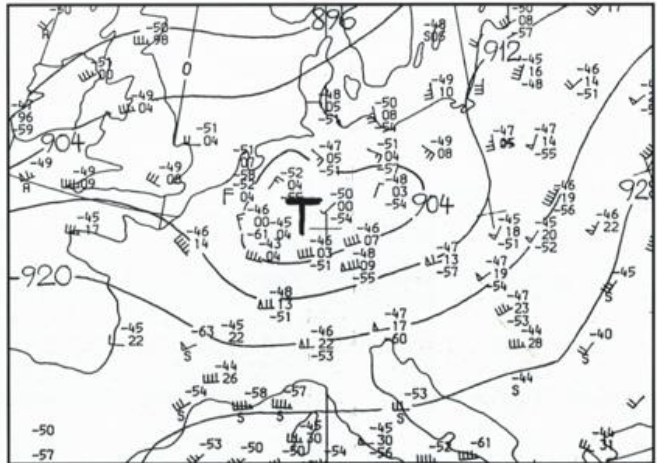
$C_M=0$

$C_H=9$

Während das Bodendruckfeld über Süddeutschland nur geringe Druckunterschiede aufweist, herrschten in der Höhe kräftige westliche Winde an der Südflanke eines Höhentiefs. Das Satellitenbild zeigt die starke Bewölkung im Bereich des Tiefs, aus der sich im Tagesverlauf einzelne stärkere Quellungen mit Schauerniederschlag entwickelten.



Infrarot-Satellitenbild von METEOSAT vom 23.5.1985, 06 UTC



300 hPa-Topographie vom 23.5.1985, 12 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten



23. Mai 1985, 06.03 UTC, Weßling-Oberpfaffenhofen nach Norden.

## TAFEL 31

### Kondensstreifen und Cirrus fibratus

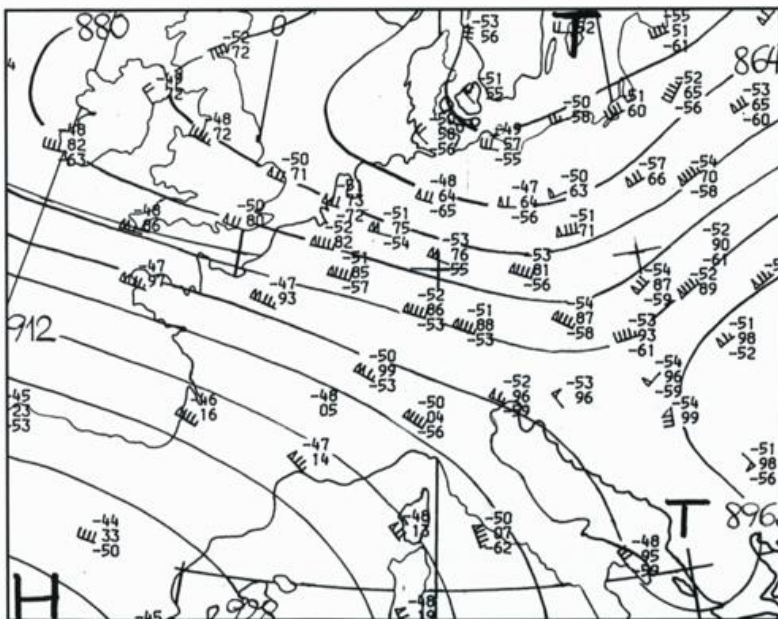
Nahezu das gesamte Bildfeld ist von dünnem Cirrus überzogen, nur in einem Streifen etwa in Bildmitte sind etwas dickere, fleckenförmige Cirren zu finden. Auffallend sind eine Reihe von schmalen Wolkenstreifen; bei ihnen handelt es sich um von Flugzeugen herrührende Kondensstreifen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Je größer der Zeitraum seit der Entstehung, desto weiter sind sie horizontal ausgedehnt. So kann man bei dem wenig dichten, relativ breiten Streifen in der linken Bildhälfte, der sich mit einem sehr schmalen, in einem deutlich höheren Niveau liegenden Streifen scheinbar kreuzt, kaum mehr seine Herkunft erkennen.

$$C_L=0$$

$$C_M=0$$

$$C_H=1$$

Die Kondensstreifen bildeten sich in einer kräftigen westnordwestlichen Höhenströmung. Die Messungen weisen für 300 hPa geringe Taupunktdifferenzen und damit hohe relative Feuchte aus.



