

Studie

über behindernde und fördernde meteorologische Bedingungen
für Flugbetrieb und Lastaustausch des CL 160 entlang
ausgewählter potentieller Routen in Europa

im Auftrag der

CargoLifter Network GmbH

vertreten durch
Andreas Steckner
Dr. Bernd Goretzki

durchgeführt am

Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin

von der

Forschungsprojektgruppe
Meteorologische Informations- und Kommunikations- Systeme

Dipl.-Met. Thomas Dümmel

.

sowie

Prof. Dr. Manfred Geb

.

und

Dipl.-Met. Kai Brüggemann

Dezember 2001

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Aufgabenstellung	6
3. Datenstudie	7
3.1 Vorgehensweise	7
3.2 Ergebnisse der Datenstudie weltweiter Bodenmessstationen	8
3.2.1 Ergebnisse Europa	9
3.2.2 Ergebnisse Afrika	11
3.2.3 Ergebnisse Nordamerika	12
3.2.4 Ergebnisse Südamerika	13
3.2.5 Ergebnisse Australien	14
3.2.6 Ergebnisse Asien	15
3.2.7 Ergebnisse Welt	16
3.2.8 Detaillierte Tabellen	17
3.3 Ergebnisse der Datenstudie weltweiter Höhenmessstationen	18
3.3.1 Ergebnisse Europa	19
3.3.2 Ergebnisse Afrika	21
3.3.3 Ergebnisse Nordamerika	22
3.3.4 Ergebnisse Südamerika	23
3.3.5 Ergebnisse Australien	24
3.3.6 Ergebnisse Asien	25
3.3.7 Ergebnisse Welt	26
3.3.8 Detaillierte Tabellen	27
4. Festlegung potentieller Fahrtrouten aufgrund geografischer Randbedingungen	28
4.1 Start und Ziel der Routen	28
4.2 Einschränkungen durch das Höhenprofil	29
4.3 Die Routenauswahl in Kartendarstellung	30
4.3.1 Die Nordwest-Route: Brand - Amsterdam - Glasgow	30
4.3.2 Die Südwest-Route: Brand - Lyon - Casablanca	31
4.3.3 Die Südost-Routen: Brand - Wien - Donautal - Istanbul - östl. Mittelmeer – oder- Wien - Zagreb - Adria - östl. Mittelmeer	32
4.4 Auswahl repräsentativer Wetterstationen entlang der Routen	33
4.4.1 Auswahl der Synopstationen	33
4.4.2 Auswahl der Tempstationen	36
5. Auswertung von Wetterstationen mit Bodenbeobachtungen (Synop)	38
5.1 Bewertungskriterien der Parameter	39
5.2 Bearbeitung der Zeitreihen	42
5.3 Bewertung der Wetterzustände	43
5.4 Auswertung der Bewertungszeitreihen „LEP“	45
6. Auswertung von Wetterstationen mit Höhendondierungen (Temps)	46
6.1 Bewertungskriterien der Parameter	48
6.2 Bearbeitung der Zeitreihen	51
6.3 Bewertung der Wetterzustände	51
6.4 Auswertung der Bewertungszeitreihen „Passage“	53

7. Beurteilung der Routen im Detail (Kai Brüggemann)	54
7.1 Allgemeine Bemerkungen zu den Synopdaten bzw. deren Auswertung	54
7.2 Nordwestroute über Hannover, De Bilt, Hemsby, Manchester, Glasgow	56
7.2.1 Berlin und Brandenburg	56
7.2.2 Hannover und Umgebung	56
7.2.3 De Bilt und Umgebung	57
7.2.4 Hemsby und Umgebung	57
7.2.5 Manchester und Umgebung	58
7.2.6 Glasgow und Umgebung	58
7.3 Route Südost über Prag, Wien, Zagreb, Novo Mesto, Senj, Losinj, Split, Havar, Dubrovnik, Brindisi, Kerkyra, Methoni, Heraklion, Lanarca	59
7.3.1 Prag	59
7.3.2 Wien	60
7.3.3 Zagreb	60
7.3.4 Novo Mesto	61
7.3.5 Senj, Losinj, Split, Havar, Dubrovnik	63
7.3.6 Brindisi	64
7.3.7 Kerkyra	64
7.3.8 Methoni	64
7.3.9 Heraklion	64
7.3.10 Lanarca	65
7.4 Südostausweichroute über Wien, Budapest, Timisoara, Lom, Rouse, Varna, Istanbul, Izmir, Lanarca	65
7.4.1 Budapest	65
7.4.2 Timisoara (Temesvar)	66
7.4.3 Lom	67
7.4.4 Rouse	67
7.4.5 Varna	67
7.4.6 Istanbul	68
7.4.7 Izmir	68
7.5 Südwestroute über Erfurt, Stuttgart, Zürich, Dijon, Marignane, Menorca, Almeria, Tanger, Casablanca	69
7.5.1 Erfurt	69
7.5.2 Stuttgart-Echterdingen	69
7.5.3 Zürich	70
7.5.4 Dijon	70
7.5.5 Marignane (Marseille)	72
7.5.6 Menorca (Mahon)	72
7.5.7 Almeria	73
7.5.8 Tanger	73
7.5.9 Casablanca	74
7.6 Abschließende Betrachtungen	74

8. Strukturen der Wettererscheinungen in Raum und Zeit	75
8.1 Strukturen der einschränkenden Wettererscheinungen in Raum und Zeit	75
8.1.1 Großskalige Wettersysteme (1000-3000 km Durchmesser)	75
8.1.2 Kleinskalige Wettersysteme (1-100 km Durchmesser)	75
8.1.3 Der gebirgige Untergrund.....	76
8.2 Beispiele zur raum-zeitlichen Skalierung der Wettererscheinungen	76
8.2.1 Beispiele zu Art und Wirksamkeit der großskaligen Wettersysteme	76
8.2.2 Beispiele zu Art und Wirksamkeit konvektiver Wettersysteme.....	77
8.2.3 Beispiele zur Wirkung der Orographie in der 1-100-km-Skala	78
8.3 Anmerkungen zum prognostischen Aspekt der klimatologischen Studie	78
8.3.1 Ein grundsätzliches Problem	78
8.3.2 Eine eher formale Unstimmigkeit als weiteres Beispiel.....	79
9. Meteorologische Interpretation der Ergebnisse	80
9.1 Auswertung der aerologischen Messreihen bezüglich der Passage-Chancen	80
9.1.1 Jahresbilanzen der Passage-Chancen	80
9.1.2 Jahreszeiten mit extremen Passage-Chancen	81
9.1.3 Der mittlere jahreszeitliche Gang der Passage-Chancen	84
9.2 Auswertung der synoptischen Messreihen bezüglich der LEP-Chancen	91
9.2.1 Jahresbilanzen der LEP-Chancen	93
9.2.2 Jahreszeiten mit extremen LEP-Chancen	94
9.2.3 Der mittlere jahreszeitliche Gang der LEP-Chancen	95
10. Zusammenfassung	102
11. Ausblick.....	102
12. Anhang	103
12.1 Mitwirkende.....	103

1. Einleitung

Die Cargo Lifter AG entwickelt zur Zeit ein innovatives Luftschiff als Transportmittel für Schwerlasten.

Dieses Luftschiff (CL160) wird mit Helium gefüllt sein und kann Lasten bis zu 160 Tonnen über weite Strecken weltweit transportieren. Der Lastaustausch (LEP) kann punktgenau unabhängig von der lokalen herkömmlichen Infrastruktur erfolgen.

Das Luftschiff wird immer dem am jeweiligen Aufenthaltsort herrschenden Wetter ausgesetzt sein.

Dabei sind zunächst grundsätzlich zwei Phasen zu unterscheiden.

- Während der LEP-Phase muss der CL160 für ca. 2 Stunden etwa 60 m über dem Lastaustauschpunkt schweben können.
- Die zweite Phase ist das „cruising“, bei dem der CL160 normalerweise die Strecke zwischen zwei LEP-Punkten zurücklegt.

In beiden Phasen können meteorologische Bedingungen förderlich aber auch hinderlich wirken. Auch konstruktionstechnisch gibt es meteorologische Randbedingungen, denen der CL160 möglichst nicht ausgesetzt werden sollte.

Durch die physikalischen Eigenschaften des Heliums ist das Steigevermögen eines Helium-Luftschiffes grundsätzlich beschränkt. Daher sind die möglichen Transportrouten an die Höhenstruktur des Geländes gebunden.

So ist es natürlich bereits für die Auftragsannahme äußerst wichtig, die jahreszeitliche Häufigkeit der „Fahrbarkeit“ potentieller Routen beurteilen zu können, bzw. die „LEP“-Möglichkeit beurteilen zu können.

2. Aufgabenstellung

In dieser Studie für die Cargo Lifter AG werden zwei Ziele verfolgt.

Zum Ersten soll eine Datenstudie über die verfügbaren und auswertbaren weltweiten Wetterdaten des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin erstellt werden.

Zum Zweiten sollen repräsentative Boden- und Höhendaten entlang einiger potentieller Routen in Mitteleuropa in Bezug auf fördernde und behindernde meteorologische Bedingungen für den Flugbetrieb und den Lastaustausch des CL 160 ausgewertet werden.

Die Routen sind:

- 1.) Berlin – westliche Alpenumgehung – Tanger – Casablanca
- 2a.) Berlin – östliche Alpenumgehung – Wien (Donau) - Istanbul
- 2b.) Berlin – östliche Alpenumgehung – Wien – Adria – Zypern
- 3.) Berlin – Manchester – Glasgow

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass mit dieser Studie durchaus Neuland beschritten wurde, indem aus meteorologischen Messdaten und der Festlegung spezieller Schwellenwerte aussagekräftige Parameter abgeleitet wurden, die verlässliche Aussagen über Wetterbedingungen für den Betrieb von Luftschiffen erlauben. In der Literatur ist bisher eine solche Herangehensweise nicht veröffentlicht.

3. Datenstudie

Im Rahmen der Datenstudie soll eine komplette Bestandsaufnahme aller am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin verfügbaren weltweiten Wetterbeobachtungen erfolgen.

Getrennt für Bodenbeobachtungen (Synops) und Höhengondierungen (Temps) soll der gesamte Datenbestand von über 10 Jahren entschlüsselt und dokumentiert werden.

Die Ergebnisse stellen dann die Grundlage für die Auswahl der Stationen innerhalb der Auswertung dieser Studie dar. Für weitere spätere Auswertungen kann anhand dieser Ergebnisse die evtl. Notwendigkeit von Datenzukaufen abgeschätzt werden.

3.1 Vorgehensweise

Seit Mitte 1989 empfängt und speichert das Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin weltweite Wetterdaten über eine Direktleitung vom Deutschen Wetterdienst (DWD) in Offenbach sowie über mehrere eigene Funkempfänger.

Seit Mitte der 90iger Jahre spielt auch der Dateneingang aus dem Internet eine zunehmend größere Rolle.

Die Daten werden im Original-WMO-Format empfangen und in Dateien gespeichert. Pro Uhrzeit (im Allgemeinen für jede dritte Stunde) sind die Stationsmeldungen aus der ganzen Welt in einer Datei abgelegt.

Vor 5 bis 10 Jahren waren die Datenleitungen noch relativ langsam, so dass bis zu einem neuen Meldetermin nicht alle Daten des vergangenen Termins übertragen werden konnten. So liegen in früheren Jahren deutlich weniger Meldungen vor.

Für diese Datenstudie wurden aus mehr als 350.000 Dateien alle Stationsmeldungen isoliert und entschlüsselt. Für jede weltweit vorhandene Station wurde anschließend jeder Termin festgehalten, an dem diese Station gemeldet hat. Die Güte und Vollständigkeit der Wettermeldungen wurde nicht evaluiert.

3.2 Ergebnisse der Datenstudie weltweiter Bodenmessstationen

An bodengestützten Beobachtungsstationen, den sogenannten Synop-Stationen wird in der Regel weltweit gleichzeitig im 3-Stunden-Takt um 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 UTC (Weltzeit) eine Wetterbeobachtung durchgeführt. In vielen europäischen Staaten ist teilweise sogar ein stündlicher Takt verfügbar, ebenso melden aber auch diverse Länder nur im 6- oder gar 12-Stunden-Takt. Es gibt grundsätzlich zwei Klassen von Wetterparametern, die automatisch erfassbaren und die Augenbeobachtungen.

Folgende Parameter können vollautomatisch gemessen werden:

- Temperaturen
- Feuchtemaße
- Luftdruck mit Tendenz
- Sichtweite
- Niederschlagsmengen
- Strahlung
- Windrichtung und Geschwindigkeit
- etc. ..

Wesentliche Parameter sind aber nur vom Augenbeobachter zu melden:

- Bedeckungsgrad
- Art und Höhe der Wolken
- Wetterzustand zum Termin und in den letzten Stunden
- Art des Niederschlags
- Schneehöhen
- Erdbodenzustand
- etc. ..

Im Folgenden wird für die Erdteile getrennt ein grafischer Überblick der Dichte der meldenden Stationen gegeben. Es wird hier jeweils das Jahr 2000 dargestellt. Auf der beiliegenden CD sind alle Jahre dargestellt. Die Meldehäufigkeit ist aus den umfangreichen Tabellen auf den beiliegenden CDs zu ersehen.

3.2.1 Ergebnisse Europa

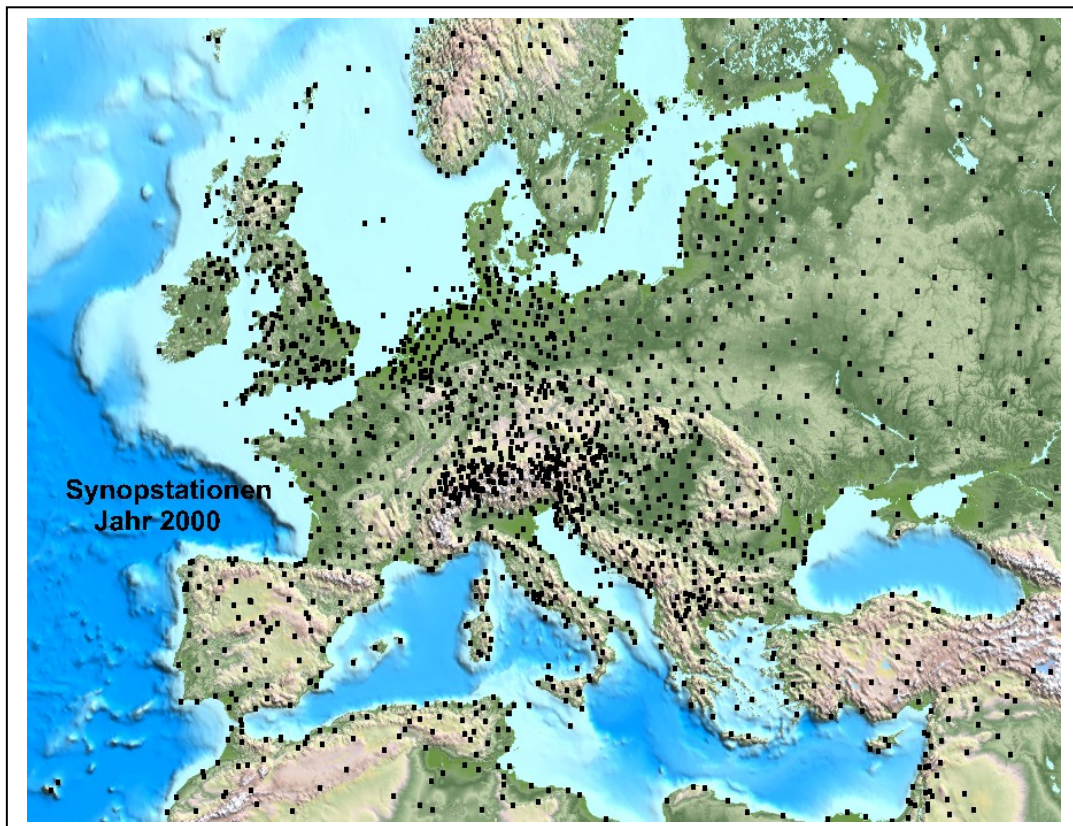


Abb. 3.2.1a

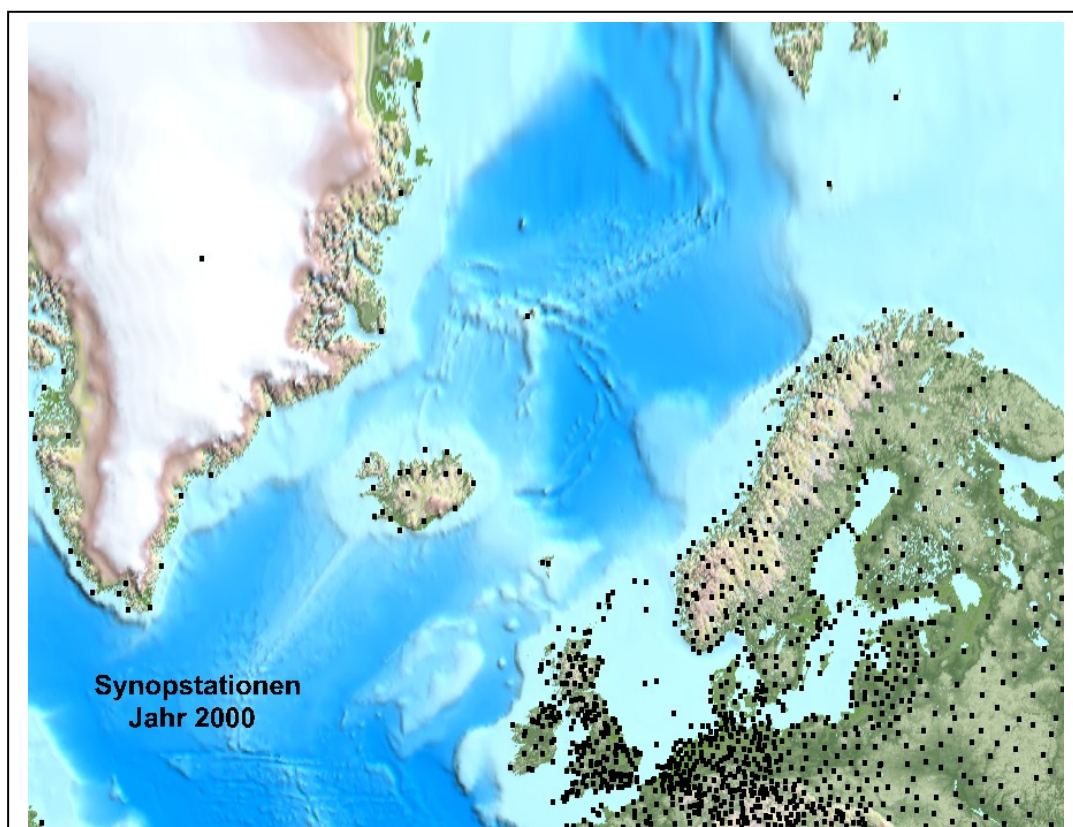
Synop-Stationsdichte in Europa

oben

Abb. 3.2.1b

Synop-Stationsdichte in Nordeuropa

unten



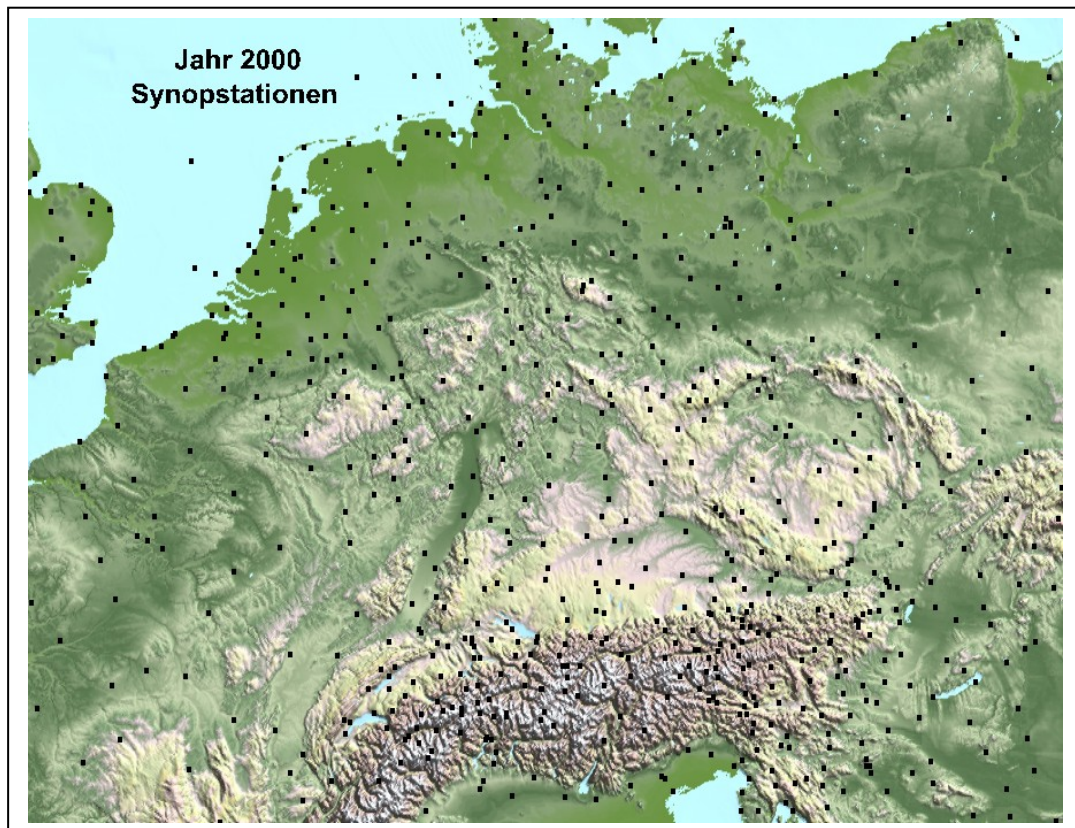


Abb. 3.2.1c Synop-Stationsdichte in Zentral-Europa

In Europa ist die Abdeckung mit Synopstationen sehr gut. Lediglich im Bereich des ehemaligen Jugoslawien ist sowohl die Meldedichte als auch die Meldequalität deutlich geringer.

3.2.2 Ergebnisse Afrika

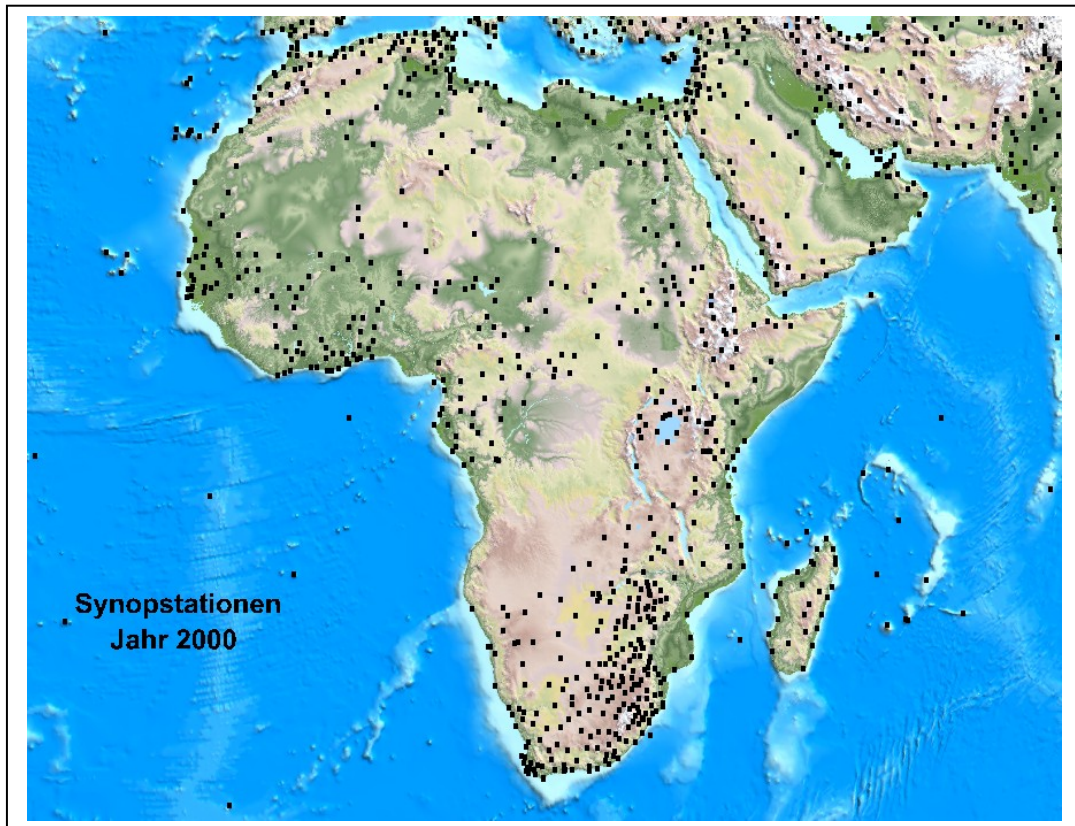


Abb. 3.2.2a Synop-Stationsdichte in Afrika

In Afrika ist die Meldedichte deutlich geringer, aber im wesentlichen ausreichend. Nur im Bereich Angola, Zaire, Mali und Somalia stehen praktisch keine Meldungen zur Verfügung.

