

DEUTSCHER WETTERDIENST

WETTERKUNDLICHE LEHRMITTEL

Nr. 15

Regionale Windsysteme im Mittelmeer

Bearbeitet für das Seewetteramt

von

Dipl.-Met. R. Franke

Hamburg 1991

I Q 19 (Mappe)

Ungenehmigter Nachdruck, auch auszugsweise, verboten

Der Deutsche Wetterdienst bearbeitet in seinem Sonderreferat Unterricht und Lehrmittel solche wetterkundlichen Stoffe, die als Anregung oder Hilfe für den praktischen Unterricht in der Wetterkunde gedacht sind.

Die Herausgabe derartiger Lehrstoffe läßt im übrigen dem Lehrer die volle Freiheit über den Umfang und die Art der Behandlung im Unterricht. Eine stoffliche oder lehrplanmäßige Bindung wird mit der Herausgabe dieser Lehrstoffe nicht angestrebt.

DWD Offenbach / Bibliothek



B23019840

DR. 555 (262)

167062

Regionale Windsysteme
im Mittelmeer

Für das Seewetteramt bearbeitet von
Dipl.-Met. Richard Franke

Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt
Hamburg 9/91

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|-------|
| 1. Einleitung | 3 |
| 1.1 Topographie | 3 |
| 1.2 Land- Seewindzirkulation am Mittelmeer | 3 |
| 1.3 Regionale Windsysteme | 3 |
| 2. Etesien | 4-13 |
| 2.1 Winterlicher Kaltluftausbruch in die Ägäis | 12 |
| 3. Bora | 14-20 |
| 3.1 Tabelle: Tage mit Bora in Triest | 20 |
| 4. Schirokko | 21-33 |
| 4.1 Erscheinungsbild eines Schirokko | 21 |
| 4.2 Regionales Auftreten des Schirokko | 23 |
| 4.2.1 Der Schirokko im Westlichen Mittelmeer | 23 |
| 4.2.2 Der Schirokko in Italien, der Adria und im zentralen Mittelmeer | 26 |
| 4.2.3 Der Schirokko in der Ägäis und im Östlichen Mittelmeer | 29 |
| 4.2.4 Khamsin, Scharki und Samum im Östlichen Mittelmeer | 32 |
| 4.3 Häufigkeit von Schirokko-Lagen | 33 |
| 4.4 Dauer von Schirokko-Lagen | 33 |
| 4.5 Seegang bei Schirokko-Lagen | 33 |
| 5. Mistral | 34-42 |
| 5.1 Erscheinungsbild eines Mistral | 34 |
| 5.2 Tagesgang des Mistral | 36 |
| 5.3 Jahreszeitliches und räumliches Auftreten des Mistral . | 36 |
| 5.3.1 Der Mistral im Winter | 37 |
| 5.3.1.1 Mistral durch das Rhonetal | 37 |
| 5.3.1.2 Mistral durch die Garonne-Carcassone-Senke | 38 |
| 5.3.2 Der Mistral im Sommerhalbjahr | 40 |
| 5.4 Dauer von Mistral-Lagen | 42 |
| 5.5 Seegang bei Mistral-Lagen | 42 |
| 6. Weitere regionale Winde im Mittelmeer | 43-46 |
| 6.1 Tramontana, Gregale und Vardarac | 43 |
| 6.2 Ponientes, Vendaval und Libeccio | 44 |
| 6.3 Levanter | 45 |
| 6.4 Levante und Llevantada | 46 |
| 6.5 Contrastes | 46 |
| ANHANG - Mittlere Windverhältnisse in den Seegebieten im Januar | 47 |
| - Mittlere Windverhältnisse in den Seegebieten im April | 48 |
| - Mittlere Windverhältnisse in den Seegebieten im Juli | 49 |
| - Mittlere Windverhältnisse in den Seegebieten im Oktober | 50 |
| Literaturverzeichnis | 51 |

1. Einleitung

1.1 Topographie

Die Topographie des Mittelmeerraumes mit gebirgigen Küsten im Norden und ausgedehnten Wüstengebieten im Süden führt zu einer erheblichen Störung des Oberflächenwindes. Auch durch kleinräumige Oberflächeneffekte wie z.B. die unterschiedliche Erwärmung von Land und See, stark gegliederte Küsten und Inseln mit hohen Steilküsten kommt es zu einer Modifizierung der Winde bis ins 850 hPa-Niveau.

1.2 Land- Seewindzirkulation am Mittelmeer

Die Land- Seewindzirkulation an der Mittelmeerküste ist viel ausgeprägter als an der Nord- und Ostsee, besonders an ruhigen sonnigen Tagen und in klaren Nächten. Sie kann von der Küste über 10 km hinaus reichen. Die Seebrise beginnt meist am Vormittag und erreicht ihre größte Stärke am frühen Nachmittag. Abends schläft sie ein, bevor gegen Mitternacht ein meistens etwas schwächerer, seewärts gerichteter Landwind einsetzt, der bis kurz nach Sonnenaufgang andauert.

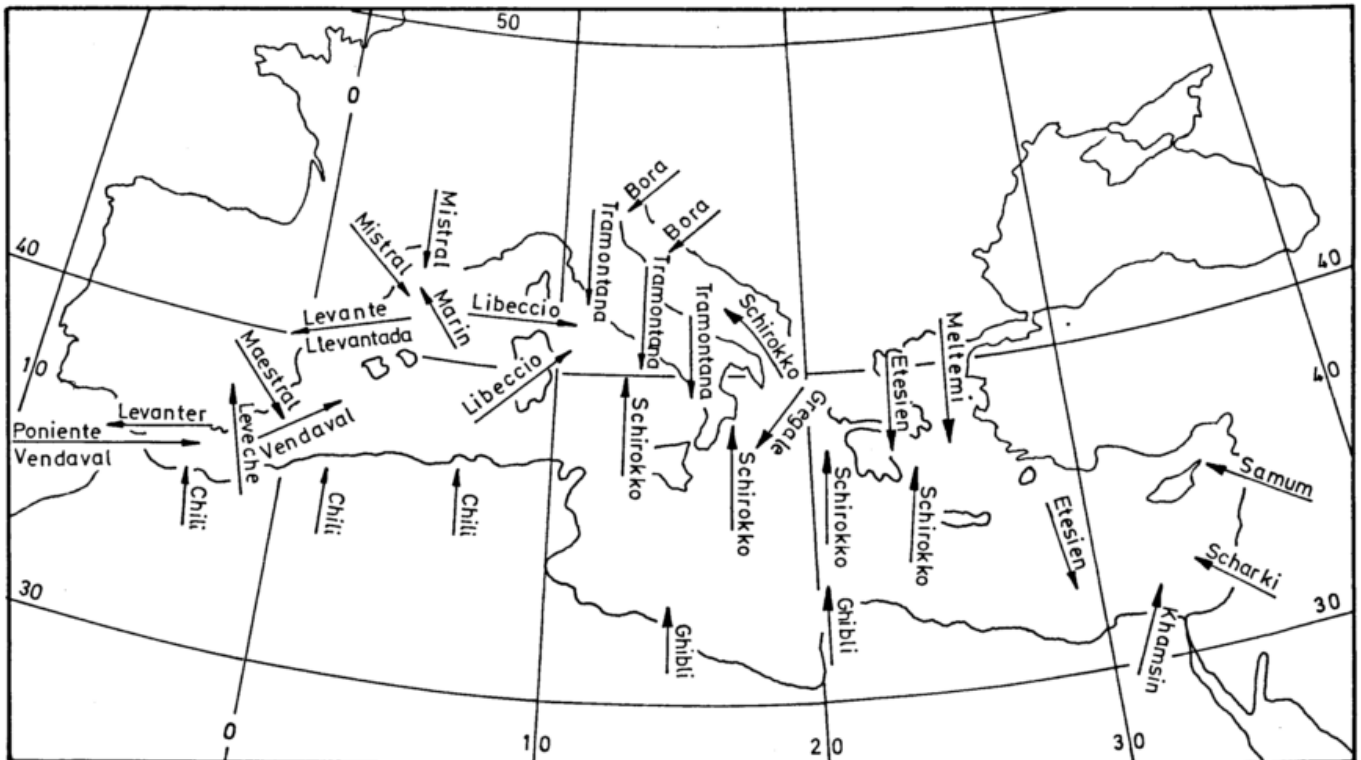
Land- und Seewind überlagern das sich aus der Großwetterlage ergebende Windfeld. Wenn der Seewind und die großräumige Strömung die gleiche Richtung aufweisen, so frischt die Seebrise mittags und nachmittags besonders stark auf wie z.B. an der libysch-ägyptischen Küste während der sommerlichen Etesien. An küstennahen Gebirgen wird dieser tägliche Windwechsel durch teilweise kräftige Bergwinde verstärkt, wenn nachts der talabwärts wehende Bergwind Anschluß an den in der zweiten Nachthälfte auftretenden Landwind findet, der dann häufig heftige Fallböen hat. Dieser Effekt ist z.B. vor Südspanien, Marokko und Algerien sowie Jugoslawien und Griechenland zu beobachten.

Eine Störung des Land- Seewind-Rhythmus, wie etwa die Andauer der Seebrise bis in die Nachtstunden, signalisiert oft eine Wetter- und Windänderung am nächsten Tag und sollte daher von der Sportschiffahrt unbedingt beachtet werden.

1.3 Regionale Windsysteme

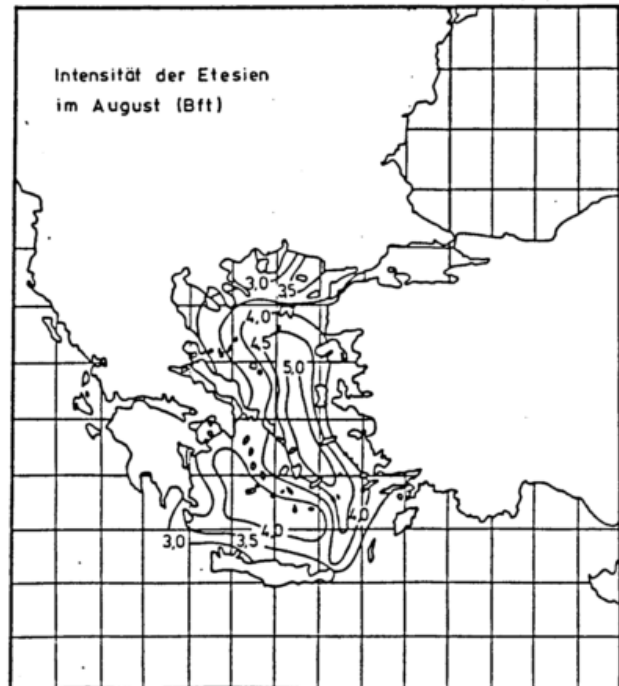
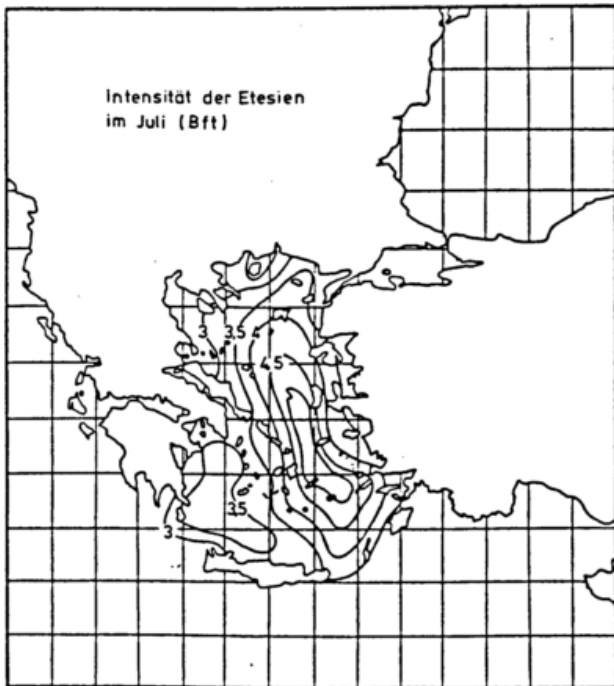
Aufgrund der vielen Sprachen rund um das Mittelmeer tragen ähnliche Winde vielfach verschiedene Namen, z.B. "Chili, Schirokko, Ghibli, Khamsin, Scharki und Samum für die heißen Wüstenwinde und Meltemi für Etesien (s.Abb.folgende Seite). In den folgenden Kapiteln werden die wichtigsten regionalen Windsysteme des Mittelmeeres wie Etesien, Bora, Schirokko und Mistral ausführlich mit Wetterlagenbeispielen behandelt. Abschließend wird dann noch auf einige weitere Winde im Mittelmeergebiet eingegangen. Die Windsignatur in den Wetterkarten ist in Knoten.

Die regionalen Winde im Mittelmeer



2. Etesien

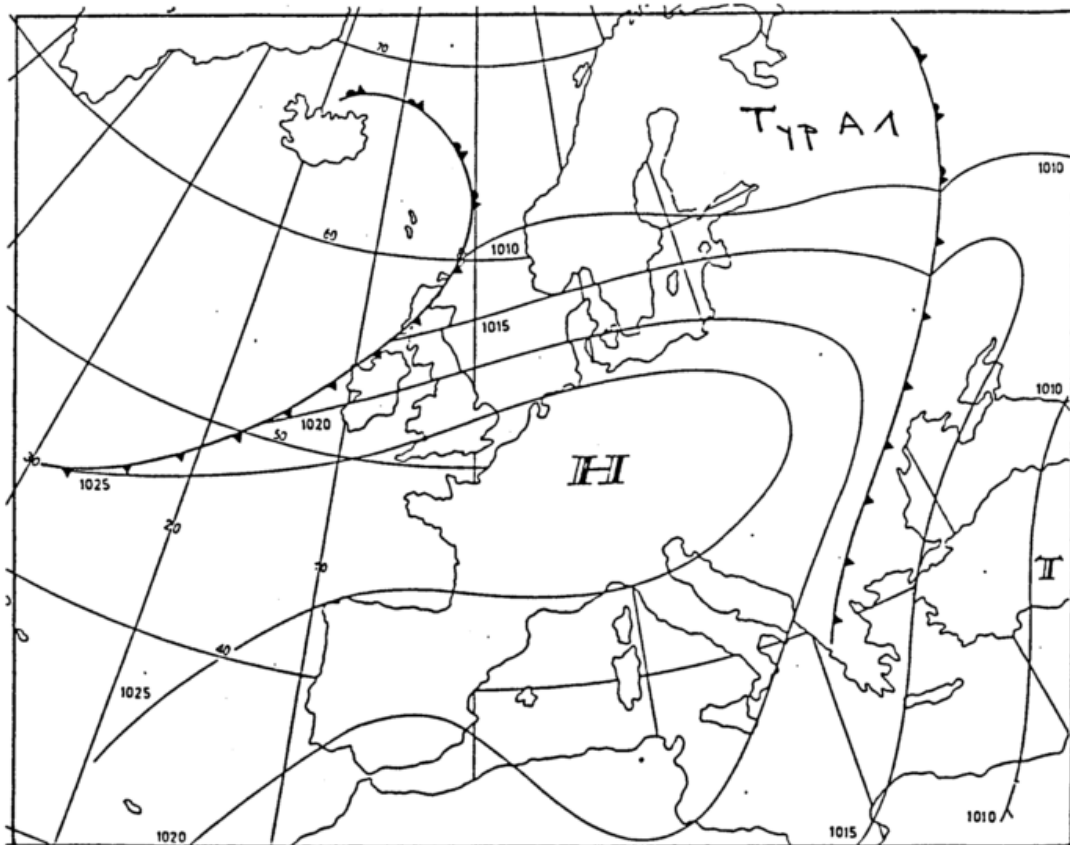
Vom Mai bis September wehen über der Ägäis und dem östlichen Mittelmeer mit hoher Beständigkeit die Etesien, synoptisch bedingt durch das sommerliche Hitzetief über Vorderasien und hohen Druck über Süd- und Osteuropa oder dem westlichen Mittelmeer. Es handelt sich dabei um überwiegend nordöstliche Winde im Nordteil der Ägäis, um nördliche Winde in der mittleren und südlichen Ägäis sowie um nordwestliche Winde bei Rhodos und nahe der türkischen Südküste. Ihre größte mittlere Intensität erreichen die Etesien mit 5 Bft im Juli und August über der zentralen Ägäis (siehe Abbildungen für Juli und August auf S.5).



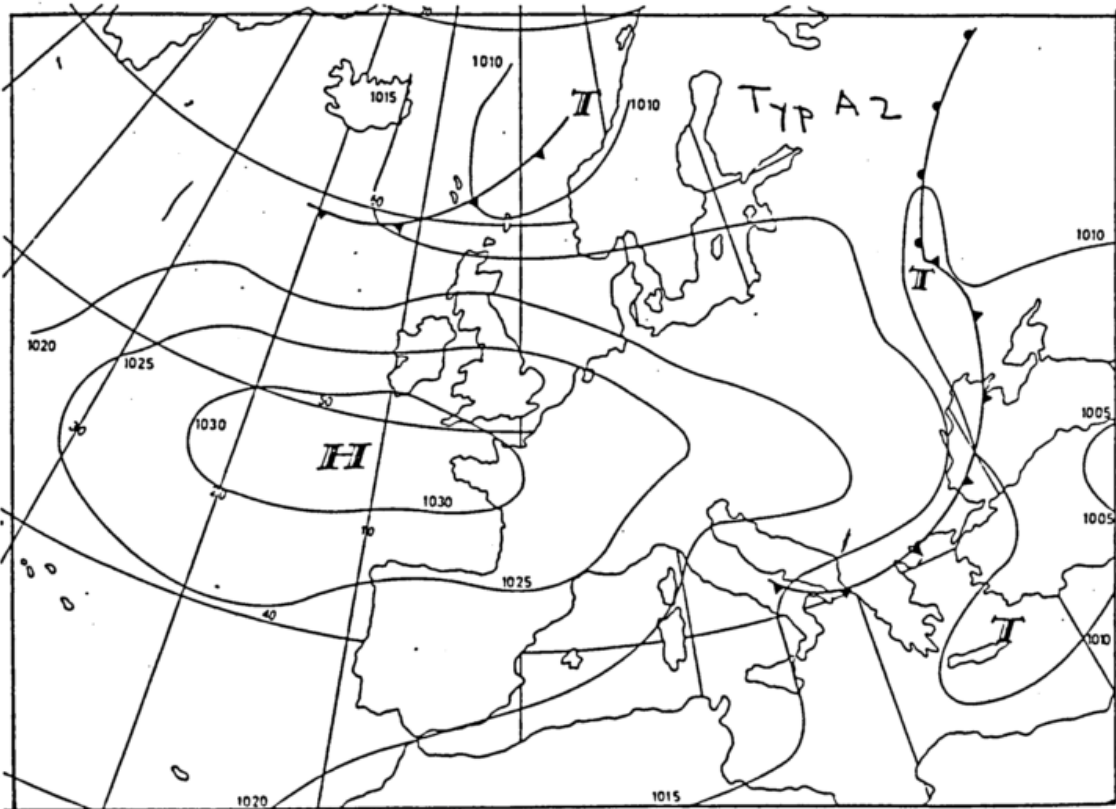
Es ist meist kontinentale erwärmte Polarluft, die herangeführt wird, zeitweise aber auch kontinentale Tropikluft aus Südrußland und dem Gebiet des Kaspischen Meeres. Die Sicht ist sehr gut und der Himmel wolkenlos. Unterbrechungen sind nur von kurzer Dauer und sehr selten. Zu einer solchen Störung der Etesien kommt es, wenn ein Tief im Sommer ostwärts über Griechenland hinwegzieht, so daß der Wind dann vorübergehend auf südliche Richtungen dreht. Auf Grund synoptischer Kriterien lassen sich 6 verschiedene Etesien-Wetterlagen unterscheiden:

A 1. Es handelt sich um den klassischen Etesien-Typ. Dabei ist das Azorenhoch gegenüber dem jahreszeitlichen Mittel etwas nach Norden verschoben, und ein kräftiger Hochkeil erstreckt sich bis nach West- und Mitteleuropa. Gleichzeitig liegt ein Tief über Vorderasien, wobei die Druckgegensätze über dem östlichen Mittelmeer größer sind als über dem westlichen (siehe Abbildung Typ A 1, S. 6).

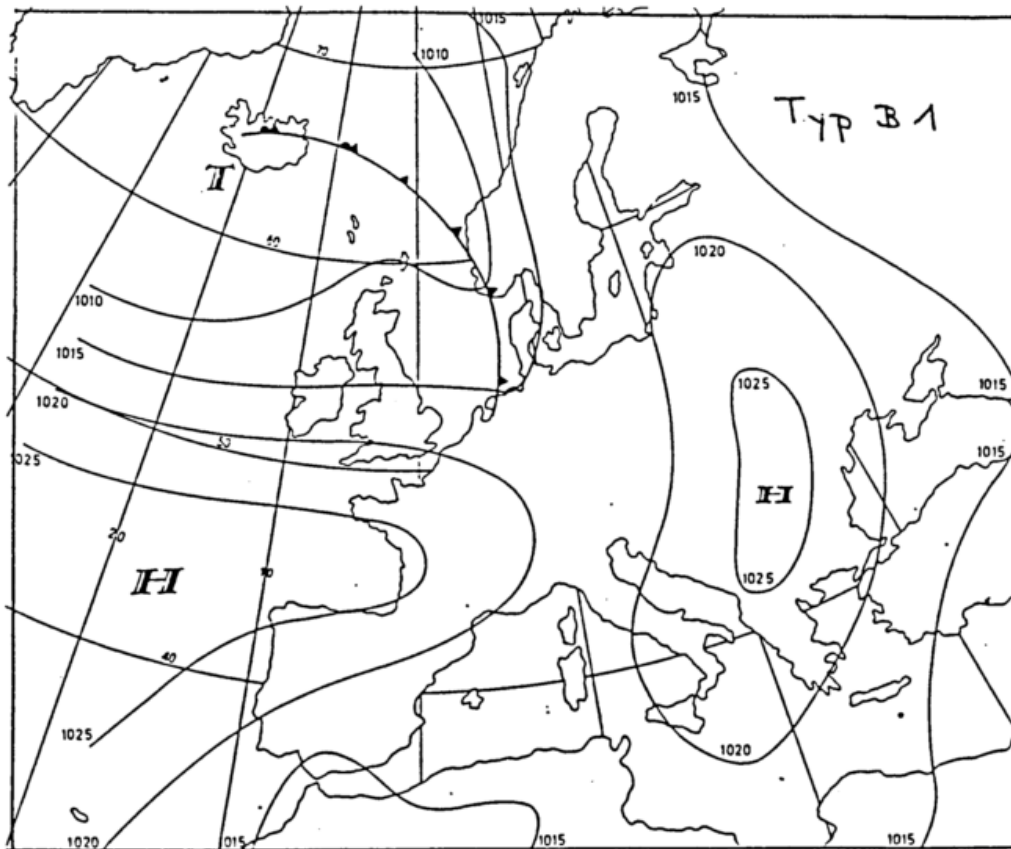
Diese Wetterlage tritt von allen 6 Typen am häufigsten auf. Sie ist durch wolkenlosen Himmel in der nördlichen Ägäis gekennzeichnet, während die Luftmassen weiter im Süden so viel Wasserdampf aufgenommen haben, daß es im Bereich der Inseln zumeist zur Cumuluswolkenbildung kommt.



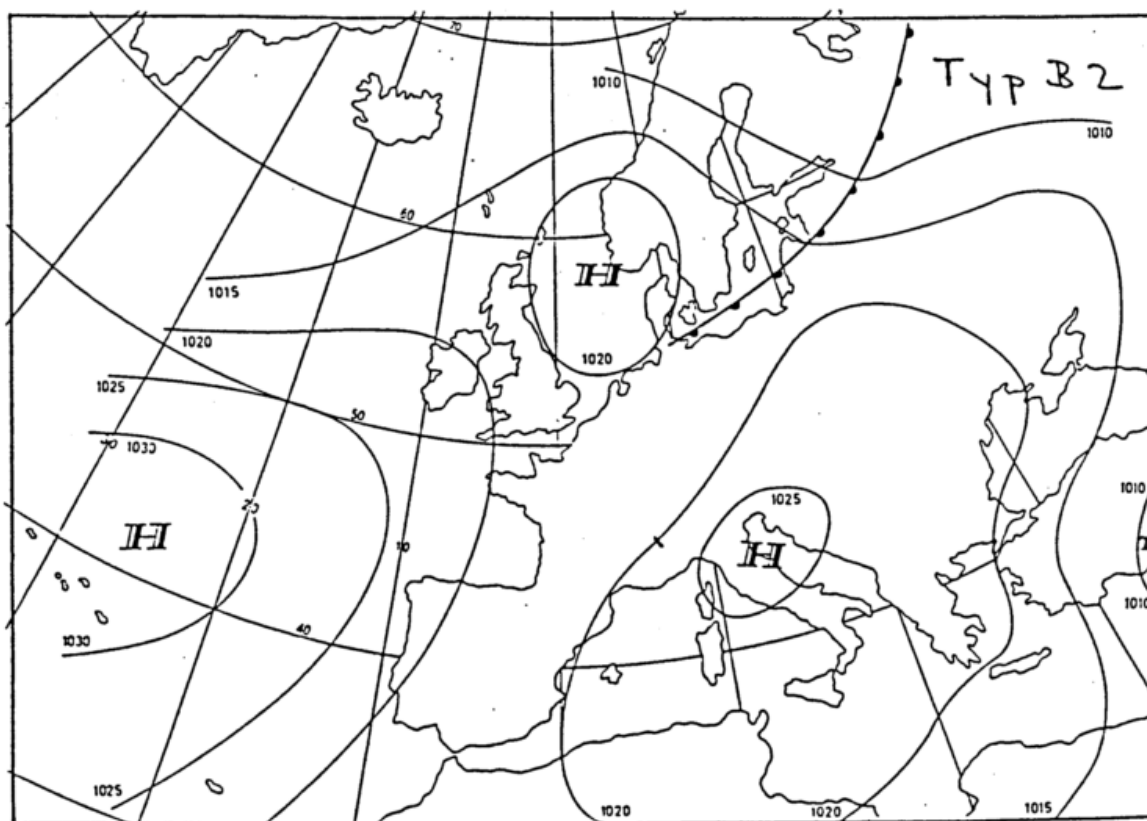
A 2. Bei diesem Typ ist das Azorenhoch gegenüber dem klassischen Typ etwas nach Osten verschoben. Der wesentliche Unterschied besteht jedoch darin, daß sich bei Zypern ein Sekundärtief gebildet hat, so daß besonders im Südteil der Ägäis oft große Druckdifferenzen mit entsprechend hohen Windgeschwindigkeiten auftreten (siehe Abbildung Typ A 2, S. 7). Das häufigste Auftreten dieser Etesien-Wetterlage ist im Juli und der ersten Augushälfte.