300 hPa-Topographie vom 23.2.1986, 00 UTC mit Isohypsen und aerologischen Meßwerten

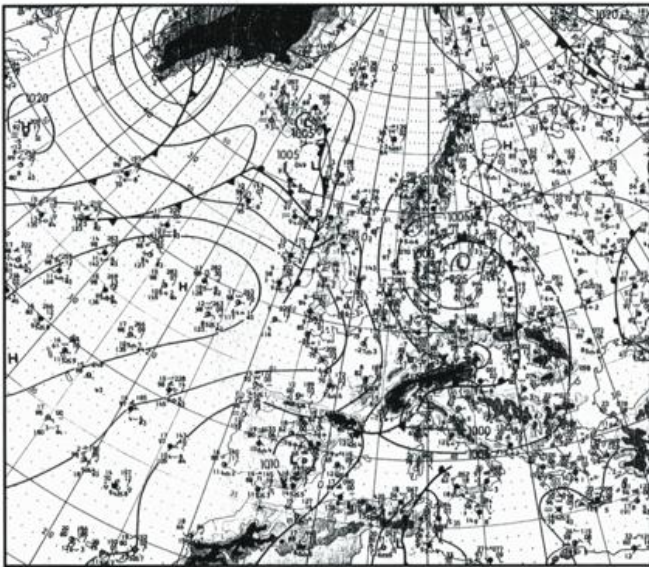


22. Februar 1986, 16.28 UTC, Hohenpeißenberg nach Südwesten.

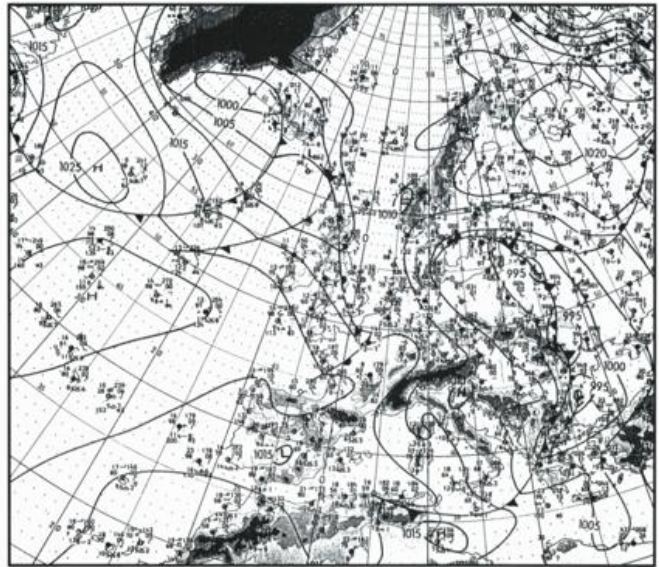
## Tafel 32

Die über vier Tage reichende Sequenz der METEOSAT-Bilder zeigt eine Wetterlage mit hohem Druck über dem Nordatlantik, einem Tiefdruckgebiet über dem östlichen Europa und dazwischen einer nord-westlichen Boden- und Höhenströmung, in der die hochreichende Bewölkung eines Tiefausläufers nach Mitteleuropa geführt wird. Schön ist die blockierende Wirkung der Alpen auszumachen, die durch Absinken im Lee des Gebirgszugs in diesem Fall sogar die weitere Verfrachtung der höheren Wolken verhindert.