3.2.3 Ergebnisse Nordamerika

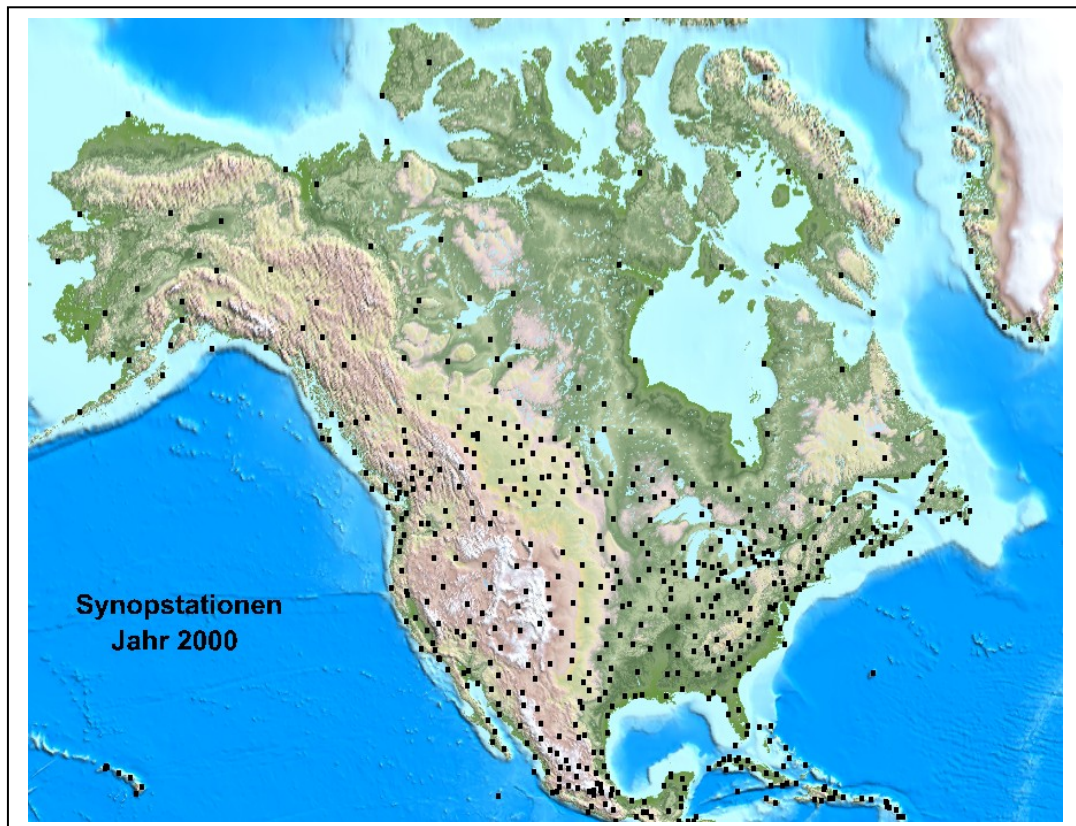
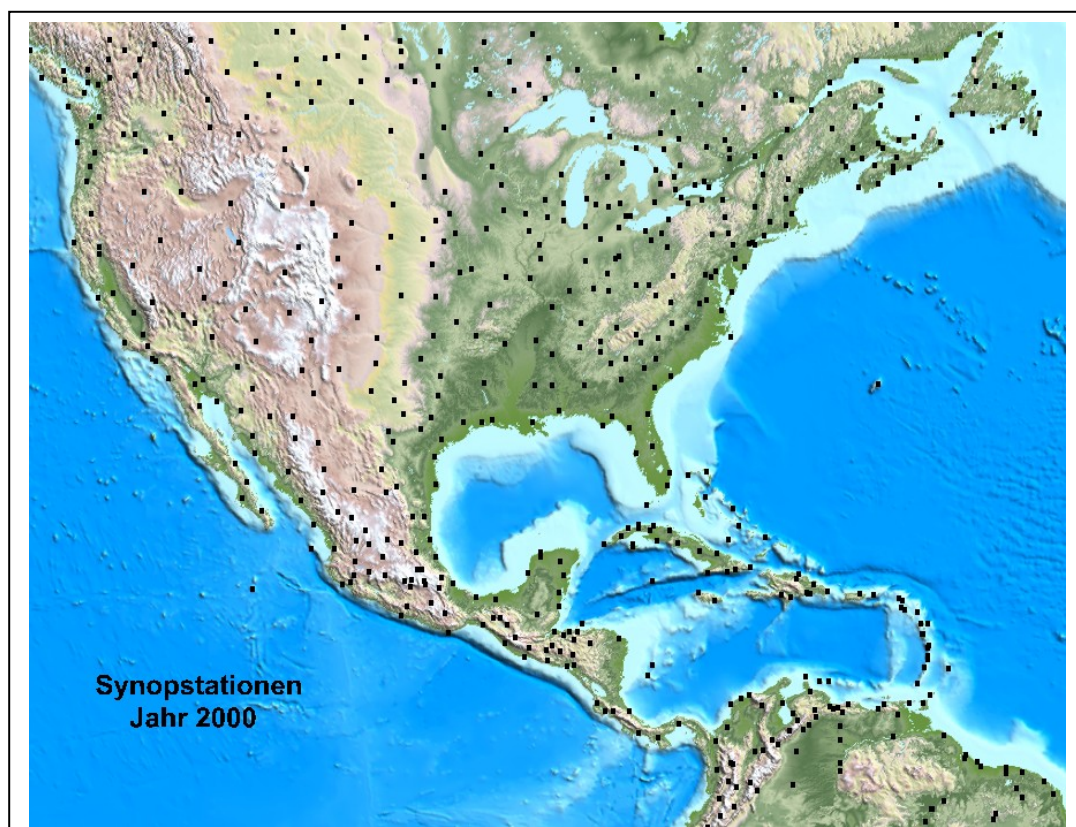


Abb. 3.2.3a	Synop-Stationsdichte in Nordamerika	oben
Abb. 3.2.3b	Synop-Stationsdichte in Mittelamerika	unten



3.2.4 Ergebnisse Südamerika



Abb. 3.2.4a Synop-Stationsdichte in Südamerika

In Nord-, Mittel- und Südamerika liegen ausreichend dicht Synopdaten im Institut für Meteorologie der FU Berlin vor. Höchstwahrscheinlich wird auch hier für entsprechende Studien kaum ein Zukauf von externen Daten nötig sein.

3.2.5 Ergebnisse Australien

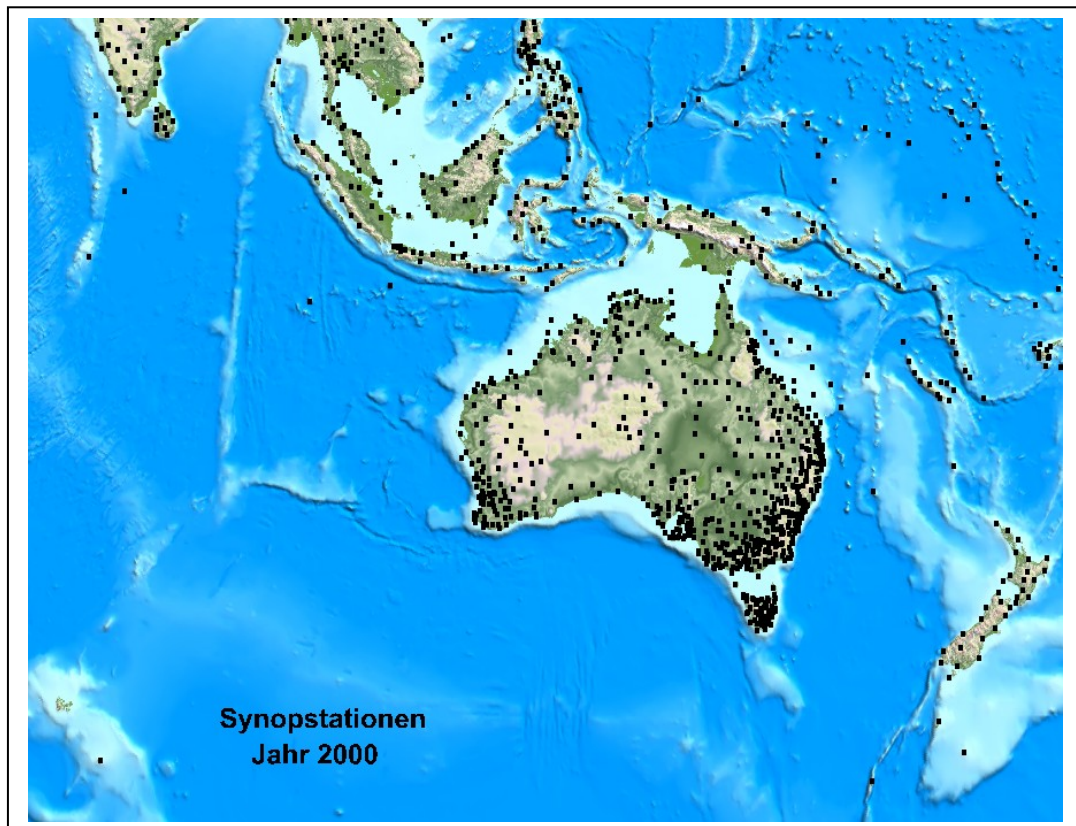


Abb. 3.2.5a Synop-Stationsdichte in Australien

3.2.6 Ergebnisse Asien

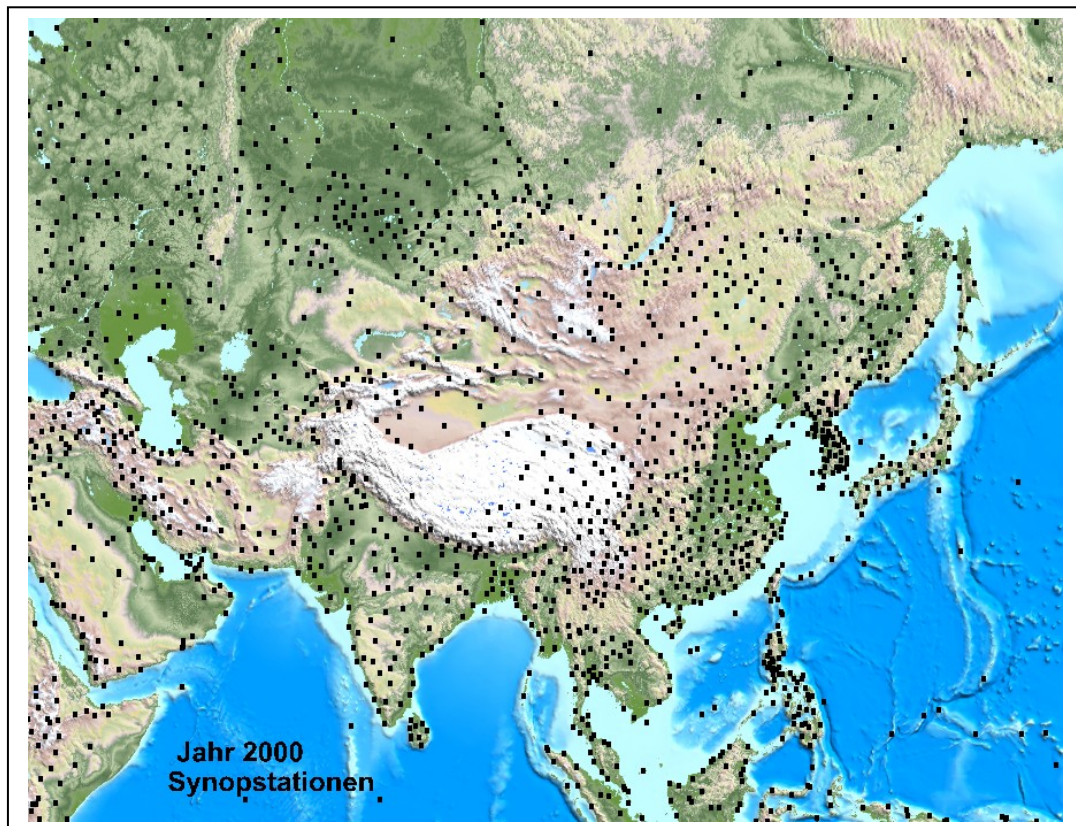
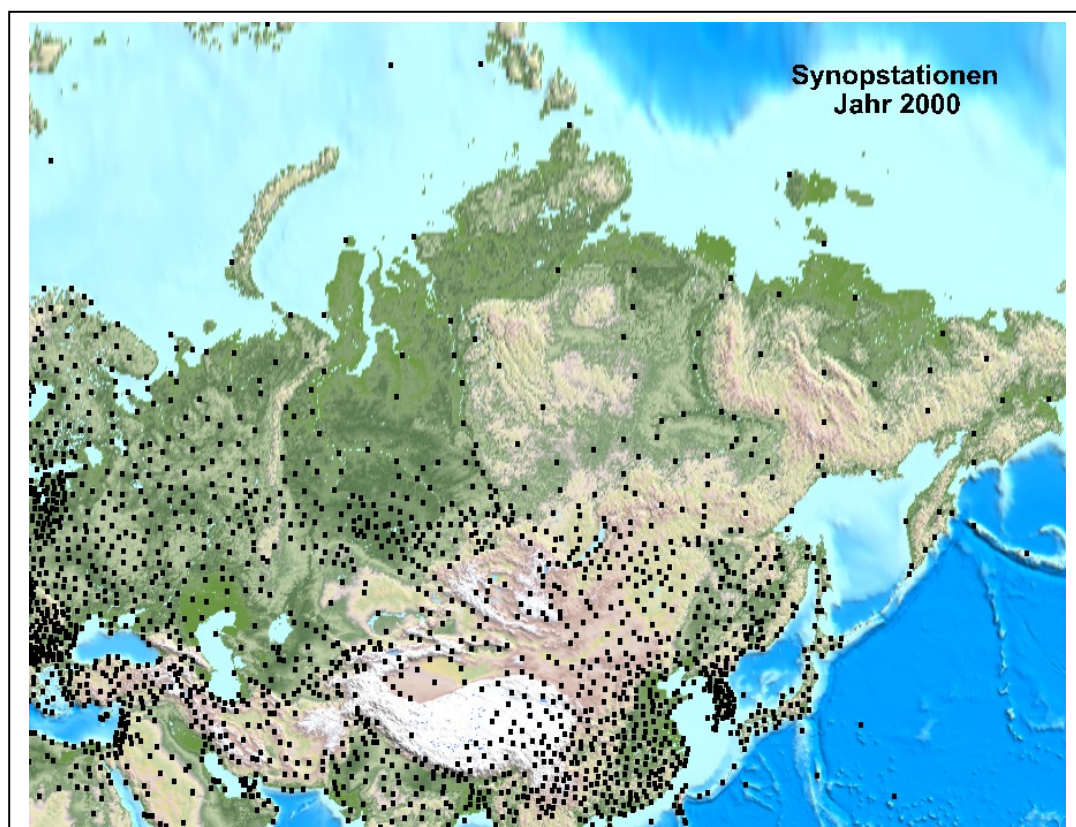


Abb. 3.2.6a	Synop-Stationsdichte in Asien	oben
Abb. 3.2.6b	Synop-Stationsdichte in Nord-Asien	unten



3.2.7 Ergebnisse Welt

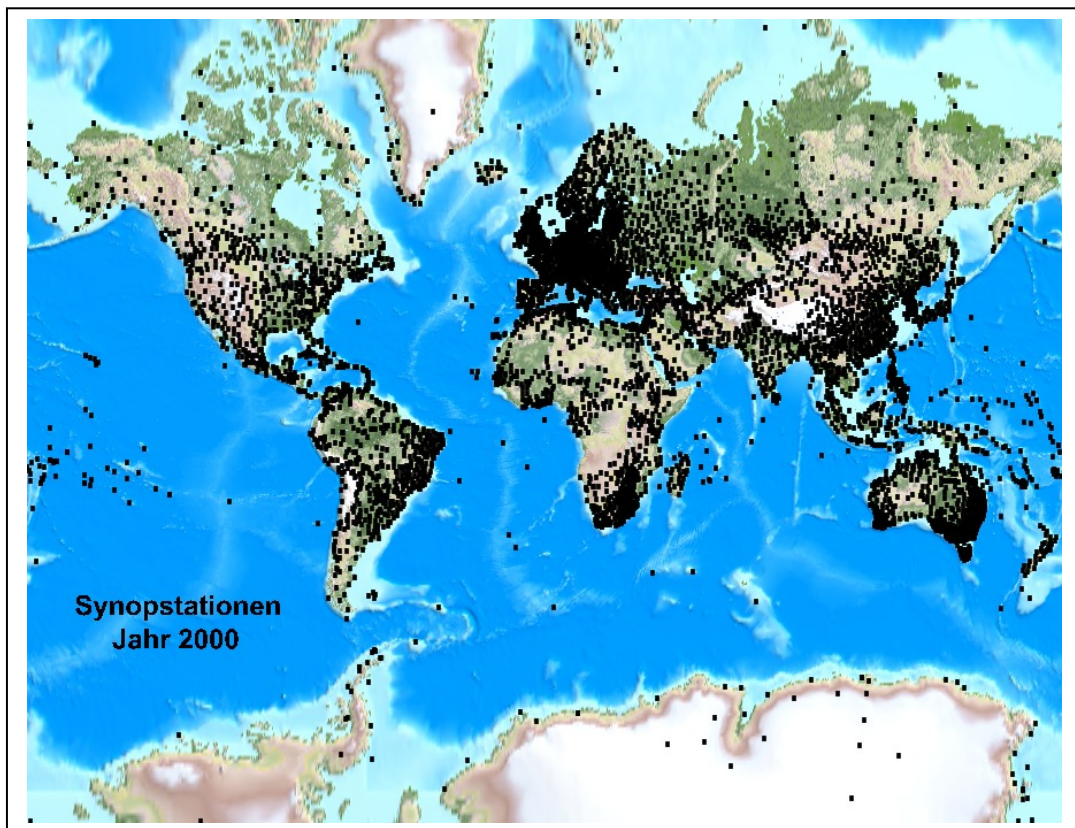


Abb. 3.2.7a Synop-Stationsdichte in der Welt

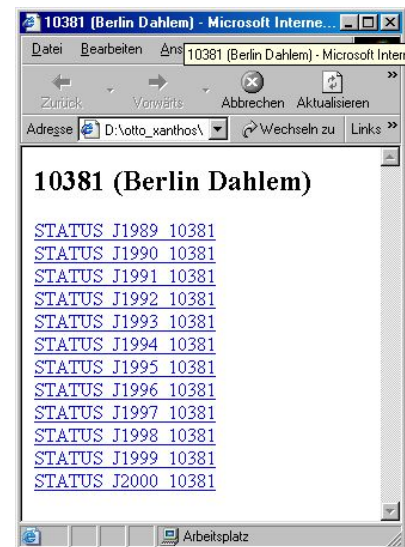
Insgesamt erkennt man eine gute Verteilung von Synopstationen weltweit. Bis auf das nördliche Sibirien, Teile Afrikas und große Teile der Weltmeere liegen überall ausreichend Daten zur Auswertung vor. Es ist zu erwarten, dass allenfalls für die Auswertung kleinräumiger Verhältnisse oder für Verdichtung des zeitlichen Abstandes der Meldungen von drei bis sechs Stunden auf ein bis drei Stunden Datenzukäufe in kleinem Umfang nötig werden könnten.

Die geringe Zahl der Bodenstationen im Bereich der Weltmeere wirkt sich nicht kritisch aus, da mit ihnen nur Aussagen über die „LEP-Möglichkeit“ und nicht über das „Cruising“ möglich sind. Wenn es um „LEP“ auf größeren Inseln geht, ist überwiegend auch eine Synopstation vorhanden.

3.2.8 Detaillierte Tabellen

Die detaillierte Verfügbarkeit jeder am Institut für Meteorologie verfügbaren Synop-Station befindet sich in Form von Jahrestabellen auf einer CD. Durch diese CD kann mit einem Browser (Netscape oder Internet-Explorer) sehr leicht navigiert werden.

In der Jahrestabelle ist für jeden Monat ein Block mit den waagerechten Tagen und den senkrechten Stunden vorhanden. Die Ziffern geben die Quelle (DWD, Internet, Funkempfang , etc.) an, über die die Meldung eingegangen ist.



Januar										Februar										März										1	2	3
Zeit	1	2	3							1	2	3								1	2	3	Zeit	Sum	Sum	Sum						
00	92	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	92	22	22	22	00	31	29	31					
01																							01									
02																							02									
03	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	03	31	29	31						
04																							04									
05																							05									
06	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	06	31	29	31						
07	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	07	30	27	31						
08																							08									
09	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	09	31	29	31						
10																							10									
11																							11									
12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	30	29	31						
13																							13									
14	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	14	30	28	31						
15	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	15	31	29	31						
16		9								9													16	1	1							
17		99																					17	2								
18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	31	29	31						
19		9																					19	1								
20																							20									
21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	21	31	28	31						
22																							22									
23																							23									

April										Mai										Juni										4	5	6
Zeit	1	2	3							1	2	3								1	2	3	Zeit	Sum	Sum	Sum						
00	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	00	30	31	30						
01																							01									
02																							02									
03	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	03	30	31	30						
04																							04									
05																							05									
06	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	06	30	31	30						
07	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	07	27	29	28						
08																							08									
09	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	09	30	31	29						
10																							10									
11																							11									
12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	30	30	28						
13																							13									
14	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	14	27	29	29						
15	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	15	30	31	29						
16																							16									
17																							17									
18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	30	31	30						
19																							19									
20																							20									
21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	21	30	30	30						
22																							22									
23																							23									

Juli										August										September										7	8	9
Zeit	1	2	3							1	2	3								1	2	3	Zeit	Sum	Sum	Sum						
00	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	00	31	31	30						
01																							01									
02																							02									
03	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	03	31	31	30						
04																							04									

3.3 Ergebnisse der Datenstudie weltweiter Höhenmessstationen

An den Höhenmessstationen, den sogenannten Temp-Stationen wird in der Regel weltweit gleichzeitig im 12-Stunden-Takt um 0 und um 12 UTC (Weltzeit) ein Wetterballon, auch Radiosonde genannt, gestartet. In vielen Staaten ist teilweise auch ein 6-stündlicher Takt normal, ebenso starten aber auch diverse Länder nur einmal am Tag einen Wetterballon.

Der Ballon wird mit Helium gefüllt und verfügt über Messfühler zur Temperatur-, Feuchte- und Luftdruckmessung. Über einen Funksender meldet der Wetterballon regelmäßig seine Daten zur Bodenstation. Über die Anpeilung dieses Senders kann zu jedem Zeitpunkt die genaue Position der Sonde im Raum festgestellt werden. Aus der Positionsveränderung wird die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit errechnet.

Im Folgenden wird für die Erdteile getrennt ein grafischer Überblick der Dichte der meldenden Stationen aufgrund der Daten des Instituts gegeben. Es wird jeweils das Jahr 2000 dargestellt. Die Grafiken der anderen Jahre befinden sich auf der CD.
Aus den umfangreichen Tabellen auf der CD geht auch die genaue Meldehäufigkeit für jedes Jahr, jeden Monat und jeden Tag hervor.