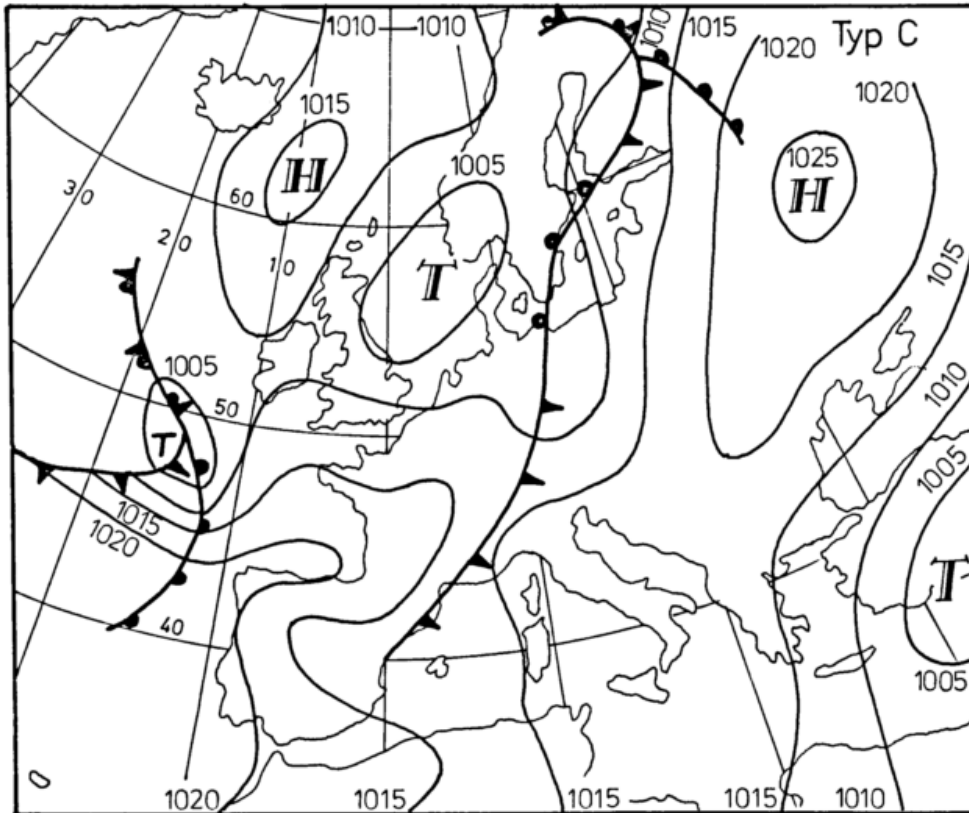
B 1. Maßgebend für diese Etesien-Wetterlage ist ein eigenes, abgeschlossenes Hoch über Mittel- und Südeuropa, das sich vom Azorenhoch abgelöst hat, mit einem Keil bis ins zentrale Mittelmeer, wobei das vorderasiatische Tief keinen unmittelbaren Einfluß mehr auf die Ägäis hat (siehe Abbildung Typ B 1). Auch in diesem Fall können durch das antizyklonale Ausströmen aus dem Hoch Windstärken bis 8 Bft vorkommen.



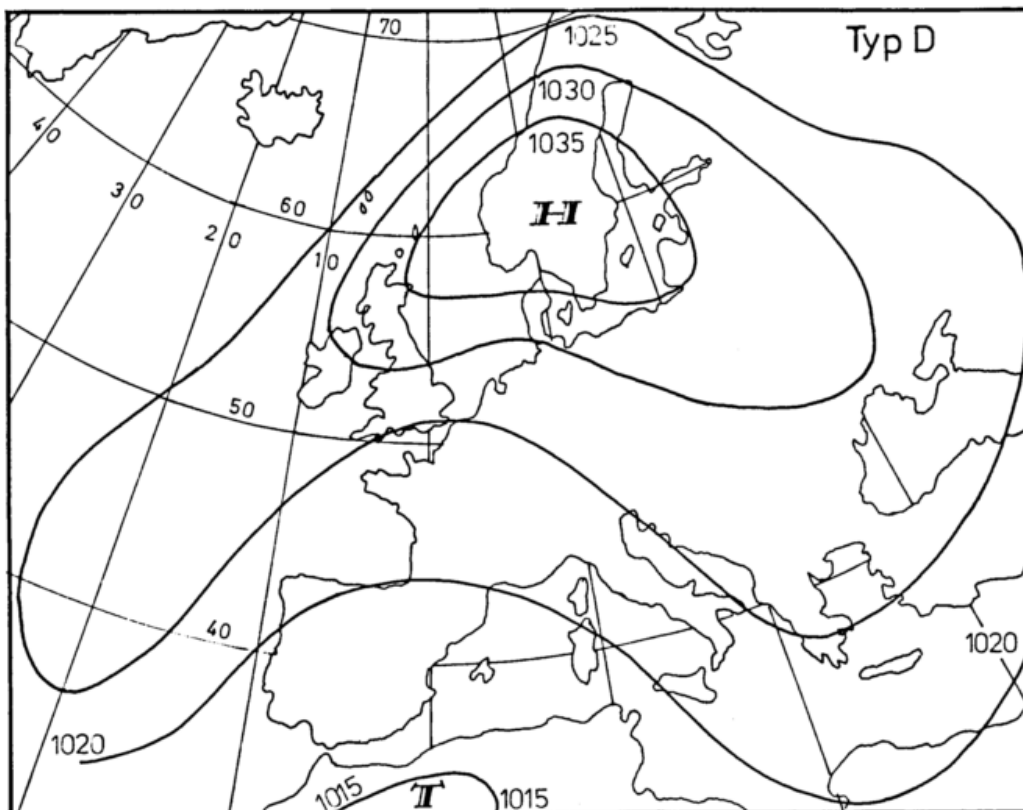
B 2. Auch bei diesem Etesien-Typ ist für den Druckgradienten die europäische Antizyklone ausschlaggebend, die ihren Schwerpunkt über Italien oder der Adria hat. Charakteristisch ist jedoch ein Trog, der sich vom vorderasiatischen Tief nordwestwärts bis in die Ägäis hinein erstreckt (siehe Abbildung Typ B 2). Die Wetterlagen B 1 und B 2 werden vor allem im Juli, August und September beobachtet.



C. Diese mehr zyklonale Etesien-Wetterlage ist dadurch gekennzeichnet, daß sich über dem östlichen Mittelmeer ein Trog oder ein abgeschlossenes Tief ausbildet (wie bei A 2), wodurch Windrichtung und -stärke überwiegend bestimmt werden. Gleichzeitig liegt das Zentrum hohen Druckes über Rußland, und ein kräftiger Keil reicht bis ins zentrale Mittelmeer (siehe Abb. Typ C, S.9). Am häufigsten tritt dieser Typ im September auf.



D. Bei diesem rein antizyklonalen Etesien-Typ ist das dominierende Druckgebilde ein umfangreiches nordeuropäisches Hoch mit einem kräftigen sich bis ins östliche Mittelmeer erstreckenden Keil (s. Abb. Typ D.). Diese Wetterlage ist sehr beständig und kommt vor allem im September vor.



Während den zyklonalen Etesien-Typen folgende charakteristische Verteilung der Windrichtung von Norden nach Süden in der Ägäis gemeinsam ist: Nordost - Nord - Nordwest, überwiegt bei den antizyklonalen Wetterlagen in der gesamten Ägäis eine mehr nordöstliche Windrichtung.

Als Beispiel sei hier eine Etesienlage zwischen dem 19.07. und dem 28.07.1989 erwähnt.

Am 19.07.1989 lag ein Hoch von 1026 hPa über der südwestlichen Nordsee mit einem Keil von 1015 hPa im Karpatenraum. Andererseits zeigte sich ein nahezu stationäres Hitzetief von 1005 hPa über Vorderasien, dessen Trog mit 1010 hPa bis in die südliche Ägäis reichte. So herrschten im Seegebiet östlich von Griechenland und bei Kreta zunächst schwache nördliche Winde. Aber bereits am nächsten Tag kam es zu einer Gradientverschärfung, da der Druck über Südosteuropa gestiegen war, so daß der Wind bereits bis 5 Bft zunahm. Ab 21.07.1989 wurde dann Windstärke 6 Bft erreicht. Der Höhepunkt trat am 23.07.1989 auf (siehe Abbildung 1), nachdem sich ein eigenständiges Hoch von 1025 hPa über Rumänien gebildet hatte.

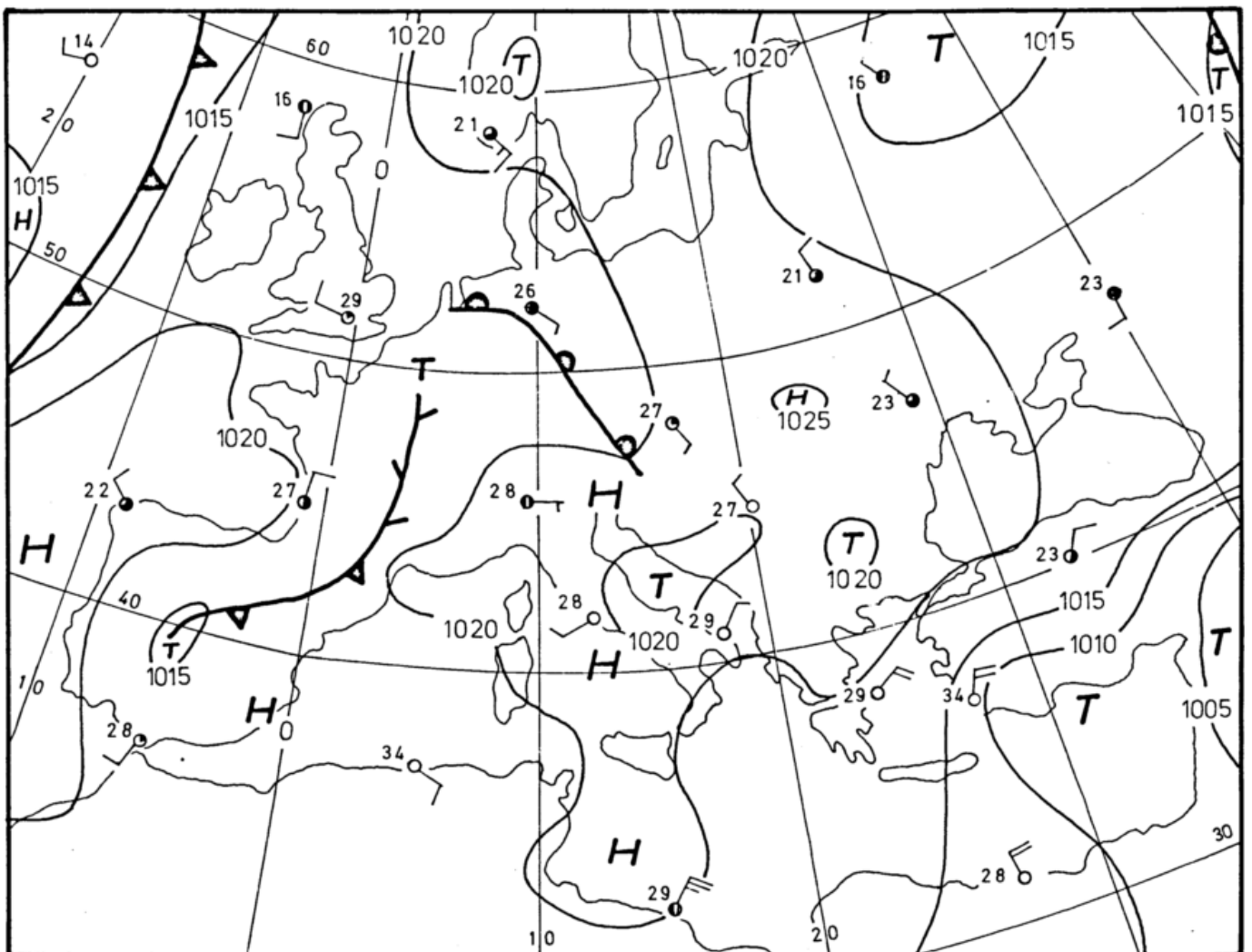


Abb. 1

Gleichzeitig fiel der Luftdruck im bis in die Ägäis hineinreichenden Trog des Vorderasien-Tiefs und dicht westlich von Zypern entstand ein Sekundärtief von 1006 hPa, erkennbar am schwachen Nordnordwestwind der türkischen Station Antalya, während bei gleichem Luftdruck in Larnaca Airport auf Zypern ein schwacher südlicher Wind beobachtet wurde.

Athen meldete zu diesem Zeitpunkt einen Druck von 1018,7 hPa und Bodrum/Türkei 1010,2 hPa, so daß sich eine Druckdifferenz von 8,5 hPa ergab, woraus ein Mittelwind von 7 Bft zwischen den beiden Stationen resultiert. In der Wetterkarte vom 23.07.1989 12 UTC zeigt sich sehr deutlich eine starke Drängung der 1010 hPa- und der 1015 hPa-Isobare zwischen der türkischen Südwestküste und dem Seegebiet östlich von Kreta, so daß in diesem Streifen Nordwind der Stärke 8 Bft auftrat. Das ist für sommerliche Verhältnisse ein hoher Wert, und man muß davon ausgehen, daß zwischen der von Nord nach Süd verlaufenden westtürkischen Küste und den vorgelagerten Inseln wie Lesbos, Chios, und Samos durch Düseneffekte noch höhere Windgeschwindigkeiten aufgetreten sind, die zum Teil um 2 Bft nach oben hin abweichen können, d.h. es wird an solchen exponierten Stellen Windstärke 10 Bft geherrscht haben. Anders verhält es sich an der westostwärts ausgerichteten südtürkischen Küste, wo durch Leewirkung bei solchen Wetterlagen eine deutliche Abschwächung des Windes eintritt.

Ab 24.07.1989 verlagerte sich das südosteuropäische Hoch langsam nordwärts zum Baltikum und schwächte sich später ab, während das vorderasiatische Tief bis zum 28.07.1989 seine Intensität beibehielt. So kam es nach dem Windstärkemaximum am 23.07.1989 in den Folgetagen zu einer allmählichen Windabnahme, bis am 28.07.1989 nur noch Windstärke 3 Bft aus Nord bis Nordost herrschte.

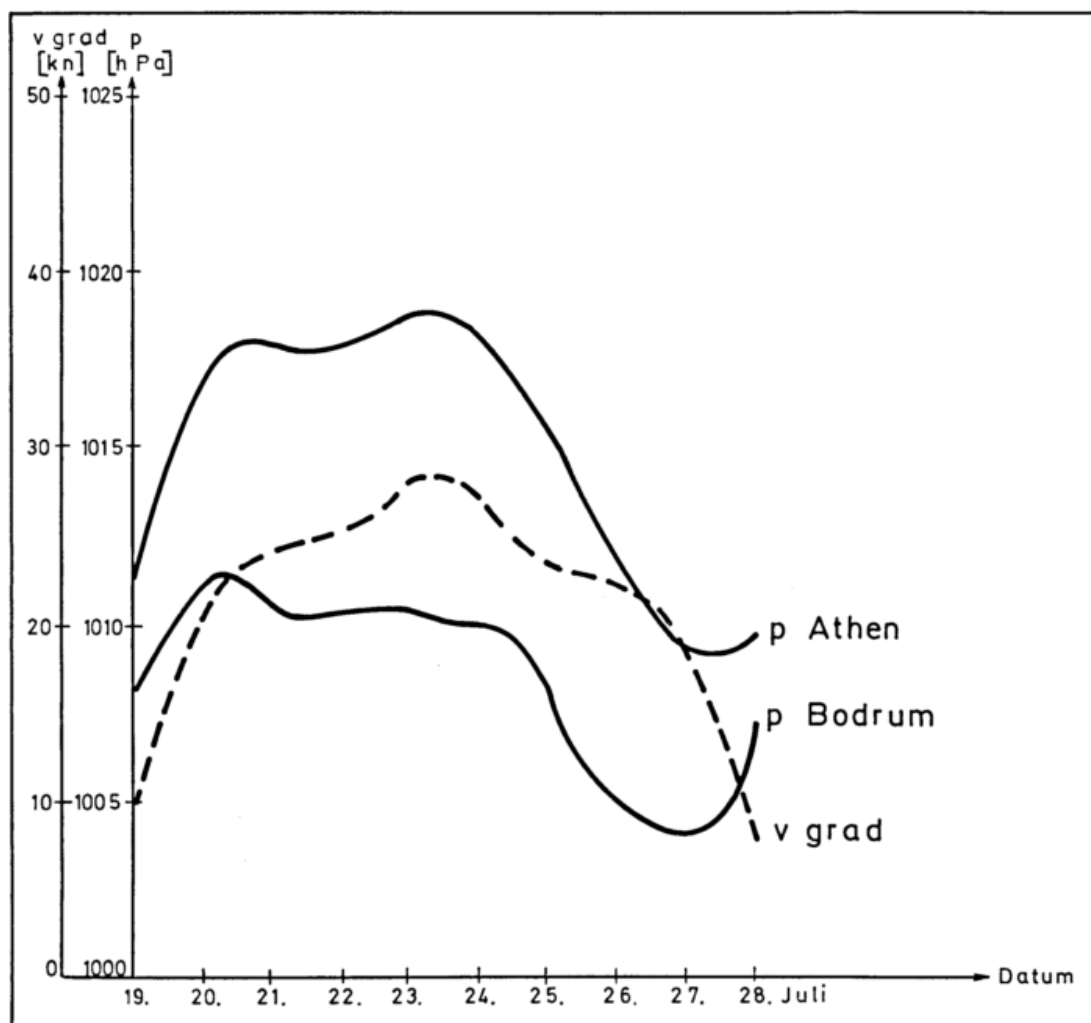


Abb. 2

In einem Diagramm (s. Abb. 2, S. 11) sind einmal der Druck von Athen und Bodrum/Türkei sowie der an Hand der Druckdifferenz Δp zwischen diesen beiden Stationen errechnete Wind v grad in dem Zeitraum vom 19.07. bis 28.07.1989 eingetragen.

Zwar beträgt auf Grund der Reibung die tatsächliche Windstärke meist nur etwa 2/3 der berechneten, andererseits erfassen die beiden genannten Stationen nicht nur das Gebiet des stärksten Druckgradienten sondern auch den meist schwachgradienten Hochkeil bei Athen. Daher dürfte der berechnete Wind (v grad) auf See in etwa der tatsächlich aufgetretenen Windstärke entsprechen.

Ab 23.07.1989 erreichte die Windstärke bei maximalem Δp auch ihren höchsten Wert, dagegen herrschte am Anfang und Ende der Periode nur wenig Wind.

Diese Etesienlage zwischen dem 19.07. und dem 28.07.1989 kann dem Typ B 2 zugeordnet werden, aber genauso wie es Schwankungen bei der Windgeschwindigkeit gibt, kann auch ein Etesientyp in den anderen übergehen.

2.1 Winterlicher Kaltluftausbruch in die Ägäis

Keine Etesien sind die gefürchteten Nordoststürme des Winterhalbjahres in der nördlichen Ägäis, verbunden mit zum Teil heftigen Ausbrüchen kontinentaler Polarluft aus dem russischen Raum. Es handelt sich dabei um mehr boraartige Winde. Im Golf von Thermai südlich von Thessaloniki und im Doro-Kanal (Durchfahrt Euböa/Andros) entsteht dann der berühmte Vardarac aus nördlichen Richtungen.

Ein sehr gutes Beispiel für eine solche Wetterlage findet man am 04.03.1987 mit einem Sturmtief von 999 hPa über der südwestlichen Türkei (s. Abb. 3).

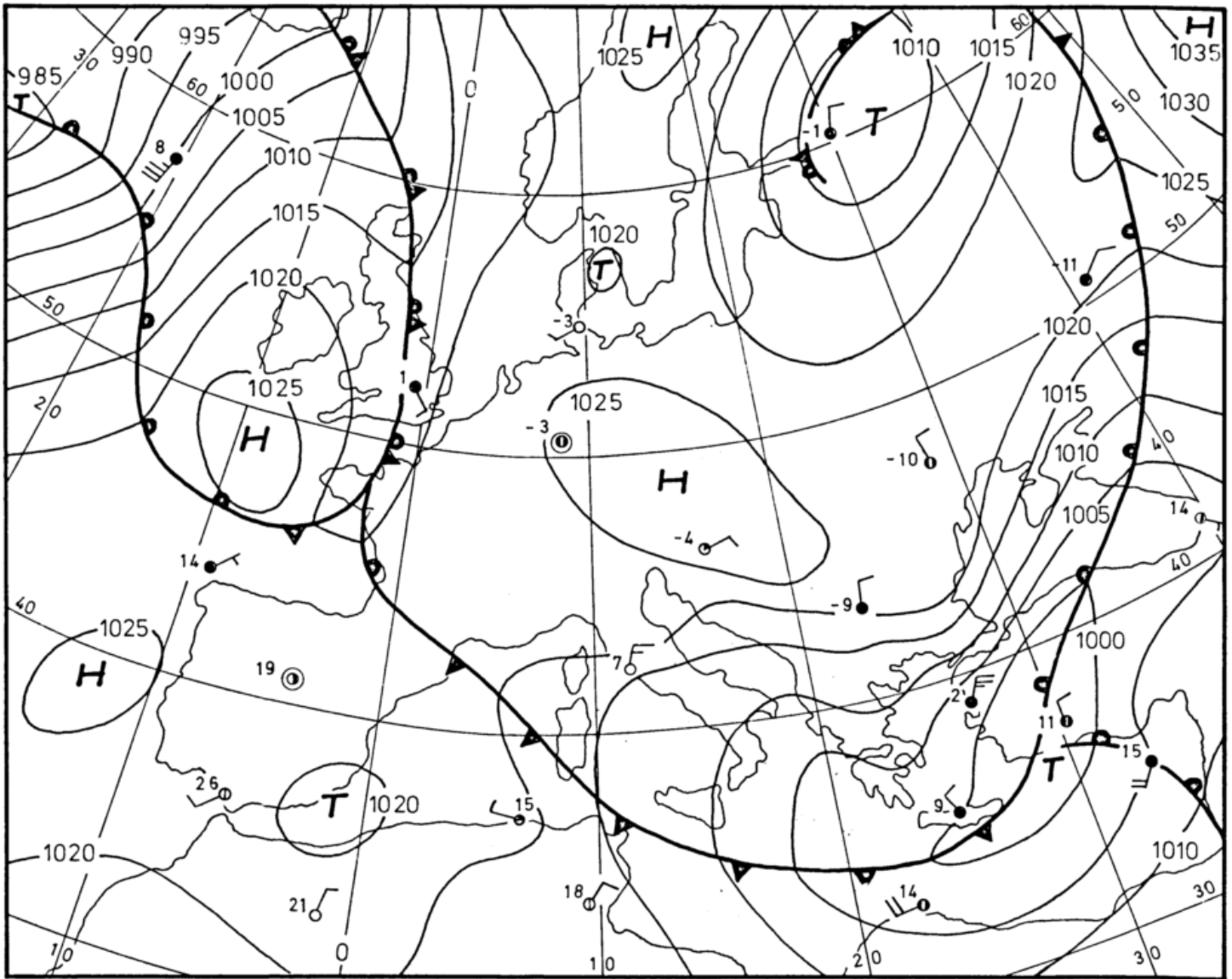


Abb. 3

Es ging aus dem Teiltief eines kräftigen Wirbels über der Irmingersee und südöstlich von Island hervor. Am 02.03.1987 war es über Holland entstanden und dann innerhalb von 24 Std. über die Alpen zur südlichen Adria gezogen. Durch ein gleichzeitig zwischen dem 03.03. und 04.03.1987 von der Nordsee zum südlichen Mitteleuropa wanderndes Hoch kam es über der Ägäis zu sehr großen Druckgegensätzen und damit zu einem schweren Nord- bis Nordoststurm mit Zufuhr sehr kalter Festlandsluft. Ein Wintereinbruch mit intensiven Schneefällen über Griechenland und der westlichen Türkei war die Folge, wie er Anfang März nur selten vorkommt. Dieser Fall gilt als Jahrhundertereignis, denn es wurde innerhalb kürzester Zeit der gesamte Verkehr durch ergiebige Schneefälle mit gewaltigen Verwehungen lahmgelegt. In Istanbul wurde anschließend bei Temperaturen um minus 5 Grad C eine Schneedecke von 70 cm gemessen.