Über Nordafrika sieht man mittelhohe und hohe Wolkenfelder, die im Bereich des bei etwa 12 km Höhe liegenden subtropischen Strahlstroms entstehen. Ein größeres zyklonal gebogenes Wolkenfeld formiert sich an der Ostflanke einer Höhenzyklone, deren Kern über Madeira liegt und die im Bodenniveau nur als seichtes Tief in Erscheinung tritt.



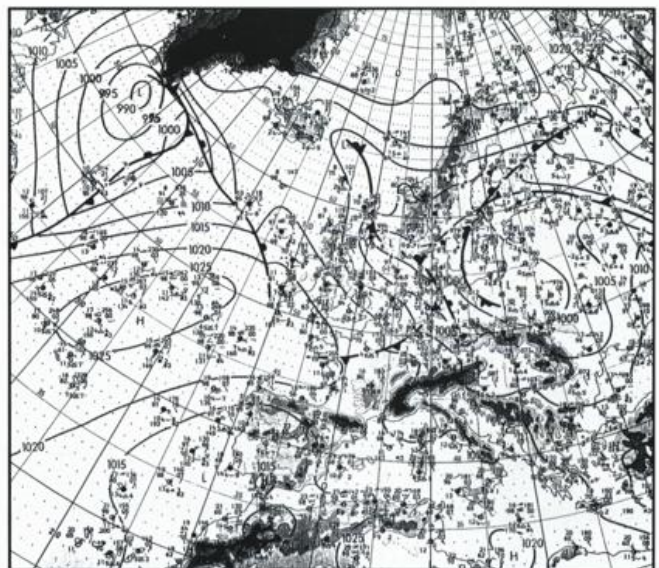
Bodenkarte 12 UTC, 28.4.1985



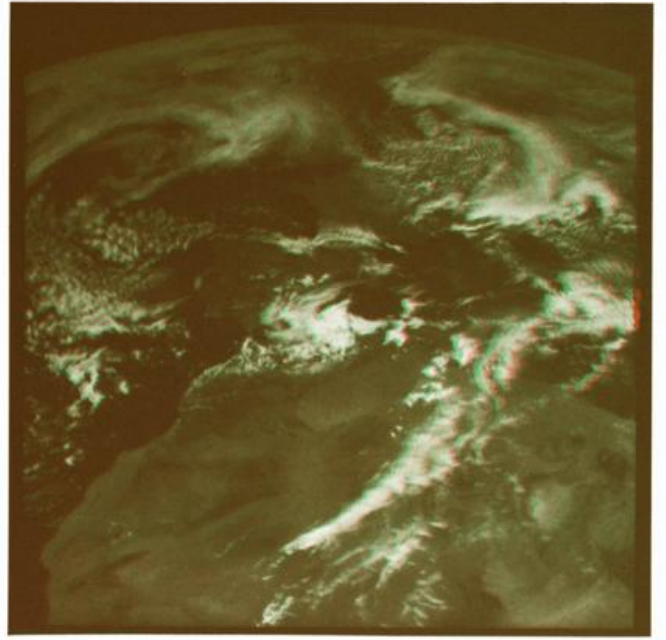
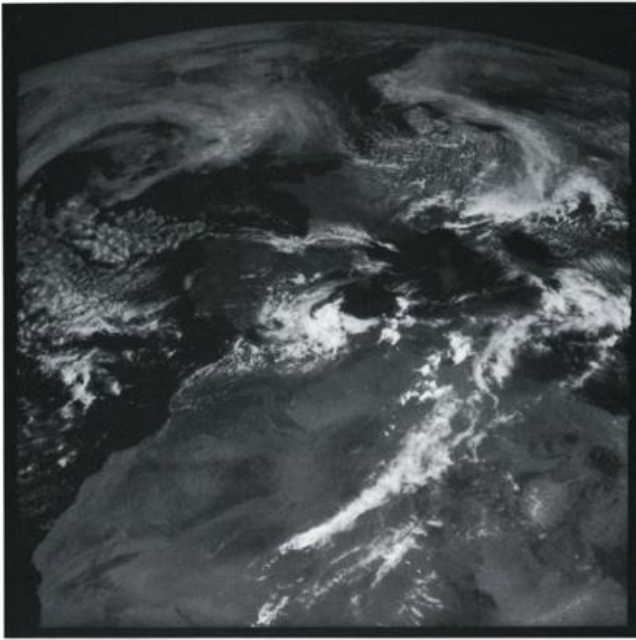
Bodenkarte 12 UTC, 29.4.1985