3.3.1 Ergebnisse Europa

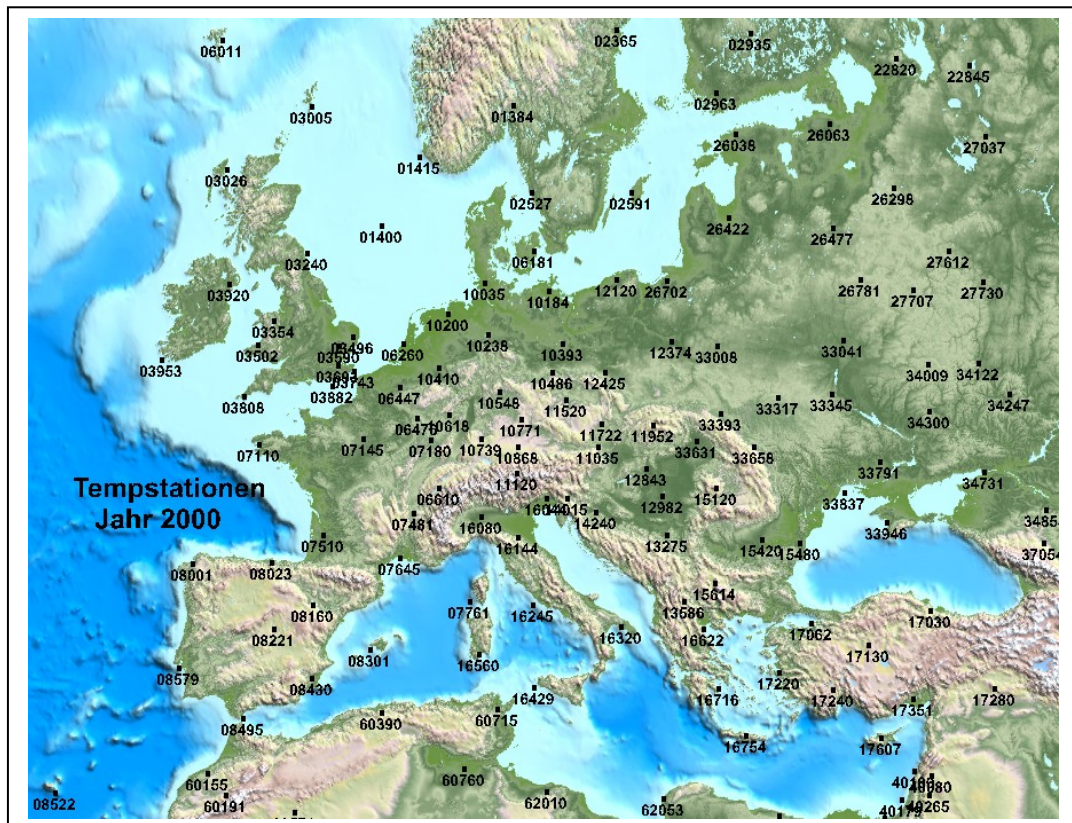


Abb. 3.3.1a

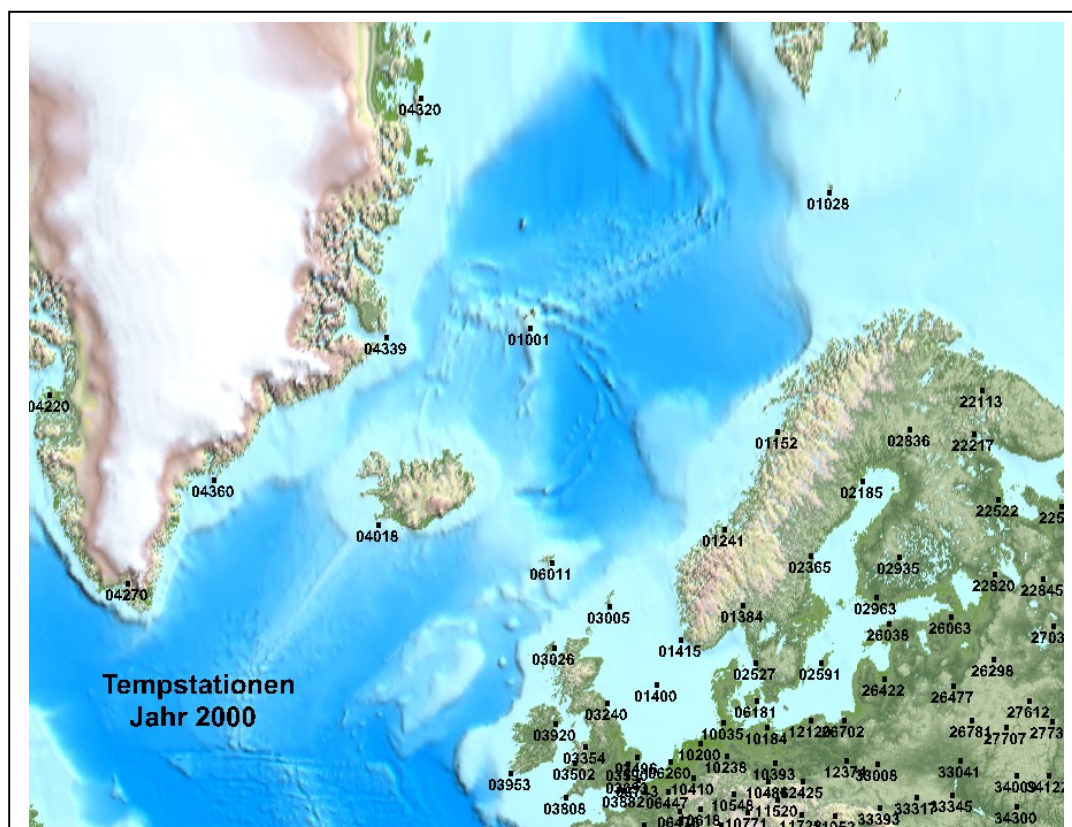
Temp-Stationsdichte in Europa

oben

Abb. 3.3.1b

Temp-Stationsdichte in Nordeuropa

unten



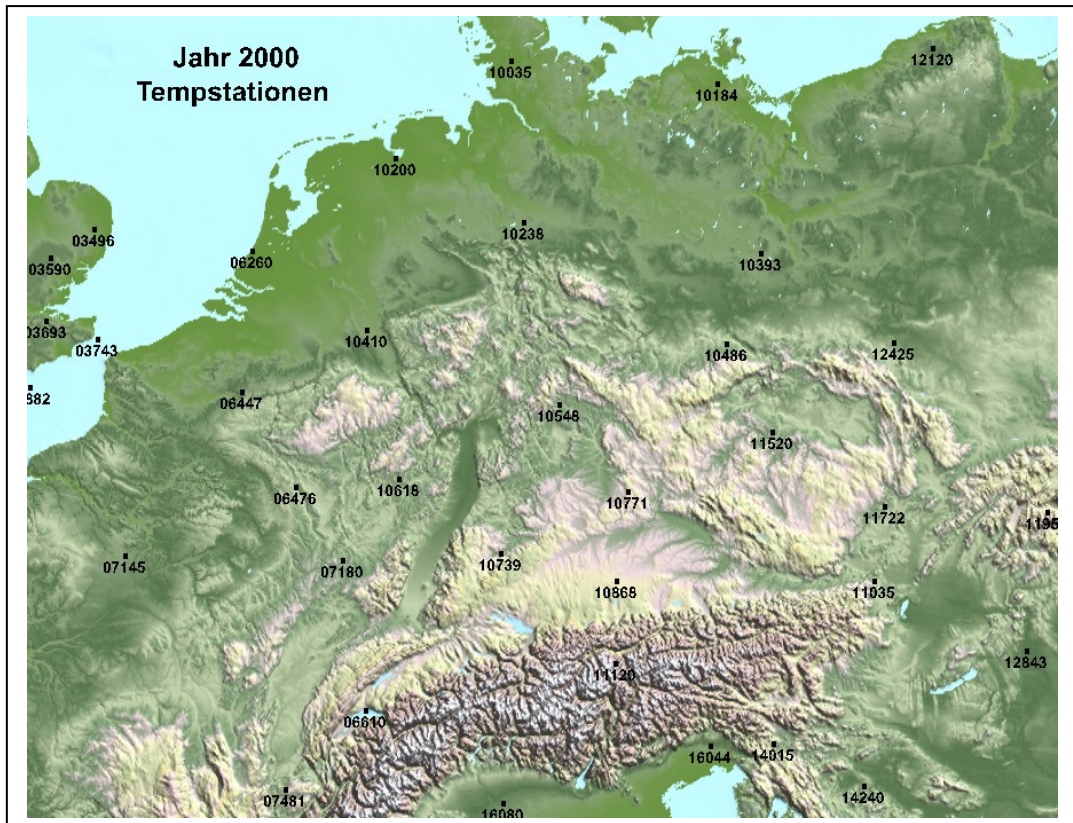


Abb. 3.3.1c Temp-Stationsdichte in Zentral-Europa

Die räumliche Verteilung der Tempstationen ist deutlich gröber als die der Bodenstationen. Die Messergebnisse in der freien Atmosphäre sind aber natürlich auch für ein größeres Gebiet repräsentativ.

3.3.2 Ergebnisse Afrika

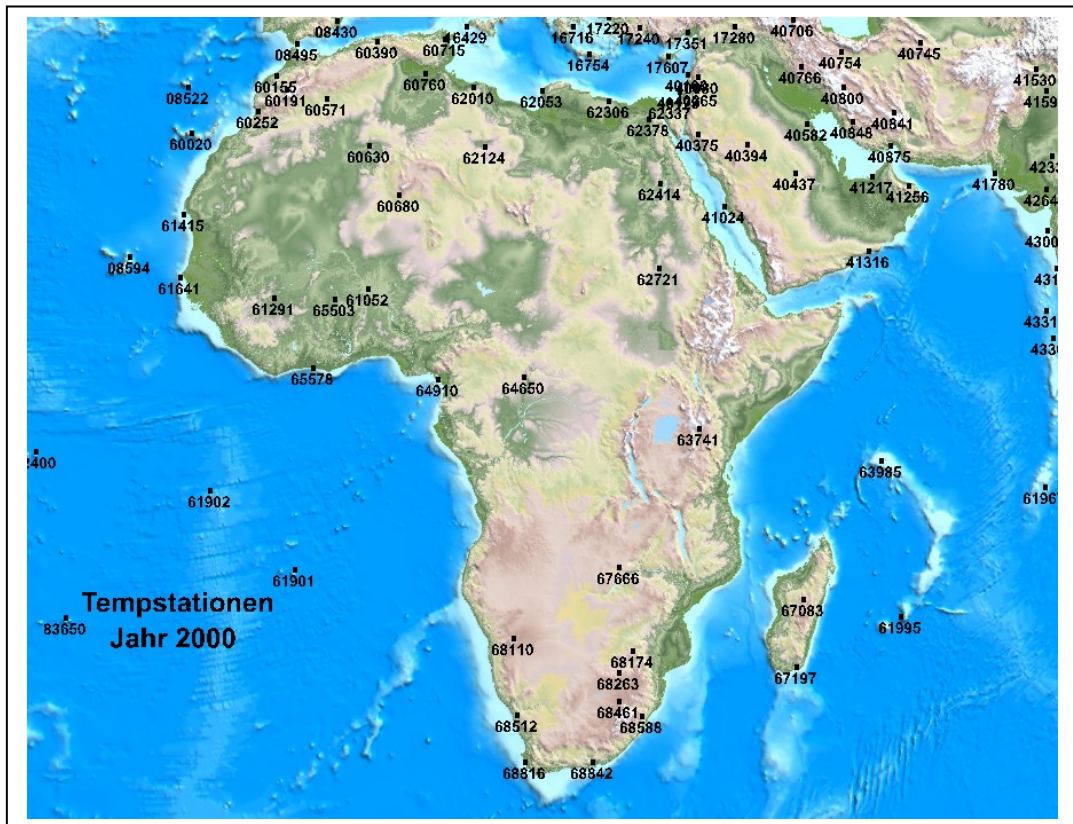


Abb. 3.3.2a Temp-Stationsdichte in Afrika

In Afrika finden wir wieder sehr große Lücken vor. Insbesondere sind die Länder Angola, Zaire, Tschad Sudan, Mali, Somalia und Jemen praktisch mit keiner Messstation vertreten. Auch in Vorderasien (Iran) liegen keine Messreihen vor.

Die Ursachen liegen zum großen Teil in den politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen begründet. Im Bedarfsfall muss bei nationalen Wetterdiensten nachgefragt werden, um doch die eine oder andere Messreihe zu erwerben.

3.3.3 Ergebnisse Nordamerika

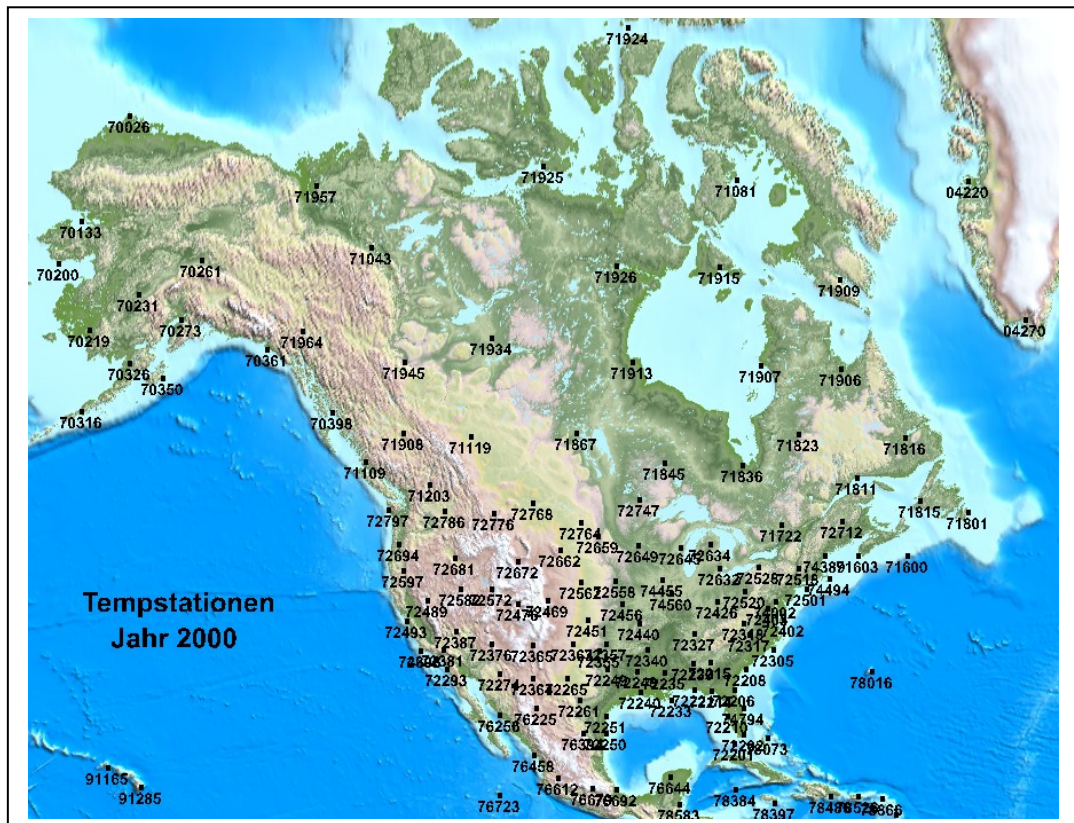


Abb. 3.3.3a Temp-Stationsdichte in Nordamerika oben
Abb. 3.3.3b Temp-Stationsdichte in Mittelamerika unten



3.3.4 Ergebnisse Südamerika



Abb. 3.3.4a Temp-Stationsdichte in Südamerika oben

In Nord-, Mittel- und Südamerika liegen ausreichend dicht Tempdaten im Institut für Meteorologie der FU Berlin vor. Höchstwahrscheinlich wird auch hier für entsprechende Studien kaum ein Zukauf von externen Daten nötig sein.

3.3.5 Ergebnisse Australien

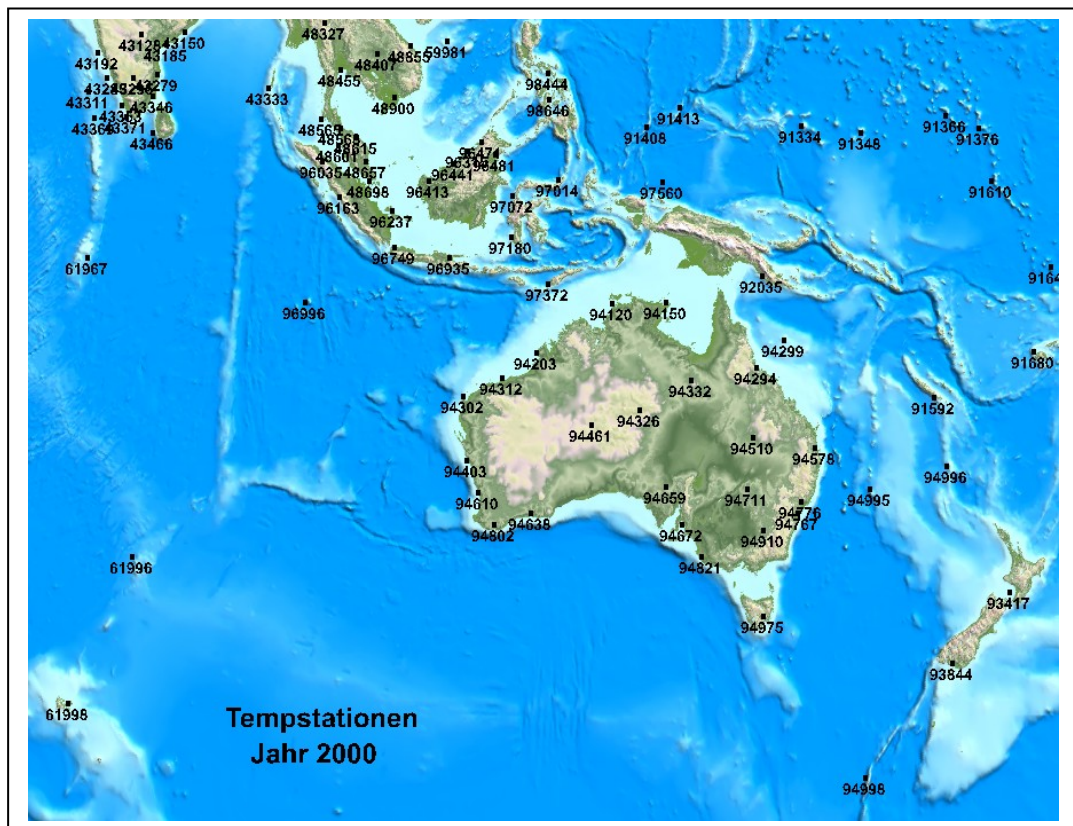


Abb. 3.3.5a Temp-Stationsdichte in Australien

3.3.6 Ergebnisse Asien

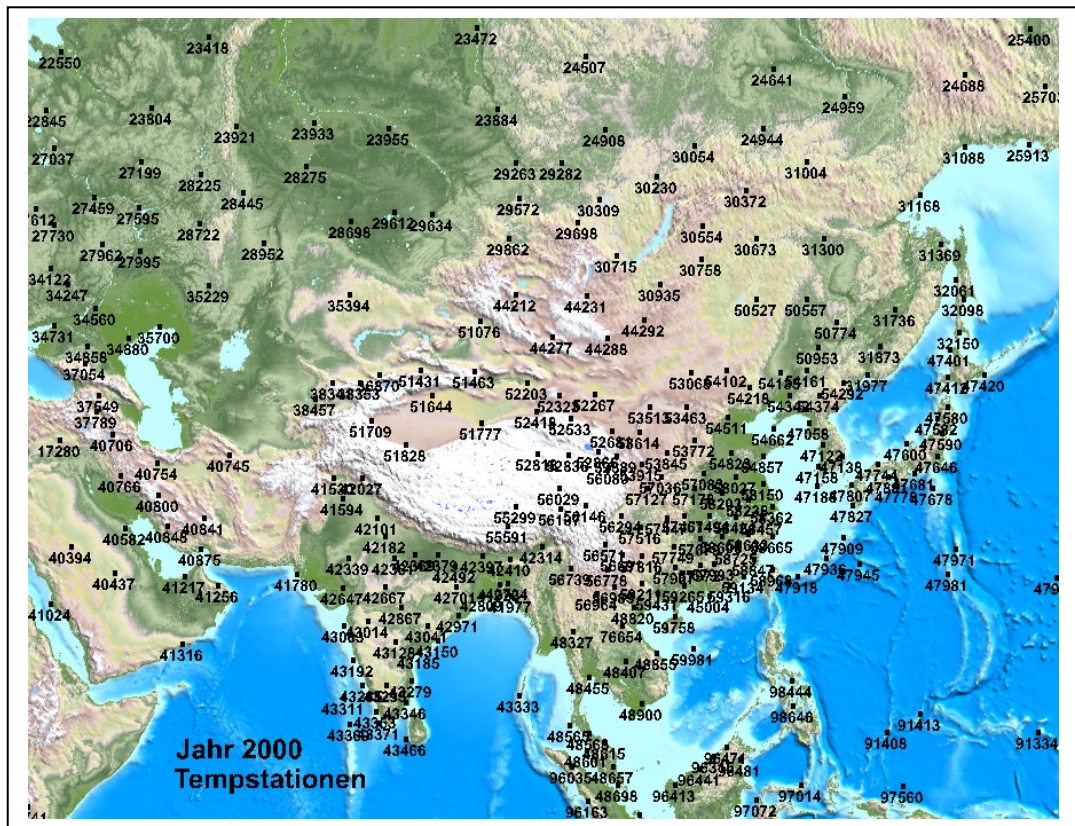
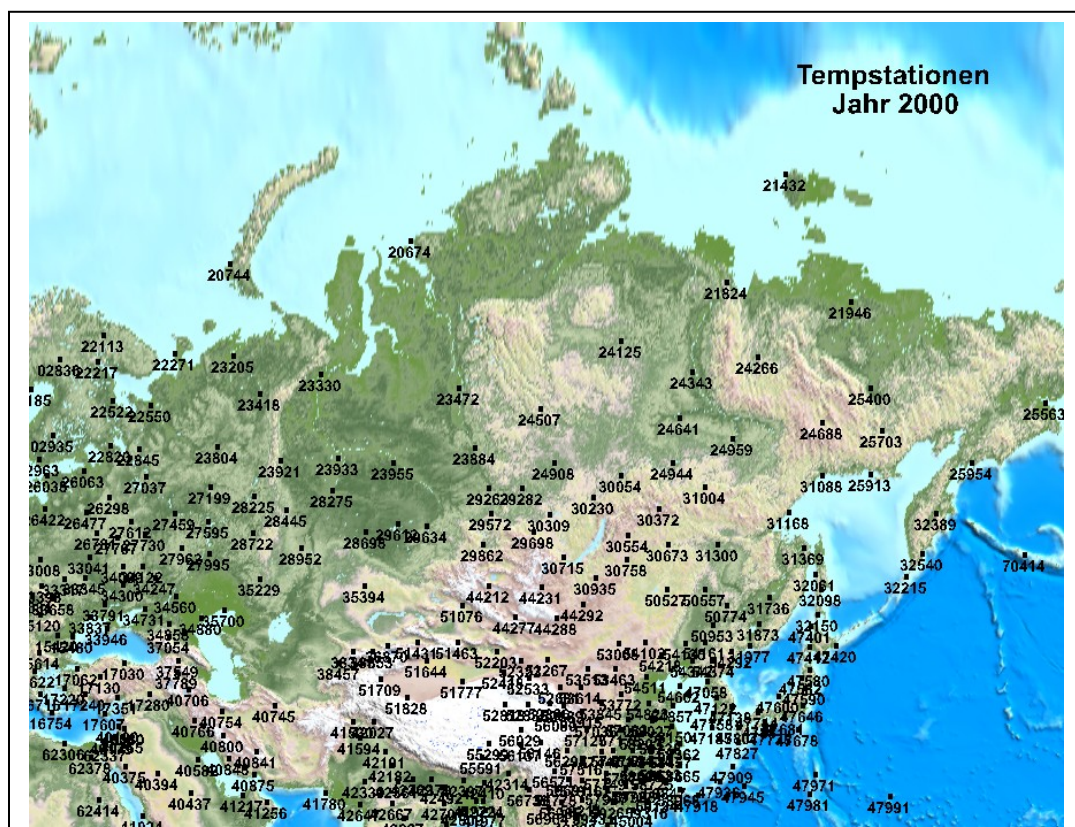


Abb. 3.3.6a Temp-Stationsdichte in Asien oben
Abb. 3.3.6b Temp-Stationsdichte in Nord-Asien unten



3.3.7 Ergebnisse Welt

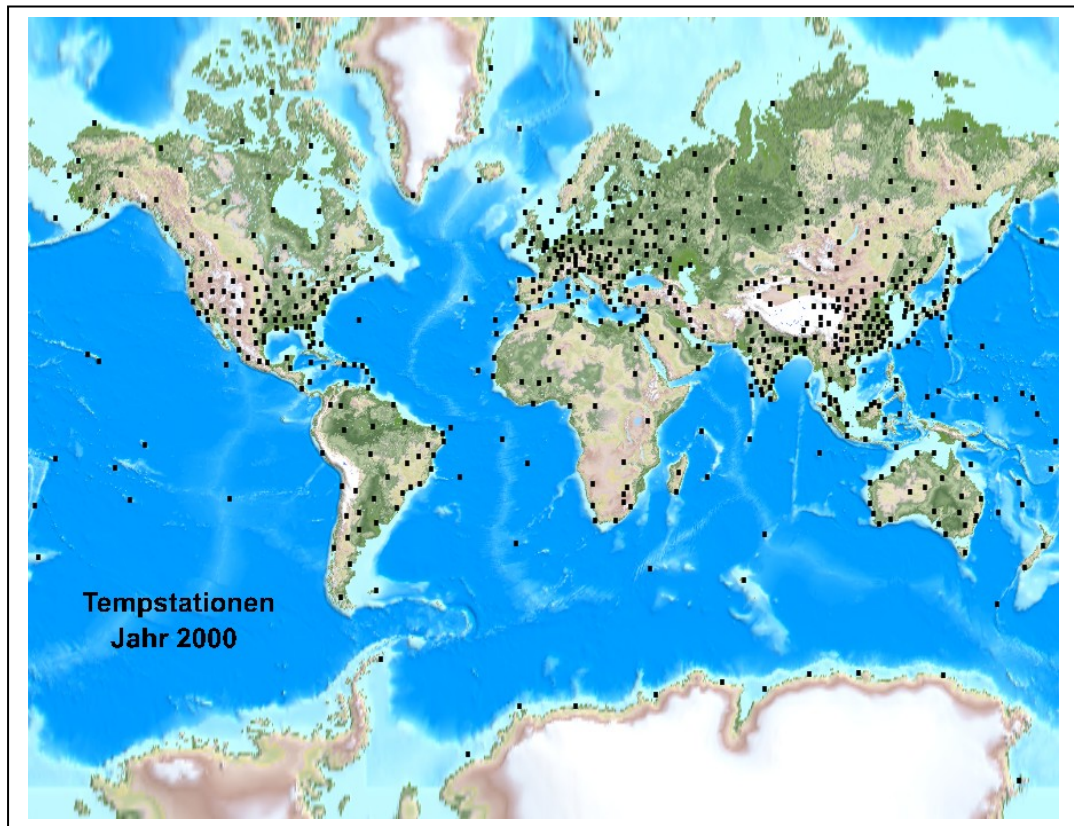


Abb. 3.3.7a Temp-Stationsdichte in der Welt

Der Norden Sibiriens und vor allem Afrika sind als kritisch zu betrachten, um aussagekräftige Auswertungen zu erstellen. Auf den Weltmeeren sind Tempstationen erwartungsgemäß spärlich vertreten. Andererseits sind dort die Messungen aufgrund der weitgehend fehlenden orografischen Effekte für ein deutlich größeres Areal repräsentativ.

3.3.8 Detaillierte Tabellen

Die detaillierte Verfügbarkeit jeder am Institut für Meteorologie verfügbaren Temp-Station befindet sich in Form von Jahrestabellen auf einer CD. Durch diese CD kann mit einem Browser (Netscape oder Internet-Explorer) sehr leicht navigiert werden.

In der Jahrestabelle ist für jeden Monat ein Block mit den waagerechten Tagen und den senkrechten Stunden vorhanden. Die Ziffern geben die Quelle (DWD, Internet, Funkempfang, etc.) an, über die die Meldung eingegangen ist.