3. Bora

Die Bora ist ein durch Fallböen verstärkter Wind an der gebirgigen Küste Jugoslawiens. Bei den mitgeführten Luftmassen handelt es sich um kontinentale Kaltluft, die aus nordöstlichen Richtungen durch die Triest-Ebene oder über die jugoslawischen Berge in die Adria einfällt. Wichtig für die Entstehung einer Bora ist ein Hoch oder Hochkeil über Mittel- oder Nordosteuropa und tiefer Druck im zentralen Mittelmeerbereich (siehe folgende Abbildungen), wobei es häufig über der Adria zu zusätzlichen zyklonalen Entwicklungen kommt, was zu einer weiteren Windverstärkung führt. Wichtigste Bedingung für das Auftreten ist jedoch, daß der Druck nördlich bzw. nordöstlich der Berge höher ist als südlich davon.

Fallwinde treten überall dort auf, wo eine scharfe thermische Trennung zwischen einem kalten Hochplateau und einer warmen Ebene, z.B. Wasseroberfläche, vorliegt. Das Abfließen der Kaltluft wird um so intensiver, je kälter die höhere Schicht im Vergleich zur unteren und je stärker die topographischen Neigungen sind. Dann addiert sich nämlich zur Kraft des Druckgradienten die Schwerkraft. Von entscheidender Bedeutung ist, daß ein zunächst stetiger Luftstrom, der durch ein Hindernis wie z.B. eine Bergkette gestört wird, bis zu einer kritischen Hangneigung stabil bleibt. So breiten sich kleine Anfangsstörungen in der Strömung als Wellen aus, die aber durch Reibung wieder abklingen. Wird der kritische Winkel der Hangneigung von ca. 1:100 überschritten, so wachsen kleine Anfangsstörungen exponentiell mit der Zeit an, so daß die Strömung instabil d.h. turbulent wird. Dabei laufen diese Störungen schneller als die allgemeine Strömung, d.h. sie eilen der Strömung voraus. Dadurch entsteht die stark böige Struktur der kalten Fallwinde.

Eine Bora-Periode dauert im Mittel 2 Tage, manchmal auch 5 Tage. Die längste bisher bekannt gewordene umfaßte sogar 30 Tage. Es gibt Fälle, wo nur eine Sturmbö auftritt und vor- und hinterher nur schwacher Wind herrscht.

Die Stärke der Bora hat einen Tagesgang. Der Seewind wirkt ihr entgegen, so daß nachmittags die geringsten, morgens zwischen 07.00 und 11.00 Uhr sowie abends von 18.00 bis 22.00 Uhr die größten Windgeschwindigkeiten gemessen werden. Gegen Mitternacht ist ein Minimum zu verzeichnen.

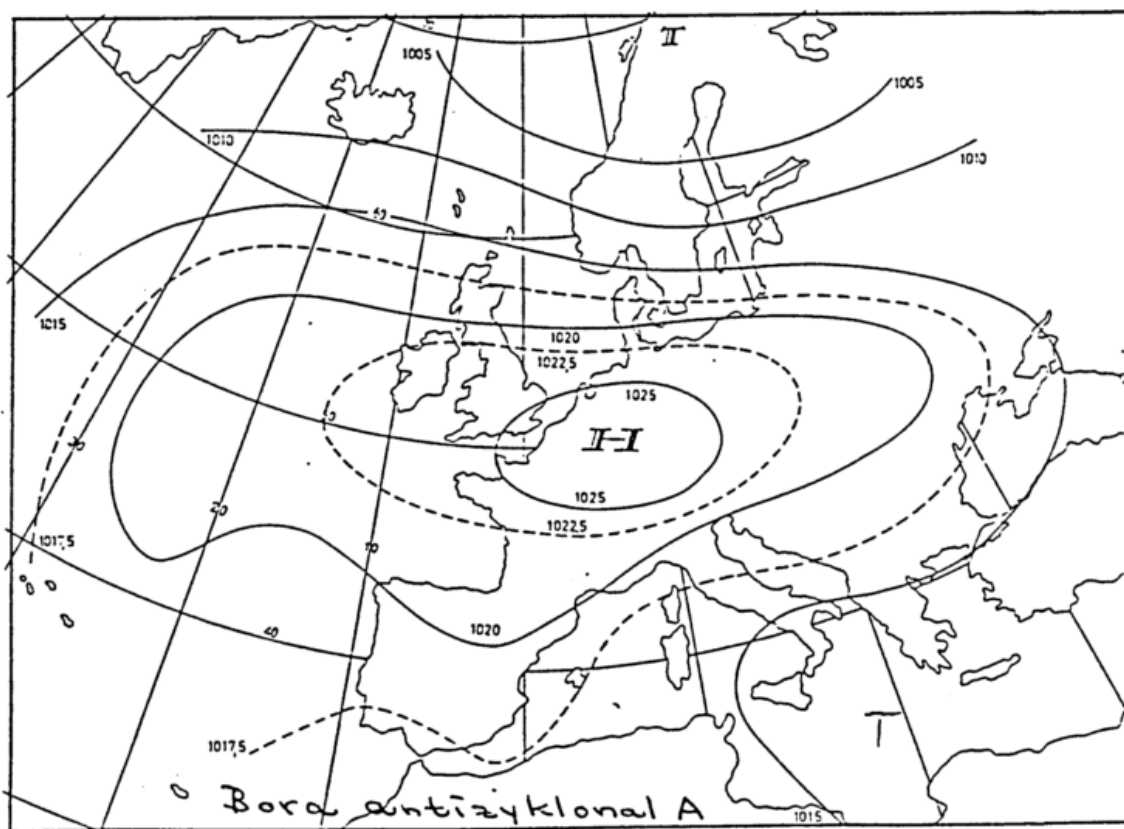
Mit zunehmendem Abstand von der jugoslawischen Küste nimmt die Bora an Häufigkeit und Stärke ab. Sie ist jedoch zwischen Triest und der italienischen Küste von Venedig bis Ancona zuweilen sehr heftig.

An der Küste Jugoslawiens verliert die Bora von Nord nach Süd an Häufigkeit und Stärke. Dabei vermindern Küstenebenen die Windgeschwindigkeit erheblich, während die Fallwinde ihre größte Intensität dort aufweisen, wo hohe Berge dicht an die Küste herantreten. Das ist z.B. in der Gegend von Dubrovnik und von Kotor bis Ulcinj der Fall. In Tälern und Rinnen, die in Windrichtung verlaufen, ist der Wind so stark (Düseneffekte), daß keine Bäume wachsen können, wie z.B. bei Senj. Solch hohe Windgeschwindigkeiten sind auch in den vorgelagerten Seegebieten anzutreffen.

Die Bora-Wetterlagen lassen sich in zwei antizyklonale und zwei zyklonale Typen einteilen:

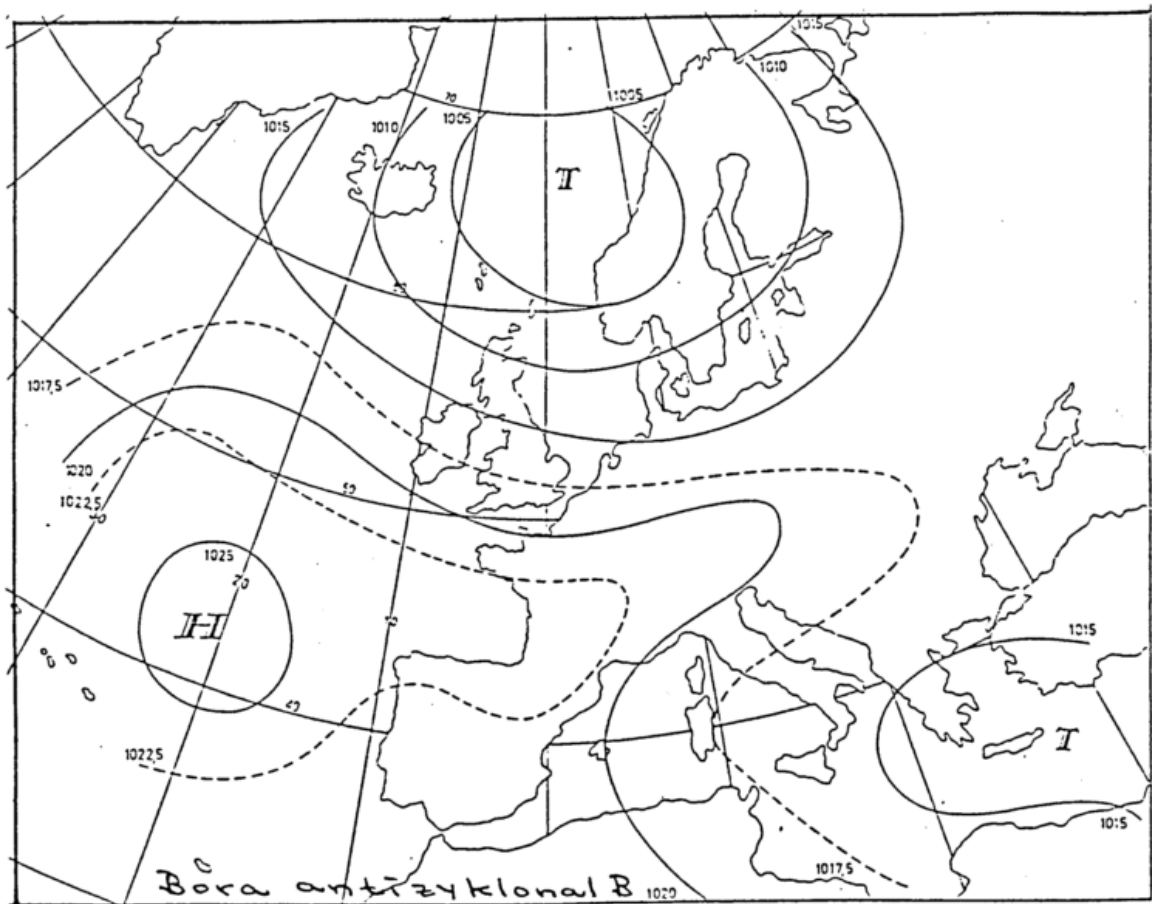
Antizyklonal A:

Die Bora tritt im Südostteil eines umfangreichen mitteleuropäischen Hochs auf (siehe Abbildung Antizyklonal A). Mit nordöstlichen Winden werden Luftmassen aus dem südrussischen Raum ins Bora-Gebiet transportiert.



Antizyklonal B:

Ein Keil des Azorenhochs reicht bis nach Osteuropa, und der tiefe Druck bleibt auf das östliche Mittelmeer beschränkt (siehe Abbildung Antizyklonal B ,S.16), so daß über dem Bora-Gebiet ebenfalls ein Nordostwind weht. Gegenüber A ist der Hochdruckeinfluß jedoch geringer.

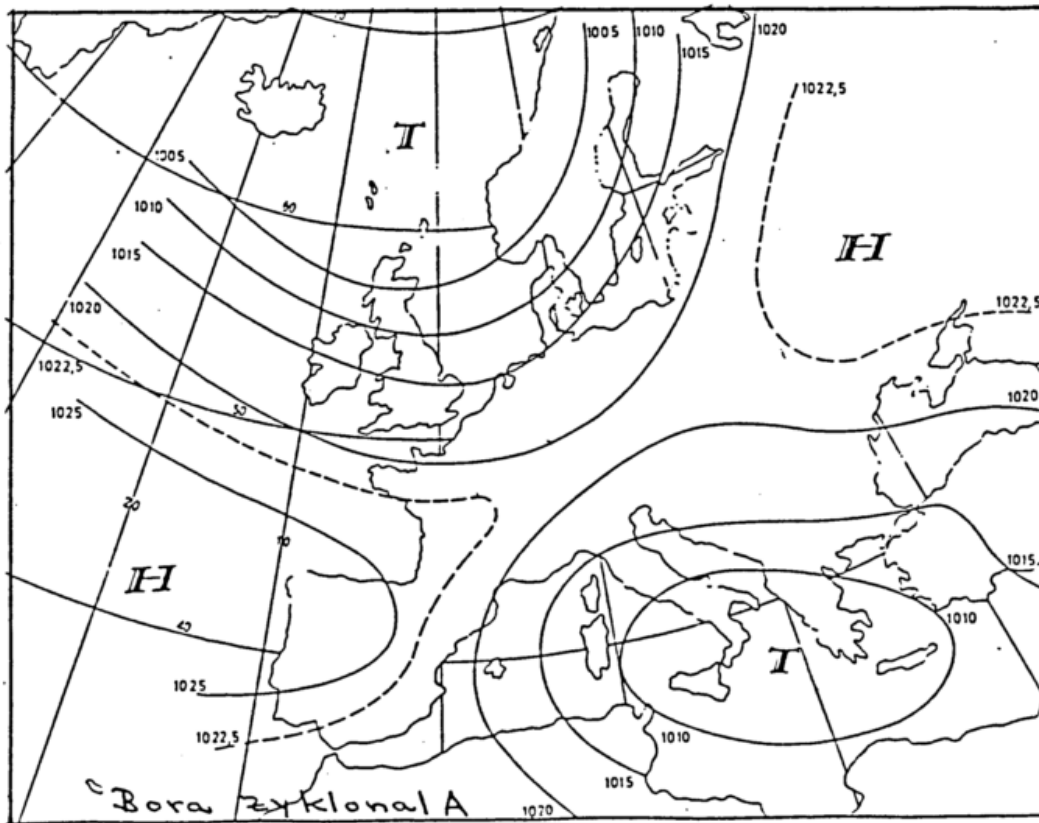


Bei antizyklonaler Bora ist die Festlandsluft kalt und trocken, so daß Wolkenbänke nur an den Bergkämmen vorkommen. Die absinkende Luft ist wolkenlos und erst in einiger Entfernung von der Küste entstehen über dem warmen Wasser der Adria Cumuluswolken.

Die Bora setzt meist mit der Passage einer Kaltfront ein, der bei einer längeren Bora-Periode weitere sekundäre Kaltfronten folgen. Zwischen ihnen tritt vorübergehend Windabnahme ein. Jede Kaltfront beginnt mit sehr starken Böen, bevor auch der Mittelwind häufig bis Sturmstärke zunimmt. Da eine solche Staffel kaum Bewölkung aufweist und auch der vorauslaufende Druckfall gering ist, gibt es kaum eine Warnung vor den plötzlich einsetzenden Böen. Wegen des quer über die Adria wehenden Windes bietet die italienische Küste keinen Schutz. Deshalb sind Bora-Wetterlagen besonders für Segelboote sehr gefährlich.

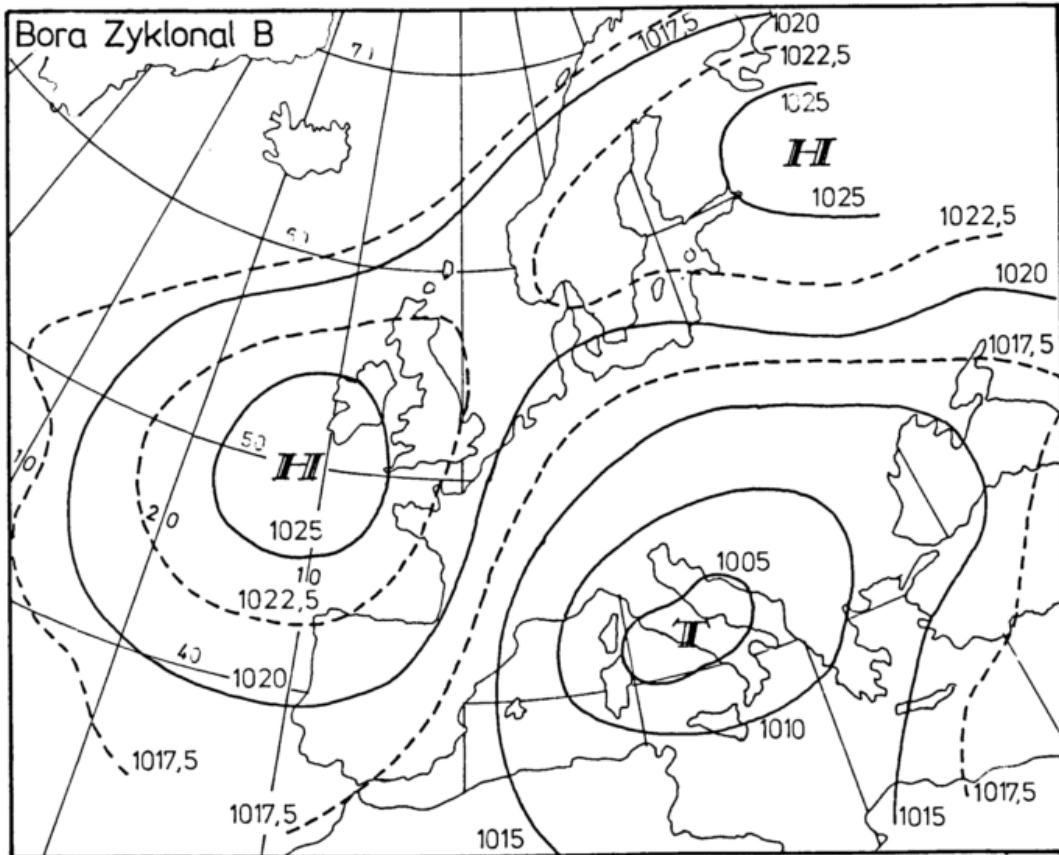
Zyklonal A:

Ein Tief mit Kern über Italien oder dem Ionischen Meer schließt das Bora-Gebiet ein, wobei seine Fronten einen großen Bereich südlich der Alpen bis zum Balkan hin überdecken (siehe Abbildung Zyklonal A). Gleichzeitig herrscht oft auch über dem gesamten nordwesteuropäischen Raum tiefer Druck.



Zyklonal B:

Bei tiefem Druck über ganz Italien und der Adria kommt es im Nordteil der Adria zu Nordostwinden (siehe Abbildung Zyklonal B, S. 18). Hoher Druck erstreckt sich andererseits von den Britischen Inseln über Skandinavien nach Nordostrußland.



Die zyklonale Bora ist gefährlicher als die antizyklonale Bora, da sie meist von noch schwereren Sturm- oder Orkanböen begleitet wird. An der Nordseite des Tiefs treten in der Kaltluft durch Hebung wärmerer Luft oft heftige Niederschläge auf; im Winter kommt es über Jugoslawien zu starken Schneefällen mit Verwehungen, insbesondere dann, wenn die Luftmasse im Warmsektor sehr feucht ist (siehe Wetterbeispiel vom 09.02.1984, Abbildung 4, S.19).

Als Beispiel für eine zyklonale Bora sei hier eine Lage zwischen dem 09.02. und dem 13.02.1984 erwähnt, die eine selten beobachtete Intensität erreichte. Am 07.02.1984 um 00 UTC bildete sich eine Wellenströmung von 1000 hPa über der Labradorsee, die bereits 24 Std. später mit 985 hPa Schottland erreichte und dann scharf nach Südosten abbog, da ein kräftiger Ast der Höhenströmung ins westliche Mittelmeer und in die Adria zeigte. Am 08.02.1984 um 12 UTC lag das Tief mit 980 hPa über Nordwestdeutschland und füllte sich auf, aber starker, großräumiger Druckfall an seiner Südseite bis zu 7,1 hPa pro 3 Std. Über dem westlichen Mittelmeerraum und Italien kündigten heftige zyklogenetische Prozesse in der dortigen Region und damit die schnelle Bildung eines neuen Wirbels an.

So entstand am Okklusionspunkt über der Schweiz ein Tief, das am 09.02.1984 um 12 UTC als kräftiges Sturmtief von 980 hPa über der südlichen Adria zentriert war (siehe Abbildung 4, S.19).

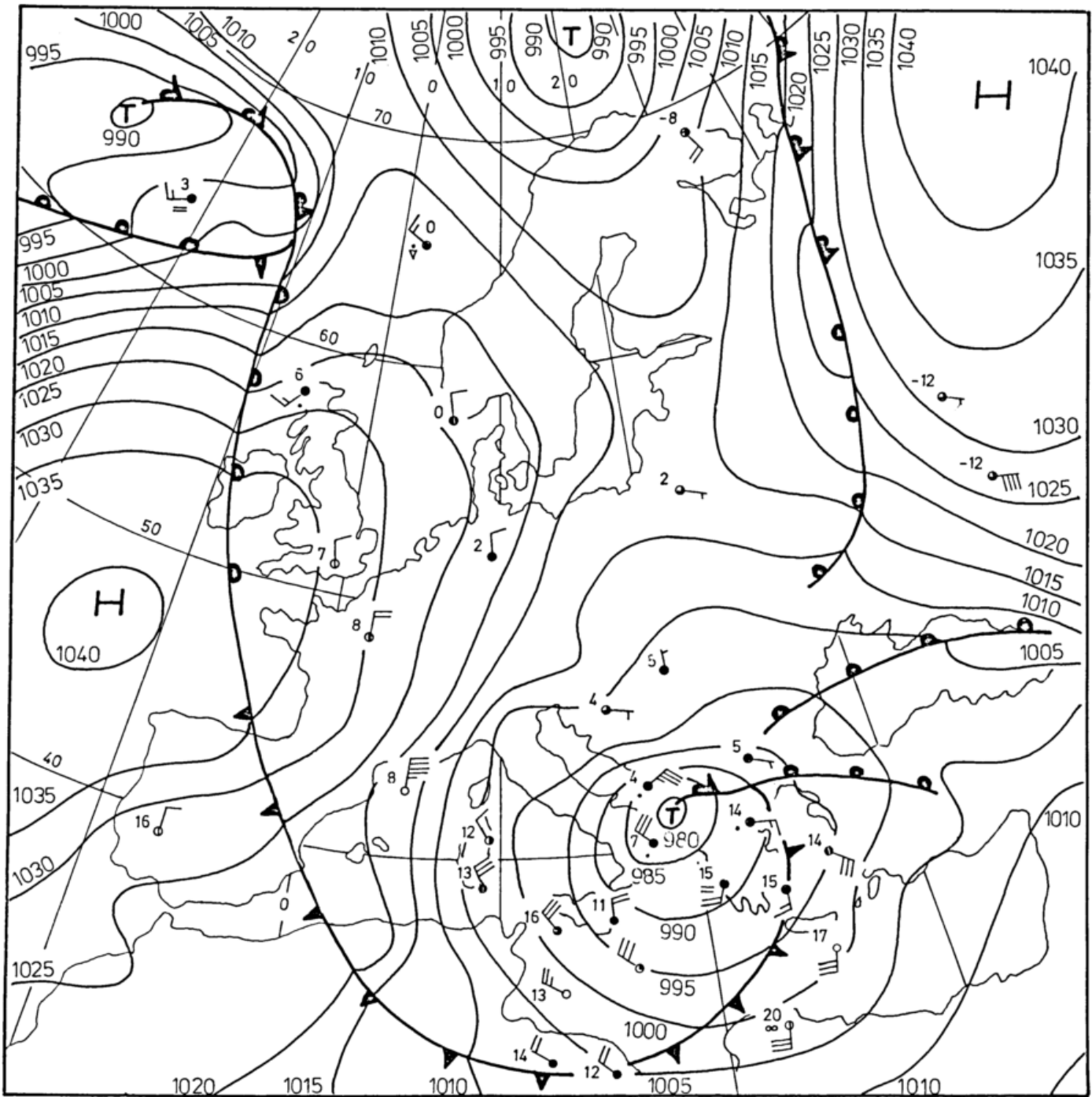


Abb. 4

An seiner Nordseite kam es über der Adria und dem Balkan zu schwerem Nordoststurm mit Orkanböen und heftigen Niederschlägen, die im jugoslawischen Bergland als Schnee fielen und dort durch gewaltige Verwehungen zu katastrophalen Verkehrsverhältnissen führten. Die alpinen Skiwettbewerbe bei den in Jugoslawien stattfindenden olymischen Winterspielen mußten wegen starken Schneetreibens mehrfach unterbrochen bzw. verschoben werden. Über dem westlichen Mittelmeer tobte gleichzeitig ein heftiger Mistral.

Im weiteren Verlauf verlagerte sich das Azorenhoch langsam nach Osten in Richtung Biskaya sowie zum Süden der Britischen Inseln und schob einen verstärkenden Keil bis ins südliche Mitteleuropa vor, was sich noch gradientverschärfend auswirkte. Da auch in den nächsten beiden Tagen der Luftdruck über Mittel- und Osteuropa ständig stieg, kam bis zum 11.02.1984 eine Verbindung zur russischen Antizyklone zustande.

Diese zyklonale Bora-Wetterlage, die dem Typ Zyklonal A/B zuzuordnen ist, dauerte bis zum 13.02.1984 an und endete erst, als sich das Adriatief zur Türkei verlagert und dabei stark abgeschwächt hatte. Der Grund der langen Andauer hatte seine Ursache in einem abgeschlossenen Höhentief über Italien und der Adria in Verbindung mit dieser Sturmzyklone, das durch Abschnürung eines vom Nordmeertief bis in den Raum Sizilien reichenden scharfen Höhentrog mit Temperaturen bis minus 35 Grad C im 500 hPa-Niveau am 10.02.1984 entstanden war (cut-off-Prozeß), und dort mehrere Tage stationär verharrte.