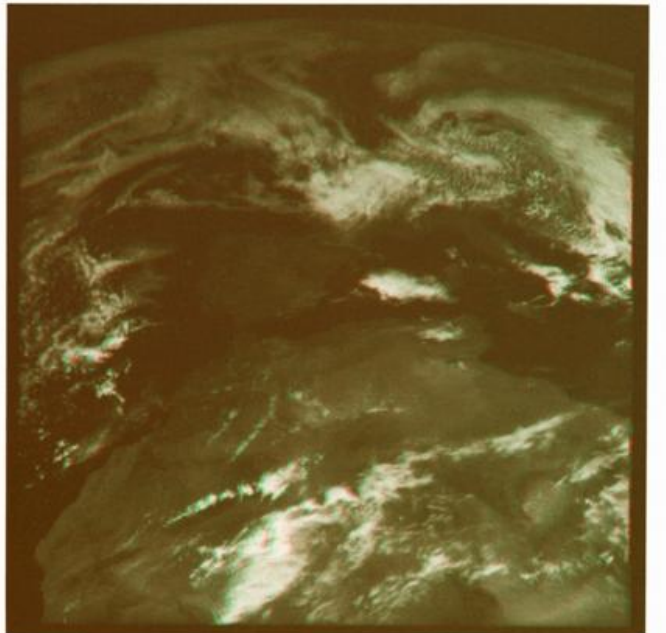
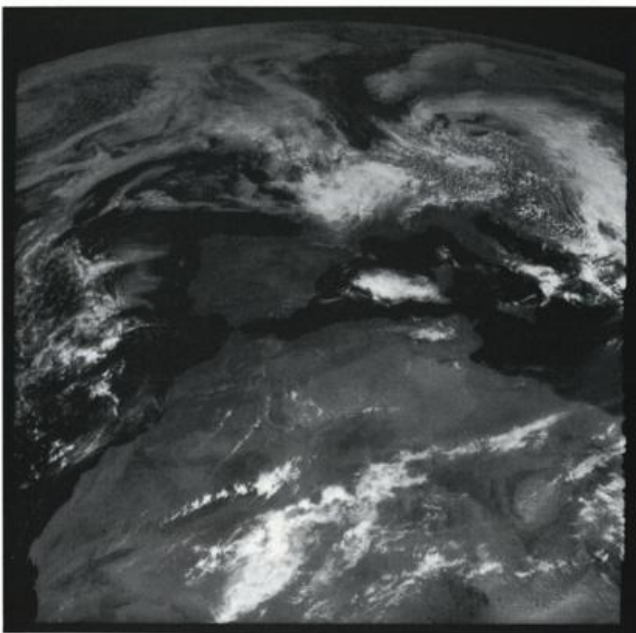
Bodenkarte 12 UTC, 30.4.1985