10393 (LINDENBERG)

[STATUS J1991 10393](#)
[STATUS J1992 10393](#)
[STATUS J1993 10393](#)
[STATUS J1994 10393](#)
[STATUS J1995 10393](#)
[STATUS J1996 10393](#)
[STATUS J1997 10393](#)
[STATUS J1998 10393](#)
[STATUS J1999 10393](#)
[STATUS J2000 10393](#)

Januar												Februar												März															
Zeit	1	2	3									1	2	3										1	2	3	Zeit	1	2	3	Sum	Sum	Sum	Sum					
00	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	72	22	22	22	00	31	26	29									
01																										01													
02																										02													
03																										03													
04																										04													
05																										05													
06	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	06	31	29	31										
07																										07													
08																										08													
09																										09													
10																										10													
11																										11													
12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	26	25	29										
13																										13													
14																										14													
15																										15													
16																										16													
17																										17													
18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	31	29	31										
19																										19													
20																										20													
21																										21													
22																										22													
23																										23													

April												Mai												Juni															
Zeit	1	2	3									1	2	3										1	2	3	Zeit	4	5	6	Sum	Sum	Sum	Sum					
00	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	00	28	31	27										
01																										01													
02																										02													
03																										03													
04																										04													
05																										05													
06	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	06	29	31	30										
07																										07													
08																										08													
09																										09													
10																										10													
11																										11													
12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	12	28	29	29										
13																										13													
14																										14													
15																										15													
16																										16													
17																										17													
18	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	18	30	31	30										
19																										19													
20																										20													
21																										21													
22																										22													
23																										23													

Juli												August												September															
Zeit	1	2	3									1	2	3										1	2	3	Zeit	7	8	9	Sum	Sum	Sum	Sum					
00	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	00	29	29	29										
01																										01													
02																										02													
03																										03													

4. Festlegung potentieller Fahrtrouten aufgrund geografischer Randbedingungen

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Heliums kann der CL160 mit Last bis ca. 2000 m steigen. Dabei ist aus gesetzlichen Gründen der Flugsicherheit voraussichtlich eine Bodenfreiheit von etwa 600m einzuhalten. Damit ist die Überquerung von Gebirgen mit Kammhöhen von mehr als 1400 m kaum möglich. D.h. eine Alpenüberquerung scheidet nach bisherigen Kenntnissen praktisch aus.

Um dennoch auf kurzem Weg in den Mittelmeerraum zu gelangen, müssen Gebirgsdurchlässe – also breite Täler – durchfahren werden. Diese stellen jedoch naturgemäß Düsen für den Wind dar, so dass hier besondere Vorsicht geboten ist.

Aber auch politische Randbedingungen bestimmen die potentiellen Routen. Im Folgenden werden die unter diesen Gesichtspunkten ausgewählten Strecken vorgestellt.

4.1 Start und Ziel der Routen

Ausgangspunkt für alle potentiellen Routen ist Brand. Es werden folgende vier Routen analysiert:

- NW-Route Manchester – Glasgow
- SW-Route westliche Alpenumgehung – Tanger – Casablanca
- SE-Route1 östliche Alpenumgehung – Wien (Donau) - Istanbul
- SE-Route2 östliche Alpenumgehung – Wien – Adria – Zypern

4.2 Einschränkungen durch das Höhenprofil

Aufgrund der Höhenstruktur des Geländes und der erwünschten Minimierung der Fahrtdauer bieten sich nur relativ wenige grundsätzliche Möglichkeiten an. Es ist ratsam, großen Flussläufen zu folgen und breite Täler zu durchfahren, um ins Mittelmeer zu gelangen. Sowohl die Alpen, als auch die Gebirge an der Ostseite der Adria stellen problematische Hindernisse für den CL160 dar.

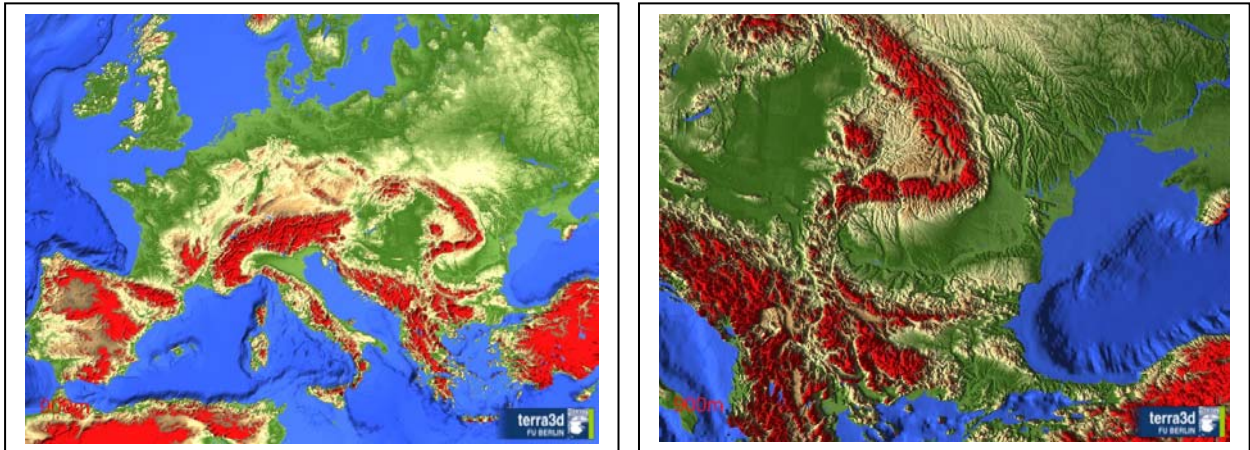
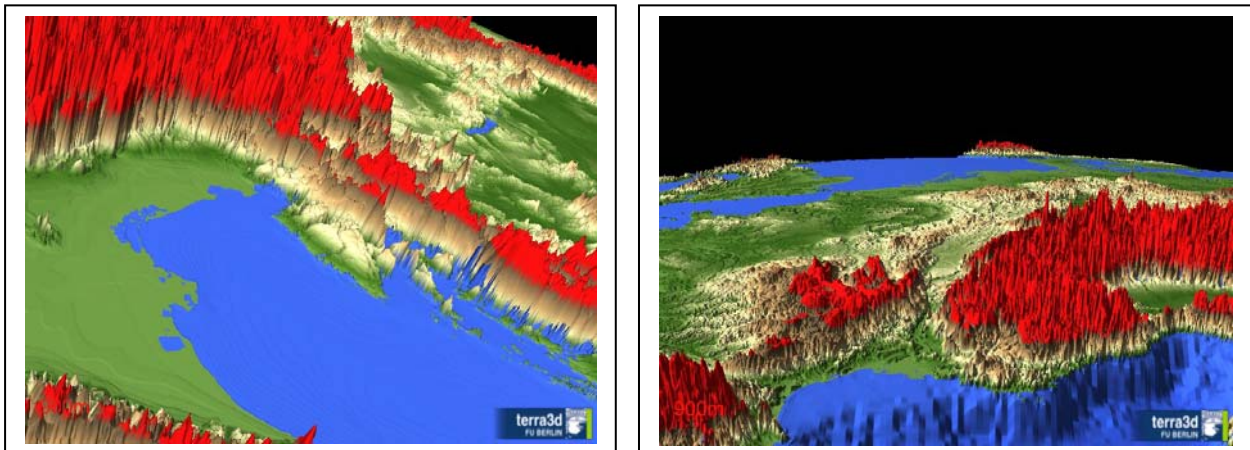


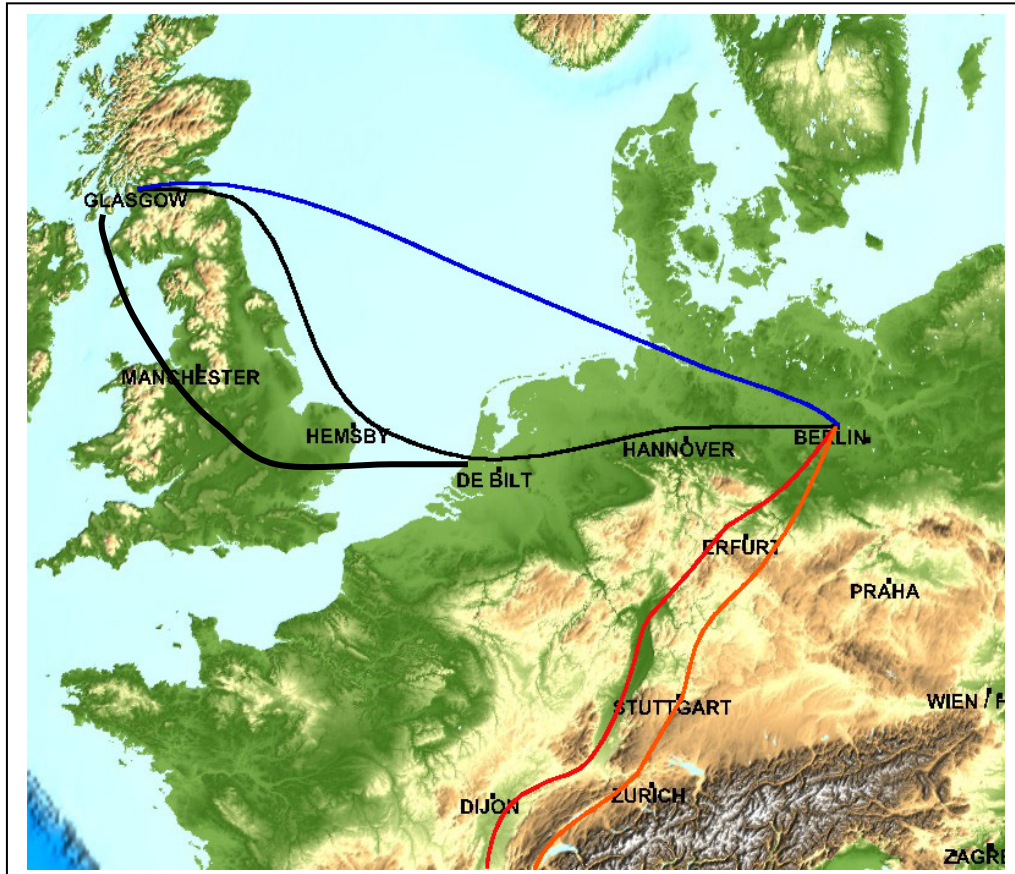
Abb. 4.2 Europa und der Balkan mit eingefärbten Höhenprofil. Gebirge mit Höhen über 900 m sind rot. Man erkennt deutlich die begrenzten Möglichkeiten, um ins Mittelmeer zu gelangen.



Im Bereich Istrien gibt es zwei Gebirgsdurchlässe für den CL160. Das Rhonetal muss für die westliche Alpenumgehung durchfahren werden.

4.3 Die Routenauswahl in Kartendarstellung

4.3.1 Die Northwest-Route: Brand - Amsterdam - Glasgow



NW-Route von Brand (Berlin) nach Manchester – Glasgow

Diese Route ist aus der Sicht des geografischen Untergrunds relativ unproblematisch; die britischen Mittelgebirge können ggf. leicht umfahren werden. Von Brand aus kann Glasgow direkt (über die Nordsee und Edinburgh), sowie über Holland - britische Ostküste und über London - Liverpool - Irische See - Firth of Clyde erreicht werden.

4.3.2 Die Südwest-Route: Brand - Lyon - Casablanca

Bei der Süd-West-Route nach Tanger und Casablanca ist eine Alpenumgehung nötig.



SW-Route westliche Alpenumgehung – Tanger – Casablanca

Diese Route verläuft in Deutschland über Eisenach und Frankfurt/M., sie umgeht dabei den Thüringer Wald im Nordwesten. Im weiteren Verlauf passiert sie den Schweizer Jura (ca. 1600 m) und die Alpen im Westen und erreicht ohne merkbare Gebirgshindernisse über das untere Rhonetal das nordwestliche Mittelmeer. Von hier zweigt eine Alternative zur Südost-Route über die Straße von Sizilien ins zentrale und östliche Mittelmeergebiet ab.

Als mitteleuropäische Variante für Ziele in Süddeutschland und im Schweizer Mittelland bietet sich die südöstliche Umfahrung des Thüringer Waldes via Saalfeld und Bamberg an, von dort kommt man leicht nach München, Stuttgart, Zürich und Genf.

Durch das Rhonetal über Mallorca durch die Straße von Gibraltar führt dann der Weg problemlos nach Casablanca.

4.3.3 Die Südost-Routen: Brand - Wien - Donautal - Istanbul - östl. Mittelmeer –oder- Wien - Zagreb - Adria - östl. Mittelmeer

Bei der Süd-Ost-Route gibt es mehrere Varianten.



SE-Route1 östliche Alpenumgehung – Wien (Donau) - Istanbul

Die wahrscheinlich beste Route ins östliche Mittelmeer führt über Prag und Wien nach Budapest, die Donau entlang an den südlichen Karpaten vorbei ins Schwarze Meer. Durch den Bosphorus geht es dann ins Mittelmeer durch die Ägäis nach Zypern.

Alternativ kann man hinter Wien in Richtung Adria abbiegen und eine von zwei möglichen durch das nördliche Dinarische Gebirge nehmen.

Weitere mögliche Routen ins östliche Mittelmeer führen als Varianten der "Donau-Route" über Belgrad, Nisch bzw. Skopje nach Thessaloniki oder über Krakau und Tschernowitz nach Istanbul. Sie wurden bei unserer Untersuchung bislang nicht in Betracht gezogen.

Die dritte Variante führt die westliche Alpenumgehung entlang, an Sardinien, Sizilien und Kreta vorbei in Richtung Zypern.

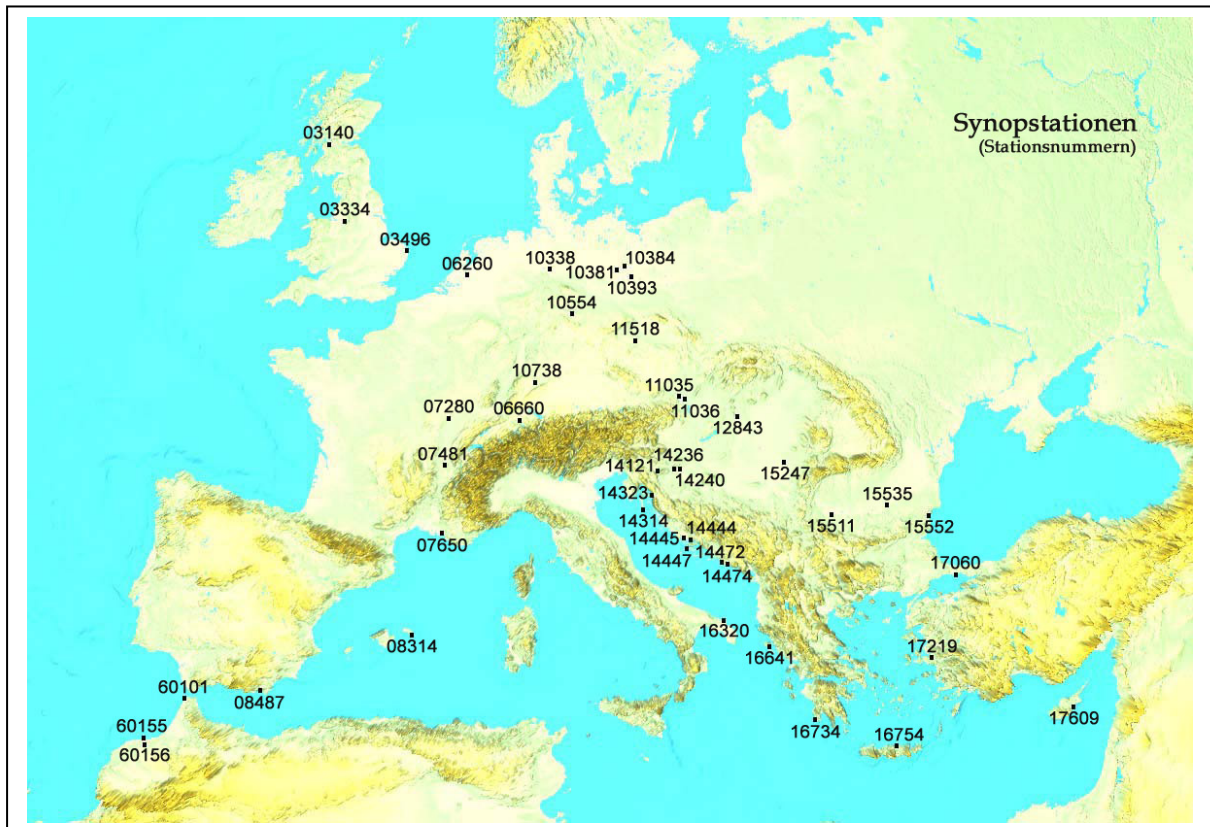


Abb. 4.4.1b Karte mit den ausgewählten Synopstationen (Nummern)

Es wurden 44 geeignet erscheinende "Synop"-Stationen (Boden) im Verlauf der ausgewählten Routen ausgewertet. Die Festlegung der relevanten Wetterparameter wurde zusammen mit Dr. Bernd Goretzki von Cargo Lifter vorgenommen und die Auswertung wird in Kapitel 5 im Einzelnen erläutert. Dabei haben sich die Parameter Wind/Böen, ungünstige/gefährliche Wettererscheinungen und Sichtbedingungen als in den meisten Fällen entscheidend herausgestellt

Station-Nr.	Name
03140	Glasgow Ap
03334	Manchester Ap
03496	Hemsby
06260	De Bilt
06660	Zürich
07280	Dijon
07481	Lyon (Satolas)
07650	Marseille (Marignane)
08314	Menorca (Mahon)
08487	Almeria Ap
10381	Dahlem
10384	Tempelhof
10338	Hannover
10554	Erfurt
10738	Stuttgart
10393	Lindenberg
11035	Wien (H. Warte)
11518	Prag (Ruzyne)
12843	Budapest (Lorinc)
14121 / 13121	Novo Mesto
14236 / 13129	Zagreb (Gric)
14314 / 13214	MALI LOSINJ
14323 / 13218	SENJ
14447 / 13335	Havar
14445 / 13334	SPLIT/MARJAN
14474 / 13452	DUBROVNIK/CILIP
15247	TIMISOARA
15511	LOM
15535	ROUSSE
15552	VARNA
16320	BRINDISI
16641	KERKYRA Ap
16734	METHONI
16754	HERAKLION Ap
17060	Istanbul Atatürk
17218/19/20	Izmir
17609	LARNACA Ap
60101	TANGER Ap
60155	CASABLANCA
60156	NOUASSEUR

Stationsnummern und
Namen der
ausgewählten
Synopstationen

4.4.2 Auswahl der Tempstationen



Abb. 4.4.2a Karte mit den ausgewählten Tempstationen (Namen)
 Abb. 4.4.2b Karte mit den ausgewählten Tempstationen (Nummern)



Anhand der Tempstationen soll die eigentliche Fahrt, das „cruising“ des CL160 meteorologisch beurteilt werden.

Folgende Stationen wurden ausgewählt:

Stations-Nr.	Name
03240	Boulmer
03496	Hemsby
06260	De Bilt
07481	Lyon (Bron)
08301	Palma de Mallorca
08495	Gibraltar
10393	Lindenberg
10739	Stuttgart-Schnarrenberg
10338	Hannover einige mehr
11035	Wien (H. Warte)
11520	Prag (Libus)
12982	Szeged
14240	Zagreb (Maksimir)
14015	LJUBLJANA/BEZIGRAD
15420	Bukarest (Imh)
16320	BRINDISI
16754	HERAKLION Ap
16716	Athen
17062	Istanbul (Götztepe)
17220	Izmir
17607	Athalassa (Zypern)
60155	CASABLANCA

Stationsnummern und
Namen der
ausgewählten
Tempstationen

Nahe den o. g. drei Routen wurden 28 aerologische Stationen im Höhenbereich des möglichen Luftschiffbetriebs bezüglich der kritischen Parameter (siehe Kapitel 6.) untersucht. Es können folgende drei Kriterien bewertet werden:
Ausreichend mächtiger Fahrbereich bis zur oberen Prallhöhe, mittlere Windgeschwindigkeit > 35 kn bzw. Vereisungsgefahr im gesamten vertikalen Fahrbereich.

Bislang nicht in Betracht gezogen wurden örtliche wettertypische Einschränkungen des Fahrbetriebs, die sich nur aus Bodenbeobachtungen beurteilen lassen, wie z. B. infolge starker Gewitter (mit "Downburst", Starkregen und örtlichem heftigen Hagel) oder infolge orografisch bedingter Starkwindfelder und Turbulenzen. Im Winterhalbjahr kann die Luftschiff-Fahrt auch einmal durch regional anhaltenden (Nass-)Schneefall beeinträchtigt werden. Um auch diese seltenen Fälle zu betrachten, hätten deutlich mehr Bodenstationen ausgewertet werden müssen und zudem eine Kopplung der getrennten Betrachtungen vorgenommen werden müssen. Dies kam jedoch aus Kostengründen bisher nicht in Betracht.

5. Auswertung von Wetterstationen mit Bodenbeobachtungen (Synop)

Ziel der Auswertung ist es, an jeder Synopstation für jede Stunde des 4- bis 6-jährigen Auswertzeitraums eine Aussage über die Be- oder Entlademöglichkeit („LEP-Möglichkeit“) aufgrund der meteorologischen Situation zu erhalten.

Dazu wurden in enger Abstimmung mit Cargo Lifter (Dr. Bernd Goretzki) Wetterbedingungen und Schwellenwerte ausgewählt, die ein „LEP“ nach dem jetzigen Kenntnisstand verhindern würden. Die entsprechenden Messgrößen einer meteorologischen Bodenbeobachtung wurden festgelegt und die Schwellenwerte definiert.

Zum Treffen der Entscheidung *Entladen möglich*(L,l) / *Entladen nicht möglich* (X,x) werden die folgenden meteorologischen Mess- und Beobachtungsparameter einer Zeitreihe mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde stationsweise analysiert:

- Windrichtung dd
- Windgeschwindigkeit ff
- Maximale Bö ff_x
- Horizontale Sichtweite vv
- Höhe der Wolkenuntergrenze hwug
- Aktueller Wetterzustand ww
- Wetterverlauf W
- Niederschlag RR
- Schneehöhe SSS
- Erdbodenzustand Geis
- Temperatur TT

Unterschieden wird zwischen sogenannten **starken Kriterien**, **schwachen Kriterien** und **Durchreichwerten**. Eine Bewertung *Entladen nicht möglich* (X,x) bei **einem** (oder mehreren) starken Kriterium führt bei der späteren Gesamtbewertung des Termins ebenfalls zu *Entladen nicht möglich* (X,x).

Die Bewertung nach Maßgabe eines **schwachen Kriteriums** hingegen geht nicht in die Gesamtbewertung des Termins ein, sondern dient dazu, die neu entstandene Zeitreihe der Bewertungen gegebenenfalls später noch einmal im Hinblick auf die in Form der schwachen Kriterien festgelegten anderen Schwellenwerte auszuwerten, ohne dazu die Originaldaten wieder neu bearbeiten zu müssen.

Die Windrichtung wird für spätere detaillierte Betrachtungen in Zusammenhang mit der Windrichtungsbewertung als 8-ter Windrose (d.h. eine Klasseneinteilung in 45° Schritten) „**durchgereicht**“.

5.1 Bewertungskriterien der Parameter:

Windrichtung **dd**

keine Bewertung (Durchreichwert), aber Klasseneinteilung in eine 8ter Windrose (d.h. in 45° Schritten, Klasse 8 = Nordwind)

1. Windgeschwindigkeit **ff > 13 kn**

starkes Kriterium

Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit > 13 kn wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => X/x

Windgeschwindigkeit **ff6 > 6 kn**

schwaches Kriterium

Bei einer mittleren Windgeschwindigkeit > 6 kn die wird Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => F/f

2. maximale Bö (kurzzeitige Spitzegeschwindigkeit) **ff_x ≥ 20 kn**

starkes Kriterium

Bei einem Böenmaximum > 20 kn wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => X/x

3. horizontale Sichtweite **vv ≤ 300m**

starkes Kriterium

bei einer horizontalen Sichtweite ≤ 300m wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => X/x

horizontale Sichtweite **vv10 ≤ 1000m**

schwaches Kriterium

bei einer horizontalen Sichtweite ≤ 1000m wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => N/n

4. Höhe der Wolkenuntergrenze (ceiling) **hwug ≤ 100m**

starkes Kriterium

bei einer Höhe der Wolkenuntergrenze ≤ 100m wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => X/x

Höhe der Wolkenuntergrenze (ceiling) **h300 ≤ 300m**

schwaches Kriterium

bei einer Höhe der Wolkenuntergrenze ≤ 300m wird die Bewertung *Entladen nicht möglich* gegeben => H/h

5. aktueller Wetterzustand **ww** = **signifikantes Wetter**

starkes Kriterium

signifikantes ww, dass zu „LEP“ nicht möglich führt:

8	-	Kleintromben
9	-	Staub- und Sandsturm
17	-	Gewitter ohne Niederschlag
18	-	Böen
19	-	Großtromben
24	-	gefrierender Regen oder Sprühregen
27	-	Hagel oder Graupel
28	-	Nebel
29	-	Gewitter
30-39	-	Staub- oder Sandsturm, Schneefegen und Schneetreiben
48-49	-	Nebel oder Eisnebel
56-57	-	starker, dichter Sprühregen, gefrierender Sprühregen
64-69	-	starker Regen, gefrierender Regen, Regen oder Sprühregen mit Schnee
72-73	-	mäßiger Schneefall
74-75	-	starker Schneefall
76	-	Eisnadeln
77	-	Schneegriesel
81	-	mäßiger oder starke Regenschauer
82	-	sehr starke Regenschauer
83	-	leichte Schneeregenschauer
84	-	mäßige oder starke Schneeregenschauer
85	-	leichte Schneeschauer
86	-	mäßige oder starke Schneeschauer
87	-	leichte Graupelschauer mit oder ohne Regen oder Schneeregen
88	-	mäßige oder starke Graupelschauer mit oder ohne Regen oder Schneeregen
89	-	Hagelschauer mit oder ohne Regen oder Schneeregen (ohne Donner)
91 - 99	-	Gewitter

6. Wetterverlauf **W** = 3 (Staub- /Sandsturm / Schneetreiben) ,4 (Nebel), 7 (Schnee) oder 9 (Gewitter)

starkes Kriterium

bei einem Wetterverlauf von 3,4,7 oder 9 wird die Bewertung *Entladen* nicht möglich gegeben => X/x

7. Niederschlag $rr_{6h} > 15 \text{ mm}$ in 3-6h bzw. $rr_{3h} > 10 \text{ mm}$ in 1- 3h
starkes Kriterium

bei Niederschlagssummen in einem Zeitraum $\leq 6h$ wird für
Niederschlagsmengen $> 15 \text{ mm}$ in 3-6 Stunden und für
Niederschlagsmengen $> 10 \text{ mm}$ in 1-3 Stunden für den gesamten
Messzeitraum rückwirkend die Bewertung
Entladen nicht möglich gegeben $\Rightarrow X/x$

8. Niederschlag $RR > 20 \text{ mm}$ in einem Zeitraum $> 6h$
starkes Kriterium

bei Niederschlagssummen in einem Zeitraum $> 6h$ wird für
Niederschlagsmengen
 $> 20 \text{ mm}$ für den gesamten Messzeitraum rückwirkend die Bewertung
Entladen nicht möglich gegeben $\Rightarrow X/x$

9. Schneehöhenzuwachs $SSS > 1 \text{ cm}$
starkes Kriterium

bei einer Schneehöhenzuwachs $> 1 \text{ cm}$ wird **für den gesamten
Messzeitraum** rückwirkend die Bewertung *Entladen nicht möglich*
gegeben $\Rightarrow X/x$

Erbodenzustand $Geis=5$
schwaches Kriterium

bei einem Erdbodenzustand $= 5$ (Glatteis) wird die Bewertung *Entladen
nicht möglich* gegeben $\Rightarrow X/x$

10. Temperatur $TT_{lt} < -15^\circ\text{C}$
starkes Kriterium

Bei einer Temperatur $< -15^\circ\text{C}$ wird die Bewertung *Entladen nicht möglich*
gegeben $\Rightarrow X/x$

Temperatur $TT_{gt} > 30^\circ\text{C}$
schwaches Kriterium

Bei einer Temperatur $> 30^\circ\text{C}$ wird die Bewertung *Entladen nicht möglich*
gegeben $\Rightarrow T/t$

Es wurden 10 starke Kriterien, 5 schwache Kriterien und ein Parameter
zum „Durchreichen“ fest gelegt.