Boralagen treten das ganze Jahr über auf, im Winter allerdings wesentlich häufiger als im Sommer (siehe Tabelle).

3.1 Tabelle: Tage mit Bora im Triest

| Jan. | Feb. | März | Apr. | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. | Jahr |
|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0,4 | 0,8 | 0,1* | 2 | 3 | 5 | 6 | 39 |

- Maximum
* Minimum

Im Sommer überwiegt der antizyklonale Typ. Im Winter können zyklonale Bora-Wetterlagen, wie das Beispiel zeigt, über der Adria und dem Balkan zu heftigen Wintereinbrüchen führen.

4. Schirokko

4.1 Erscheinungsbild eines Schirokko

Als Schirokko wird im gesamten Mittelmeerraum ein sehr warmer oder heißer Wind aus südlichen Richtungen bezeichnet, der seinen Ursprung in der Sahara oder den Wüstengebieten Arabiens hat. Er kann das ganze Jahr über auftreten, hat jedoch ein Häufigkeitsmaximum im April und Mai.

Den Schirokko trifft man auf der Vorderseite eines Tiefs an, d.h. es handelt sich um die Strömung vor der Warmfront und im Warmsektor. Mit herannahender Kaltfront kommt es zu einer weiteren Windzunahme bis zur Sturmstärke. Die Intensität des Schirokkos hängt von der Zugbahn und dem Kerndruck des Tiefs ab. Ebenso wichtig sind die Druckgegensätze zum überwiegend im Osten oder Nordosten gelegenen Hoch. Im Winterhalbjahr, wenn die Tiefdrucktätigkeit im Mittelmeergebiet lebhafter ist, können diese so groß sein, daß die Wüstenluft weit nach Norden transportiert wird. Nach Mitteleuropa gelangt diese mit Saharastaub beladene Luftmasse im allgemeinen nur in der Höhe, und lagert sich dann als sogenannter Blutregen an Fahrzeugen oder Gebäuden ab. In seltenen Fällen setzt sie sich aber auch bis zum Boden durch.

Ausgangspunkt einer Schirokko-Lage ist in vielen Fällen ein Saharatief. Günstigste Voraussetzung für seine Entstehung ist, daß die atlantische Frontalzone mit einem Trog im 500 hPa-Niveau weit nach Süden bis in die westliche Sahara reicht (siehe Abbildung 5).

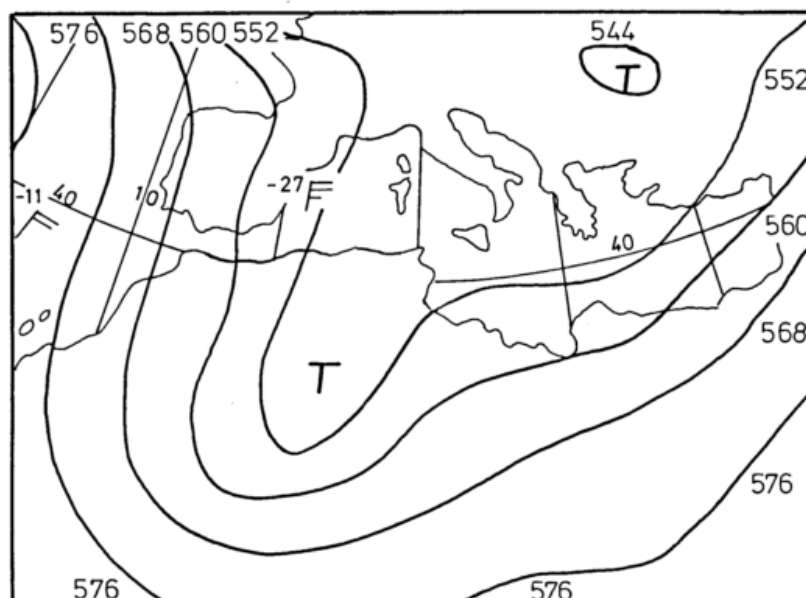


Abb. 5 Höhenwetterkarte 500 hPa-Niveau bei einer Schirokko-Lage in Italien, der Adria und im zentralen Mittelmeer

Bei nordwestlicher bis nördlicher Strömung besteht dann im Lee des Atlasgebirges eine zyklonale Strömungstendenz. Auf der Rückseite des Höhentroges fließt maritime Polarluft südwärts, während auf seiner Vorderseite als Kompensationsbewegung trockenheiße Wüstenluft nordwärts geführt wird.

Durch die starke Aufheizung der Luft am Boden der Wüste wird in der trockenen Luft eine sehr labile Schichtung erzeugt. Wegen der niedrigen Taupunkte, die häufig unter null Grad C liegen, ist es zunächst meist wolkenlos, jedoch werden im Bereich der Sahara-Zyklone durch die starken Bodenwinde große Staubmengen mitgeführt, die den blauen Himmel grau und die Sonne selbst im Zenit dunkelrot erscheinen lassen. Über dem Mittelmeer wird die Luft wegen des intensiven Vertikalaustausches stark mit Feuchtigkeit angereichert, und die Schichtung wird feuchtlabil. So können sich rasch Warmfronten mit zunächst geringer Wetterwirksamkeit entwickeln; später bilden sich großflächige Regengebiete und aufgrund der Feuchtlabilität kompakte Gewitterzellen. Die Folge sind hohe Stauniederschläge am Alpensüdrand und besonders im dalmatinischen Bergland in Jugoslawien, wo die große mittlere Jahresniederschlagsmenge in Crkvice nahe der Bucht von Cattaro mit 4630 mm zum Teil auf solche Schirokkolagen zurückzuführen ist.

Kriterien für ein heranziehendes Saharatief sind eine südliche bis südwestliche Höhenströmung, was man an Hand der Zugrichtung der Cirruswolken feststellen kann, und östliche Bodenwinde sowie (für dortige Verhältnisse) starker Druckfall. Am südwestlichen Horizont zeigt sich ein auffallender Dunstschleier, der mit Sichttrübung durch Staub zusammenhängt.

Der Druckfall kündigt das Herannahen einer Warmfront an, einhergehend mit einer Gradientverschärfung und somit Zunahme der östlichen Winde bis Sturmstärke. In unmittelbarer Küstennähe kann es durch Sandstürme zu einem Sichtrückgang bis etwa 100 m kommen. Weiter seewärts besteht durch eine Vermischung aus Sand, Niederschlag und Gischt an Deck eine große Rutschgefahr.

Ein zweites ausgeprägtes Band mit Starkwind oder Sturm befindet sich kurz vor der Kaltfront. Diese Zone mit hohen Windstärken kann mehrere 100 km in Strömungsrichtung ausgedehnt sein, ist jedoch mit 30 bis 100 km relativ schmal.

Nach Passage der Kaltfront dreht der Wind recht und nimmt meistens ab. Bei steigendem Luftdruck und markantem Temperaturrückgang klart es auf. Gleichzeitig verschwindet im allgemeinen der Staub, und die Sicht wird gut. Es gibt aber auch Fälle, in denen der Wind hinter der Kaltfront zunimmt, verbunden mit Sandsturm (siehe 4.2.2, Abbildung 10). So etwas tritt immer dann ein, wenn der Front eine zweite Kaltluft-Staffel folgt. Diese bringt erst den eigentlichen Temperaturrückgang mit Windabnahme und Sichtbesserung.

Die Abbildung 6 auf der folgenden Seite zeigt ein typisches Streckenwetter bei einer Schirokko-Lage. Nahe der Südwestecke von Kreta erfolgt ein Kaltfrontdurchgang. Der Wind dreht von östlichen auf nördliche Richtungen und die Temperatur geht deutlich zurück von 18 Grad C auf 13 Grad C.

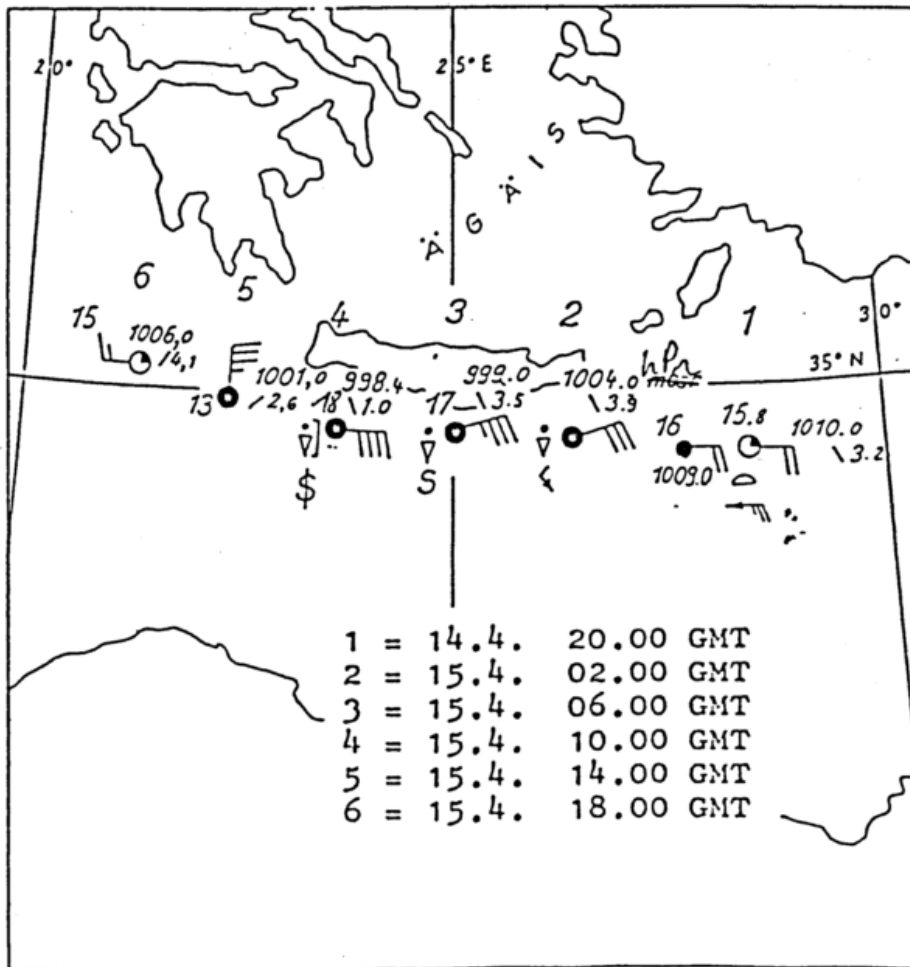


Abb. 6

Streckenwetter bei einer Schirokko-Lage

4.2 Regionales Auftreten des Schirokko

Der Schirokko tritt im ganzen Mittelmeerbereich auf und hat in den einzelnen Regionen besondere Namen.

4.2.1 Der Schirokko im westlichen Mittelmeer

Voraussetzung für das Auftreten eines Schirokko im westlichen Mittelmeer ist ein hochreichendes Tiefdruckgebiet westlich von Portugal oder über der Iberischen Halbinsel, dessen Ausläufer mit kräftigem Druckfall langsam ostwärts schwenken und auf ihrer Vorderseite heiße Wüstenluft nordwärts bis nach Frankreich führen.

Eine solche Lage herrschte zwischen dem 07.11. und 12.11.1984.

Am 07.11.1984 um 12 UTC lag ein kräftiges Tief von 990 hPa dicht westlich der Biskaya mit einem Trog, der bis zu den Kanarischen Inseln reichte. Auch in der Höhe war es gut ausgeprägt mit einer Temperatur von minus 30 Grad C im 500 hPa-Niveau. Da auf seiner Rückseite Kaltluft von Island weit nach Süden ausströmte, verlagerte sich das Höhentief allmählich in Richtung des Seegebietes westlich von Lissabon. Auch der Höhentrog verschärfte sich und schwenkte langsam ostwärts. Dadurch wurde die von der Biskaya über Spanien bis ins westliche Marokko verlaufende Kaltfront des Tiefs zurückgehalten und so kam ab 08.11.1984 über dem westlichen Mittelmeer eine Südströmung in Gang, mit der Warmluft bis nach Frankreich geführt wurde (siehe Abbildung 7).

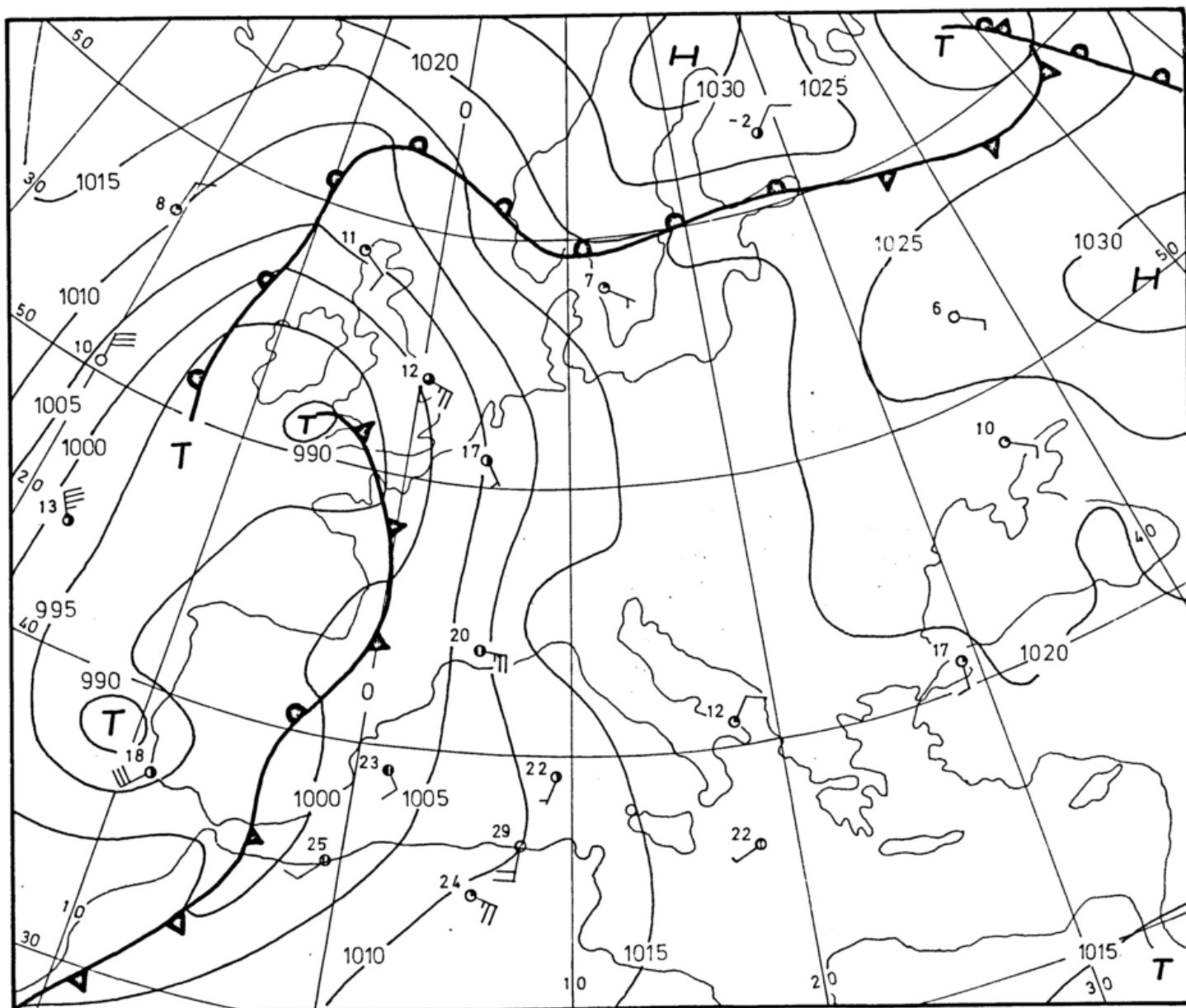


Abb. 7

08.11.1984, Wetterlage von 12 UTC:
Schirokko im westlichen Mittelmeer

In Südostspanien nennt man den Schirokko Leveche und im Golfe du Lion südlich von Marseille Marin. Schon am Vortage konnte man in Marokko, Algerien und Tunesien den "Chili" beobachten.

Am 09.11.1984 bildete sich an der zur Wellenbildung neigenden Kaltfront des Biskayatiefs ein Randtief südwestlich der Balearen, das sich nur wenig ostwärts bewegte und zwischen Ostspanien und Korsika/Sardinien am 10.11. und 11.11.1984 Ost- bis Südoststurm auslöste (siehe Abbildung 8), da das nordrus-sische Hoch gleichzeitig einen kräftigen Keil bis zu den Westalpen vorschob.

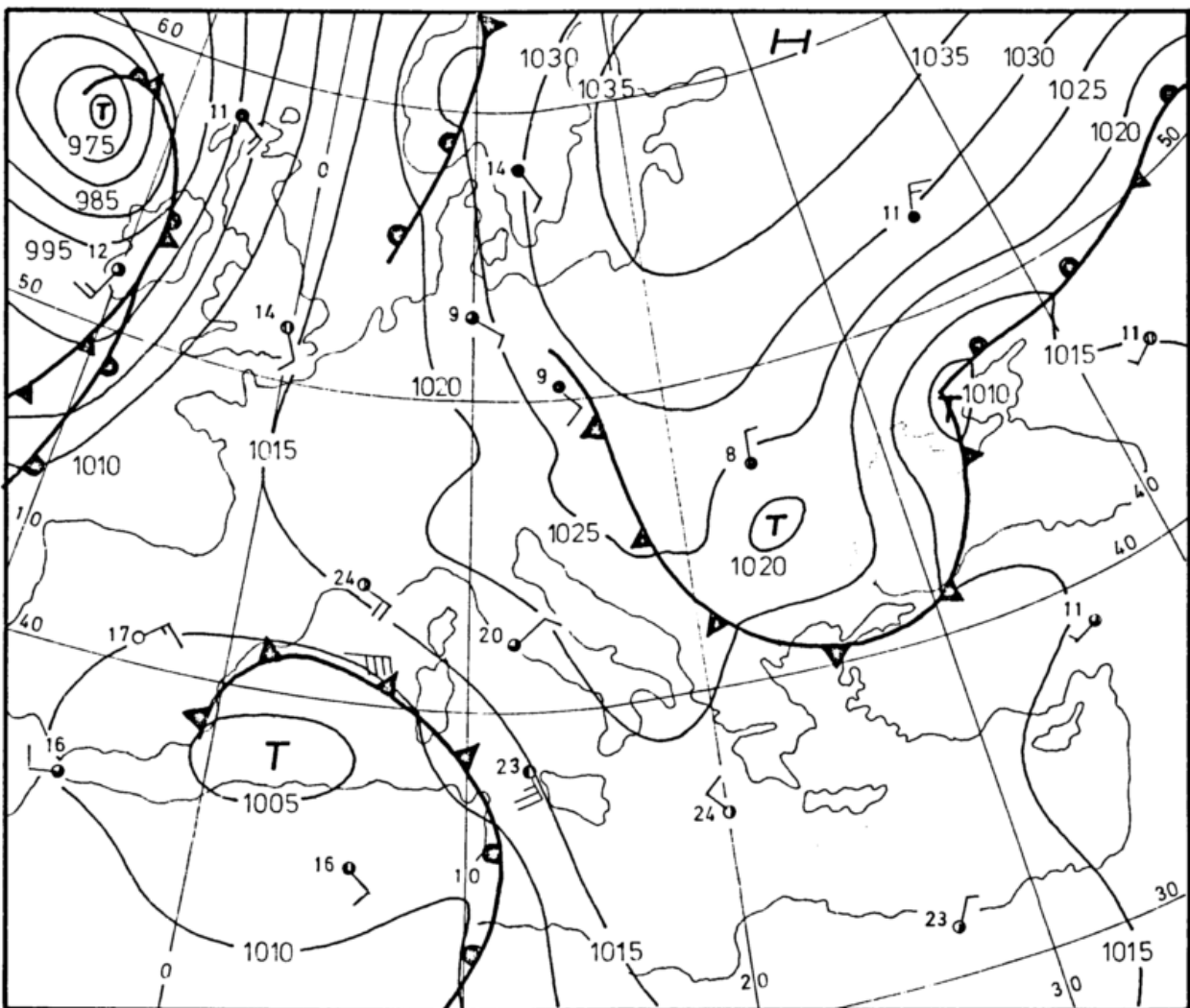


Abb. 8 11.11.1984, Wetterlage von 12 UTC:
Schirokko Tunesien bis Südfrankreich

Ab 12.11.1984 trat dann eine Abschwächung des Balearentiefs ein, und der Wind ließ rasch nach.

4.2.2 Der Schirokko in Italien, der Adria und im zentralen Mittelmeer

Die Bedingungen für die Entstehung eines Schirokkos über Italien, der Adria und dem zentralen Mittelmeer sind ähnlich wie beim Schirokko im westlichen Mittelmeer. Ein hochreichendes Tief im Raum Biskaya, dicht westlich von Portugal oder über Spanien erstreckt einen kräftigen Höhentrog bis in den Westteil der Sahara, der gegenüber 4.2.1 geringfügig weiter im Osten liegt, so daß im Lee des Atlasgebirges eine Saharazyklone entsteht. Diese zieht dann auf der Trogvorderseite nordnordostwärts. Daher erfaßt die Wüstenluft nicht mehr das westliche Mittelmeer, sondern nur noch Italien, die Adria und das zentrale Mittelmeer. Dies ist der klassische Fall einer Schirokko-Lage, wie er am häufigsten vorkommt.

Eine derartige Wetterlage trat zwischen dem 17.05. und 21.05.1984 auf.

Am 17.05.1984 um 12 UTC lag ein kräftiges, auch in der Höhe gut erkennbares Tief über der Biskaya und Portugal mit einem Höhentrog über der westlichen Sahara, der sich durch Kaltluft, die auf der Rückseite der Zyklone weit südwärts ausfloß, noch verschärfte. So bildete sich über dem südlichen Algerien ein Tief von 1010 hPa, das bis zum 18.05.1984 etwas nordnordostwärts an Raum gewann und sich dabei auf 1004 hPa vertiefte.

Am 19.05.1984 entstand ein weiteres Tief über Algerien, das sich durch Druckfall bis 3,4 hPa pro 3 Std. besonders in Tunesien und im nördlichen Algerien bemerkbar machte und damit schon seine nordnordöstliche Zugrichtung unter Vertiefung anzeigte (siehe Abbildung 9, S. 27).

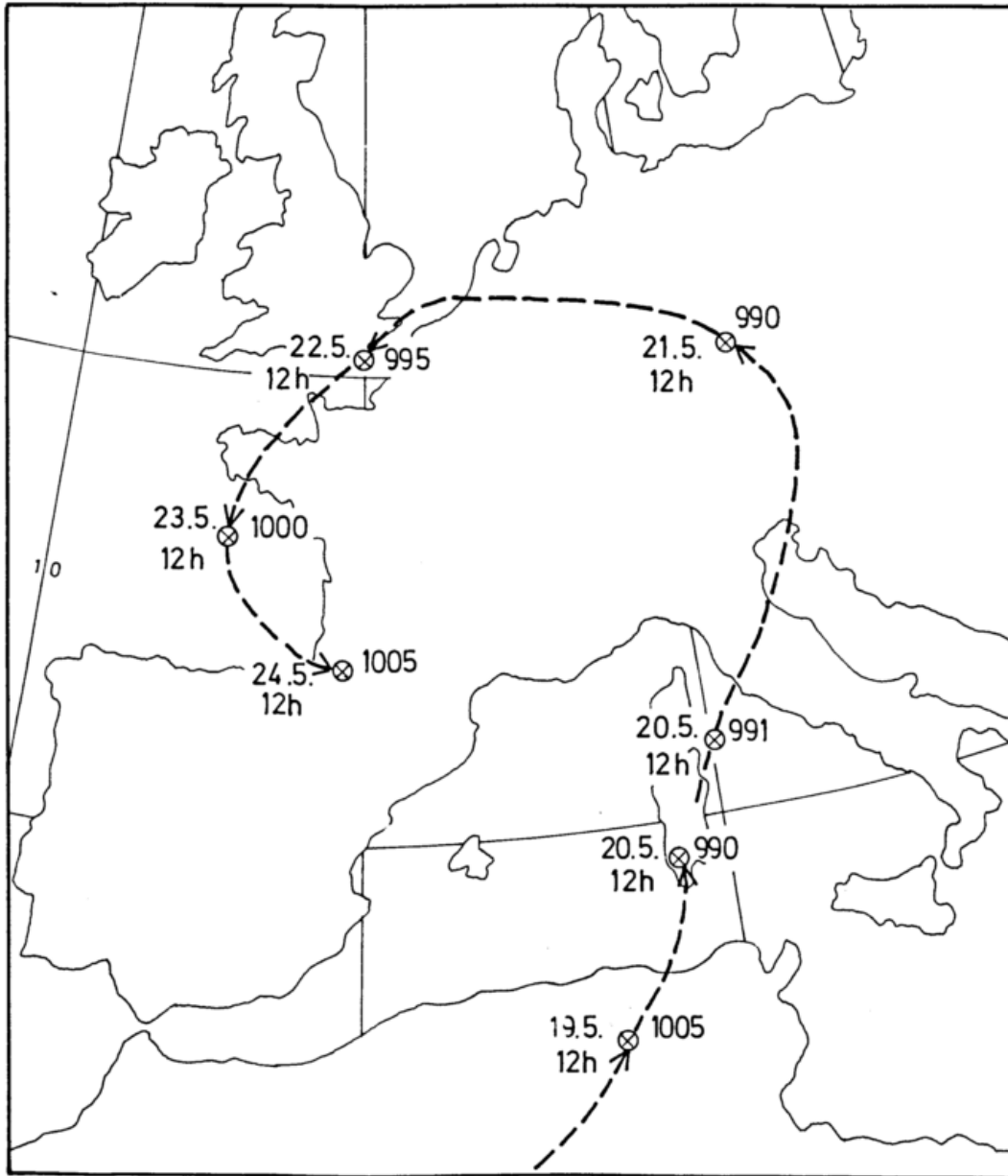


Abb. 9 Schirokkozyklonen vom 19.05. bis 24.05.1984
Am 20.05.1984 Neutiefbildung am Okklusionspunkt
östlich von Korsika

Auf seiner Ostseite strömten heiße Luftmassen aus der Sahara in die Große Syrte. So meldete z.B. das an der Küste gelegene Misurata in Libyen bei einem "Ghibli" 38 Grad C und Sandsturm. Gleichzeitig betrug die Temperaturen in Portugal und im größten Teil Spaniens in der höhenkalten Luft (minus 31 Grad C im 500 hPa-Niveau über Nordwestspanien) nur 12 bis 15 Grad C, und es traten dort zahlreiche Schauer auf.