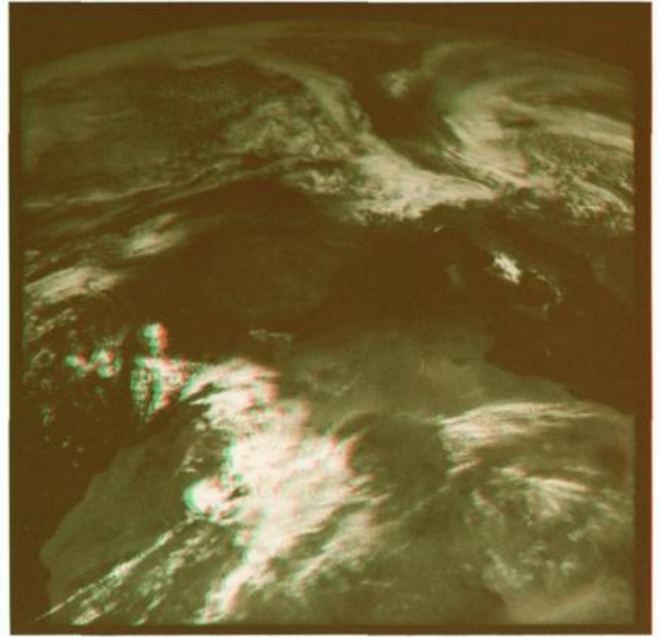
Bodenkarte 12 UTC, 1.5.1985



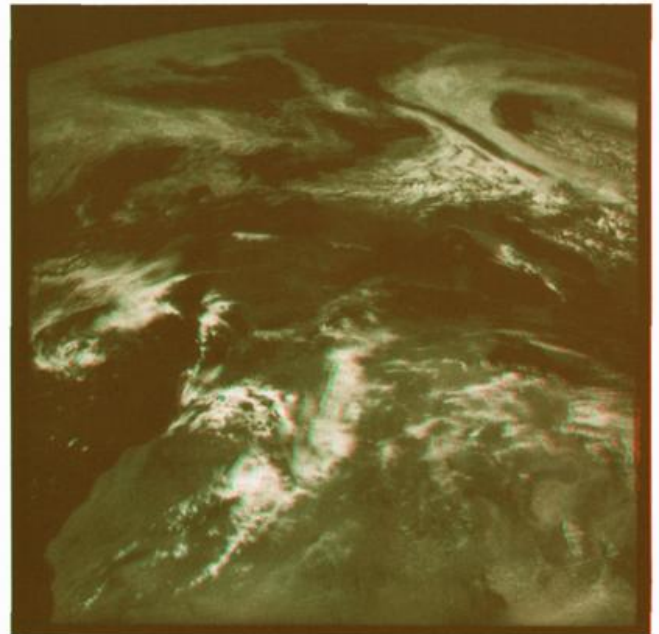
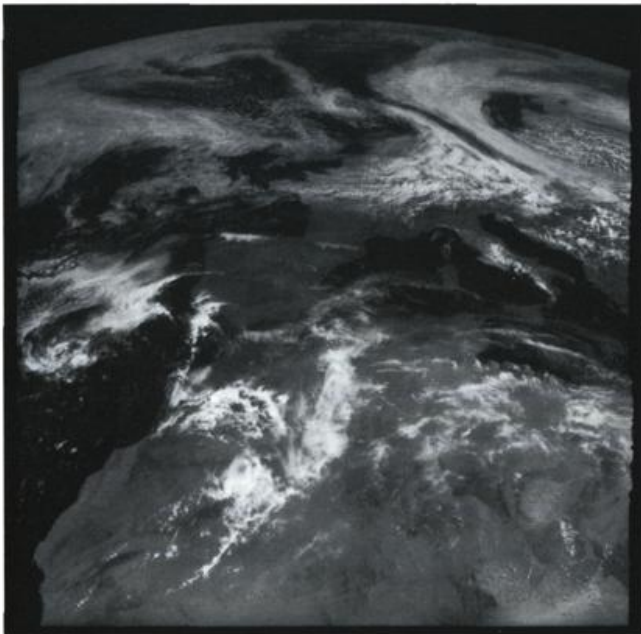
28.4.1985, 11.30 UTC



29.4.1985, 11.30 UTC



30.4.1985, 11.30 UTC



1.5.1985, 11.30 UTC

### **Danksagung**

Der Dank des Deutschen Wetterdienstes gilt Frau C. Wilfling für die Erledigung der Schreibarbeiten, Herrn M. Kurz für die Beschreibung der Wetterlagen und die Bildauswahl, Herrn D. Lorenz für die einführenden Texte sowie die Bereitstellung und Montage der Stereobilder, Herrn H. Höllriegl für deren Vorauswahl, Herrn R. Windolf für die Wolkenbeschreibungen.