5.2 Bearbeitung der Zeitreihen

Interpolation (Kopieren) von fehlenden Terminen

Liegen die Meldungen nur in einem Zeitabstand von mehr als einer Stunde vor (was die Regel ist), so werden diese zeitlichen Lücken durch das Vorwärts- bzw. Rückwärtskopieren der Meldungen der benachbarten Termine durchgeführt.

Maximal werden die Meldungen eines Termins 3 Stunden in die Zukunft bzw. in die Vergangenheit kopiert.

Interpolation (Kopieren) von einzelnen fehlenden Meldungen

Die Interpolation von einzelnen Meldungen gestaltet sich etwas komplizierter.

Grundsätzlich muss dabei zwischen kontinuierlich gemessenen Größen und solchen, die nur gemeldet werden, wenn die betreffenden Phänomene auftreten, unterscheiden werden.

Zur ersten Gruppe gehören:

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit
- horizontale Sichtweite
- Höhe der Wolkenuntergrenze (ceiling)
- Temperatur

Zur zweiten Gruppe gehören:

- maximale Bö
- aktueller Wetterzustand
- Wetterverlauf
- Niederschlag
- Schneehöhendifferenz
- Erdbodenzustand

Die Werte der Gruppe 1 können ebenfalls bis zu 3 mal vorwärts kopiert werden, allerdings aus programmtechnischen Gründen nicht rückwärts.

Die Meldungen der Gruppe 2 sind nicht kopierbar.

Fehlende Werte außerhalb der möglichen Kopierspanne erhalten ein „?“, da es nicht vertretbar ist, eine Aussage über diesen Zeitpunkt zu machen.

5.3 Bewertung der Wetterzustände

Die Zeitreihen aller Stationen und aller Messparameter werden auf das Überschreiten der einzelnen Kriterien durchsucht und bewertet.

Die Bewertungen der Meldungen werden durch kleine Buchstaben (x oder l) als kopiert gekennzeichnet, gefolgt von der Anzahl der Kopiervorgänge und einem c, um vom „Kunstgriff“ k (s.u.) unterscheiden zu können (x2c bedeutet: X wurde 2 mal kopiert). Große Buchstaben werden bei Bewertungen des Originaltermins verwendet

Damit sind neue abstrahierte Zeitreihen entstanden, die pro Parameter die Aussage „LEP“ möglich (L, l) oder „LEP“ nicht möglich (X, x), oder keine Aussage möglich (?) enthalten.

Beim Fehlen bestimmter Messgrößen können auch sogenannte „Kunstgriffe“ angewendet werden.

„Kunstgriff“ bedeutet, dass man einen fehlenden Wert mittels einer anderen Größe des selben Termins generiert. So wurde für die Höhe der Wolkenuntergrenze bei Bedarf die totalen Bedeckung oder der Bedeckung mit tiefen Wolken herangezogen. Ist die Bedeckung $\leq 4/8$ wird die Höhe der Wolkenuntergrenze auf 9 gesetzt. Von bereits kopierten Werte werden keine „Kunstgriffe“ abgeleitet.

YYYY-MM-DD HH STAT	C/O	dd	ff	ff6	ff_x	vv	vv10	hwug	h300	ww	W	rr6h	RR	SSS	Geis	TTlt	TTgt
1995-01-01 00 10381	O	5	L	F	L	L	L	L	H	L	L	L			L	L	L
1995-01-01 01 10381	Ca	51c	11c	f1c	11c	11c	11c	11c	h1c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 02 10381	Cp	61c	11c	11c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 03 10381	O	6	L	L	X	L	L	L	L	L	L				L	L	L
1995-01-01 04 10381	Ca	61c	11c	11c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 05 10381	Cp	61c	11c	11c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 06 10381	O	6	L	L	X	L	L	L	L	L	L		L		L	L	L
1995-01-01 07 10381	O	6	L	F	L	L	L	L	L	L	L				L	L	L
1995-01-01 08 10381	Ca	61c	11c	f1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 09 10381	O	6	L	F	L	L	L	L	L	L	L				L	L	L
1995-01-01 10 10381	Ca	61c	11c	f1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 11 10381	Cp	61c	11c	f1c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 12 10381	O	6	L	F	X	L	L	L	L	L	L		L		L	L	L
1995-01-01 13 10381	Ca	61c	11c	f1c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 14 10381	O	6	L	F	X	L	L	L	L	L	L				L	L	L
1995-01-01 15 10381	O	6	L	F	X	L	L	L	L	X	L				L	L	L
1995-01-01 16 10381	Ca	61c	11c	f1c	x1c	11c	11c	11c	11c	x1c	11c					11c	11c
1995-01-01 17 10381	Cp	61c	11c	f1c	x1c	11c	11c	11c	11c	11c	11c					11c	11c
1995-01-01 18 10381	O	6	L	F	X	L	L	L	L	L	L		L		L	L	L

Beispiel einer konvertierten Datei „10381_convert_XL.txt“

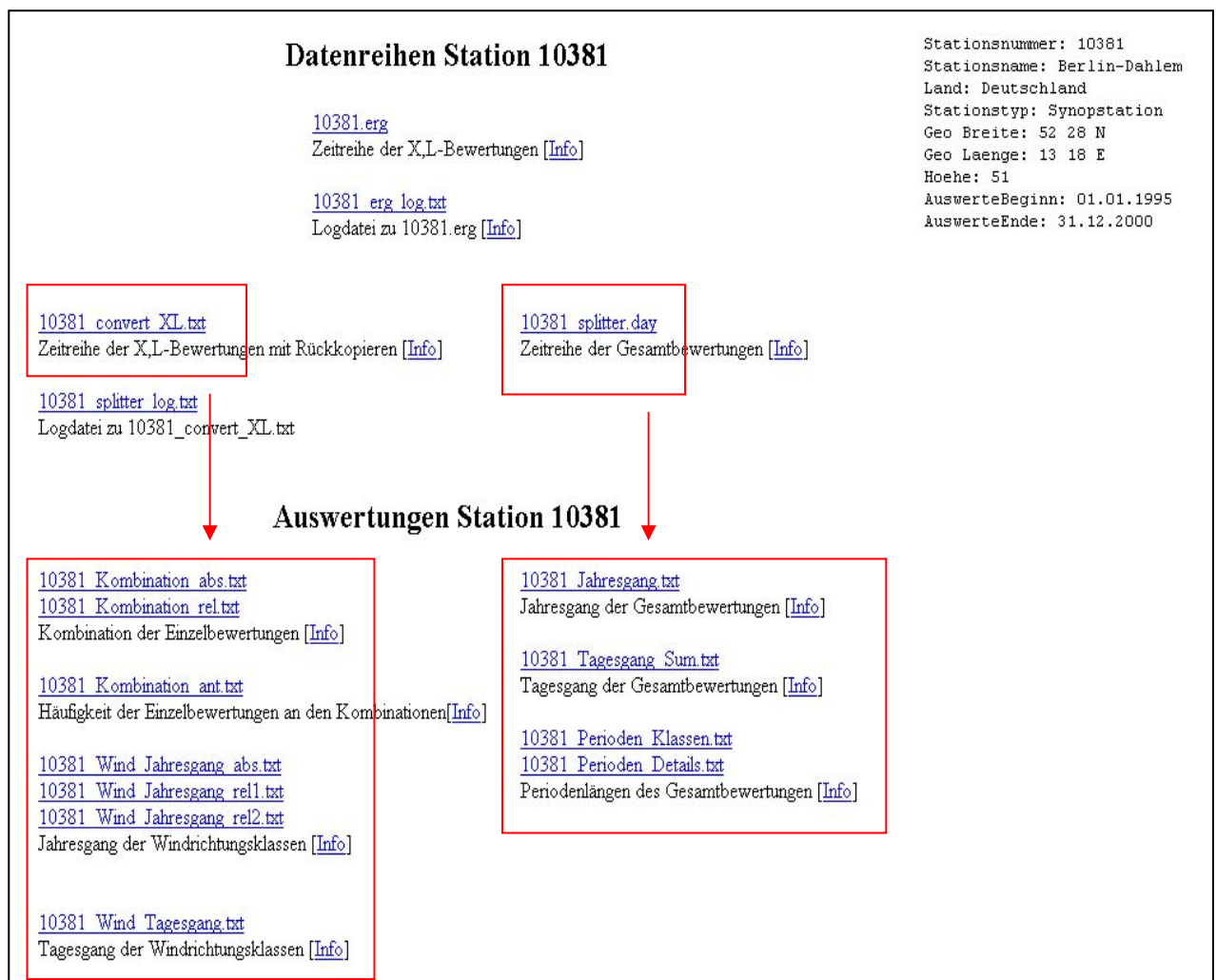
In der ersten Spalte hinter dem Datum ist der Kopierstatus für den gesamten Termin angegeben: Ca für vorwärts kopiert und Cp für rückwärts kopiert. Das O steht für einen Originaltermin. Danach folgen die Spalten mit den Bewertungen der einzelnen Wetterparameter.

In einem weiteren Komprimierungsschritt wird eine Zeitreihe erzeugt, die für jeden Tag und alle 24 Stunden des Tages (horizontal) angibt, ob „LEP“ möglich ist oder nicht, egal welches Kriterium es evtl. verhindert.
(Datei 10381_splitter.day)

1995-01-01	10381	L1xXxxXL1L1xXxXXxxXx1L11
1995-01-02	10381	L1xXxxXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1995-01-03	10381	XXXXXXXXXXxxXxLL11L11L11
1995-01-04	10381	L11L11LL1L1xXxLXxxXx1L11
1995-01-05	10381	L1xXxxXL1L11L1XXxxXx1L1x
1995-01-06	10381	XxxXxxXXxXxxXxLL11L11L1x
1995-01-07	10381	Xx1L11LL1L1L1xXxXXxxXx1L11
1995-01-08	10381	L11L11LXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1995-01-09	10381	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1995-01-10	10381	XXXXXXXXXXxXxxXxXXxxXxxXxx
1995-01-11	10381	Xx1L1xXXxXxxXxXXxxXxxXxx
1995-01-12	10381	Xx1L11LL1L1L1xXxXXxxXxxXxx
1995-01-13	10381	Xx1L11LL1L11L11L11L11L11
1995-01-14	10381	L11L11LL1L11L1xXxxXx1L11
1995-01-15	10381	L11L11LL1L11L11LL1xXx1L11
1995-01-16	10381	L11L11LL1L11L11L11L11L11
1995-01-17	10381	L11L11LL1L11L11L11L11L11
1995-01-18	10381	L11L11LL1L11L11L11L11L11
1995-01-19	10381	L11L1xXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1995-01-20	10381	XXXXXXXXXL1L11L11L1xXxxXx1
1995-01-21	10381	L11L11LL1L11L11L11L11L11
1995-01-22	10381	L1xXxxXXxXxxXxLL11L11L11
1995-01-23	10381	L1xXxxXL1L1xXxXXxxXx1L11
1995-01-24	10381	L1xXxxXXxXxxXxXXxxXx1L11

5.4 Auswertung der Bewertungszeitreihen „LEP“

Die beiden Bewertungs-Dateien stellen die Grundlage für alle weiteren Auswertungen dar. Sämtliche Auswertungen befinden sich auf einer CD und sind mit einem Browser zu betrachten. Wir haben diesen Weg gewählt, da es die einzige Möglichkeit ist, eine derartige Menge von Informationen zu präsentieren und zu sichten. Würde man die Auswertungen auf Papier ausdrucken, könnte man damit diverse Ordner füllen.



Die Gesamtbewertung (splitter.day) wurde im Hinblick auf den Jahresgang, den Tagesgang und Periodenlängen der X- und L-Zustände untersucht.

Die Einzelbewertungen (convert_XL.txt) wurden im Hinblick auf Kombinationen von Einzelbewertungen und den Wind untersucht.

6. Auswertung von Wetterstationen mit Höhengondierungen (Temps)

Ziel der Auswertung ist es, an jeder Tempstation für jede Stunde des 4- bis 6-jährigen Auswertzeitraums eine Aussage über die Passierbarkeit des Luftraumes aufgrund der meteorologischen Situation in den Höhengondierungen zu erhalten.

Dazu wurden in enger Abstimmung mit Cargo Lifter die Kriterien und Schwellenwerte ausgewählt, die eine Passierbarkeit nach dem jetzigen Kenntnisstand verhindern würden.

Mit dem Wetterballon werden nur folgende meteorologische Größen in Abhängigkeit von der Höhe bestimmt:

- Luftdruck
- Temperatur
- Feuchte
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit

Um die Entscheidung Flug möglich C,c / Flug nicht möglich X,x zu treffen, werden folgende meteorologischen Messwerte und abgeleitete Größen einer Zeitreihe mit einer zeitlichen Auflösung von einer Stunde stationsweise analysiert:

- Schichtdicke des befahrbaren Bereichs, wird aus der Prallhöhe berechnet.
- Schichtdicke des vereisungsfreien Bereichs I, wird mit der sogenannten 8D-Formel berechnet.
- Schichtdicke des vereisungsfreien Bereichs II, wenn $T > 0^{\circ}\text{C}$
- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit

Aus den Messwerten an den markanten Punkten und den Hauptdruckflächen einer vertikalen Sondierung werden Profile der Größen Temperatur, Taupunkt, Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 100m – Schritten berechnet (Dateitemp.erg), die die Grundlage für alle weiteren Auswertungen bilden.

Unterschieden wird zwischen sogenannten starken Kriterien, schwachen Kriterien und Durchreichwerten. Eine Bewertung bei einem (oder mehreren) starken Kriterium führt bei der späteren Gesamtbewertung des Termins ebenfalls zu Flug nicht möglich X,x .

Die Bewertung nach Maßgabe eines schwachen Kriteriums hingegen geht nicht in die Gesamtbewertung des Termins ein, sondern dient dazu, die neu entstandene Zeitreihe der Bewertungen gegebenenfalls später noch einmal im Hinblick auf die in Form der schwachen Kriterien festgelegten anderen Schwellenwerte auszuwerten, ohne dazu die Originaldaten wieder neu bearbeiten zu müssen.

Die Windrichtung wird für spätere detaillierte Betrachtungen in Zusammenhang mit der Windrichtungsbewertung als 8ter Windrose (d.h. eine Klasseneinteilung in 45° Schritten, Klasse 8 = Nordwind) „durchgereicht“.

6.1 Bewertungskriterien der Parameter

Fahrbereich (Schichtdicke Prallhöhe)

starkes Kriterium

Einfließende meteorologische Größen: Temperatur, Taupunkt, Luftdruck

Um den Fahrbereich zu bestimmen, wird zu jedem Termin in Schritten von 100 m mit den jeweiligen meteorologischen Werten das Ballonetvolumen nach der folgenden Formel berechnet. Die beiden Grenzzustände „Ballonet fast voll“ und „Ballonet fast leer“ markieren den Fahrbereich.

$$\text{Ballonetvolumen } V_{ba} = 1 - \frac{V_{he}}{V_{tot}} \cdot \left(1 + \frac{1 - pur}{pur} + \frac{rF \cdot p_{satvap}}{p + \Delta p - rF \cdot p_{satvap}} \right)$$

$$\text{mit Heliumvolumen } V_{he} = m_{he} \cdot R_{he} \cdot \frac{T + \Delta T}{p + \Delta p}$$

$$\text{und } p_{satvap} = 6,107 \cdot e^{\frac{17,269(T-273,15)}{237,3+(T-273,15)}}$$

T = gemessene Temperatur in Kelvin

p = gemessener Druck in Pa

$\Delta T = 0$ (kein Superheating = erhöhte Temperatur der Hülle durch Strahlung)

$\Delta p = 600 \text{ Pa}$ (Überdruck in der Hülle)

$rF = 1$ (relative Feuchte / 100)

$m_{he} = 77.000 \text{ kg}$ (Gesamtmasse des Heliums)

$$R_{he} = 2077.25 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$V_{tot} = 560.000 \text{ m}^3$ (Gesamtvolumen)

$pur = 0,98$ (Purity des Heliums)

Bei einer Schichtdicke des Fahrbereichs (obere Prallhöhe – 600m über Grund) < 300m wird die Bewertung Flug nicht möglich => X,x gegeben

Die Grenzwerte für das Ballonnetvolumen sind 0.015 (fast leer=Prallhöhe) und 0.265 (fast voll). Die Werte für T und p sind dem Temp zu entnehmen. Der Wert für die rel. Feuchte wird normalerweise immer mit 100% angenommen.

Für die Auswertung wurde in Absprache mit Dr. Goretzki die jeweils tatsächlich gemessene rel. Feuchte aus dem Höhenprofil der Station entnommen. Die realistischen Ergebnisse bestätigen dieses Vorgehen.

Anmerkung: Es wird angenommen, dass die Heliummasse konstant ist. Bei Einsätzen in tropischen, also feucht-heißen, Gebieten bedeutet dies einen Rückgang der Tragkraft, da das Luftschiff in einem weniger dichten Gasgemisch schwimmt. Feuchte Luft ist weniger dicht als trockene bei identischer Temperatur und identischem Druck. Zum Ausgleich dieses Tragkraftverlustes müsste Helium nachgefüllt werden, was negativen Einfluss auf die Prallhöhe hat.

Vereisungsfreier Bereich 1

starkes Kriterium

Einfließende meteorologische Größen: Temperatur, Taupunkt

Berechnung der Vereisung nach der 8D-Kurve:

Das Höhenprofil wird im Temperaturbereich $0^{\circ}\text{C} \leq T < -25^{\circ}\text{C}$ daraufhin untersucht, ob die 8D-Temperatur $T_{8D} \geq T$ ist. Ist das der Fall, ist Vereisung wahrscheinlich. Wenn man sie in den Temp mit einzeichnet, liegt sie im Vereisungsfall rechts daneben.

$T_{8D} = 8 (T - T_D)$, mit $0^{\circ}\text{C} \leq T < -25^{\circ}\text{C}$ und $T_D = \text{Taupunkt}$

Bei einer Schichtdicke einer zusammenhängenden vereisungsfreien Bereichs innerhalb des Fahrbereichs von weniger als 300m wird die Bewertung Flug nicht möglich => X,x gegeben

Vereisungsfreier Bereich 2

Schwaches Kriterium

Bei einer Schichtdicke eines zusammenhängenden vereisungsfreien Bereichs 2

mit $T > 0^{\circ}\text{C}$ innerhalb des Fahrbereichs von weniger als 300m wird die Bewertung Flug nicht möglich => X,x gegeben

mittlere Windrichtung

Durchreichwert

Mittelung der Windrichtung innerhalb des Fahrbereichs

mittlere Windgeschwindigkeit

Durchreichwert

Mittelung der Windgeschwindigkeit innerhalb des Fahrbereichs

Windgeschwindigkeit I

starkes Kriterium

Windgeschwindigkeiten in allem betrachteten Schichten des Fahrbereichs

>35 Knoten führt zu der Bewertung Flug nicht möglich => X,x gegeben

Windgeschwindigkeit II

schwaches Kriterium

Windgeschwindigkeiten in allem betrachteten Schichten des Fahrbereichs

>25 Knoten führt zu der Bewertung Flug nicht möglich => W,w gegeben

Die durchgereichten Werte und die Bestimmung des schwachen Kriteriums sind für eventuelle spätere Auswertungen gedacht, ohne nochmals die Originalreihe betrachten zu müssen.

6.2 Bearbeitung der Zeitreihen

Interpolation (Kopieren) von fehlenden Terminen

Liegen die Meldungen nur in einem Zeitabstand von mehr als einer Stunde vor (was die Regel ist), so werden diese zeitlichen Lücken durch das Vorwärts- bzw. Rückwärtskopieren der Meldungen der benachbarten Termine durchgeführt.

Maximal werden die Meldungen eines Termins 12 Stunden in die Zukunft bzw. in die Vergangenheit kopiert.

6.3 Bewertung der Wetterzustände

Die Zeitreihen aller Stationen und aller Messparameter werden auf das Überschreiten der einzelnen Kriterien durchsucht und bewertet.

Damit sind neue abstrahierte Zeitreihen entstanden, die pro Parameter die Aussage „Passage“ möglich (C, c) oder „Passage“ nicht möglich (X, x), oder keine Aussage möglich (?) enthalten.

YYYY-MM-DD HH STAT	c/O	Minh	Prall	Dicke	PRx	SDmin	SDmax	oSDdi	SDx	Efmin	Efmax	EfDDi	Efx	DD_a	FF_a	BWX	BU
1995-01-01 00 10393	O	115	1832	1117	C	762	1832	1070	C	762	800	38	X	6	28	C	C
1995-01-01 01 10393	ca	115	1832	1117	c	762	1832	1070	c	762	800	38	x	6	28	c	c
1995-01-01 02 10393	ca	115	1832	1117	c	762	1832	1070	c	762	800	38	x	6	28	c	c
1995-01-01 03 10393	ca	115	1832	1117	c	762	1832	1070	c	762	800	38	x	6	28	c	c
1995-01-01 04 10393	cp	115	1900	1185	c	1364	1900	536	c	-100	-100	-100	x	6	35	c	w
1995-01-01 05 10393	cp	115	1900	1185	c	1364	1900	536	c	-100	-100	-100	x	6	35	c	w
1995-01-01 06 10393	O	115	1900	1185	C	1364	1900	536	C	-100	-100	-100	X	6	35	C	W
1995-01-01 07 10393	ca	115	1900	1185	c	1364	1900	536	c	-100	-100	-100	x	6	35	c	w
1995-01-01 08 10393	ca	115	1900	1185	c	1364	1900	536	c	-100	-100	-100	x	6	35	c	w
1995-01-01 09 10393	ca	115	1900	1185	c	1364	1900	536	c	-100	-100	-100	x	6	35	c	w
1995-01-01 10 10393	cp	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	38	c	w
1995-01-01 11 10393	cp	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	38	c	w
1995-01-01 12 10393	O	115	2000	1285	C	800	2000	1200	C	-100	-100	-100	X	6	38	C	W
1995-01-01 13 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	38	c	w
1995-01-01 14 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	38	c	w
1995-01-01 15 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	38	c	w
1995-01-01 16 10393	cp	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	41	x	w
1995-01-01 17 10393	cp	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	41	x	w
1995-01-01 18 10393	O	115	2000	1285	C	800	2000	1200	C	-100	-100	-100	X	6	41	X	W
1995-01-01 19 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	41	x	w
1995-01-01 20 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	41	x	w
1995-01-01 21 10393	ca	115	2000	1285	c	800	2000	1200	c	-100	-100	-100	x	6	41	x	w
1995-01-01 22 10393	cp	115	2110	1395	c	800	1400	600	c	-100	-100	-100	x	6	34	c	w
1995-01-01 23 10393	cp	115	2110	1395	c	800	1400	600	c	-100	-100	-100	x	6	34	c	w
1995-01-02 00 10393	O	115	2110	1395	C	800	1400	600	C	-100	-100	-100	X	6	34	C	W