Am 20.05.1984 um 12 UTC war die Zyklone mit 990 hPa über Sardinien angekommen, und am Okklusionspunkt östlich von Korsika bildete sich ein neues Tief (siehe Abbildung 10).

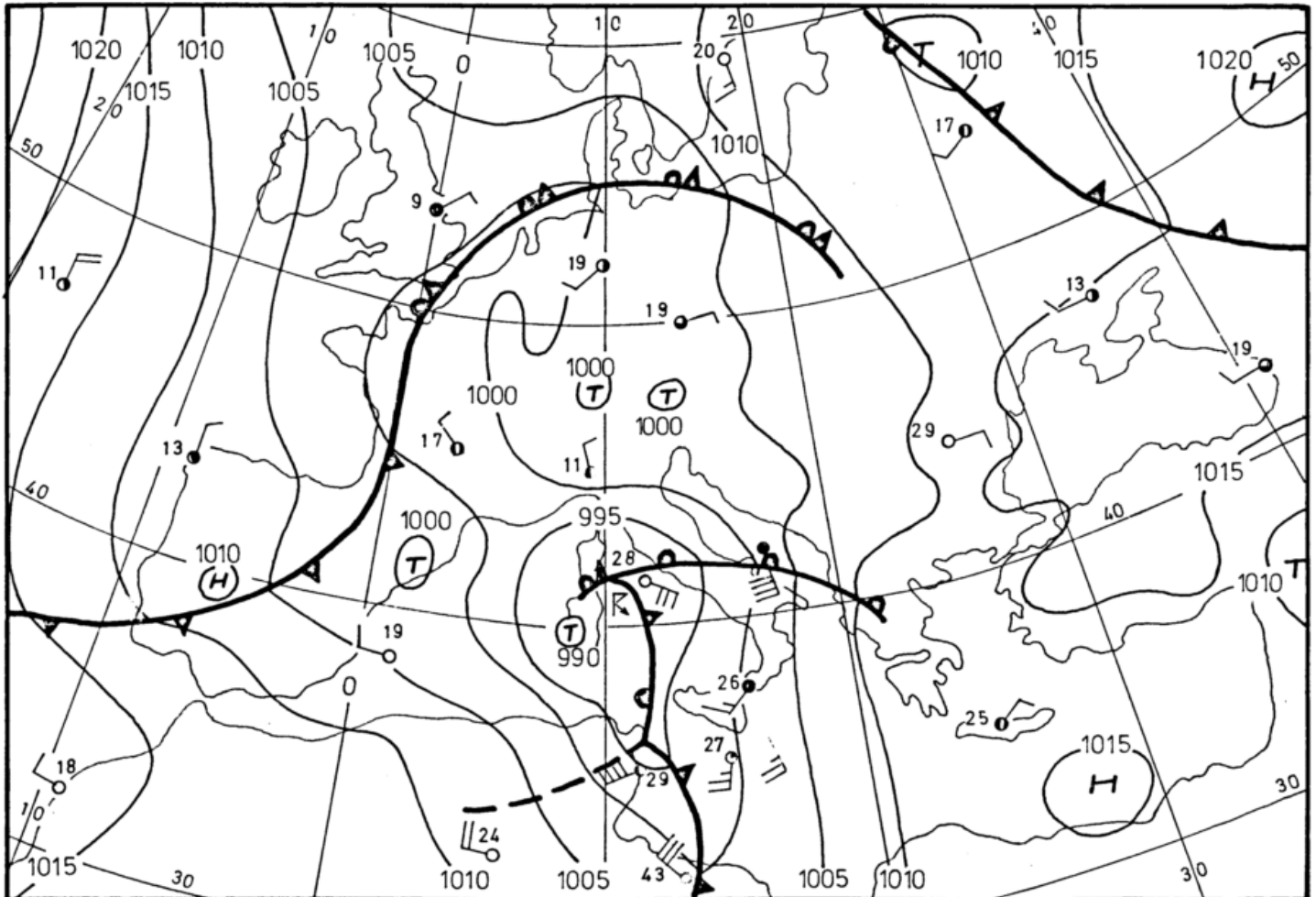


Abb. 10

20.05.1984, Wetterlage von 12 UTC:
Schirokko über Italien, der Adria
und dem zentralen Mittelmeer

Der Schirokko hatte mit starken bis stürmischen südlichen Winden das gesamte zentrale Mittelmeer, Süditalien und den Südtteil der Adria erfaßt, wobei die Warmfront von Mittelitalien bis nach Nordgriechenland verlief. Sie trennte recht kühle Luft über Norditalien (in Mailand 11 Grad C) von sehr warmer Luft über Süditalien, der Großen Syrte und Libyen. In Rom wurde z.B. kurz hinter der Warmfront 28 Grad C und Gewitter sowie in Tripolis zur Zeit der Kaltfrontpassage bei Sandsturm noch 43 Grad C beobachtet. In diesem Fall erfolgte hinter der Kaltfront in Tunesien ein stürmischer Kaltluftausbruch mit Sandsturm von Westen her. Erst mit Durchzug einer etwas westlich gelegenen zweiten Staffel (gestrichelt) nahm der Wind ab, und die Temperatur ging bei besser werdenden Sichtverhältnissen nochmals stärker zurück (siehe auch 3.1). Kräftige Falltendenzen auf der Nordseite des Tiefs bis 4,9 hPa pro 3 Std. (Rom) und starker Druckanstieg hinter der Kaltfront bis 3,9 hPa pro 3 Std. über Nordostalgerien und Tunesien deuteten jedoch seine rasche Verlagerung über die Ostalpen hinweg nach Mitteleuropa an.

So befand sich das am Okklusionspunkt entstandene Tief am 21.05.1984 um 12 UTC mit seinem Kern über der Tschechoslowakei, und Norddeutschland verzeichnete in seinem Warmsektor hochsommerliche Temperaturen bis 26 Grad C, während Italien und das westliche Mittelmeer bei starken südwestlichen Winden in den Zustrom deutlich kühlerer Luftmassen geraten waren. Über dem zentralen Mittelmeer herrschten dagegen nur noch schwache Winde aus wechselnden Richtungen, da über der Großen Syrte durch den Druckanstieg an der Südwestseite des Tiefs ein Hoch von 1017 hPa entstanden war, das langsam nordostwärts wanderte. Die bei Korsika entstandene Zyklone zog nun von Mitteleuropa zum Englischen Kanal und später über die innere Biskaya nach Südwestfrankreich, wo sie sich am 24.05.1984 auffüllte.

Ein solcher Fall, daß eine Schirokkozyklone nach Mitteleuropa vordringt, ist sehr selten. Meistens verläuft dabei die Zugbahn über die Ostalpen und Österreich hinweg oder über die Westalpen und die Schweiz zum Oberrheintal. Bei einer derartigen westlichen Zugbahn sind durch die mitgeführte Warmluft im größten Teil Deutschlands und den im Osten angrenzenden Gebieten sehr hohe Temperaturen zu verzeichnen, die weit über den jahreszeitlichen Werten liegen.

4.2.3 Der Schirokko in der Ägäis und im östlichen Mittelmeer

Voraussetzung für die Bildung einer Schirokko-Lage in der Ägäis und im östlichen Mittelmeer ist ein hochreichendes Tief über Italien oder der Adria mit einem bis ins südliche Libyen oder westliche Ägypten reichenden Höhentrog (siehe Abbildung 11).

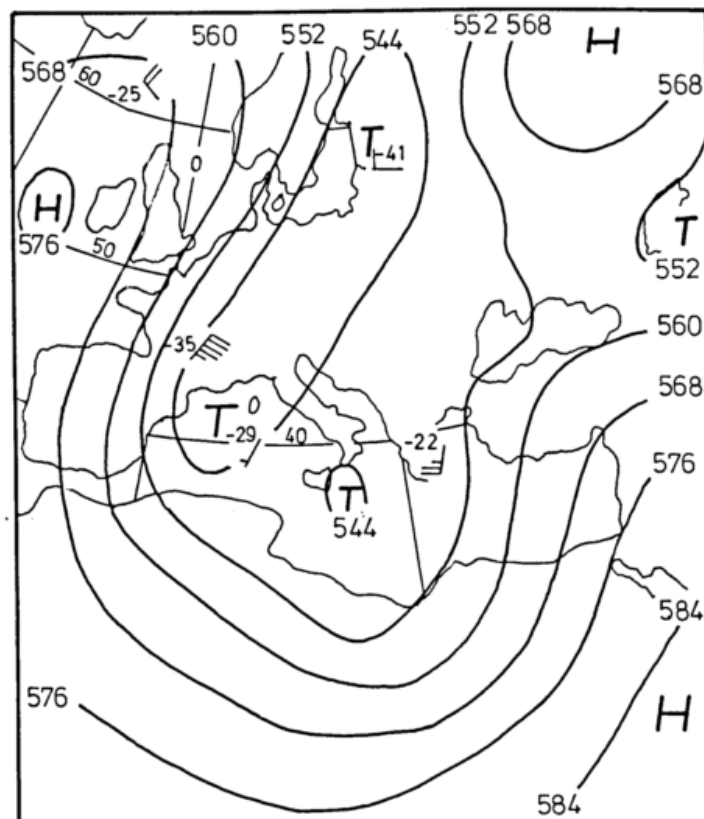


Abb. 11 Höhenwetterkarte 500 hPa-Niveau bei einer Schirokko-Lage im östlichen Mittelmeer

Im Gegensatz zu 4.2.1 und 4.2.2 liegt der Trog weiter im Osten, so daß sich in den meisten Fällen ein Tief über dem Ostteil der Sahara oder dem Sudan entwickelt, das dann trogvorderseitig nach Norden zieht und Wüstenluft ins östliche Mittelmeer, nach Griechenland und in die Türkei lenkt.

Eine solche Wetterlage gab es zwischen dem 06.02. und 12.02.1983.

Zum erstgenannten Termin lag eine intensive, hochreichende Zyklone von 995 hPa über Norditalien, auf deren Rückseite mit einem Mistral von Stärke 6 bis 7 Bft Kaltluft über das westliche Mittelmeer nach Marokko, Algerien und Tunesien strömte und über dem südlichen Libyen einen Höhentrog entstehen ließ. Im Bereich des Höhentiefs wurden im 500 hPa-Niveau über Norditalien, Südfrankreich und sogar auf den Balearen minus 35 Grad C gemessen. Als Kompensationsbewegung setzte daher auf der Trogvorderseite Warmluftadvektion ein, was ab 07.02.1983 in Griechenland, der Ägäis und der westlichen Türkei sowie im Westteil des östlichen Mittelmeeres bei starken bis stürmischen Südost- bis Südwinden zu einem kräftigen Temperaturanstieg bis 20 Grad C führte, nachdem es dort zwei Tage vorher in den nördlichen Teilen bei Nordost- bis Nordsturm und null bis plus 2 Grad C noch geschneit hatte. In Heraklion auf Kreta herrschte tagelang Südsturm mit 9 Bft und über Libyen wehte ein Ghibli sowie über dem westlichen Ägypten ein Khamsin (siehe Abbildung 12).

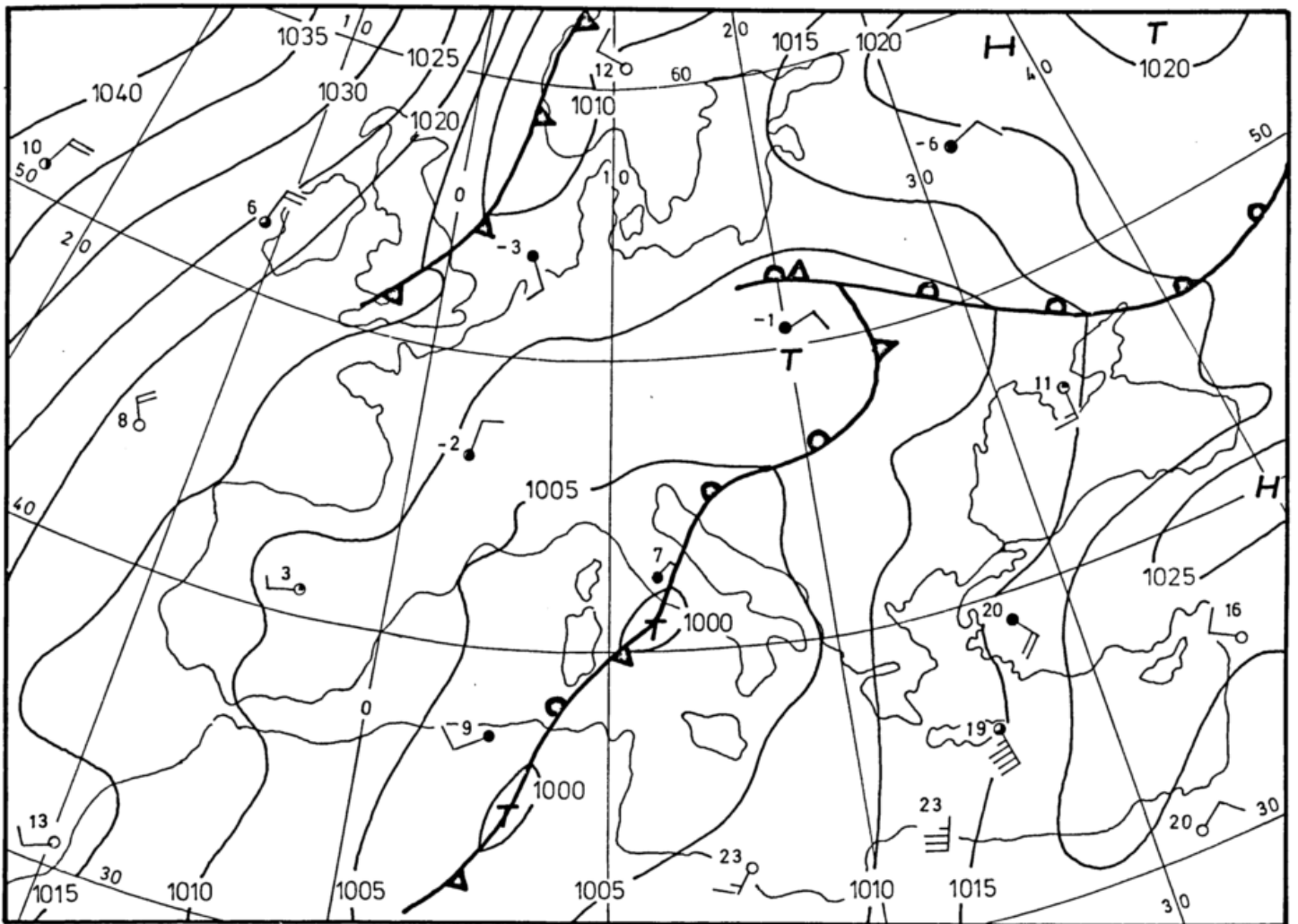


Abb. 12

10.02.1983, Wetterlage von 12 UTC:
Schirokko in der Ägäis und über dem
Westteil des östlichen Mittelmeeres

Abbildung 13 zeigt den Schirokko über der Ägäis und im Westteil des östlichen Mittelmeeres am 11.02.1983 auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung kurz vor Durchzug der Kaltfront des italienischen Tiefs, das sich langsam zum Nordteil der Adria bewegt hatte.

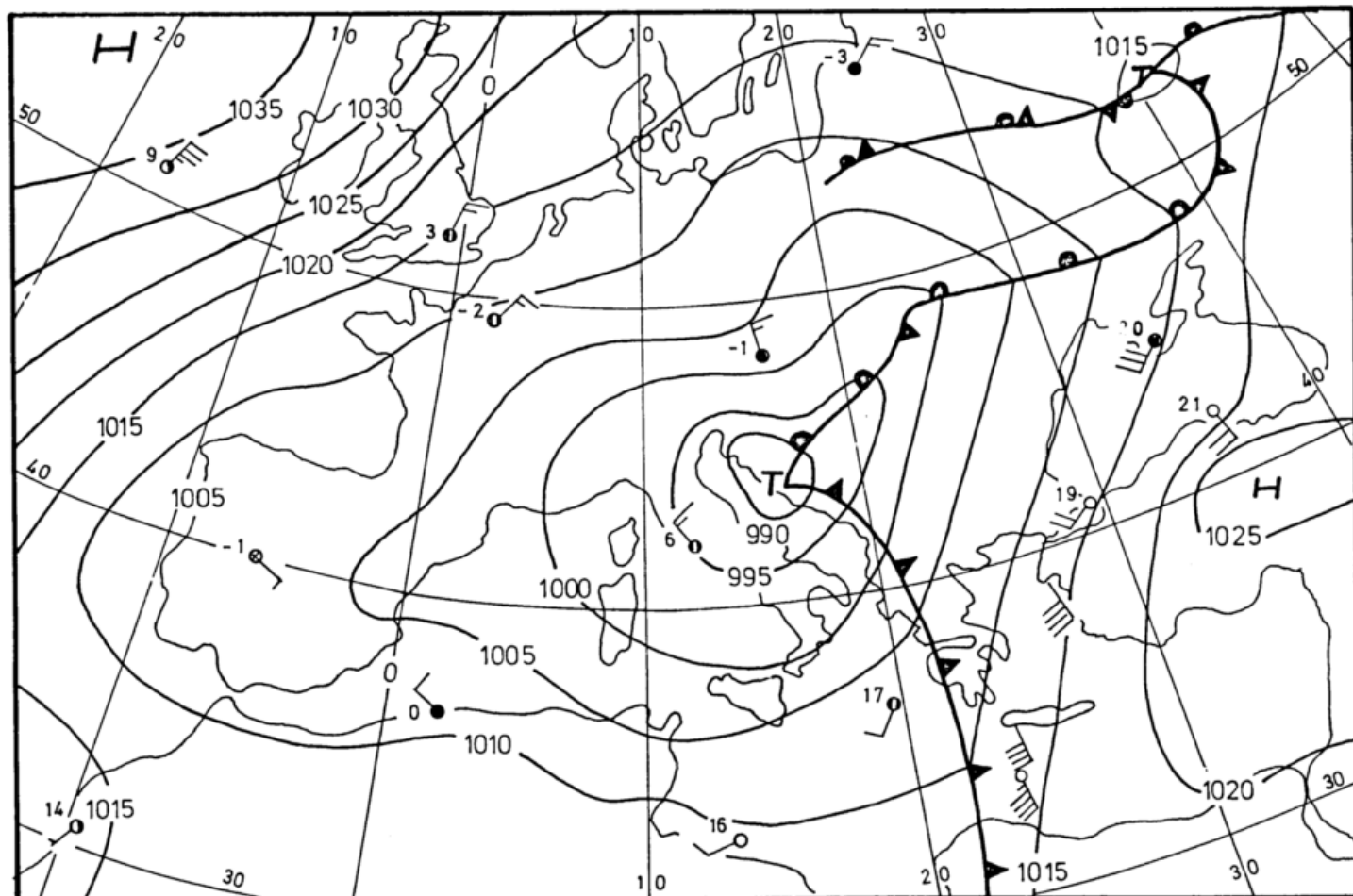


Abb. 13

11.02.1983, Wetterlage von 12 UTC:
Schirokko in der Ägäis und im
Westteil des östlichen Mittelmeeres

Eine Berechnung des Gradientwindes für die Ägäis und das Seegebiet südlich von Kreta ergibt Windstärke 8. Zwischen der westtürkischen Küste und den vorgelegerten Inseln können durch Düseneffekte noch höhere Windgeschwindigkeiten, an exponierten Stellen bis 10 Bft, aufgetreten sein. Erst mit Kaltfrontdurchgang und Winddrehung auf Südwest bis West endete diese Lage am 12.02.1983.

Ein 5 Tage andauernder Schirokko in der Ägäis und im Westteil des östlichen Mittelmeeres ist ungewöhnlich. Begünstigend wirkte sich der Aufbau eines Hochs von 1025 hPa auf der Trogvorderseite über der Türkei und dem Seegebiet um Zypern aus, so daß durch den Blockierungseffekt die wellende Kaltfront des Italientiefs nur sehr zögernd ostwärts vorankam. Die Warmluftadvektion war so intensiv, daß in Rußland bis dicht südlich von Moskau Tauwetter einsetzte, und auf der Krim bei starken Süd- bis Südwestwinden am 11.02.1983 20 Grad C gemessen wurden.

4.2.4 Khamsin, Scharki und Samum im östlichen Mittelmeer

In Abbildung 14 ist die Wetterlage vom 09.03.1984 um 12 UTC zu sehen, die eine Schirokko-Lage im östlichen Mittelmeer zeigt:

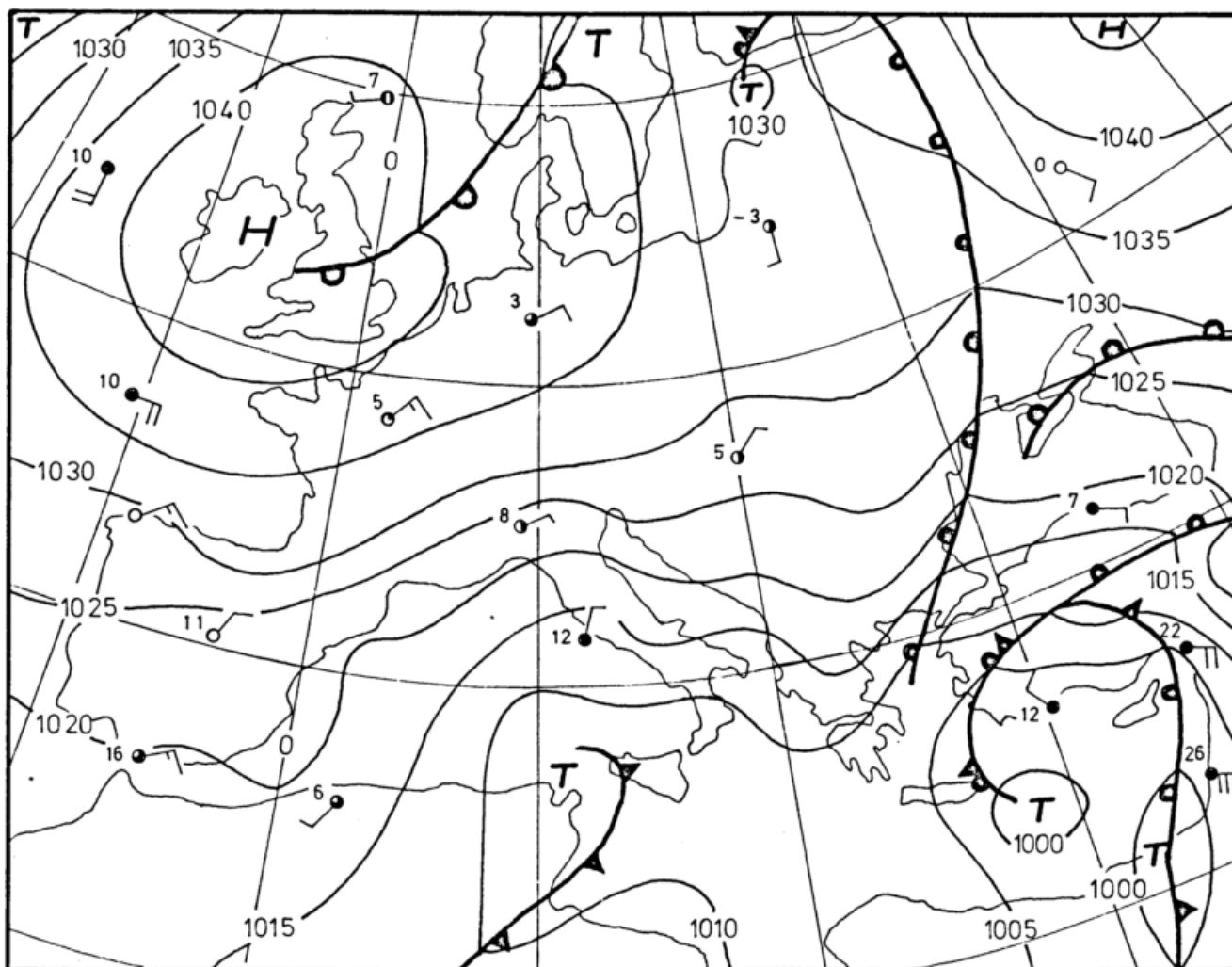


Abb. 14

09.03.1984, Wetterlage vo 12 UTC:
Levante, antizyklonale Bora,
Scharki und Samum

Sie war aus einem am 08.03.1984 vom Sudan nordwärts gezogenen Tief hervorgegangen. So wehte über Ostägypten ein kräftiger Khamsin, während über Israel ein starker bis stürmischer Scharki mit 26 Grad C und Sandsturm in Tel Aviv beobachtet wurde. Etwas weiter im Norden, östlich von Zypern, herrschten starke Ost- bis Südostwinde, die man in diesem Gebiet "Samum" nennt. Über der Adria und Jugoslawien gab es zu demselben Zeitpunkt auf der Nordflanke eines Tiefs über Süditalien eine antizyklonale Bora; vom westlichen Mittelmeer wurden starke bis stürmische nordöstliche Winde, Levante genannt, gemeldet.