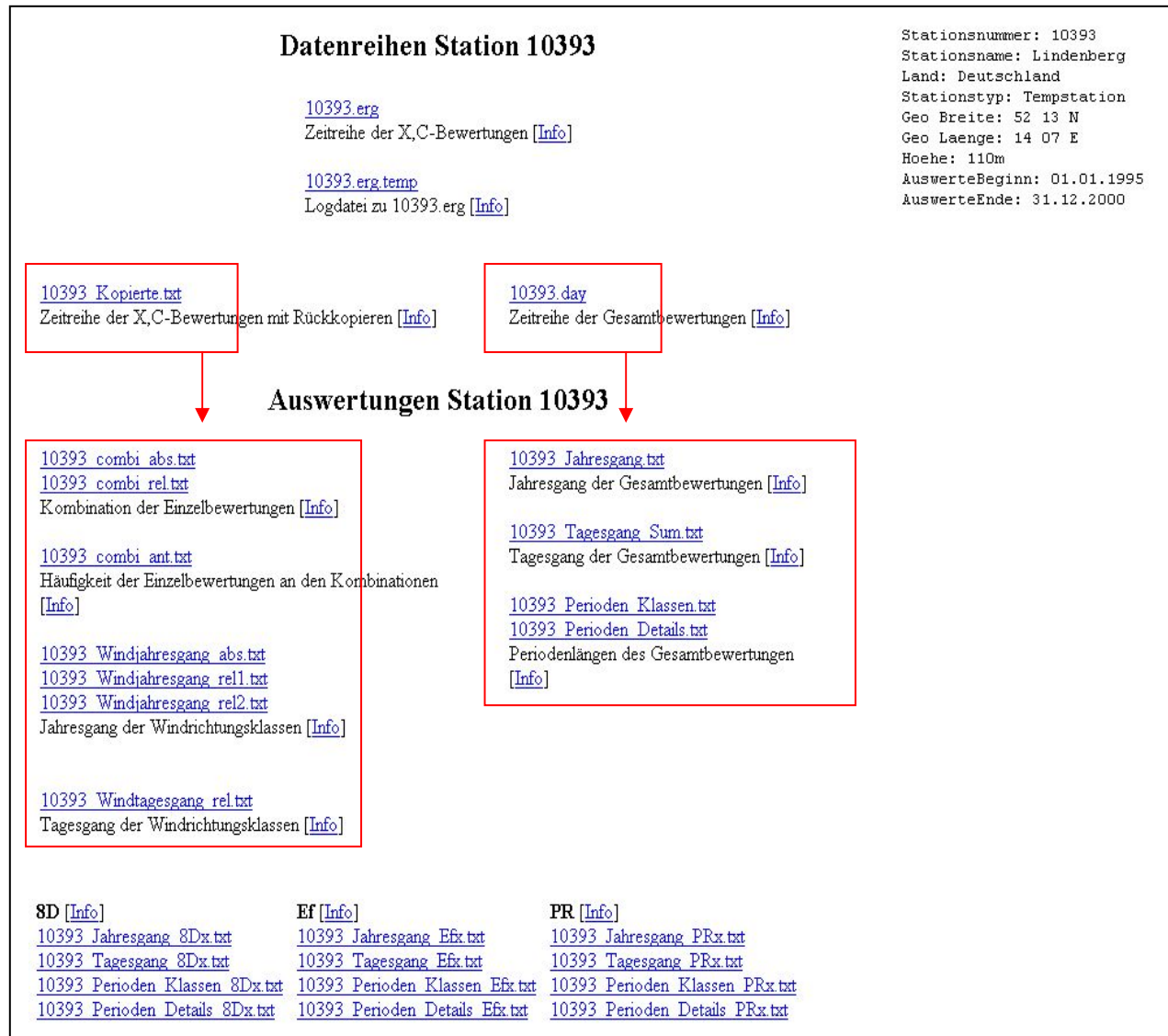
Beispiel einer konvertierten 10393_Kopierte.txt

In einem weiteren Komprimierungsschritt wird eine Zeitreihe erzeugt, die für jeden Tag und alle 24 Stunden des Tages (horizontal) angibt, ob eine Passage möglich ist oder nicht, egal welches Kriterium es evtl. verhindert.
(10393_day)

1995-01-01	10393	CccccCccccCcccxXxxxx
1995-01-02	10393	CccccCccccCcccxXxxxx
1995-01-03	10393	CcccxXxxxxCccccCcccc
1995-01-04	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-05	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-06	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-07	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-08	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-09	10393	CccccCccccCccccCcccx
1995-01-10	10393	XxxxxXxxxxXxxxxXxxxx
1995-01-11	10393	XxxxxXxxxxXxxxxCcccc
1995-01-12	10393	CccccCccccCccccCcccx
1995-01-13	10393	XxxxxCccccCccccCccc??
1995-01-14	10393	???ccCccccCccccCcccc
1995-01-15	10393	CcccxXxxxxCccccCcccc
1995-01-16	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-17	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-18	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-19	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-20	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-21	10393	CccccCccc?????ccCcccc
1995-01-22	10393	CcccxXxxxxXxxxxCcccx
1995-01-23	10393	XxxxxXxxxxXxxxxXxxxx
1995-01-24	10393	XxxxxXxxxxXxxxxCcccc
1995-01-25	10393	CccccCccccCccccCcccc
1995-01-26	10393	CcccxXxxxxXxxxxXxxxx
1995-01-27	10393	XxxxxXxxxxXxxxxXxxxx

6.4 Auswertung der Bewertungszeitreihen „Passage“

Die beiden Bewertungs-Dateien stellen die Grundlage für alle weiteren Auswertungen dar. Sämtliche Auswertungen befinden sich auf einer CD und sind mit einem Browser zu betrachten.



Die Gesamtbewertung (Station.day) wird im Hinblick auf den Jahresgang, den Tagesgang und Periodenlängen der X- und C-Zustände untersucht.

Die Einzelbewertungen (Station_Kopierte.txt) werden im Hinblick auf Kombinationen von Einzelbewertungen und den Wind untersucht. Die Einzelkriterien (Vereisung 8D, Prallhöhe PR und Wind Ef) werden jede für sich bezüglich des Jahresgangs, Tagesgangs und der Periodenlängen untersucht.

7. Beurteilung der Routen im Detail (Kai Brüggemann)

7.1 Allgemeine Bemerkungen zu den Synopdaten bzw. deren Auswertung

Die vorliegende Datenauswertung kann für aktuell geplante Flüge sehr gut als unterstützendes Material genutzt werden, um z.B. die Wahrscheinlichkeit oder die Dauer eines der Flug- oder „LEP-Möglichkeit“ beeinflussendes Wetterelementes für eine bestimmte Tageszeit oder Jahreszeit abzuschätzen.

Für konkrete Flugvorhaben ist zusätzlich aktueller Modelloutput essentiell. Dabei muss beachtet werden, dass die Vorhersagbarkeit bestimmter Wetterelemente für einige Regionen vor allem lokaler Effekte stark eingeschränkt ist, so dass die Prognosen mit einer hohen Ungenauigkeit behaftet sind, wobei eines der wichtigsten Elemente, der Wind, von den Modellen noch am besten prognostiziert wird. Hier können jedoch durchaus Daten aus der vorliegenden statistischen Auswertung hilfreich sein, um z.B. die Dauer oder den Tagesgang der betreffenden Erscheinung besser beurteilen zu können.

Die Messwerte an den ausgewählten Stationen sind nur zum Teil auch für deren weitere Umgebung (50 bis 100 km) repräsentativ, vor allem dann, wenn sich Stationen innerhalb stark inhomogener Topografie oder nahe ausgeprägter topografischer Erscheinungen sowie sporadisch auftretender lokaler Wetterphänomene befinden.

Der Auswertungszeitraum der letzten fünf bis sechs Jahre bietet den Vorteil höchster Aktualität. Durch die hohe Persistenz oder Wiederholung einer bestimmten Wettersituation innerhalb eines Monats des Untersuchungszeitraumes kann aber der Mittelwert des Maßes eines Wetterelementes oder der Mittelwert für die Häufigkeit eines flug- oder landekritischen Wetterparameters oder seine Periodendauer von langjährigen Mittelwerten abweichen, wie z.B. die Windstatistik in Mitteleuropa durch die stürmische Westlage während der Zeit um den Orkan Anatol im Februar. Hier zeigt eine Statistik über einen längeren Zeitraum für Berlin den Monat März als sturmhäufigsten Monat, während die vorliegende Untersuchung den Februar als windigsten Monat erscheinen lässt.

Die erhobenen Daten und deren Bearbeitung kann keine Aussagen über den tatsächlichen Zeitpunkt des Auftretens bestimmter Wettererscheinungen machen, d.h. es sind keine zeitlichen Korrelationen zwischen verschiedenen Stationen möglich, ob z.B. bei einer Mistrallage, also einer unmöglichen Alpenwestumfliegung auch gleichzeitig durch andere Wetterwidrigkeiten eine Alpenostumgehung wegen z.B. Schneefall oder Bora oder Koschawa ebenso unmöglich ist. Die Untersuchung von gleichzeitigen Phänomene könnte jedoch bei Bedarf im Rahmen einer Detailstudie durchgeführt werden.

Außerdem muss bei Vergleichen des Tagesganges verschiedener Stationen darauf geachtet werden, das sich alle Daten auf die Uhrzeit UTC beziehen, die jeweilige wahre Ortszeit zweier Stationen daher erheblich differieren kann und damit der Sonnenstand und die tagesgangabhängigen Variablen nur durch Berücksichtigung der wahren Ortszeit vergleichbar sind. Auf bestimmten Flugrouten sieht der Verfasser die dringende Notwendigkeit einer detaillierten Vorortinspektion der Topografie. Dies gilt insbesondere für die Pässe an der östlichen Adriaküste und den Donaudurchbruch am Eisernen Tor sowie den Werradurchbruch am Thüringer Wald. Denn meteorologische Messstationen wurden natürlich nach anderen Gesichtspunkten eingerichtet und platziert, als es für die Fragestellungen des CL160 hilfreich wäre. Daher ist gerade im Bereich von Gebirgsdurchlässen eine Vorort-Begutachtung und evtl. eine zeitweise Platzierung eines eigenen Messgerätes durchaus ratsam. Für diese Studie jedoch gibt es keine andere Möglichkeit, als die vorhandenen Daten zu nutzen und zu analysieren.

7.2 Nordwestroute über Hannover, De Bilt, Hemsby, Manchester, Glasgow

7.2.1 Berlin und Brandenburg

Die günstigsten Anker- Lade- und Flugzeiten liegen in Berlin und Brandenburg in den Sommermonaten von den späten Abendstunden bis zum frühen Vormittag. Die behindernden Wetterelemente im Winterhalbjahr sind Wind sowie Böen, Wolkenuntergrenze, Nebel, während im Sommer nach dem Wind und den Böen Gewitter und Starkniederschläge eine große Rolle spielen, die im August allerdings seltener werden als im Juni und Juli.

Die Auswertung der Wetterdaten der letzten aktuellen Jahre hat wegen der im Untersuchungszeitraum meist milden und schneearmen Winter zur Folge, dass insbesondere Effekte wie starker Schneefall und große Kälte zwar repräsentativ für diesen Zeitraum sind, es aber in (zukünftigen) möglicherweise kalten Wintern viel häufiger und anhaltender mit entsprechenden Anker- bzw. Flugbeeinträchtigungen durch winterliche ungünstige Bedingungen zu rechnen sein könnte. Dabei sollte aber beachtet werden, dass bei großer Kälte außer bei einigen Ostwindlagen meist relativ günstige Wind- und Sichtbedingungen herrschen.

Die Statistiken von Lindenberg und Dahlem ergeben keine auffällig signifikanten Unterschiede, so dass in der näheren Umgebung bis auf lokale durch das Messnetz nicht erfassbare, aber auch nicht besonders bemerkenswerte Ausnahmen von einer relativ hohen Homogenität der Klima-Statistik für die Flug- und „LEP-Bedingungen“ auszugehen ist. Es existieren keine ausgeprägten Winddüsen, dafür aber kleinräumige Gebiete mit erhöhter Gewitterhäufigkeit (siehe Karte Gewitterhäufigkeit in Mitteleuropa von Dr. Pelz) sowie eine Häufung von Nebeltagen in den Senken der Urstromtäler und in der unmittelbaren Nähe von Gewässern.

7.2.2 Hannover und Umgebung

Im Raum Hannover treten wesentlich häufiger bereits ungünstige Bedingungen durch zu niedrige Wolkenuntergrenzen auf, zum Teil ist dies auf die größere Meeresnähe zurückzuführen, andererseits aber auch auf die Nähe zum Mittelgebirgsnordrand (Deister, Höhe 405m ü. NN in ca. 30 km Entfernung.)

Daher würde sich im Parallelflug zum Mittelgebirgsnordrand bei Luftströmungen zwischen 280 und 100 Grad ein möglichst großer nördlicher Abstand von den Bergen empfehlen, bei südlicher Strömung kann diese Topografie, was die Sichtbedingungen angeht, von Nutzen sein.

7.2.3 De Bilt und Umgebung

Westlich, näher der Kanalküste ist durch Land-See-Windzirkulationen und sommerlich stark ausgeprägte Küstenkonvergenzen mit stärker differierenden Windverhältnissen zu rechnen als an der Station selbst.

DE Bilt liegt im Gebiet, in dem manchmal subtropische Meeresluft auf der Vorderseite atlantischer Tröge gehoben wird, so dass sich hier gelegentlich sehr starke Gewitter bilden. Das Gebiet des westlichsten Niedersachsens sowie weite Teile Nordrhein-Westfalens gehören zu den tornadoreichsten Regionen Mitteleuropas.

Die Nähe des Meeres bringt oft tiefe Wolken, im Winter herrscht bei windschwachen Lagen durch die Meeresnähe häufiger Nebel. An der Kanalküste kommt es häufig zu spontaner Bildung von (häufig aprognostischem) Nebel und oder tiefen Wolken, im Herbst ist es in hochreichender Kaltluft sehr turbulent durch zusätzliche Labilisierung durch die noch relativ hohe Wassertemperatur des Kanalwassers und des Nordseewassers.

7.2.4 Hemsby und Umgebung

Wegen der direkten Lage an der Nordsee sind hier stark tagesgangabhängige Land-See-Wind-Windsysteme zu beachten, die zu plötzlichen Windrichtungsänderungen führen können. Außerdem ist wie überall an der Kanal- und Küste der südlichen Nordsee mit raschem Aufkommen tiefer Wolken und Nebel zu rechnen.

Etwaige Ankerplätze weiter landeinwärts weisen im Sommerhalbjahr bei ablandiger Strömung erheblich höhere Labilitätswerte mit größerer Böigkeit sowie größerer Gewitterhäufigkeit auf. Auch hier ist wie an den anderen Stationen Westeuropas und dem nördlichen Mitteleuropa durch die immer energiereicher werdenden Luftmassen im südlichen Abschnitt der Frontalzone der gemäßigten Breiten in Zukunft immer häufiger mit immer stärkeren Stürmen und einer allgemeinen Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit und damit im Winterhalbjahr immer häufiger mit sehr ungünstigen Flugbedingungen zu rechnen.

Auch im Sommerhalbjahr nahm die Sturmhäufigkeit in den letzten Jahren in West- und Mitteleuropa zu.

7.2.5 Manchester und Umgebung

Bei westlicher Anströmung können im Stau der südlichen Pennines rasch tiefe Wolken entstehen. Außerdem können im Stau der Pennines starke Niederschläge auftreten, die sogar bis Ende April heftigen Schneefall bringen können. Die stärksten Schneefälle treten in Mittelengland im März und April auf.

Daher ist Manchester auf einige Wetterparameter bezogen nicht gut vergleichbar mit eventuellen Landeplätzen weiter westlich an der Küste der Irischen See oder mit Orten östlich der Pennines. Von Hemsby kommend sollten außer bei klarem, ruhigem Wetter die Pennines südlich umflogen werden.

7.2.6 Glasgow und Umgebung

Ein Flug von Manchester nach Glasgow empfiehlt sich jeweils im Lee der Pennines sowie der südschottischen Mittelgebirge, da auf der Luvseite häufig mit sehr tiefer Bewölkung sowie mit stärkeren Niederschlägen als auf der Leeseite zu rechnen ist.

Auf der Leeseite können aber Föhneffekte zu unberechenbaren Böen führen. Glasgow selbst liegt zwischen den schottischen Highlands und den südschottischen Mittelgebirgen in einer relativ breiten und Ost-West verlaufenden und recht stark zergliederten Strömungsgasse, die aber nur bei auf südwestliche Richtungen drehendem Wind zu einer Windzunahme bei gleichem großräumigen Luftdruckgradienten führt.

Glasgow ist mit einem Ankerplatz bei Edinburgh in vielerlei Hinsicht nicht vergleichbar, da dort direkt an der trichterförmigen Ostküste z.B. bei Hochdrucklagen mit östlicher Anströmung häufig (auch im Sommer) tiefer Stratocumulus von der Nordsee advehiert wird.

Die Topografie rund um Glasgow ist stark gegliedert, so dass je nach Wetterlage, Tages- bzw. Jahreszeit in schon relativ geringer Entfernung von der Station Glasgow-Airport deutlich abweichende Wetterbedingungen herrschen können.

Es ist sicher selbstverständlich, dass ein möglicher „LEP-Ort“ in der Regel zuvor auch aus meteorologischer Sicht Vor-Ort in Augenschein genommen wird.

7.3 Route Südost über Prag, Wien, Zagreb, Novo Mesto, Senj, Losinj, Split, Havar, Dubrovnik, Brindisi, Kerkyra, Methoni, Heraklion, Lanarca

7.3.1 Prag

Der Flug von Brand nach Prag führt über das Osterzgebirge in das Böhmisches Becken. Bei nordöstlicher bis nordwestlicher Anströmung gibt es im Stau des Erzgebirges häufig tiefliegende Wolken und direkt am Fuße des Gebirges langanhaltende Niederschläge, die auch in den Übergangsjahreszeiten manchmal entgegen der Modellprognosen bis in die Täler hinab als Schnee fallen. Auch um die Station Erfurt, dort vor allem bei östlicher bis nördlicher Anströmung treten ähnliche Effekte auf, allerdings in abgeschwächter Form.

Im Winter bildet sich im Böhmisches Becken bei Hochdrucklagen besonders über Schnee rasch ein immer mächtiger werdender Kaltluftsee, dessen Kaltluftmassen bei Südostwind gegen das Erzgebirge strömen, dort zur Hebung gezwungen werden und meist bei voller Sättigung und durch die zusätzliche Abkühlung durch die Hebung zu starkem Eisansatz durch Reif oder Rauhfrost führen.

Durch einige Gebirgsgassen weht dieser sogenannte Böhmisches Wind und kann gegenüber den Leeseitigen Temperaturen um 10 bis 15 K niedrigere Temperaturen aufweisen. Meist ist der Einflussbereich dieses Windes sehr scharf begrenzt und während eines Fluges in die gehobene Kaltluft hinein kann äußerst rasch sehr starke Vereisung stattfinden. Außerdem ist der böhmische Wind leeseitig föhnartig örtlich recht böig und wird allgemein nicht optimal prognostiziert.

Eine Vorortbesichtigung vom Boden und aus niedriger Flughöhe wäre auch am Elbdurchbruch sehr dringend angeraten.

Prag liegt im Tal der Moldau vor allem im Winterhabjahr bei schwachgradientigen Lagen oft unterhalb einer Inversion, aus der einige die Stadt in geringer Nähe umgebenen flachen Mittelgebirge herausragen, so dass sich im Winter ein Ankern auf einer dieser Höhenzüge empfehlen würde, weil dort in der Regel wesentlich bessere Sichtbedingungen herrschen.

7.3.2 Wien

Auf dem Flug von Prag nach Wien empfiehlt sich eine Route über Gmünd, wobei hier bei winterlich kalten Ostlagen ebenfalls Kaltluft an den etwas über 1000 m Höhe ansteigenden Bergen des östlichen Waldviertels durch Hebung zu ähnlichen Effekten führen kann, wie am Erzgebirge, wodurch die Gefahr der Vereisung plötzlich und lokal stark ansteigen kann. Diese Gegend wird von den Österreichern das „Sibirien“ Österreichs genannt, und hier wurden am Boden (auf etwa 800 bis 900m Seehöhe) Temperaturen unter -40°C gemessen.

Wien liegt an der Donau in einer ausgeprägten Winddüse, die bei westlicher bis nordwestlicher Anströmung besonders im Zusammenhang mit Kaltfrontdurchgängen von Westen und Nordwesten die Windgeschwindigkeiten gegenüber dem Umland etwa auf den zwei bis dreifachen Wert ansteigen lässt. Außerdem gibt es im Lee des Wienerwaldes im Hochsommer oft plötzlich aufziehende (auch aprognostische) Gewitter, die allerdings meist nur bis in die östlichen Stadtgebiete gelangen.

Im Winter, vor allem im Spätwinter wird häufig der Südosten Wiens und seiner Umgebung von heftigen Schneefällen heimgesucht, vor allem bei Adriatieflagen. Von diesen Schneefällen und den sommerlichen Gewittern fast immer ausgenommen ist das wenig östlich von Wien befindliche Marchfeld, welches gegenüber Wien selbst geradezu ideale Bedingungen zum Andocken bietet. Hier sind riesige stillgelegte Flugplatzareale vorhanden, und die Topografie sowie die Vegetation ist recht einheitlich. Im Hochsommer werden hier allerdings oft tagelang Temperaturen zwischen 30 und 35°C erreicht.

7.3.3 Zagreb

Auf dem Weg von Wien nach Zagreb sollte grundsätzlich eine möglichst weit vom Ostalpenrand entfernte Flugroute gewählt werden. Zagreb liegt direkt an der Save auf 135m Höhe, und nur wenige Kilometer nördlich befindet sich das auf über 1000m Höhe ansteigende Agramer Gebirge, auf dessen Südhängen sich im Hochsommer starke Gewitter bilden.

Im Winter ragen diese Berge oft aus dem Talnebel der Saveniederung weit heraus, bei Kaltlufteinbrüchen von Norden treten in Zagreb häufiger starke Fallböen auf.

Die nähere und weitere Umgebung Zagrebs ist durch einige Mittelgebirge durchzogen, die vor allem bei östlicher bis südlicher Anströmung durch feuchte Mittelmeerluftmassen zur raschen Bildung tiefer Wolken und im Winter zu heftigen Schneefällen führen. Daher sind die Auswertungen der Synopdaten von Zagreb nur für die unmittelbare Umgebung der Station selbst repräsentativ.

7.3.4 Novo Mesto

Die Station liegt im Gurktal umschlossen von diversen Mittelgebirgshöhenzügen in deren Tälern je nach Großwetterlage recht unterschiedliche Wetterbedingungen herrschen können. Daher ist die Station Novo Mesto nicht repräsentativ für die weitere Umgebung und liegt auch nicht von der Topografie her betrachtet auf der optimalen Flugroute von Zagreb zur Adria.

Hier würde sich eher eine Flugroute entlang des Kulpatales in Richtung Rijeka empfehlen, da hier die niedrigste Passhöhe zu finden ist. Man befindet sich in diesem Gebiet einerseits in einer Region mit sehr wenig Wetter- und Klimainformation, gleichzeitig aber mit extrem starken Wettererscheinungen vor allem lokaler Art.

Dazu gehört der trockenkalte Fallwind **Bora**.

Hier und an allen anderen möglichen zur Adriaküste führenden Routen ist eine Vorortsichtung der potentiellen Flugroute aus der Luft aus Sicht des Verfassers unerlässlich.

In der Literatur wird häufig zwischen thermischer und synoptischer Bora unterschieden. Mit thermisch bedingter Bora meinen die Autoren die im Winter spontan überfließenden Kaltluftseen, die durch geringe lokale Zirkulationsanstöße wie Land-See-Windzirkulation bei meist klarem Himmel ausgelöst werden, die synoptische Bora wird durch starke Luftdruckgegensätze ausgelöst, die durch hohen Luftdruck über Osteuropa und einem Tief über Italien oder dem Adriatischen Meer ausgelöst wird, wobei hier auch bei bedecktem Himmel zum Teil starker Niederschlag auftritt.

Meist sind aber gerade starke Zyklonen im Mittelmeerbereich Ergebnisse von hoch-reichenden Kaltluftvorstößen, welche die Alpen ostwärts umfließen und auf dem Gebiet Kroatiens und Serbiens auch im Sommer für relativ kühle Luft sorgen.

Im Sommer ist heiße Luft über dem Festland verbunden mit einem entsprechendem Hitzetief die absolut sichere Situation, bei der keine Bora auftreten kann.



Am stärksten weht die Bora im Winter, wenn sich über dem Festland eine sehr mächtige Kaltluftschicht angesammelt hat, und zusätzlich durch starke Tiefdruckgebiete über dem Adriatischen Meer bei gleichzeitig hohem Luftdruck über dem Balkan Luft aus nordöstlicher Richtung auf das Meer hinaus angesaugt wird.

Derartige großräumige synoptische Wetterlagen werden im allgemeinen von den Modellen zufriedenstellend gut und mit ausreichender Vorwarnzeit vorhergesagt, aber nicht deren lokale Auswirkungen. Bora weht grundsätzlich vom Festland als Fallwind vor allem über niedrige Pässe durch enge Täler zur Küste der Adria.

Die Bora erreicht im Golf von Triest manchmal Spitzenböen von 110 Knoten, auch weiter südlich sind Spitzenwerte und auch Mittelwinde von 80 Knoten häufiger beobachtet worden. Am häufigsten tritt Bora im Winterhalbjahr auf und hat im Winter vormittags und vom späten Abend bis Mitternacht ihre maximale Stärke. Im Sommer weht Bora selten, am wenigsten nachmittags, wenn durch die Landerwärmung der Seewind die Bora verhindert oder zumindest stark unterdrückt. Die Dauer der Bora liegt meist bei 24 Stunden, kann aber auch zwei bis drei Tage erreichen.

Eines der am stärksten von der Bora betroffenen Orte ist **Senj**, wo der Wind (Mittelwind) innerhalb von 30 Minuten um mehr als 50 Knoten auffrischen kann. Im oberhalb von Senj liegendem Tal sind die Dachziegel der dortigen Häuser mit schweren Steinen und Felsbrocken vor dem Wegwehen gesichert und es existiert keine Vegetation, die mehr als 5 cm über den Erdboden ragt. Die Bora wird zur Küste hin am stärksten und kann in manchen Fällen mehr als 60 Kilometer weit auf das Meer hinaus wehen.

Im Sommer ist die vertikale Windscherung am größten. Die höchste vertikale Scherung ist direkt oberhalb von Passhöhen und wenige Meter über der Meeresoberfläche anzutreffen.

Die von der Bora erfasste Luftschicht ist im Winter maximal 1000 m über Grund dick, so dass bei großer Prallhöhe ein ca. 800m hoher Pass überquert werden könnte. Jedoch müsste dann der CL160 auf eine Flughöhe von ca. 1800 m aufsteigen. Im Sommer ist die von der Bora betroffene Mächtigkeit der Luftschicht geringer, dafür aber auch die durchschnittlichen Prallhöhen wesentlich geringer.

Im Luv der Küstengebirge weht die Bora am Boden schwächer als in der Höhe, im Lee ist es umgekehrt. Ähnlich wie beim Böhmischen Wind können auch im Luv der Berge, also dort, wo die Kaltluft orografisch zum Aufsteigen gezwungen wird wegen der zusätzlichen Abkühlung und zunehmender relativer Feuchte vermehrt starke Vereisungseffekte auftreten.

7.3.5 Senj, Losinj, Split, Havar, Dubrovnik

Die hier in der Auswertung berücksichtigten Stationen (Küstenorte) **Senj, Losinj, Split, Havar und Dubrovnik** sind alle von der Bora regelmäßig betroffene Stationen, für welche und deren Umgebung die oben gemachten Aussagen gelten. D.h. in unmittelbarer Umgebung können schon in der nächsten Bucht ohne ausgeprägten Talausgang völlig andere Windverhältnisse herrschen, relativ vor der Bora sichere Bereiche gibt es an der Küste nur vereinzelt, im Sommer tritt die Bora im Süden deutlich seltener auf als im Norden, im Winter ist ebenfalls ein ähnliches Nord-Süd-Gefälle der Häufigkeit zu beobachten, aber nicht so ausgeprägt.

Welche starken Unterschiede in Bezug auf ungünstige Wetterbedingungen und deren Häufigkeit bzw. Dauer an der östlichen Adriaküste auf engstem Raum herrschen, dokumentieren in deutlicher Weise die Datenauswertungen der beiden Stationen von **Split**, sowie die beiden Stationen von **Dubrovnik**, von denen jeweils eine der beiden wesentlich windanfälliger ist, während jeweils die andere durch häufigere Starkniederschläge oder sonstige Flug- und Docking behindernde Wettererscheinungen auffällt. (siehe dazu die Auswertungen: *Kombination der Einzelbewertungen*)

Die verschiedenen für Flüge oder „LEP“ ungünstigen Wettererscheinungen sind im Sommer meist Gewitter, die einen ausgeprägten Tagesgang und eine deutliche räumliche Verteilung zeigen. Dabei bilden sich meist nachmittags Gewitter an den Küstenhängen sowie über der ersten Bergkette nahe der Küste, sowie über den größeren Inseln, nachts sind die Gewitterherde häufig über dem Meer anzutreffen, wobei hier auch die jeweiligen Wassertemperaturen für die räumliche Verteilung der Gewitter eine Rolle spielen.

An der östlichen Adria gibt es Regionen, in denen auch im Hochsommer die mittlere Wassertemperatur nur wenig über 20°C ansteigt, was zum Teil auf aufsteigendes Tiefenwasser zurückzuführen ist z.B. ausgelöst von starkem ablandigem Wind (Bora), so dass in Kombination mit der sehr stark zergliederten Küstenlinie und den diversen vorgelagerten Inseln unzählige lokale klimabeeinflussende Faktoren, Prozesse und Bedingungen gibt. Daher sind die Datenauswertungen der Stationen in diesem Bereich nur für die unmittelbare Umgebung der Beobachtungsstation selbst repräsentativ. Teilweise können Wetterlagen mit täglichen Gewittern eine Woche oder länger andauern. Ein Flug entlang Küste sollte bei Boragefahr mindestens 80 bis 100 Kilometer von der Küste entfernt erfolgen.

7.3.6 Brindisi

Die Küstenstation Brindisi liegt in topografisch relativ einheitlichem Gelände, doch sind die durchschnittlichen Windverhältnisse nur wenig landeinwärts als stabiler und kalkulierbarer anzusehen. Wenn man einen Dockingplatz außerhalb der Land-See-Wind-Zirkulation wählt, ist mit wesentlich geringeren Änderungen der Windrichtung und –stärke während des Tagesverlaufs zu rechnen.

7.3.7 Kerkyra

An der Station Kerkyra, am Ostufer der Insel Korfu gelegen, ist bei labiler Schichtung die räumliche Verteilung der Gewitter in Abhängigkeit von der Tageszeit sehr auffällig. Während tagsüber vor allem das gegenüberliegende Festland sowie die zentralen Erhebungen der Insel von Gewittern betroffen sind, ist die Gewitterhäufigkeit nachts über dem Meer bedeutend größer, vor allem über der Meerenge zwischen Korfu und dem Festland. Die Flugroute sollte auch hier eher westlich auf dem offenen Meer an Korfu nach Süden führen.

7.3.8 Methoni

Diese an der Südwestspitze der Peloponnes bietet von allen auf dieser Flugroute genannten Stationen am häufigsten gute und lang anhaltende Flug- und Dockingbedingungen. Nur das gelegentliche Auftreten schwach ausgeprägter lokaler Windsysteme könnten bei der Wahl eines konkreten Ankerplatzes eine Rolle spielen, viel größer wird aber das Problem sein, auf dem recht hügeligem Gelände und bei teilweise sehr steil ansteigender Küste einen ausreichend großen Platz für den Cargo Lifter zu finden.

7.3.9 Heraklion

Dies auf der Nordseite der Insel Kreta liegende Station hat wegen der steil aufragenden ost-west-verlaufenden Gebirge lokal sehr unterschiedliche Windsysteme. Dem Verfasser ist aus einer früheren Untersuchung für Windkraftanlagenplanung auf dieser Insel bekannt, dass Heraklion noch zu den günstigeren Orten der Insel gehört, was einschränkende Bedingungen durch starken Wind angeht. Hierbei handelt es sich meist um die im Sommer von Norden wehenden Etesien, sowie im Winter starken und böigem Südföhn, der recht plötzlich einsetzen kann, während der starke NW bis Nordwind im Sommer recht beständig und ohne wesentliche Böen weht.

7.3.10 Lanarca

Ähnlich wie die Station Methoni herrschen in Lanarca, der am Südostrand der Insel Zypern gelegenen Station ganzjährig meist gute Flug- und Dockingbedingungen, tagsüber weht an der Station stärker ausgeprägt im Sommer ein zum Nachmittag zunehmender Seewind.

Bei Südwestlagen wird der Wind durch die westlich der Station gelegene steil bis auf fast 2000 m aufragenden Berge zur Station hin beschleunigt, so dass etwas weiter landeinwärts im Lee der Berge dieser Effekt geringer sein müsste. Auch hier wäre zumindest eine nähere Untersuchung durch hochauflösende topografische Karten oder eine Vorortbesichtigung zu empfehlen.

7.4 Südostausweichroute über Wien, Budapest, Timisoara, Lom, Rousse, Varna, Istanbul, Izmir, Lanarca

Bei starker Bora oder anderen ungünstigen Witterungsbedingungen auf der Adriaroute gäbe es die Möglichkeit die Route über die oben genannten Stationen in den östlichen Mittelmeerraum zu fliegen, doch treten auch auf diesem Wege neben geografischen Hindernissen ebenso lokale Wetterphänomene auf, die teilweise sogar häufig zeitgleich oder zeitnah mit der Bora auftreten.

7.4.1 Budapest

Die Flugroute von Wien über Budapest führt hauptsächlich entlang der Donau bis Komorn, dann je nach Wetterlage über die westlich von Budapest gelegene Hügellandschaft, um die Donauenge mit ihrem (relativ schwachem) Düseneffekt zwischen Gran und Waitzen zu meiden. Diese Enge ist relativ flach und stark verwinkelt, so dass sie leicht über- oder durchfliegen werden kann, doch ist über dem südwestlich davon gelegenen Hügelland mit höherer Homogenität des Windfeldes zu rechnen.

Eine Dockingstation im Raum von Budapest würde sich eher im Südosten der Stadt anbieten, da hier der Einfluss der Donau sowie der westlich der Stadt liegenden Hügel geringer ist. Die Datenauswertung ist wegen der geschilderten orografischen Gegebenheiten für die Umgebung der Stadt leicht eingeschränkt repräsentativ.

7.4.2 Timisoara (Temesvar)

Auf dem Flug von Budapest zum Eisernen Tor verläuft die Route entlang der Theiß in die Wojwodina. Die durchschnittlichen klimatischen Bedingungen in Timisoara sind für die nähere und weitere Umgebung (Banat sowie Wojwodina) weitgehend repräsentativ.

Allerdings weht aus dem Tal der Morava und der Donau heraus von Oktober bis März bei südöstlicher Strömung (hoher Luftdruck über dem östlichen Balkan) manchmal tagelang der sogenannte **Koschawa**, von dem die Station Timisoara im Gegensatz zu Belgrad kaum oder so gut wie nie betroffen ist. Der von Südosten wehende Koschawa erreicht eine mittlere Mächtigkeit über Grund von ca. 1000 Meter, darüber weht meist schwacher Nordwestwind.

Über die vertikale Scherung konnten in der Literatur keine Angaben gefunden werden. Am Boden treten mittlere Windgeschwindigkeiten von 10 m/s bis 15 m/s auf, Böen erreichen oft mehr als 30 m/s, am intensivsten weht der Koschawa aus der Donauenge wenig westlich des Eisernen Tores heraus sowie in der gesamten Donauenge am Donaudurchbruch selbst.

Am häufigsten weht der föhnartige Wind etwa 2 bis 3 Tage lang, im Spätherbst und Frühwinter sind mittlere Periodenlängen von 7 Tagen häufig, maximale Periodenlängen von 30 Tage sind schon beobachtet worden. Oft befindet sich während einer Koschawalage über Italien ein Tief, so dass örtlich gleichzeitig mit dem Auftreten von Bora zu rechnen ist.

Aus der Sicht des Verfassers ist eine örtliche Inspektion der Verhältnisse am Eisernen Tor dringend erforderlich.

Die sicherere und von der Topografie wesentlich unkompliziertere Route führt von Timisoara nach Südosten über Lugosch und Mehadia und trifft bei Orschowa auf die Donau. Diese Route ist zeitweilig aus politischen Gründen ebenfalls eher zu empfehlen, und die relativ niedrige Passüberquerung zwischen dem Banater Gebirge und den Südkarpaten ist wesentlich einfacher zu fliegen als der enge Donauverlauf. Allerdings muss auch auf dieser Route das Eisernen Tor durchquert werden. Auf dieser Route ist der Einfluss des Koschawa erheblich geringer, so dass auch aus meteorologischer Sicht sich diese Route eher empfehlen würde. Auch hier wäre eine Vorortbesichtigung ratsam.

7.4.3 Lom

Die Station Lom liegt an der Donau am südwestlichen Rande der Wallachei, die östlich durch die Schwarzmeerküste begrenzt, sonst von bis über 2500 Meter hohen Gebirgszügen eingerahmt ist. In der direkten Umgebung von Lom befindet sich außer der Donau keine auffällige topografische Singularität, so dass die Datenauswertung von Lom auch für die weitere Umgebung repräsentativ sein dürfte. In der Wallachei treten ebenfalls lokale recht böige Fallwinde von den Südkarpaten auf, außerdem können Wetterlagen mit östlicher Strömung im Herbst und Frühwinter durch Advektion sehr feuchter Schwarzmeerluft in den Kessel der Wallachei hinein zu sehr ungünstigen Wetterbedingungen führen. Unterhalb einer Inversion können in der zentralen Wallachei, also in Donaunähe im Winter manchmal wochenlang sehr kalte Perioden auftreten, die mit Nebel und Eisansatz verbunden sind.

7.4.4 Rousse

Für die Station Rousse gelten grob die Aussagen für Lom, nur dass hier durch die größere Entfernung von den Gebirgen Stau- und Föhn effekte kaum noch auftreten. Hier ist aber durch die größere Nähe des Schwarzen Meeres häufiger mit Nebel und tiefen Wolken zu rechnen. Die Daten für die Station dürften weitgehend repräsentativ für die nähere Umgebung sein.

7.4.5 Varna

Varna liegt direkt an der Schwarzmeerküste. Hier treten die Effekte der Land-See-Wind-Zirkulation auf, so dass an einem Dockingplatz etwas weiter landeinwärts stabilere Windverhältnisse zu erwarten sind. Im Frühjahr treten an der westlichen Schwarzmeerküste manchmal starke Schneestürme bei Windrichtungen aus Nord bis West auf, wenn Tiefdruckwirbel über das Meer nach Norden ziehen.

7.4.6 Istanbul

In Istanbul wirkt der Bosporus als windbeschleunigende Düse, in der fast ausschließlich nördliche oder südliche Strömungen möglich sind. Im Sommer ist häufiger N bis NE-Wind der Grund für gefährliche oder unmögliche Dockingbedingungen, was durch die sogenannten Etesien ausgelöst wird.

Die **Etesien** wehen im Sommer, am stärksten im Juli und August vom Bosporus durch die gesamte Ägäis und werden zwischen Inseln und nord-süd-verlaufenden Talabschnitten an der türkischen Küste zu sehr starken Winden, die im Mittel durchaus 40 Knoten erreichen, wobei die Böigkeit von lokalen Ausnahmen abgesehen relativ gering ist.

7.4.7 Izmir

Die Datenauswertung von Izmir ist vor allem für die Sommermonate nur für die unmittelbare Umgebung der Station repräsentativ, da die an der türkischen Ostküste wehenden Etesien wegen der sehr stark gegliederten Topografie auf engstem Raume sehr unterschiedliche Ausprägungen besitzen.

Auf dem Flug von Izmir nach Larnarca sollte eine Route gewählt werden, die Meerengen zwischen Inseln bzw. Inseln und dem Festland (Winddüsen) meidet, außerdem sollte eine möglichst weit vom Festland entfernte Route auf dem offenen Meer gewählt werden, um ein möglichst homogenes Windfeld zu nutzen. Um bei Izmir einen potentiellen Ankerplatz zu finden empfiehlt auch hier der Verfasser eine Vororterkundung.

7.5 Südwestroute über Erfurt, Stuttgart, Zürich, Dijon, Marignane, Menorca, Almeria, Tanger, Casablanca

7.5.1 Erfurt

Die Station Erfurt liegt etwa 30 Kilometer nordöstlich des Thüringer Waldes, der knapp 1000 m Höhe erreicht. Daher treten in Erfurt je nach Generalströmung flugbehindernde Stau- und Leeeffekte auf. Die Datenauswertung kann daher als repräsentativ nur für Orte auf der nordöstlichen Seite des Thüringer Waldes angenommen werden, wie z.B. Jena oder Weimar.

Der Flug von Erfurt nach Stuttgart führt über eine stark von Mittelgebirgen zergliederte Landschaft, wobei der Thüringer Wald das höchste und ausgedehnteste Hindernis darstellt. Die übrige Flugroute sollte insbesondere für den Fall von Wetterlagen mit lokalen Beeinträchtigungen mit mehreren Alternativrouten gestützt sein.

Eine leichter zu fliegende Route führt über Eisenach, Bad Hersfeld, Fulda, Hanau in den Oberrheingraben. Wenn nicht Stuttgart als Ladestation vorgesehen ist, wäre dann auch die Route vom Sundgau nach Dijon wesentlich unproblematischer. Im Oberrheingraben ist im Winter öfter mit langanhaltenden Inversionswetterlagen und dichtem Tallnebel zu rechnen, der seine Obergrenze meist zwischen 500 bis 800m Seehöhe erreicht.

7.5.2 Stuttgart-Echterdingen

Die Station liegt etwa 200m oberhalb der Innenstadt von Stuttgart die sich in einem ausgeprägten Talkessel auf etwa 200m Seehöhe befindet und von Bergen bis zu einer Höhe von 400 bis knapp 500 m Höhe umsäumt ist, der Talkessel selbst ist nach Nord bis Nordost geöffnet. Durch die starke kleinräumige Gliederung der Orografie ist die Datenauswertung für diese Station nur für ihre unmittelbare Umgebung repräsentativ.

Im Talkessel liegende potentielle Dockingplätze sind im Winter häufig und lange unter einer ausgeprägten Inversion im Nebel oder unter tiefen Wolken.

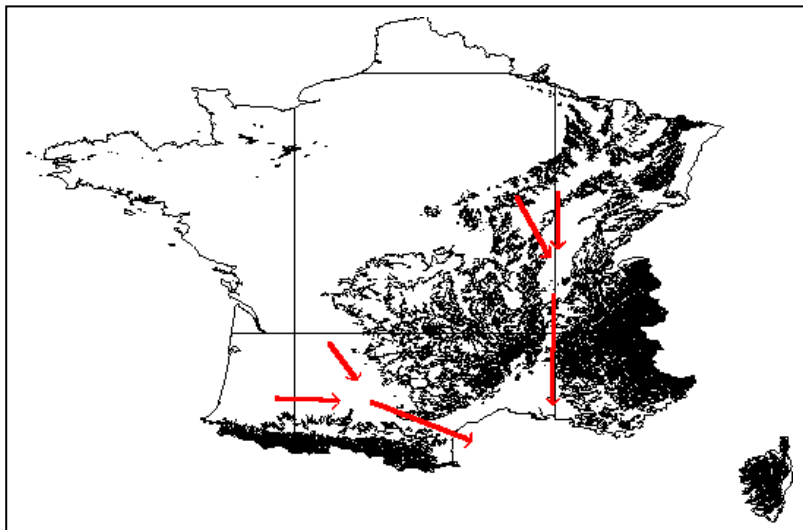
Auch in Echterdingen schränken hauptsächlich verschiedene Wetterereignisse wie Schneefall und Gewitter usw. die „LEP-Bedingungen“ ein. Erst an zweiter Stelle sind es Windböen (außer im Juni), die zu ungünstigen Bedingungen führen.

7.5.3 Zürich

Auf dem Flug von Stuttgart nach Zürich führt die Route im östlichen Lee des Schwarzwaldes durch eine sehr häufig von heftigen Gewittern betroffene Region, in der ca. 800 bis 900 m hohe Höhenzüge überquert werden müssen. Die Station Zürich liegt in der Nähe des Zürichsees inmitten einer hügeligen Mittelgebirgslandschaft, die insbesondere im Frühjahr sehr böen anfällig ist (Maximum im April). Außerdem ist im Winter und bei nördlicher Anströmung häufig mit tiefen Wolken zu rechnen. Der nördliche Stadtrand von Zürich ist von ungünstigen Wetterbedingungen durch orografische Besonderheiten am wenigsten betroffen.

7.5.4 Dijon

Von Zürich nach Dijon ist eine Flugroute über Basel und Besancon durch das Tal der Doubs zu empfehlen. Die Station Dijon liegt am nordwestlichen Rand des im Prinzip nach Norden verlängerten Rhonetales in der Nähe der Saone. Hier beginnt der Einfluss des **Mistrals**, wobei in Dijon selbst nur die Monate März und April am windanfälligsten sind, sonst beeinträchtigen diverse Wetterzustände den Flug- und Dockingbetrieb. Daher ist vor allem bei Mistrallagen Dijon noch eine relativ geringfügig von diesem lokalen Windeffekt beeinflusste Station. Auf dem Flug weiter nach Süden in das Rhonetale nach Lyon nimmt die Häufigkeit, Intensität und Dauer von **Mistral** deutlich zu.



Der **Mistral** ist ein extrem starker nördlicher Fallwind, der im gesamten Rhonetal bis weit in den Löwengolf hinein am häufigsten im Spätwinter und am seltensten im Juni auftritt.

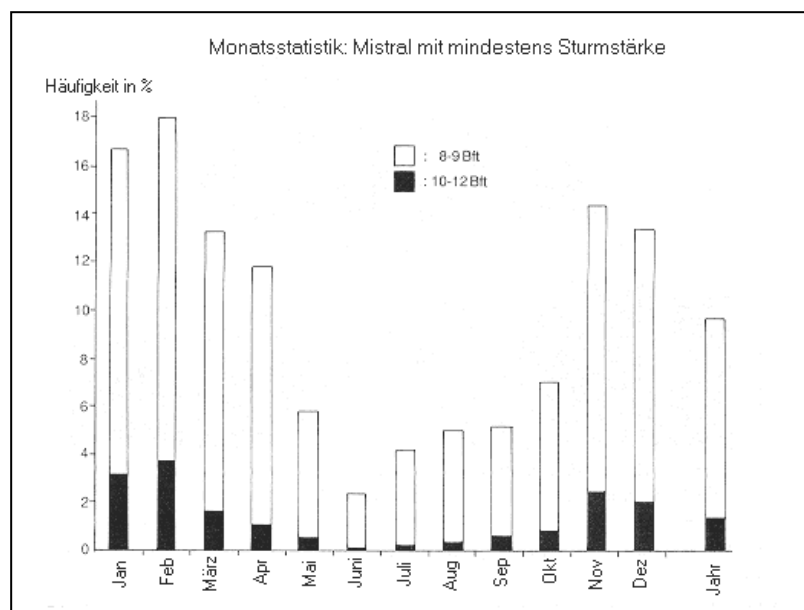
Eine typische Mistrallage entsteht durch einen hochreichenden Kaltlufteinbruch von Nordwesten mit anschließender Zyklonogenese im Golf von Genua oder im zentralen Mittelmeer. Die mittlere Dauer von Mistrallagen beträgt drei bis vier Tage. Der Mistral erreicht am Boden am Löwengolf mehr als 40 Knoten Stärke, wenn der Luftdruckunterschied zwischen den östlichen Pyrenäen und den Westalpen mehr als 15 hPa beträgt. Oft werden 60 bis 70 Knoten Mittelwind mit Böen über 80 Knoten gemessen, wobei der Mistral häufig mehr als 350 Kilometer weit auf das Meer hinausweht.

Manchmal erstreckt sich sein Sturmfeld bis nach Korsika und Sardinien, wo es in der Meerenge zwischen den beiden Inseln zu heftigen Orkanböen kommt, auch hier kann der Wind im Mittel 60 Knoten überschreiten.

Tagsüber erreicht der Mistral sein Maximum meist am Vormittag, sein Minimum am Nachmittag.

Die vertikale Verteilung des Mistrals ist je nach Wetterlage und Phase sehr unterschiedlich. So kann z.B. bei Orange am Boden die maximale und in 1000 m Höhe die minimale Windstärke erreicht werden, während zum selben Zeitpunkt über Nimes der maximale Wind in 1000 m Höhe erreicht wird und das Windminimum in 1800 m Höhe herrscht.

Bei ausgeprägten Mistrallagen ist ein Flug über den Starkwindbereich hinweg aus Sicht des Verfassers mit dem CL160 unmöglich, sollte der CL160 überwiegend bodennah operieren, ist praktisch jede Mistrallage mit extremen Flugrisiken behaftet.



7.5.5 Marignane (Marseille)

Die Station Marignane liegt östlich des Rhonedeltas bereits am Rande der den Seealpen vorgelagerten Mittelgebirge, so dass die Datenauswertung dieser Station wenig repräsentativ für die westliche Umgebung des unteren Rhonetales ist. Wegen der Randlage ist aber hier bei Mistral nicht immer deutlich schwächerer Wind zu verzeichnen, hier empfiehlt der Verfasser eine Vorortinaugenscheinnahme am besten während einer ausgeprägten Mistrallage.

Kleine, in der unmittelbaren Nähe von Marignane liegende Bergketten könnten bereits einen hohen Abschirmeffekt vor dem Mistral haben und so deutlich sichere Ankerplätze bieten.

Beim Weiterflug in Richtung Balearen ist zu beachten, dass bei ausgeprägten West- bis Nordwestlagen nördlich der Pyrenäen der dem Mistral sehr ähnliche **Tramontana** in den Löwengolf weht mit durchaus vergleichbaren Effekten und Gefahren. Ferner weht aus dem Ebrotal bei den genannten Wetterlagen der **Cierzo**, der allerdings nicht die Intensität des Mistral erreicht. Auch aus den übrigen Tälern des Iberischen Festlandes wehen bei der genannten Wetterlage starke lokale Winde auf das offene Meer hinaus, so dass sich dann ein Flug möglichst weit auf dem offenen Meer empfiehlt.

7.5.6 Menorca (Mahon)

Diese auf der östlichsten Insel der Balearen liegende Station bietet in den Monaten Februar bis April sowie im Dezember recht ungünstige Windbedingungen. Eine ähnliche Aussage kann auch ohne direkten Datenvergleich für die anderen Inseln der Balearen gemacht werden, doch lässt sich schwer beurteilen, wie repräsentativ die Gesamtstatistik für die Balearen allgemein ist. Die Balearen zeichnen sich durch eine teilweise komplexe Topografie aus, so dass es sicher günstigere Ankerplätze geben müsste, als die Station in Mahon. Da im Jahr 50% der unmöglichen Dockingzeiten bei Nordwind stattfinden, ist ein häufiges zeitgleiches Auftreten mit Mistral zu vermuten.

7.5.7 Almeria

Die Station Almeria liegt am östlichen Ende der Costa del Sol am Fuße steil aufragender Berge, nur ca. 60 Kilometer von der 3400m hohen Sierra Nevada. Die Datenauswertung für Almeria dürfte relativ repräsentativ für die nähere Umgebung der Station sein. Nur in der Nähe nach Norden ansteigender Täler dürften an diesem Küstenabschnitt vor allem im Winter Fallböen auftreten.

7.5.8 Tanger

Auf dem Flug vom Mittelmeer zur Atlantikküste Nordafrikas führt die Flugroute durch die Straße von Gibraltar, welche eine stark ausgeprägte etwa 10 bis 20 Kilometer breite Winddüse darstellt. Vor allem bei Kaltlufteinbrüchen aus Nordosten wird die Luft hier erheblich beschleunigt, was sich sogar in der Datenauswertung der Station Tanger niederschlägt, welche zum einen am Atlantischen Ende und an der breitesten Stelle der Straße von Gibraltar liegt.

Etwa 20% der Zeit des Jahres ohne deutlichen Jahresgang sind in Tanger die Flug- und „LEP-Bedingungen“ durch starken Wind sehr eingeschränkt, davon fallen 70% auf Nordost- bzw. Ostwindlagen. Daher ist zu vermuten, dass an der engsten Stelle dieser Winddüse noch deutlich häufiger mit fluggefährdenden Bedingungen durch Starkwind zu rechnen ist.

Daher zeigt die Station Tanger zwar die Problematik dieser Region auf, doch ist die Datenauswertung von Tanger für die gesamte Region um die Straße von Gibraltar nicht als besonders repräsentativ anzusehen.

Es empfiehlt sich hier eine nähere Untersuchung mittels hochauflösender topografischer Karten bzw. durch eventuell in der Literatur zu findende spezielle wind-klimatologische Untersuchungen der Region um Gibraltar.