Diese Schirokko-Lage endete am 10.03.1984, als das ägyptische Tief zur Türkei abgezogen war, und mit frischen bis starken südwestlichen Winden merklich kühlere Luft ins östliche Mittelmeer gelangte.

4.2.5 Häufigkeit von Schirokko-Lagen

Der Schirokko über dem östlichen Mittelmeer ist selten und kommt nur im Winterhalbjahr vor, da die in diesem Raum von Mai bis September mit großer Beständigkeit anzutreffenden Etesien - synoptisch an das vorderasiatische Hitzetief sowie hohen Druck über Süd- und Osteuropa gebunden - eine solche Entwicklung im Sommer nicht zulassen.

Insgesamt nimmt die Häufigkeit der Schirokko-Lagen von West nach Ost hin ab. Am meisten kommen sie über Süditalien und im zentralen Mittelmeerbereich vor. Bei ihrem Auftreten werden vielfach Temperaturen erzielt, die teilweise zu den absoluten Maxima für den betreffenden Monat führen.

4.2.6 Dauer von Schirokko-Lagen

Schirokko-Lagen, die aufgrund von Saharazyklonen entstehen, sind meist nur von kurzer Dauer. Sie dauern in der Regel höchstens 1 bis 2 Tage, da diese Tiefs auf der Trogvorderseite relativ rasch nordnordostwärts ziehen.

In den Fällen jedoch, wo Schirokko-Lagen sich durch Abtropfungsprozesse aus der atlantischen Frontalzone, d.h. auf der Vorderseite hochreichender und damit quasistationärer Tiefs bilden, kann die Dauer auch mehrere Tage betragen. Solche länger andauernden Schirokko-Lagen treten überwiegend im Winterhalbjahr auf und verursachen Sturm und hohen Seegang.

4.2.7 Seegang bei Schirokko-Lagen

Zu beachten ist der Seegang, der wegen des langen Fetches im Golfe du Lion, im Golf von Genua, in der Adria und in der Ägäis beträchtliche Werte der kennzeichnenden Wellenhöhe von 5 m und mehr annehmen kann. Im Golf von Genua ist besonders der Hafen von Genua stark gefährdet. Hier treten manchmal große Schäden bei Schirokko-Lagen auf.

In der Adria baut sich bei Schirokko vor allem im Nordteil eine sehr hohe See auf, obwohl die Windstärken im Süden meist größer sind. In der Ägäis sind die am meisten gefährdeten Seegebiete die Meerengen zwischen den Inseln des Dodekanes und dem türkischen Festland.

5. Mistral

5.1 Erscheinungsbild eines Mistral

Kaltluftvorstöße ins westliche Mittelmeer bevorzugen stets die gleichen Bahnen, da ihnen die Pyrenäen und die Alpen nur wenige Durchgänge freilassen. Bevorzugte Kaltluftstraßen sind die Garonne-Carcassone-Senke und das Rhonetal. Der hier wehende starke oder stürmische Nordwest- oder Nordwind heißt Mistral. Durch das als Hindernis zwischen den Pyrenäen und Alpen liegende Zentralmassiv werden die von Nordwesten herangeführten Luftmassen im Garonne- und Rhonetal düsenartig beschleunigt. Zum anderen kommt es durch den Stau der Kaltluft an den Pyrenäen und das daraus resultierende seitliche Abfließen zum Golfe du Lion zu einer weiteren Windverstärkung. Diese Zunahme der Windgeschwindigkeit wirkt sich bis ins 500 hPa-Niveau aus.

Der Mistral tritt auf der Rückseite nach Italien, Jugoslawien oder zur Adria ziehender Tiefdruckgebiete auf, während gleichzeitig ein Hoch über der Biskaya, Frankreich oder Spanien die süd- oder südostwärts vordringende polare Kaltluft noch beschleunigt. Durch kräftige Druckgegensätze wird ein weiter Vorstoß nach Süden und Südosten begünstigt. Der auslaufende Mistral beeinflusst noch häufig das Seegebiet zwischen Sardinien und Algerien bis hin zur Straße von Sizilien. Bei kräftigen Tiefdruckgebieten im westlichen Mittelmeer oder über dem Golfe du Lion dringt die Kaltluft über Spanien ost- bis südostwärts vor. Dort nennt man einen solchen Wind "Maestral". Geleitet durch die Gebirge erreicht er in den Tälern und vor Flußmündungen hohe Geschwindigkeiten. Besonders gefährlich ist die Öffnung des Ebro-Tales zwischen Tortosa und Tarragona.

Abbildung 15 zeigt die mittlere Luftdruckverteilung beim Rhonetal-Mistral. Die Isobaren verlaufen über Südfrankreich nahezu senkrecht zur Küste.

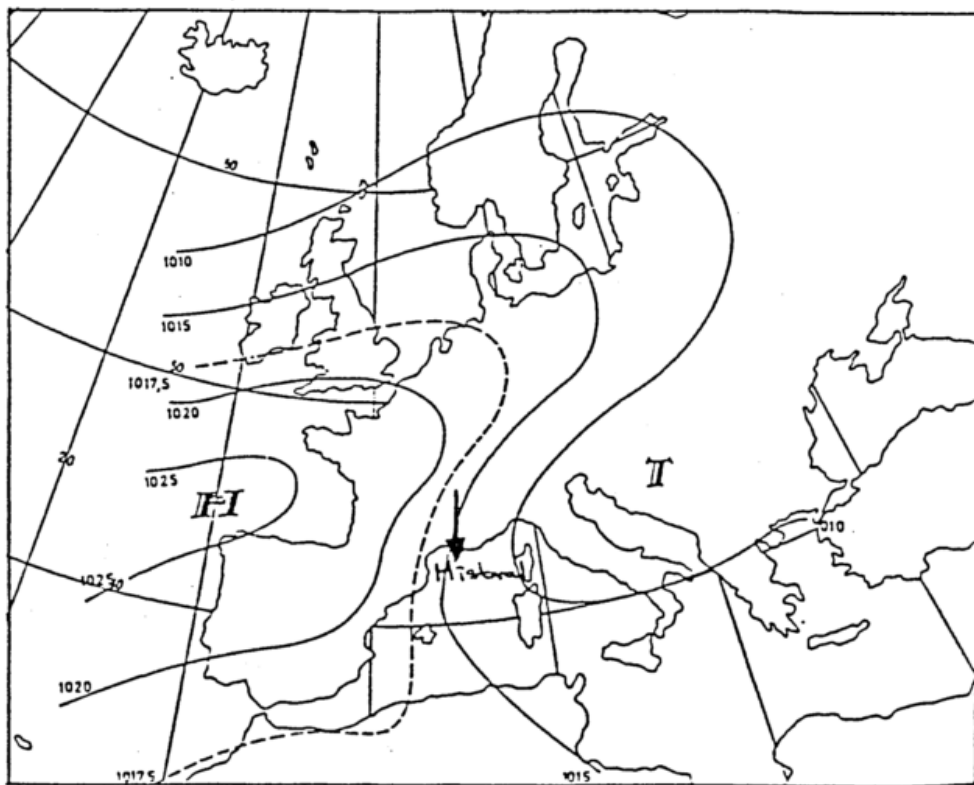


Abb. 15 Mittlere Luftdruckverteilung bei Mistral durch das Rhonetal

Da der Mistral nach der Passage einer aus Nordwesten bis Norden durchschwenkenden Kaltfront urplötzlich bei zum Teil wolkenlosem Himmel hereinbricht, ist er für die Sportschiffahrt im westlichen Mittelmeer äußerst gefährlich.

Über dem relativ warmen Mittelmeer wird die Kaltluft labilisiert, und es bilden sich zunächst Cumuli, weiter auf See dann hochreichende Cumulonimben mit kräftigen Schauern und Gewittern, in deren Nähe sich starke Böen entwickeln.

Häufig entsteht bei derartigen Lagen südlich der Alpen im Golf von Genua ein neues Tief. Durch diese Lee-Tief-Bildung werden die Druckgegensätze zum westlich gelegenen Hoch erheblich verschärft, so daß der Mistral bis an die nordafrikanische Küste vorstoßen kann.

Verlagert sich die Genua-Zyklone weiter ostwärts, so kann er auch Korsika überschreiten und dort an der Ostküste die gefährlichen Nordweststürme auslösen. Die von den bis zu 2719 m hohen Bergen Korsikas herabfließende Luft ist stark verwirbelt, was sich ähnlich wie bei der Bora in Jugoslawien in einer erhöhten Böigkeit äußert. Berüchtigt hierfür ist der Hafen von Bastia, der bei Mistral wegen der heftigen Fallböen nicht als Schutzhafen dienen kann. Ähnlich verhält es sich bei der Bucht von Ciotat zwischen Marseille und Toulon, wo ebenfalls wegen des nach Nordwesten hin stark ansteigenden Geländes bei Mistral intensive Fallwinde auftreten.

Abbildung 16 zeigt die mittlere Luftdruckverteilung beim Mistral durch die Garonne-Carcassonne-Senke und beim Maestral.

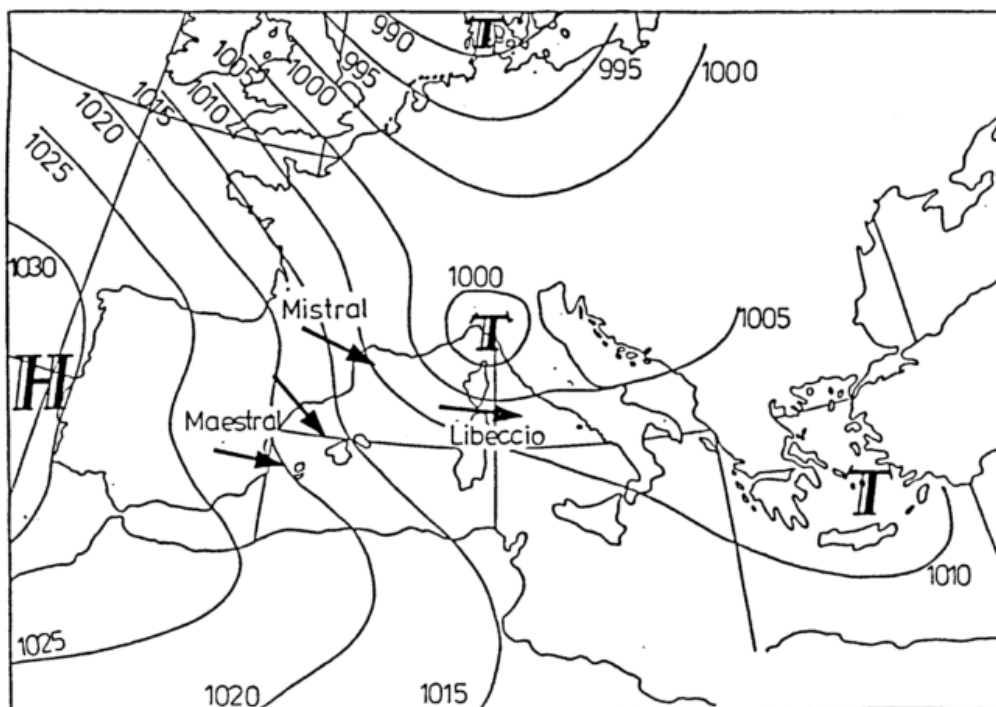


Abb. 16 Mittlere Luftdruckverteilung bei Mistral durch die Garonne-Carcassonne-Senke und beim Maestral

Bei einem kräftigen Mistral über dem Golfe du Lion mit Windstärken von ≥ 8 Bft, wie er im Winterhalbjahr bei der regen Zyklonentätigkeit im Mittelmeer häufiger vorkommt, beträgt die Druckdifferenz zwischen Pyrenäen und Golf von Genua mindestens 15 hPa. Es drängen sich also in einem solchen Fall 3 bis 4 Isobaren zwischen den beiden Gebieten.

5.2 Tagesgang des Mistral

Der Mistral hat einen ausgeprägten Tagesgang. Vor allem im Frühling und Sommer wirkt ihm in Küstennähe der Seewind entgegen, so daß das Windstärkemaximum schon vormittags gegen 10.00 Uhr eintritt. Im Winterhalbjahr jedoch beobachtet man den stärksten Wind zwischen Mittag und dem frühen Nachmittag.

5.3 Jahreszeitliches und räumliches Auftreten des Mistral

Der Mistral kann das ganze Jahr über auftreten; die größten Windgeschwindigkeiten erreicht er im Winter mit einem Maximum im Februar. Im Golfe du Lion weht er dann bisweilen mit Orkanstärke, und auch westlich von Sardinien kann er noch 10 bis 11 Bft erreichen. Selbst im Sommer sind Windstärken über 8 Bft nichts außergewöhnliches, besonders im Golfe du Lion (siehe Abbildung 17).

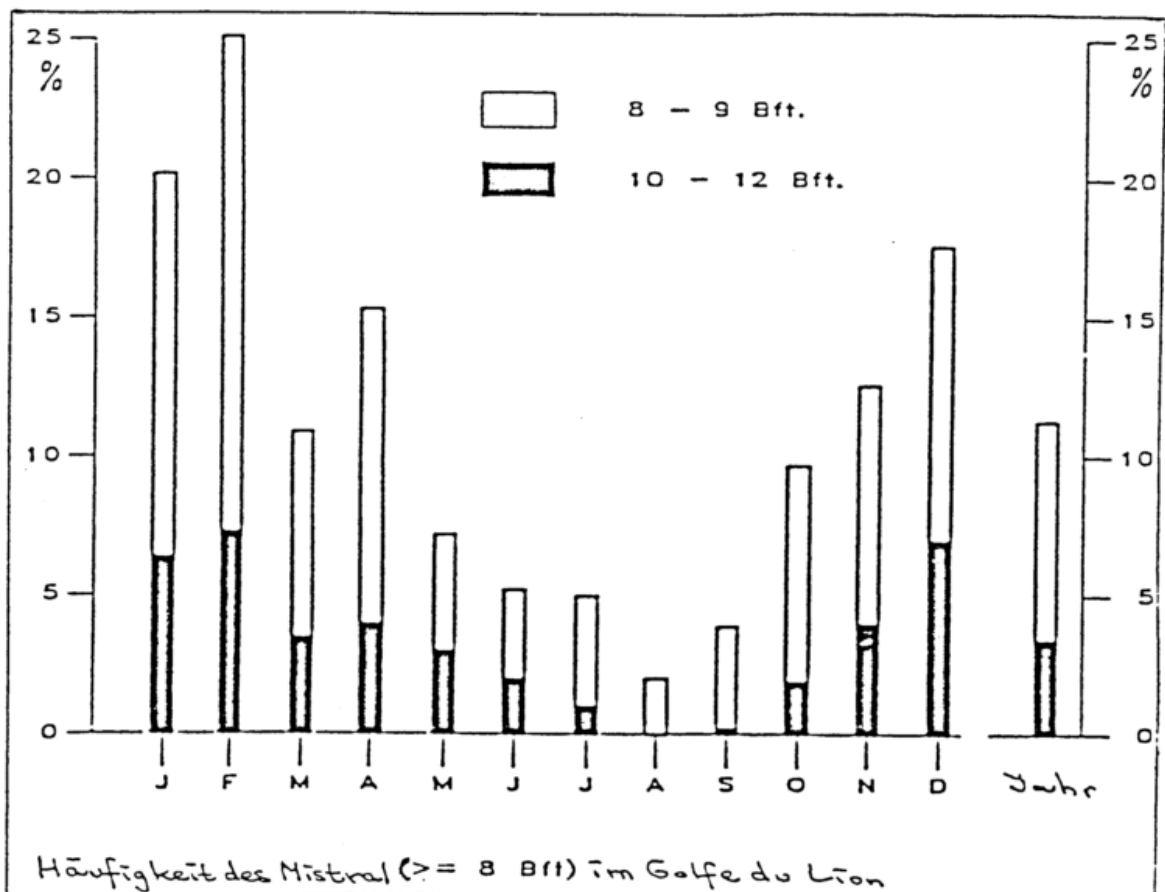


Abb. 17

Die Häufigkeit des Mistral nimmt von Nord nach Süd hin ab, d.h. er kommt im Golfe du Lion am häufigsten vor. Hier erreicht er auch seine größte Intensität, was sich darin ausdrückt, daß in diesem Seegebiet 11 % aller Beobachtungen pro Jahr Sturmstärke aufweisen. An der französischen Küste werden in Perpignon und Marseille an 10 bis 15 Tagen im Jahr bei Mistral-Lagen Sturm gemessen.

5.3.1 Der Mistral im Winter

5.3.1.1 Mistral durch das Rhonetal

Als Beispiel für einen besonders starken winterlichen Mistral sei hier eine Wetterlage zwischen dem 10.01. und 12.01.1987 beschrieben:

Am 09.01.1987 vertiefte sich eine Wellenstörung dicht westlich von Portugal, da an der Südostseite eines Hochs von 1043 hPa über Skandinavien hochreichende Kaltluft (minus 40 Grad C im 500 hPa-Niveau über Frankreich) südsüdwestwärts über Frankreich zur Iberischen Halbinsel in Bewegung gesetzt wurde. So hatte sich die Zyklone bis zum 10.01.1987 um 12 UTC, als sie bei den Balearen zentriert war, auf 990 hPa vertieft. Vor ihrer Warmfront, die vom Tiefkern über das südliche Sardinien bis zum Westteil der Großen Syrte verlief, kündigte Druckfall bis 5,0 hPa pro Std. über Süditalien eine weitere Intensivierung an, da die Anstiegstendenzen auf der Rückseite über Spanien nur maximal 2,5 hPa pro 3 Std. betrugten. Am 11.01.1987 um 12 UTC war das Tief über der Adria mit 980 hPa auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung angelangt (siehe Abb. 18).

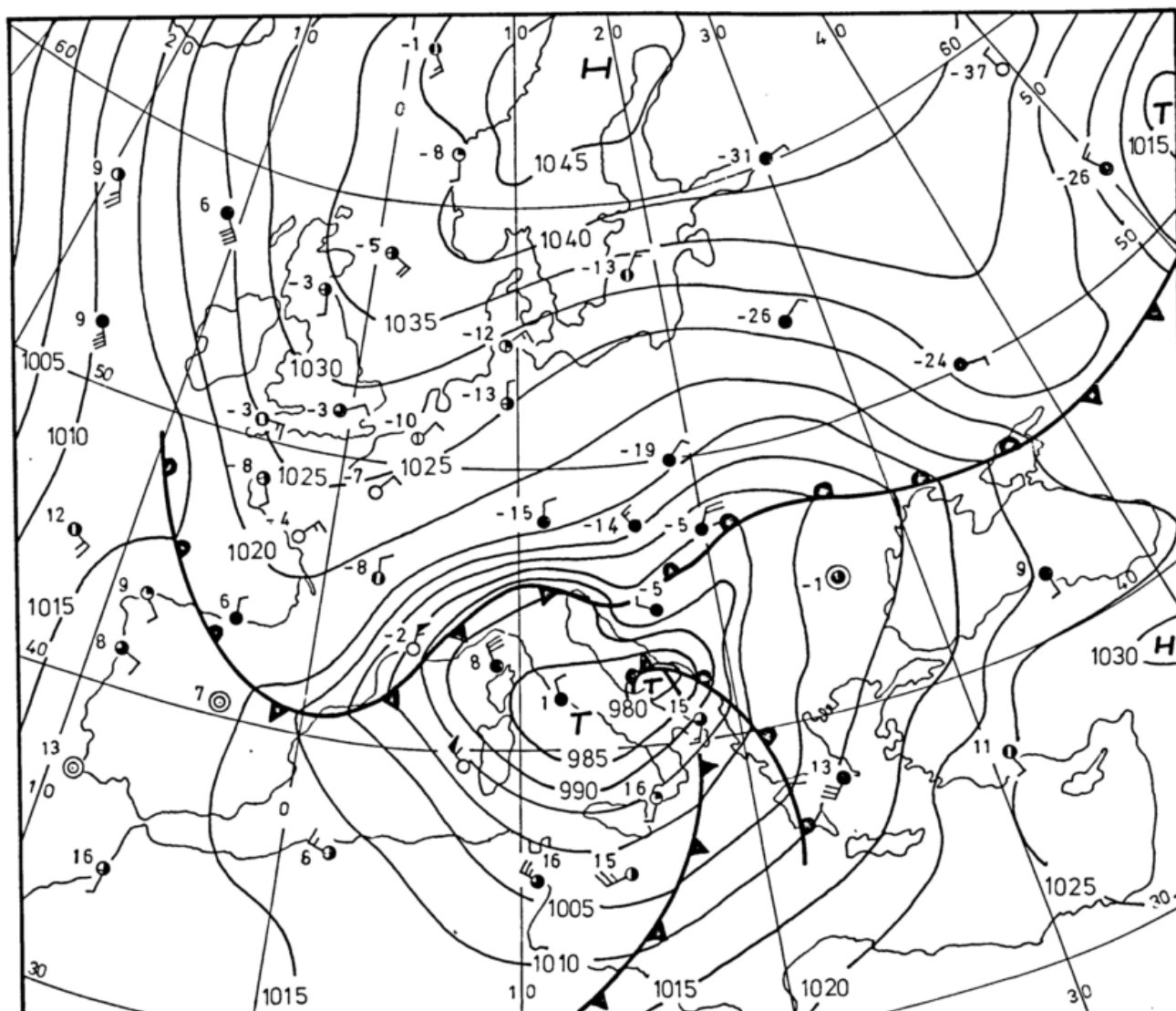


Abb. 18

11.01.1987, Wetterlage von 12 UTC:
Winterlicher Mistral auf der Rückseite
eines Sturmtiefs über der Adria

Es verlagerte sich bis zum nächsten Tag langsam weiter nordostwärts zu den Karpaten und schwächte sich dabei auf 1000 hPa ab. Zwei Tage später füllte es sich über Westrußland auf.

Über dem Tyrrhenischen Meer bildete sich am 11.01.1987 um 12 UTC ein Trogtief von 981 hPa, auf dessen Rückseite mit dem Mistral arktische Kaltluft von Frankreich (nächtliche Tiefsttemperaturen hier verbreitet unter minus 20 Grad C) ins westliche Mittelmeer vordrang. In Marseille herrschte Nordnordwest 11 bei minus 2 Grad C, und über dem Golfe du Lion trat voller Orkan auf.

Westlich von Sardinien ergibt eine Berechnung des Gradientwindes Nordwest Stärke 11 Bft und zwischen Sardinien und Tunesien West bis Nordwest 9 Bft.

Im Laufe des 12.01.1987 ließ der Wind rasch nach, da das Adriatief unter Abschwächung zu den Karpaten gezogen war, und sich das erwähnte Trogtief zur Adria entfernt hatte. Gleichzeitig machten sich über Spanien die von Westen heranschwenkenden Ausläufer eines Sturmtiefs mit Druckfall bemerkbar.

Heftige winterliche Mistral-Lagen durch das Rhonetal sind vor allem in den nördlichen Teilen des westlichen Mittelmeeres und an der Cote d'Azur mit Wintereinbrüchen verbunden, wie das Beispiel zeigt. Daraus resultieren auch die durchschnittlichen 3 Schneefalltage pro Jahr im Golfe du Lion.

5.3.1.2 Mistral durch die Garonne-Carcassone-Senke

Als Beispiel für einen winterlichen Mistral durch die Garonne-Carcassone-Senke sei hier die Wetterlage zwischen dem 22.01. und 25.01.1984 erläutert.

In einer kräftigen vom Atlantik über Frankreich und das westliche Mittelmeer bis nach Süditalien verlaufenden Frontalzone zog eine am 22.01.1984 um 12 UTC bei 50 Nord 27 West entstandene Welle unter Vertiefung rasch zur Irischen See (970 hPa am 23.01.1984 um 12 UTC). Dabei kam es über dem Englischen Kanal zu einer Teiltiefbildung mit Falltendenzen bis zu 11,8 hPa pro 3 Std. in Paris und 7,8 hPa pro 3 Std. in Südfrankreich.

Diese neue Zyklone wurde also bis zum 24.01.1984 um 12 UTC südostwärts nach Italien und zur Adria gesteuert und führte auf ihrer Rückseite im westlichen Mittelmeer zu einem kräftigen Mistral. Da das Haupttief über der Irischen See sich gleichzeitig innerhalb von 24 Std. nach Nordwestdeutschland verlagert hatte und ein südlich der Azoren gelegenes Hoch ins Seegebiet westlich von Portugal gewandert war, wehte der Mistral nicht durch das Rhonetal sondern von Nordwesten durch die Garonne- Carcassone-Senke (siehe Abbildung 19).

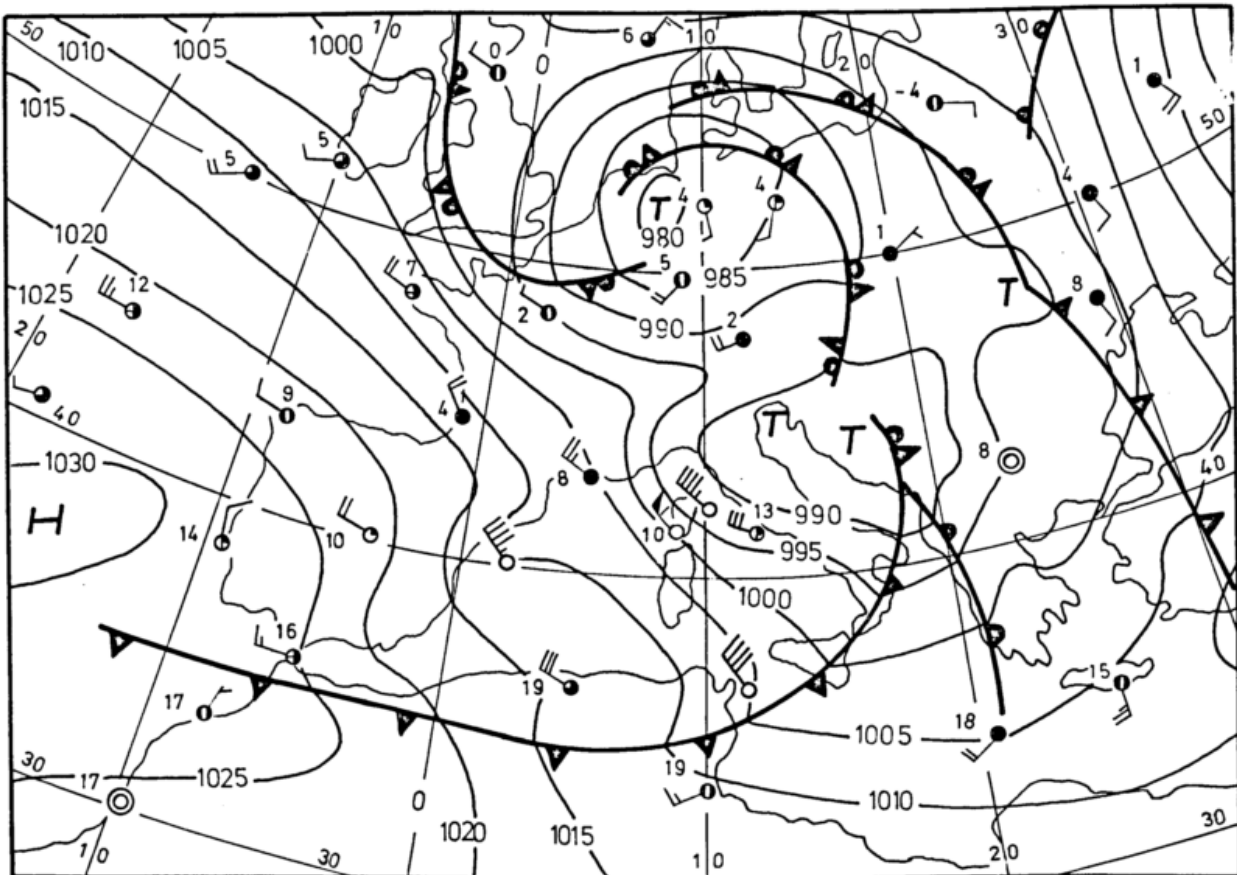


Abb. 19

24.01.1984, Wetterlage von 12 UTC:
Winterlicher Mistral auf der Rückseite
kräftiger Tiefdruckgebiete über Italien,
der Adria und Nordwestdeutschland

In Marseille trat zwar nur Nordwest 6 auf, aber über dem nordwestlichen Mittelmeer tobte ein schwerer Nordweststurm und von der Straße von Bonifacio wurde Windstärke 11 gemeldet. Eine Ermittlung des Gradientwindes für das Seegebiet östlich von Korsika ergibt Nordwest Stärke 9 Bft, so daß bei Bastia sicherlich Fallböen von Orkanstärke vorgekommen sind. Auch zwischen Sardinien und Tunesien kommt man auf einen Wert von 8 Bft aus Nordwest. An der ostspanischen Küste wehte zu demselben Zeitpunkt zwischen Barcelona und Valencia ein Maestral von Stärke 9 Bft, so daß aufgrund von Düseneffekten an der Öffnung des Ebro-Tales mindestens Windstärke 10 geherrscht haben muß.

Am 25.01.1984 hatte sich das Nordwest-Sturmfeld nach Osten verlagert und reichte vom Golfe du Lion über Korsika/Sardinien bis in den Nordteil der Großen Syrte, da das Tief über Italien und der Adria inzwischen in den Karpatenraum abgezogen war. Dabei wurde verbreitet noch Windstärke 9 beobachtet, verbunden mit Schauer- und Gewitterböen, besonders im Raum Sizilien.

Erst am 26.01.1984 ließ der Wind rasch nach und drehte auf südliche Richtungen, da sich ein Sturmwirbel dicht südlich von Irland mit Druckfall über Spanien und Frankreich ankündigte.

Bei winterlichen Mistral-Lagen durch die Garonne-Carcassone-Senke kommt es zu keinen Wintereinbrüchen, da es sich um atlantische Kaltluftmassen handelt, die einen weiten Weg über dem Wasser zurückgelegt haben, so daß die Temperatur im positiven Bereich bleibt.

5.3.2 Der Mistral im Sommerhalbjahr

Als Beispiel für einen Mistral im Sommerhalbjahr sei hier eine Wetterlage zwischen dem 21.05. und 27.05.1983 abgehandelt, der mit fast einer Woche ungewöhnlich lange andauerte (s. Abb. 20).

Am 21.05.1983 endete eine schwachgradientige, warme Wetterlage, als sich die wetterbestimmende Antizyklone unter Abschwächung vom Tyrrhenischen Meer nach Südosteuropa zurückzog, und ein Höhentrog von der Iberischen Halbkugel unter Verschärfung langsam ostwärts schwenkte, so daß über Norditalien ein abgeschlossenes Höhentief entstand. Daher drehte der Wind über Südfrankreich und dem Golfe du Lion von südöstlichen auf nordwestliche Richtungen und frischte allmählich auf, da das Azorenhoch in den Folgetagen zur westlichen Biskaya wanderte, und zum anderen das Tief über Italien seine Lage kaum veränderte.

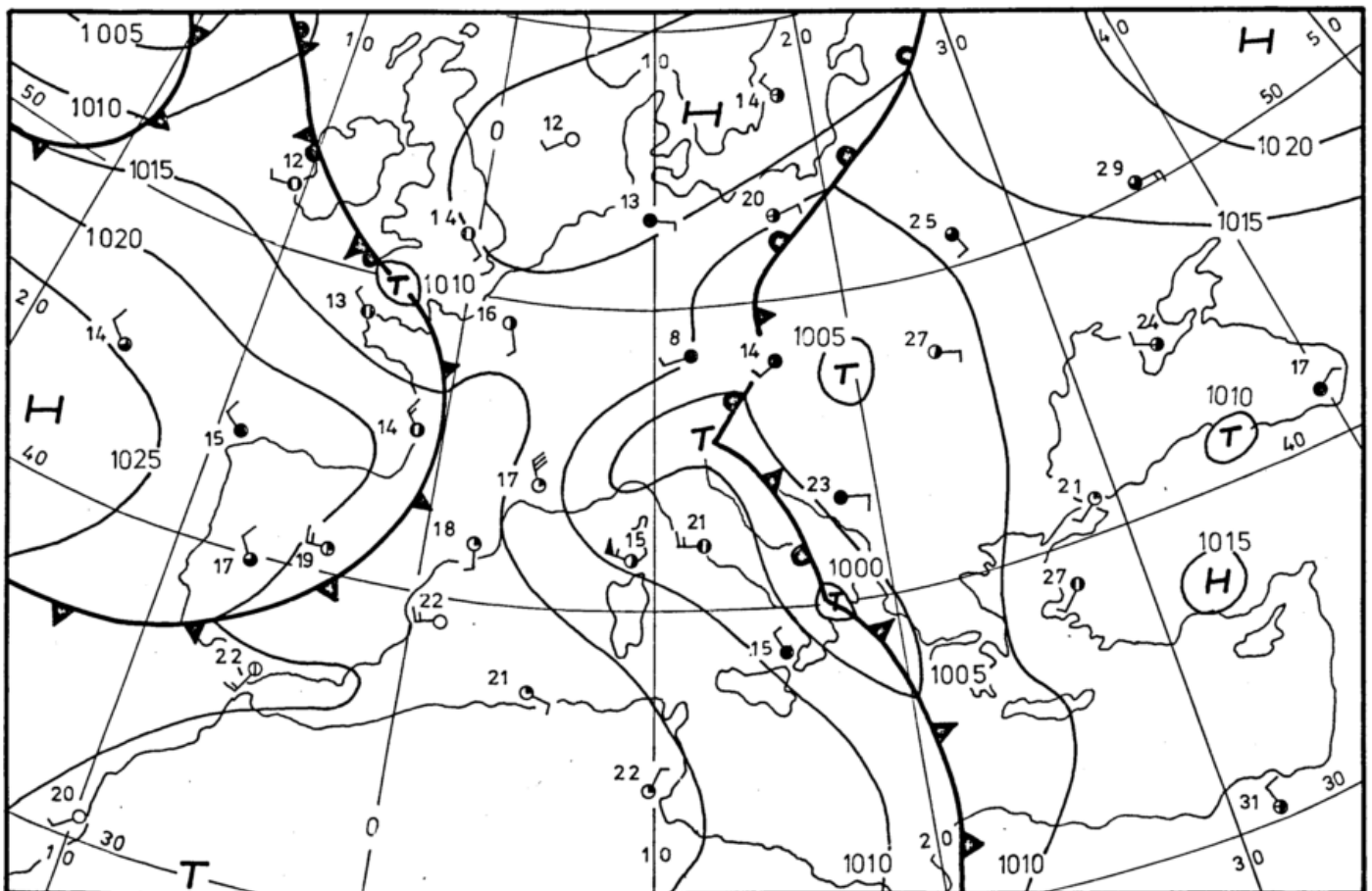


Abb. 20

23.05.1983, Wetterlage von 12 UTC:
Mistral im Sommerhalbjahr auf der
Rückseite eines Tiefs über Italien

So meldete Marseille am 23.05.1983 um 12 UTC in der hochreichenden Kaltluft Nordnordwest 7 bei nur noch 17 Grad C. Über dem Golfe du Lion ergibt eine Ermittlung des Gradientwindes sogar Nordwest Stärke 9 Bft. Zu demselben Zeitpunkt tobte in der Straße von Bonifacio ein orkanartiger Weststurm, da bei Mistral-Lagen in der Meerenge zwischen Korsika und Sardinien Düseneffekte für eine zusätzliche Windverstärkung sorgen. Dieser Sturm dauerte bis zum 27.05.1983 an. Durch die Bildung einer Genua-Zyklone am 25.05.1983 kam es im Golfe du Lion sogar noch zu einer vorübergehenden Windzunahme, wobei die Temperatur in Marseille bei Nordwest 8 auf 13 Grad C zurückging (s. Abb. 21).

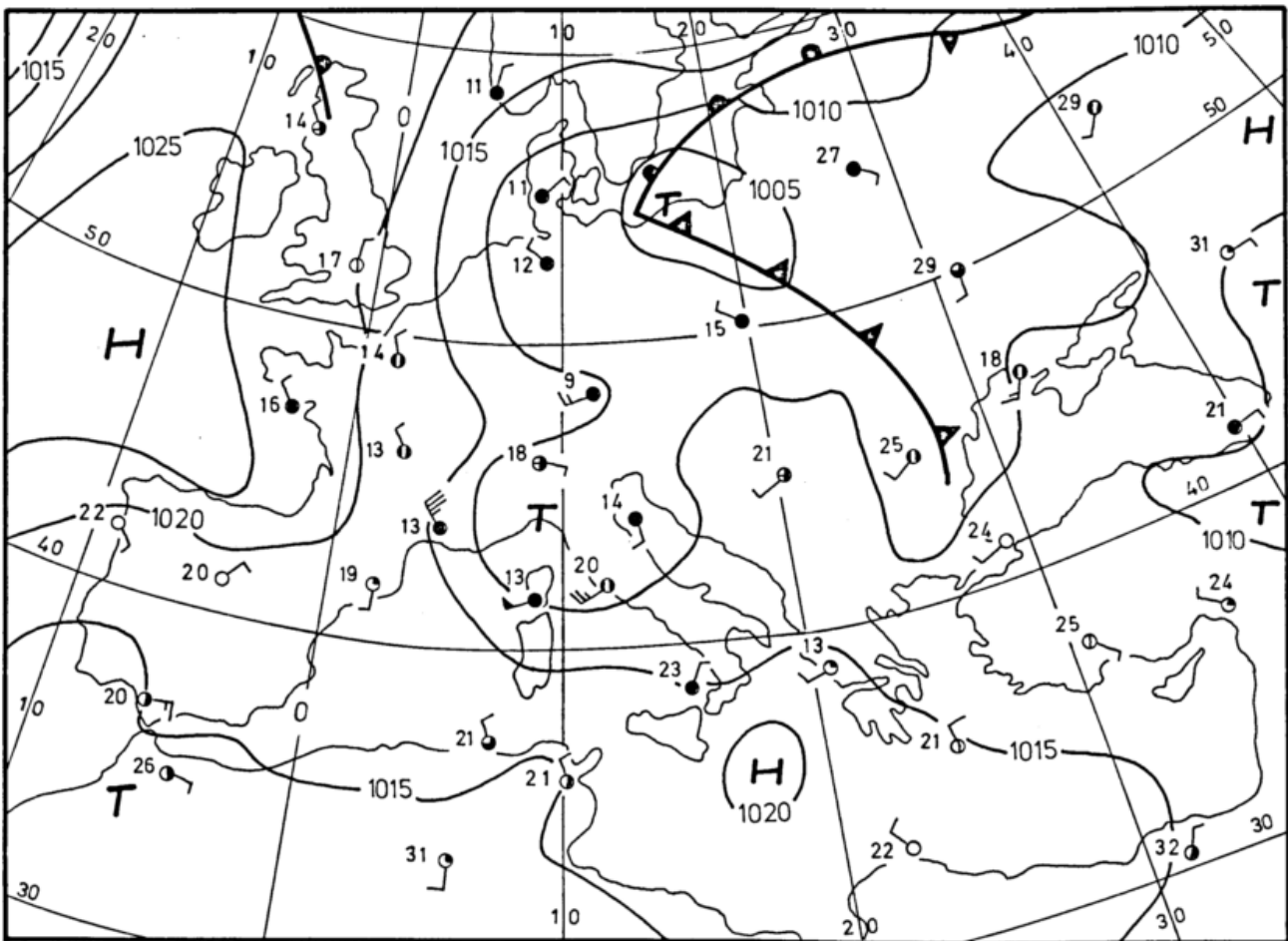


Abb. 21

25.05.1983, Wetterlage von 12 UTC:
Verschärfung des Mistral durch die
Bildung einer Genua-Zyklone

Erst am 28.05.1983 wurde die Mistral-Lage beendet, als sich die Genua-Zyklone abschwächte.

5.4 Dauer von Mistral-Lagen

Die durchschnittliche Dauer einer Mistral-Lage ist 3 bis 4 Tage.

Mistral-Lagen, die sich im Winterhalbjahr in einer kräftigen, ins westliche Mittelmeer gerichteten Frontalzone bilden, dauern meist nur 1 bis 2 Tage, da die sie verursachenden Tiefs in der lebhaften Westströmung relativ rasch ostwärts ziehen.

In den Fällen jedoch, wo Mistral-Lagen durch Abtropfungsprozesse aus der atlantischen Frontalzone entstehen, kann die Dauer auch eine Woche betragen. Besonders ist das der Fall, wenn hochreichende und damit nahezu ortsfeste Tiefs über Italien oder der Adria liegen, und sich zusätzlich eine Genua-Zyklone bildet. Solche länger andauernden Mistral-Lagen können sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr auftreten.

Daher sollte im westlichen Mittelmeer immer auf einen von Norden erfolgenden Kaltfrontdurchgang und die Entstehung einer Genua-Zyklone geachtet werden. Wichtig ist auch, ob das Azorenhoch einen Keil bis zur Biskaya oder Spanien vorschiebt.

5.5 Seegang bei Mistral-Lagen

Der Golfe du Lion und das Seegebiet westlich von Korsika/Sardinien gehören im Winter mit zu den sturm- und orkanreichsten Gebieten der Erde. Besonders bei Mistral-Lagen entwickelt sich hier eine sehr hohe See. So sind bei Nordwest- bis Nordorkan schon kennzeichnende Wellenhöhen von 10 m und mehr beobachtet worden. Die größten gemeldeten kennzeichnenden Wellenhöhen liegen in beiden Seegebieten bei 12 m und können auch im Sommerhalbjahr 5 m erreichen.

6. Weitere regionale Winde im Mittelmeer

6.1 Tramontana, Gregale und Vardarac

Der Tramontana ist ein Nordwind über Italien, der auf der Rückseite zur Adria abgezogener Tiefdruckgebiete auftritt (siehe Wetterbeispiel vom 09.02.1984, 12 UTC, Abbildung 4).

Liegt die Zyklone südlich von Griechenland oder über der Großen Syrte, so weht über der südlichen Adria und dem Ionischen Meer sowie Süditalien und Sizilien bis nach Malta ein Nordostwind, der als Gregale (griechischer Wind) bezeichnet wird (siehe Wetterbeispiel vom 23.02.1985, 12 UTC, Abbildung 22).

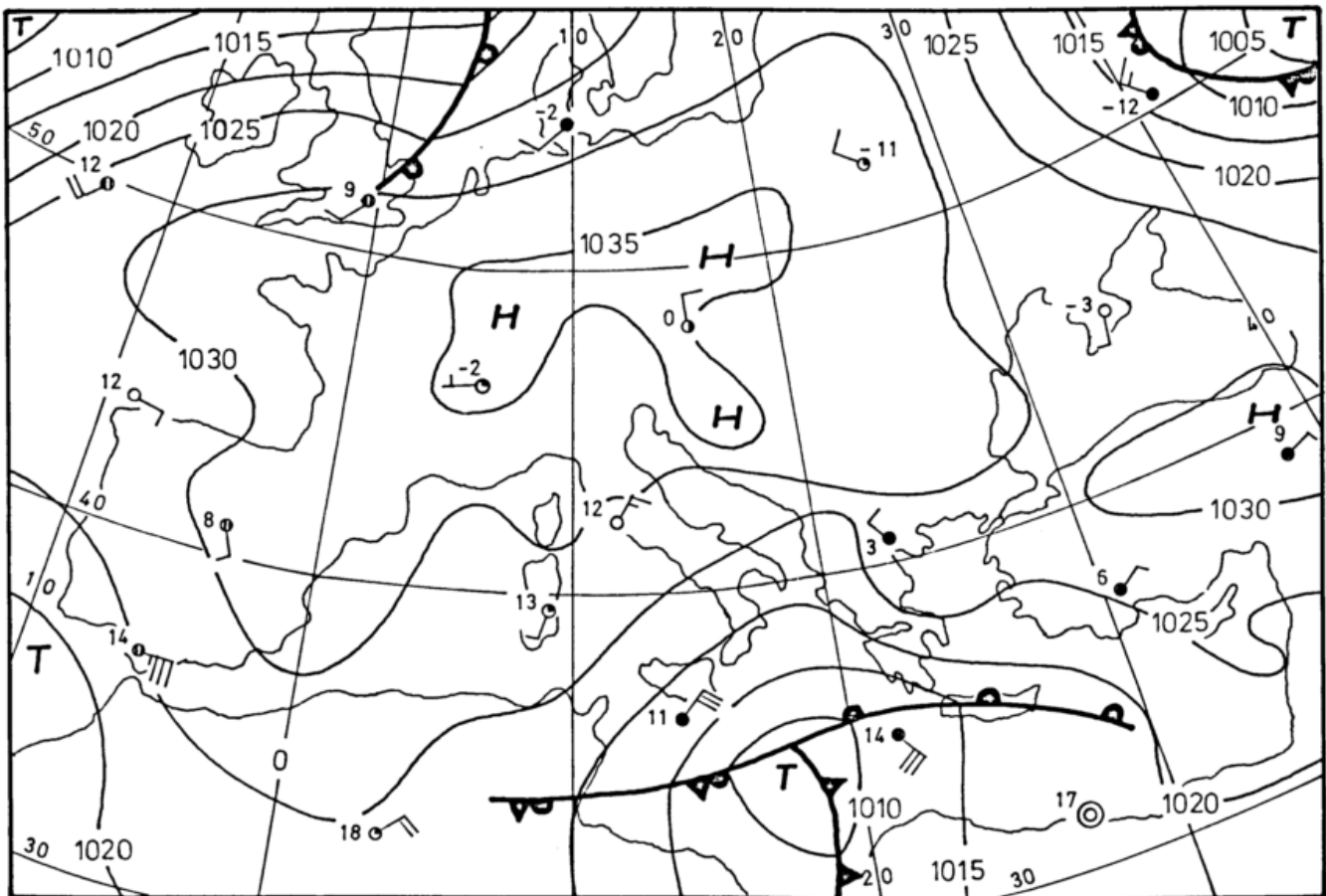


Abb. 22

23.02.1985, Wetterlage von 12 UTC:
Gregale von der südlichen Adria bis
nach Malta und Tunesien

Liegt das Tief dicht südlich von Griechenland, so strömt aus nördlicher Richtung der Vardarac durch das Vardartal in die Bucht von Saloniki und führt in der Ägäis zu erheblichen Behinderungen der Schifffahrt (siehe Wetterbeispiel vom 04.03.1987, 12 UTC, Abbildung 3).

Alle drei erwähnten Winde sind kalt und kommen das ganze Jahr über vor. Im Winter sind Sie jedoch am häufigsten und kräftigsten und zum Teil mit heftigen Kaltluftausbrüchen verbunden.

6.2 Ponientes, Vendraal und Libeccio

Liegen ein Hoch über Nordafrika und Tiefdruckgebiete über der Biskaya, Nordspanien oder dem Golf von Genua, wehen über dem westlichen Mittelmeer Westwinde, die als Poniente bezeichnet werden.

Bei einer stürmischen Entwicklung, wie sie besonders im Spätherbst und Winter zu erwarten ist, heißt dieser Wind Vendraal. Er kann auch mit einem Maestral an der spanischen Ostküste in Verbindung stehen. Es ist ein typischer zur Tiefrückseite gehöriger Wind, der sehr böig ist (siehe Wetterbeispiel vom 10.02.1985, 12 UTC, Abbildung 23).

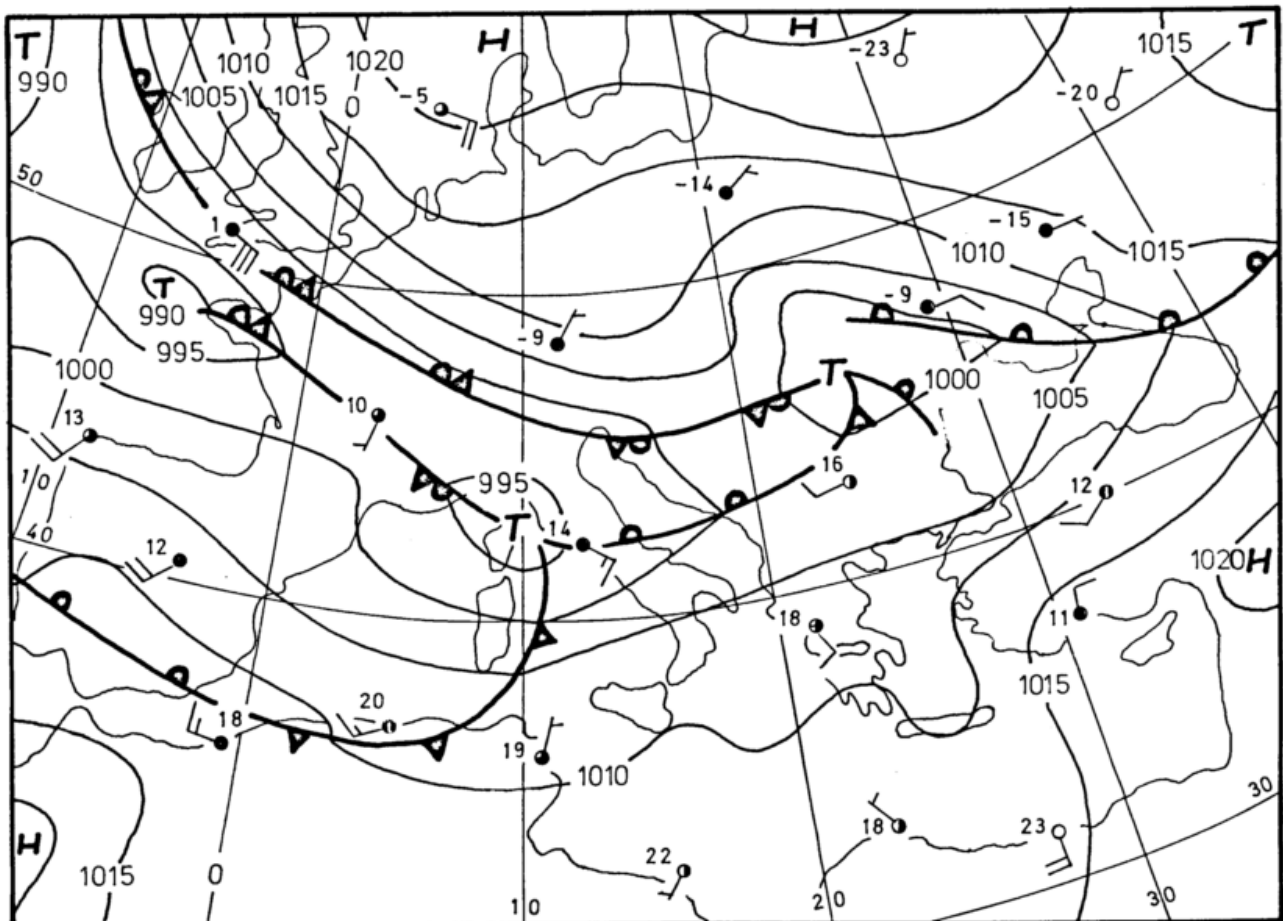


Abb. 23

10.02.1985, Wetterlage von 12 UTC:
Vendraal und Libeccio im westlichen Mittelmeer

Im italienischen Raum nennt man Südwest- oder Westwinde Libeccio. Sie stehen meist in Zusammenhang mit einem Mistral (siehe Abbildung 16). Besonders gefährlich ist der Libeccio in der Straße von Bonifacio, wo er durch Düsenwirkung erheblich verstärkt wird. Der Seegang im westlichen Mittelmeer ist bei einer solchen Lage sehr unruhig durch die Überlagerung der Windsee des Libeccio mit der dem Mistral vorauslaufenden Dünung.

6.3 Levanter

Bei tiefem Druck über Marokko und hohem Druck über der Biskaya bis nach Mitteleuropa weht in der Straße von Gibraltar ein Ostwind, der Levanter genannt wird (siehe Wetterbeispiel vom 10.01.1984, 12 UTC, Abbildung 24).

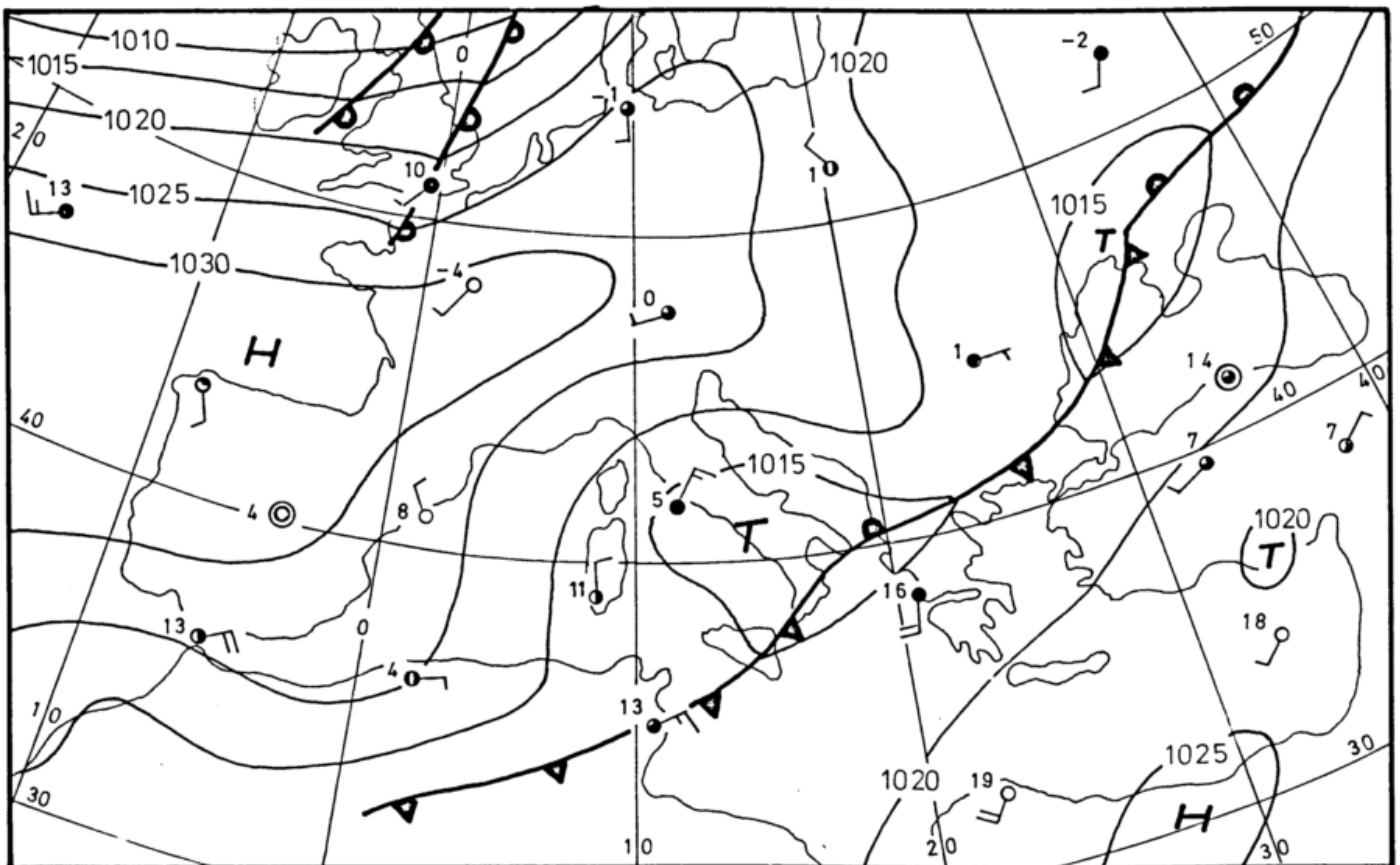


Abb. 24

10.01.1984, Wetterlage von 12 UTC:
Levanter in der Straße von Gibraltar

Durch Düseneffekte wird er in der Meerenge intensiviert. Im Sommer führt er im Raum Gibraltar-Alboran zu schlechten Sichtverhältnissen, oft sogar zu Nebel, da hier die warme Mittelmeerluft über dem kälteren Oberflächenwasser unter den Taupunkt abgekühlt wird.

Im Winter jedoch ist der Levanter kalt und bricht mit einer Kaltfront auf der Ostseite des Biskayahochs ein, die manchmal mit einem großflächigen Niederschlagsgebiet verbunden ist.

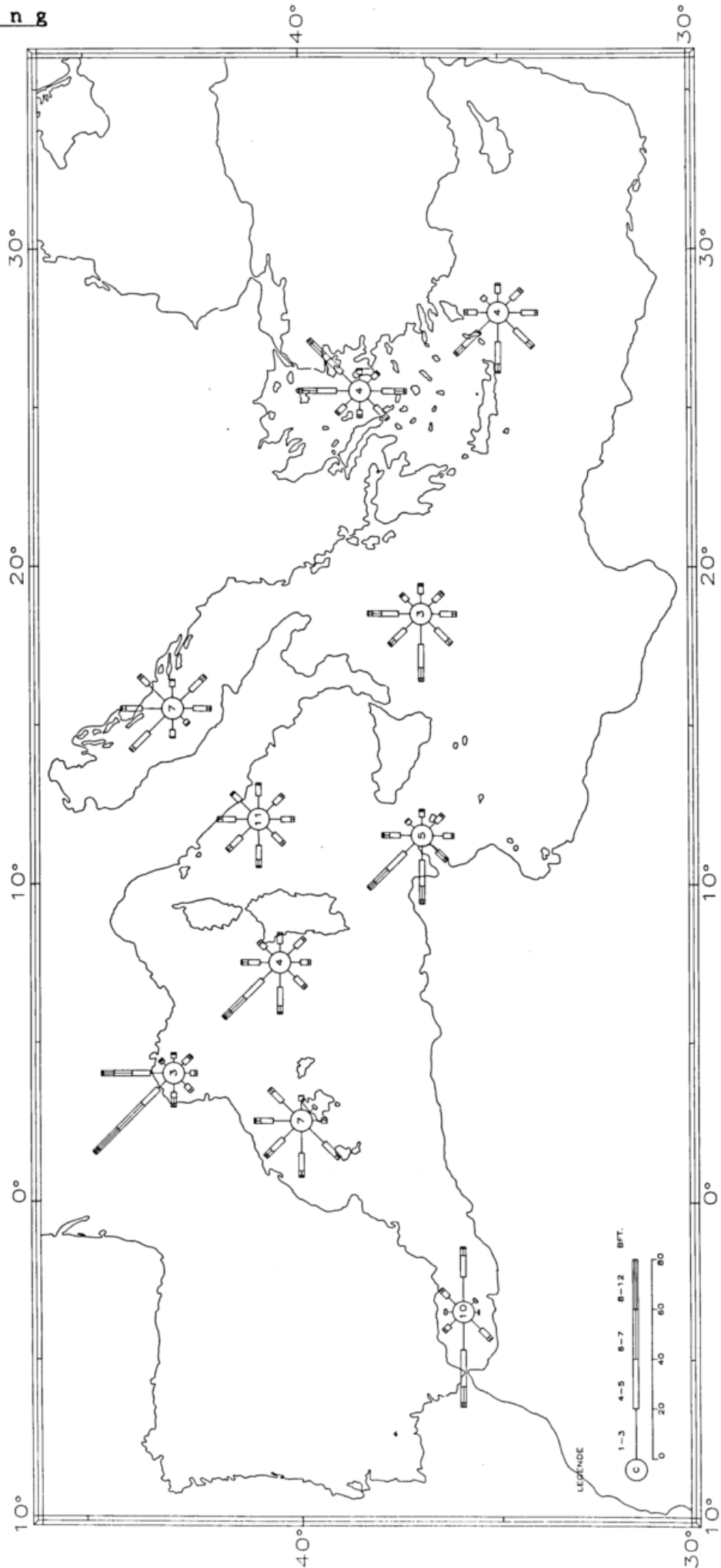
6.4 Levante und Llevantada

Wenn ein Hoch über Frankreich und ein Tief südlich der Balearen oder über Algerien und Marokko liegt, kommt im westlichen Mittelmeer eine Ost- bis Nordostströmung in Gang, die an der spanischen Ostküste den Namen Levante trägt (siehe Wetterbeispiel vom 09.03.1984, 12 UTC, Abbildung 14). Frischt der Wind stürmisch auf, so spricht man von einem Llevantada.

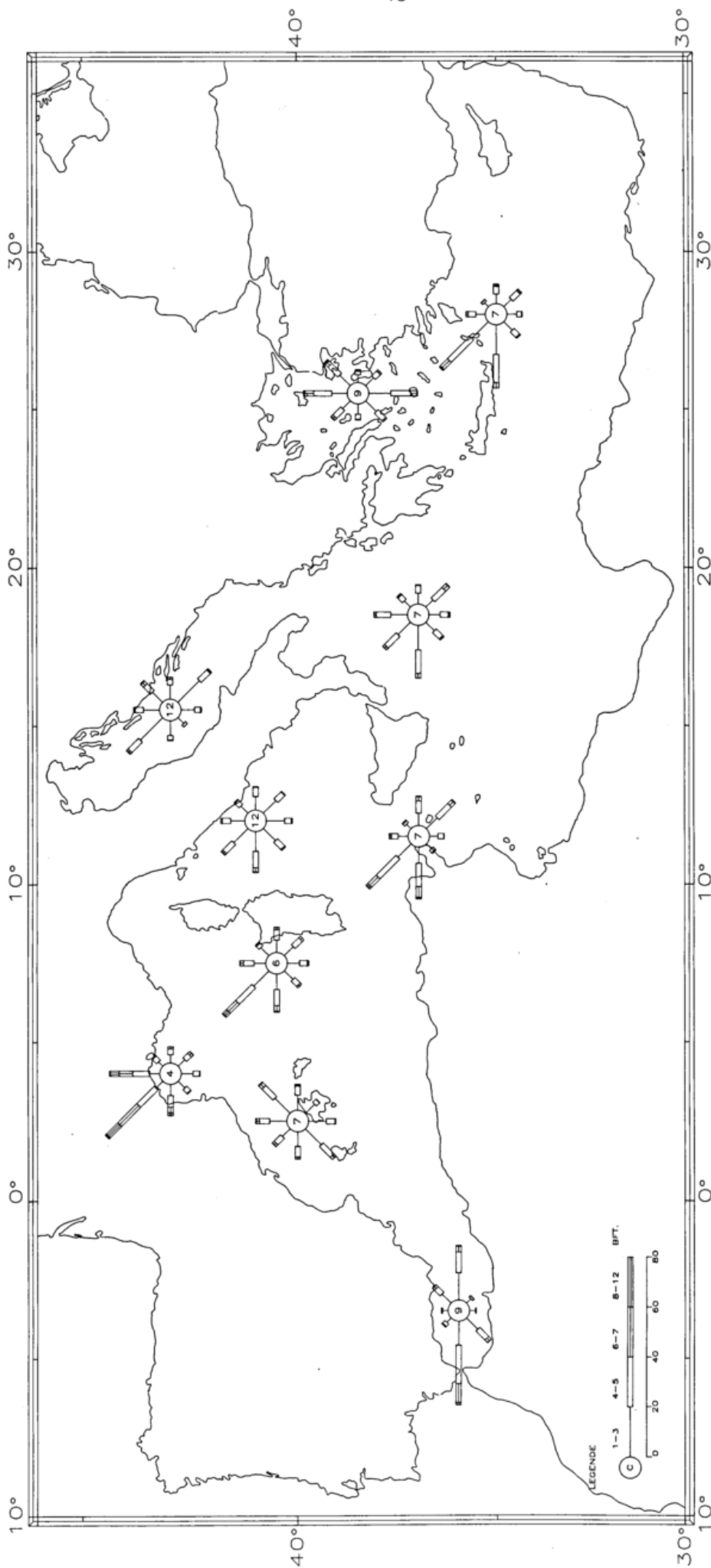
Insbesondere, wenn der tiefe Druck mit seinem Zentrum dicht südlich der Balearen liegt, ist die Windgeschwindigkeit im allgemeinen groß. Es kann dann auch in seltenen Fällen ein Zusammenhang mit dem Marin über dem Golfe du Lion bestehen, so daß durch Hebungsvorgänge afrikanische Warmluft an der spanischen Ostküste hohe Niederschlagsmengen zeitigt, wobei der Niederschlag in Gebirgsregionen durch Stau noch verstärkt wird. Das Tief zieht meist nordostwärts ab, so daß später auf seiner Rückseite ein Mistral entstehen kann.

6.5 Contrastes

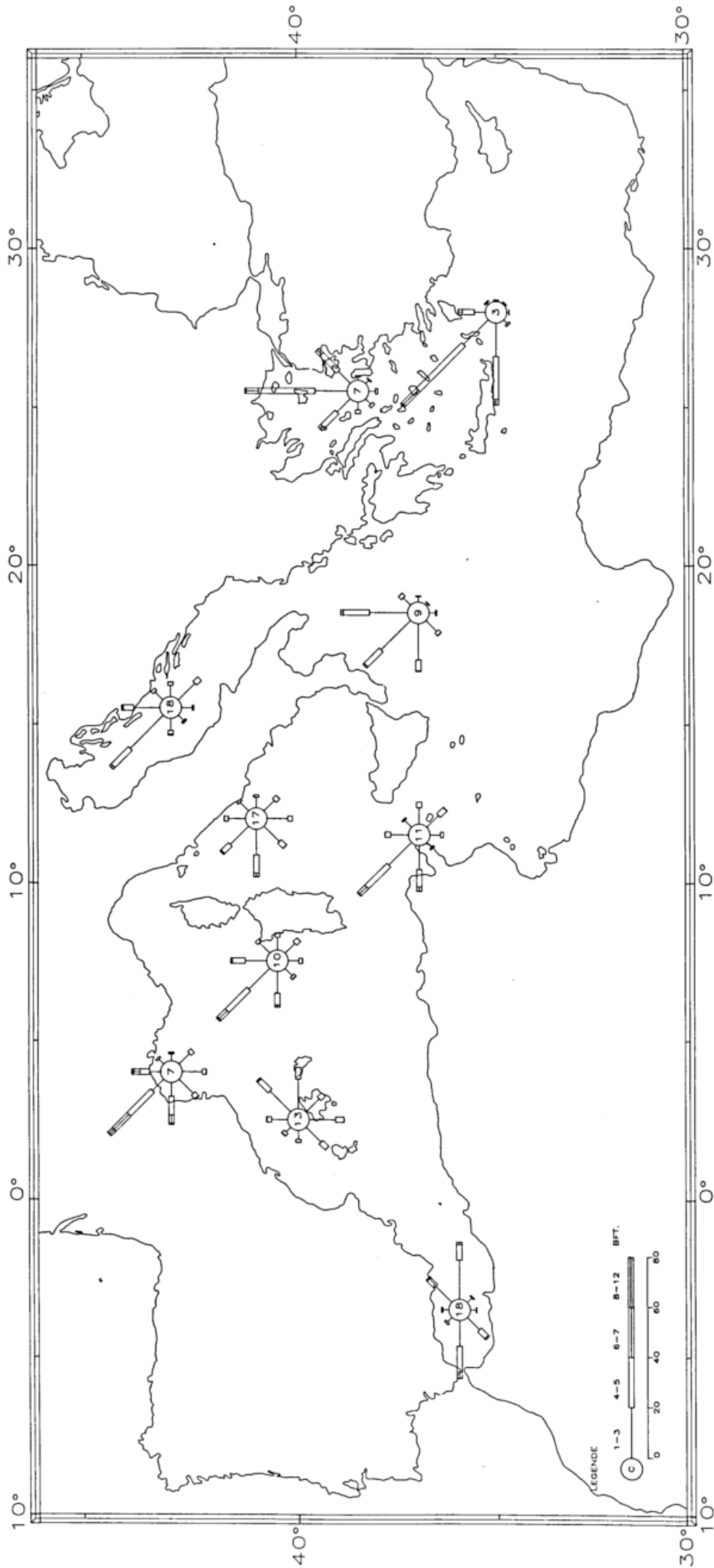
Es gibt Wetterlagen, bei denen auf kurze Entfernung, z.B. in der Straße von Gibraltar, Ponientes und Levanter gleichzeitig vorkommen. Ein solches Auftreten wird als Contrastes bezeichnet. Ursache ist ein langgestrecktes Tief zwischen Südspanien und Marokko mit einer nahezu breitenkreisparallelen Luftmassengrenze, die auf engstem Raum Südwest- bis Westwinde im Süden von Ost- bis Nordostwinden im Norden trennt. Die Konvergenzlinie ist so scharf ausgeprägt, daß der Wind bei ihrem Durchgang innerhalb von wenigen Minuten auf die andere Richtung umspringt, häufig verbunden mit schweren Schauern und Gewittern. Nicht selten trifft man auch auf Wasserhosen.



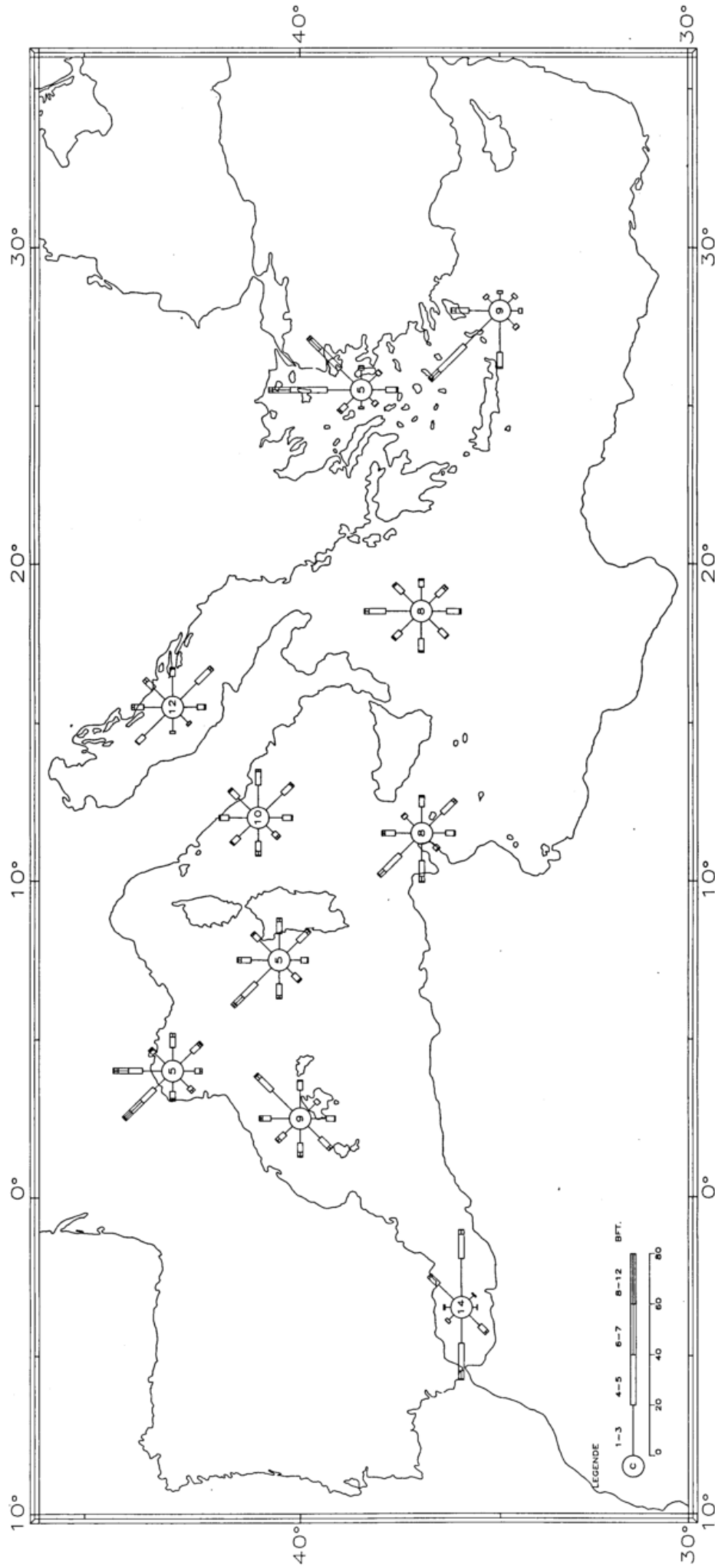
Windrosen im JANUAR in den Seegebieten



Windrosen im APRIL in den Seegebieten



Windrosen im JULI in den Seegebieten



Windrosen im OKTOBER in den Seegebieten

Literaturverzeichnis

Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt:

- Klimatologie des Mittelmeeres, bearbeitet von H. Markgraf und O. Höflich

Teil 1: Windkarten

(Einzelveröffentlichung Nr. 29) Hamburg 1961

Teil 2: Temperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel

(Einzelveröffentlichung Nr. 78) Hamburg 1963

Teil 3: Graphische Darstellung ausgewählter Felder

(Einzelveröffentlichung Nr. 78) Hamburg 1971

Meteorological Office:

- Weather in the Mediterranean, Vol. 1, HMSO, London 1962

Band, G.:

- Bora und Mistral; ein Vergleich. Arch. f. Met. Geophys. Biokl. (B), 6, 1955

Bock, K.-H.:

- Mistral im Golfe du Lion und seine Auswirkung in Bastia/Korsika
Wetterkarte des Deutschen Wetterdienstes,
Amtsblatt des Seewetteramtes vom 6., 7., 8. und 9. Juli 1976
- Ein Sandsturm im östlichen Mittelmeer
- Der Wetterlotse, Nr. 363/364, Hamburg 1977

Carapiperis, L. N.:

- Über eine Klassifizierung der Etesien aufgrund der herrschenden isobarischen
Zustände Met. Rundschau 1954, 1/2 Heft
- Some remarkable Cases of Etesian Winds in The Aegean Sea. Athens, 1969

Markjanic, B.:

- Die wechselseitige Beeinflussung von Seewind und Bora.
Ber. Deutscher Wetterdienst 8, 1959

Metaxas, D.:

- A contribution to the study of the Etesian Winds. Athens, 1979

Yoshimo, M. M.:

- Die Bora in Jugoslawien. Annalen der Meteorologie, N. F. (5)

Prügel, H.:

- Der Wind ist oft anders ... Südkurs 5/80
- Die Mittelmeerwinde. Südkurs 6/80
- Genua - Zyklonen. Südkurs 7/80

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg:

- Östliches Mittelmeer und Schwarzes Meer, Seehandbuch Nr. 2031, Januar 1986
- Westliches Mittelmeer, Seehandbuch Nr. 2027, September 1988
- Klima und Wetter im Mittelmeer
Sonderdruck aus Mittelmeer - Handbuch, III. Teil, Hamburg, 1977