7.5.9 Casablanca

Die Datenauswertung der Küsten-Station Casablanca zeigt, dass hier nahezu das ganze Jahr über sehr gute Flug- und Ankerbedingungen herrschen. Nur im Dezember treten manchmal Starkregenfälle und ähnliche flugbeeinträchtigende Bedingungen auf. Die Station weist eine geringe Windanfälligkeit auf. Im Vergleich zu der auf 200 m Seehöhe weiter landeinwärts liegenden Station Nourasseur bietet sich eine küstennahe Flugroute und Dockingstation an, da landeinwärts deutlich ungünstigere Bedingungen herrschen. Gleichzeitig zeigt aber der Vergleich der Auswertungen der beiden relativ nahe beieinander liegenden Stationen, dass hier auf engstem Raum deutliche Unterschiede herrschen, was die Flugwetterbedingungen angeht. Daher können die Auswertungen beider Stationen nur für ihre unmittelbare Umgebung als repräsentativ angesehen werden.

7.6 Abschließende Betrachtungen

Die vorliegende Datenauswertung ist für die vorgeschlagenen Flugrouten informativ und zeigt deutlich die verschiedenen Beeinträchtigungen und ungünstigen Bedingungen durch tagesgang-, jahresgang- und ortsabhängiger flugmeteorologisch bedeutsamer Wetterelemente. Über diese Vorstudie hinaus erscheinen weitere gezielte Untersuchungen als unumgänglich:

Der Autor empfiehlt dringend für bestimmte Regionen eine Vorort-Inspektion der örtlichen Gegebenheiten (Topografie und u.U. lokale Windsysteme und Wolkenverteilung bei bestimmten Wetterlagen). Es ist sicher auch sinnvoll, für einige Regionen weitergehende vor allem windklimatologische Untersuchungen zu Rate zu ziehen (falls existent) bzw. diese durchzuführen durch zeitweilige Aufstellung geeigneter automatischer Messeinrichtungen. Für einige Flugrouten müssen aufgrund hochauflösender topografischen Kartenmaterials alternative Flugrouten gefunden werden, um im Falle lokaler Wetterbeeinträchtigungen Ausweichmöglichkeiten auswählen zu können.

In Einzelfällen sollten Kontakte zu den örtlichen Wetterdiensten bzw. den betreffenden nationalen Forschungseinrichtungen Aufschluss über deren neuesten Erkenntnisse zu konkreten Fragestellungen hinsichtlich weiterer Untersuchungen geben.

Autor Kapitel 7: Dipl.-Met. Kai Brüggemann im August 2001

8. Strukturen der Wettererscheinungen in Raum und Zeit

8.1 Strukturen der einschränkenden Wettererscheinungen in Raum und Zeit

Profunde meteorologische Kenntnisse sind unabdingbar bei der Umsetzung unserer klimatologischen Studie in eine wetterkonforme Planung und Beratung der Einsätze von Luftschiffen unter realen äußeren Bedingungen. Dazu gehören auch die Ergebnisse der modernen Skalen-Analyse, also die Tatsache, dass (mit jahreszeitlichen Unterschieden) in Gebieten der mittleren Breiten (30-60°N) verschiedenskalige Wettersysteme (Kap. 8.1.1 bis 8.1.3) gleichzeitig existieren und sich gegenseitig verstärken können. Man unterscheidet dazu folgende Strukturen.

8.1.1 Großskalige Wettersysteme (1000-3000 km Durchmesser)

Großwetterlagen wechseln im 5-10-Tage-Takt. Synoptische Wettersysteme sind wandernde Zyklonen und Antizyklonen mit ihren typischen Wind-, Wolken- und Niederschlagsstrukturen. Sie passieren im 1-3-Tage-Takt einen festen Ort. Ihre Ausprägung, Zugrichtung und Geschwindigkeit ändert sich mit der Großwetterlage und auch mit der Jahreszeit. Zusätzlich gibt es ...

8.1.2 Kleinskalige Wettersysteme (1-100 km Durchmesser)

Kleinskalige Wettersysteme sind meist konvektive Wettererscheinungen von relativ kurzer Lebensdauer, also vor allem Schauer und Gewitter, die sich auch in Linien anordnen oder zu Clustern (bis 100 km) zusammenballen können. Konvektives Wetter entwickelt sich bei stärkerer Zufuhr von Wärme und Feuchte vom Boden her (also im Frühjahr und Sommer eher über Land, im Herbst und Winter über dem offenen Meer) und zeigt einen ausgesprochenen Tagesgang mit maximaler Entwicklung über Land in der zweiten Tageshälfte, über dem Meer in der zweiten Nachthälfte bzw. morgens.

8.1.3 Der gebirgige Untergrund

Der gebirgige Untergrund ist ebenfalls in der 1-100 km-Skala gegliedert. Deshalb wirkt er sich auf die grundsätzliche Routenwahl und auf die aktuelle Passage in zweifacher Weise aus:

- 1) Direkt, als Kanal oder Hindernis, und
 - 2) Indirekt, durch die skalentypische Modifikation des Wetters in dem Luftkanal bzw. im oberen und im seitlichen(!) Bereich des Hindernisses.
- Das Planen und das Navigieren in orographisch stark gegliederten Regionen erfordert auf jeden Fall eine zusätzliche meteorologische Beratung.

8.2 Beispiele zur raum-zeitlichen Skalierung der Wettererscheinungen

8.2.1 Beispiele zu Art und Wirksamkeit der großskaligen Wettersysteme

Die Lage des nordatlantischen Westwindgürtels und die Ausprägung seiner mäanderförmigen Wellen sind entscheidend für den Wetterablauf stromabwärts, also für die Großwetterlage in Europa. In diesem Zusammenhang kann sich das zentrale Islandtief ausdehnen oder allmählich ostwärts in Bewegung setzen und damit für ein typisches Zeitintervall von 5-10 Tagen Nordwest- und Mitteleuropa mit Regen und Sturm überziehen: eine Situation charakteristisch für das Winterhalbjahr. - Alternativ kann die Westwindzone über dem Nordostatlantik und/oder Teilen Europas blockiert sein durch eine Antizyklone, die in der kalten Jahreszeit dann für 5-10 Tage windschwaches (und dann meist neblig-trübes) oder aber frostiges Ostwindwetter mit sich bringt.

Allgemein gilt, dass die großräumigen Westwinde von Oktober bis März etwa doppelt so stark wehen wie in der warmen Jahreszeit; dabei reicht die Westwindzone im Winter südwärts bis etwa 30°N, also in den Mittelmeerraum bis zur Nordküste Libyens und Ägyptens, im Hochsommer (Juli, August) aber nur bis etwa 45°N, so dass dann ganz Südeuropa im Bereich des subtropischen Hochdruckgürtels (mit unproblematischem Wetter) liegt.

Innerhalb des Westwindgürtels erzeugen einzelne wandernde Wettersysteme (Durchmesser ca. 1000 km) den typischen Wechsel bzw. die Wiederholung des Wettertyps im 1-3-Tage-Takt. Dabei gilt im Grundsatz für alle Jahreszeiten: Je kräftiger diese Wettersysteme (Fronten und Zyklonen) ausgeprägt sind und je zügiger sie sich in der (oft mäandrierenden) Westwindzone stromabwärts bewegen, desto leichter gelingt es im Rahmen der operationellen Planung und Beratung, den raum-zeitlichen Wechsel von günstigen mit einschränkenden meteorologischen Bedingungen bei den Einsätzen der Luftschiffe voraus-zusehen und zu berücksichtigen.

8.2.2 Beispiele zu Art und Wirksamkeit konvektiver Wettersysteme

In der praktischen Wetterberatung bringen die kleinräumigen (1-100 km Durchmesser), konvektiven Wettererscheinungen typische Probleme mit sich:

- 1) Innerhalb eines großräumigen Wettersystems (1000 km) können konvektive Wetterereignisse (1-100 km) stark oder schwach entwickelt, manchmal auch unterdrückt sein; hierbei geben oft geringfügige Änderungen dreidimensional definierter Stabilitäts-Parameter den Ausschlag nach der einen oder anderen Seite.
- 2) Konvektive Entwicklungen haben (vor allem in der warmen Jahreszeit) einen enormen Tagesgang und setzen dann in vielen Fällen plötzlich ein: Einzelereignisse (z. B. Schauer und Gewitter) entwickeln sich innerhalb von 15-30 Minuten bei einer Lebensdauer von nur 1-3 Stunden. - Eine exakte 24-36 stdg. Prognose des Orts und Zeitpunkts ihrer Entstehung und auch ihrer Stärke (d. h., ihres Gefahrenpotentials für ein Luftschiff im Einsatz) ist in der Regel nicht möglich. Am ehesten ist hier noch die Methode des Nowcasting erfolgreich, also eine lineare raumzeitliche Extrapolation der Wetterereignisse für 1 bis max. 3 Stunden. - Drohen also im potentiellen Einsatzgebiet konvektive Entwicklungen (z. B. neue Gewitter mit Starkregen, Sturm, Hagel), so ist eine hinreichend effektive meteorologische Beratung unter Realzeitbedingungen nur mit Zugriff auf die aktuellsten Radar- und Satelliteninformationen sowie Gewitterpeilungen möglich.

8.2.3 Beispiele zur Wirkung der Orographie in der 1-100-km-Skala

Durchgehende Mittelgebirgsrücken (z. B. Thüringer Wald, Erzgebirge, Böhmerwald) mit Kammhöhen zwischen 700 und 1300 m über NN präsentieren sich als potentielle Einschränkungen oder Hindernisse für Luftschiffe. Andererseits erzeugen sie luvseitig meteorologisch relevante Stauerscheinungen: eine sehr niedrige Wolkenuntergrenze, oft mit Dauerniederschlag, leeseitig z. T. gefährliche Windturbulenzen, die im Sommer auch von Gewittern begleitet sein können.

Pässe über/durch Gebirgskämme und durchgehende Täler zwischen Gebirgen kanalisieren potentielle Luftschiffrouten ebenso, wie sie die reale Luftströmung leiten und zugleich einengen. Vorgegebene Luftmassentransporte zwischen großen Landschaften durch solche Engpässe und Täler mit relativ kleinen Strömungsquerschnitten werden durch entsprechende Beschleunigungen des Windes gewährleistet. Bekannte Beispiele dafür sind der **Mistral** bzw. der **Tramontana** in den großen Tälern zwischen Nord- bzw. Westfrankreich und dem Mittelmeer sowie die **Bora** an den Pässen der dalmatinischen Küste zwischen der ungarischen Tiefebene und der Adria. Diese Windsysteme können in der kalten Jahreszeit durchaus Windstärke 8 bis 10 in einer etwa 1000 m mächtigen Luftschicht erreichen; unterstützt von Zyklonen im nördlichen Mittelmeer wächst sowohl die Windgeschwindigkeit als auch die Mächtigkeit der betr. Luftschicht noch weiter an. (Vergl. Kapitel 7.)

8.3 Anmerkungen zum prognostischen Aspekt der klimatologischen Studie

8.3.1 Ein grundsätzliches Problem

Unsere Studie liefert eine räumlich und zeitlich begrenzte Statistik ausgewählter Wetterparameter, die durch Wetterabläufe in der Vergangenheit erzeugt bzw. variiert worden ist. - Dagegen betrifft eine allgemeine oder aktuelle Fahrtenplanung und -beratung potentielle Wetterabläufe in der Zukunft: Im Gegensatz zu Vergangenem ist Zukünftiges immer zu einem gewissen Grade ungewiss, beides also letzten Endes zueinander inkommensurabel! - Das bedeutet u. a. , dass Eintreffwahrscheinlichkeiten und Abläufe bevorstehender Wettersituationen von vorn herein nicht vollständig mit einem historischen Datensatz vergleichbar gemacht werden können, wie immer man auch Datenumfang, Zeitschritte und Klassenbreiten wählt. -

8.3.2 Eine eher formale Unstimmigkeit als weiteres Beispiel

In Deutschland erleben wir im Sommer (Juni bis August) durchschnittlich etwa 18 Tage mit jeweils einem oder mehreren Gewittern. Das wäre an 20% aller Tage im Sommer. Ausgewertet jedoch nach Wetterdaten in 3-Std.-Intervallen wären es nur noch etwa 4% des gesamten Zeitraums, und nach 1-Std.-Intervallen nur noch rund 2%.

Bei einer späteren prognostischen Beratung von Luftschiff-Einsätzen kommt es dann hauptsächlich auf die zeitliche Präzision und Verfügbarkeit der einschlägigen Wetterinformationen an, ob ein prognostizierter Gewittertag als Totalausfall angesehen werden müsste, oder (bei optimaler Beratung und Navigation) nur beim Lastaustausch ein Verlust von 1-2 Std. in Kauf zu nehmen wäre: an solch einem Tage wäre das negative zeitliche Gewicht des Gewittertags in der zweiten Variante nur 1/10 im Vergleich zur ersten.

9. Meteorologische Interpretation der Ergebnisse

9.1 Auswertung der aerologischen Messreihen bezüglich der Passage-Chancen

Zur Beurteilung der Passage-Möglichkeiten auf den drei Routen mit ihren Varianten wurden 28 "Temp"-Stationen (aerologische Stationen) herangezogen, diese sind im allgemeinen in einem Umkreis von etwa 250 km klimatologisch repräsentativ. - Allerdings können (in Regionen mit orografisch stark gegliederten Landschaften) die speziellen Passage-Bedingungen für Fahrten über kanalisierend wirkende Täler und Pässe sowie für Fahrten im Bereich (auch luv- und leeseitig) von Gebirgen mit Kammhöhen >700 m über NN unseren aerologischen Auswertungen nicht entnommen werden. - Außerdem sind (aus organisatorischen Gründen) Informationen über zusätzliche potentielle Einschränkungen des Fahrbetriebs durch sommerliche Gewitter einerseits und durch großräumige Nassschneefälle im Zeitraum Ende September bis Anfang Mai andererseits nur aus den "Synop"-Meldungen der Bodenstationen zu gewinnen.

9.1.1 Jahresbilanzen der Passage-Chancen

Hinsichtlich der genannten drei kritischen Parameter (Prallhöhe, Windgeschwindigkeit >35 kn, Vereisungsgefahr) ergibt sich vor allem in Südeuropa (südlich der Alpen bzw. von 46°N) ein sehr positives Bild: Praktisch überall sind dort die zeitlichen Passage-Chancen >95%, oft sogar 98-99% der Gesamtzeit (Abb. 9.1.1a).

Als regionale Ausnahme erweist sich der Raum der südöstlichen Türkei mit Zypern, wo im Jahresmittel lediglich 91% Passage-Chancen bestehen, mit besonderen Einschränkungen im Sommer (vergl. Abb. 9.1.3g).

In Nordwest- und Mitteleuropa liegen die Passage-Chancen über das Jahr gemittelt nur um die 90% mit nach Nordwesten bzw. zur Alpennordseite hin fallender Tendenz, wobei die stärkeren Einschränkungen der Winterzeit ins Gewicht fallen (Abb. 9.1.3b).

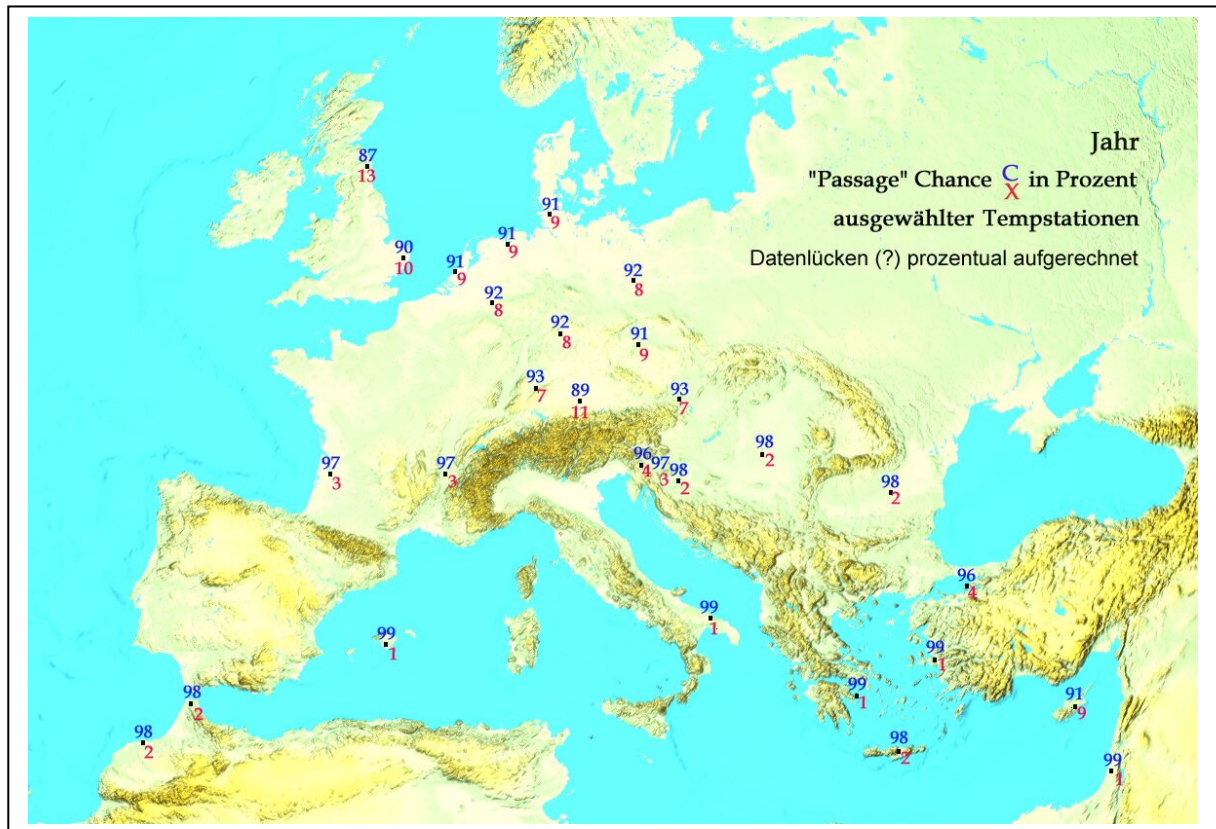


Abb. 9.1.1a

Passage-Chance im Jahresmittel

oben

9.1.2 Jahreszeiten mit extremen Passage-Chancen

Im Jahresverlauf zeigen sich die höchsten Passage-Chancen mit fast 98-100% in der warmen Jahreszeit (Mai-August; vergl. Abb. 9.1.2a), mit Ausnahme des östlichsten Mittelmeerraums, wo im Sommer die eingeschränkte Prallhöhe eine Rolle spielt. - Demgegenüber finden sich die niedrigsten Passage-Chancen in Europa in der kalten Jahreszeit (November-Februar), jedoch mit immer noch relativ günstigen 90-97% südlich der Alpen; Ausnahmen bilden hier Casablanca und Istanbul mit 86 bzw. 83%, wobei über dem winterlichen Istanbul vor allem Vereisung droht (vergl. Abb. 9.1.2b).

Nördlich der Alpen eröffnet sich in den Wintermonaten Dezember bis Februar ein weniger erfreuliches Passage-Szenarium: Die Passage-Chancen liegen dann in Mitteleuropa um 80%, zur Nordseeküste hin abnehmend auf 72% und in Schottland im ungünstigsten Fall sogar nur bei 60% der Gesamtzeit eines extremen Monats (vergl. Abb. 9.1.3b). Dabei wird in den negativen Fällen (anteilige Ergänzungen zu 100%!) die Passage überwiegend durch zu hohe Windgeschwindigkeiten im potentiellen Operationsniveau verhindert, im Bereich (vor allem luvseitig) von Gebirgen auch durch eine erhöhte Vereisungsgefahr (vergl. Abb. 9.1.2c).

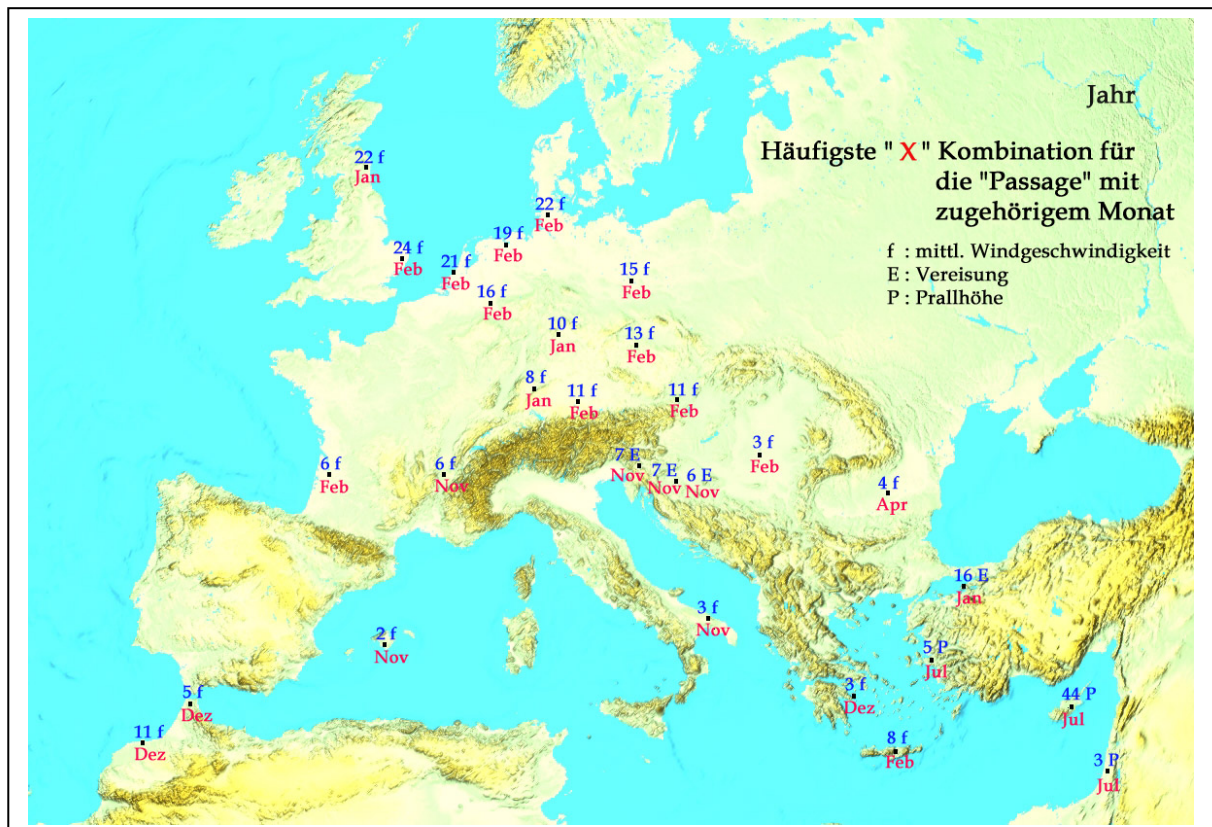


Abb. 9.1.2c Häufigste „Passage-verhindernde Kombination“ im (mittleren) Jahr mit Monatsangabe

Demgegenüber spielt in den südlichen Mittelmeerländern allein die zu hohe Windgeschwindigkeit mit einem zeitlichen Anteil von nur 3-10% im Winter eine gewisse Rolle. Hier wird bei der Risikoabschätzung strikt davon ausgegangen, dass dann die tatsächlichen Fahrtrouten über dem Meer liegen werden und dabei die Annäherung an gebirgige Küstenbereiche grundsätzlich vermieden werden kann.

9.1.3 Der mittlere jahreszeitliche Gang der Passage-Chancen

Betrachten wir abschließend den Verlauf der Passage-Chancen durch alle Monate im Jahr (Abb. 9.1.3a, ... , 9.1.3l), so fällt anhand der monatlich berechneten Werte auf, dass sich nördlich der Alpen die ungünstige Winterzeit tatsächlich auf die Monate Dezember bis Februar konzentriert und teilweise noch den März erfasst (vergl. Abb. 9.1.3l, 9.1.3a – 9.1.3c).

Bei der relativ geringen Anzahl der ausgewerteten Jahre sollten die prozentualen Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten nicht überbewertet werden: Man kann vielmehr davon ausgehen, dass im Mittel der Winterzeit (Ende November bis Mitte März) die Passage-Chancen rund um die Nordsee bei 70-78% liegen, in Mitteleuropa zwischen 78 und 84% und südlich der Alpen bzw. von 46°N bei mehr als 90% (Ausnahme: der Raum Istanbul mit 88%).

Im Frühjahr werden dann die Passage-Chancen schlagartig besser; sie erreichen schon im April im besonders ungünstig gelegenen Schottland mehr als 90%, ansonsten 92-99% (Abb. 9.1.3d).

Deshalb sind anschließend zum Sommerhalbjahr (Mai bis September, Abb. 9.1.3e bis 9.1.i) nur noch marginale Steigerungen der Passage-Chancen möglich; für die prozentualen Unterschiede zwischen den einzelnen Monaten gilt das oben zur Winterzeit Gesagte entsprechend.

Die relativ niedrigen Passage-Werte in München im Hochsommer ergeben sich nach den bisherigen Eckdaten aus einer Einschränkung der Prallhöhe. Da inzwischen zur warmen Jahreszeit von einer geringeren Helium-Füllung der Luftschiffe ausgegangen werden kann, sind diese vergleichsweise niedrigen Passage-Werte in München (wie auch im östlichsten Mittelmeergebiet) nunmehr ohne Bedeutung.

Zum Herbst zeigt sich ab Oktober zunächst von Norden einsetzend- der Übergang zu den niedrigen Passage-Chancen in der kalten Jahreszeit: Für Oktober/November ergeben sich dann um die Nordsee Werte von 85-90%, in Mitteleuropa von 86-92% für die "Freie Fahrt", ein Zahlenbereich, der im November auch auf die Gebiete bis 44°N übergreift.

Spätestens ab Dezember ist dann überall mit den oben erwähnten typischen winterlichen Risiken zu rechnen.

In den folgenden 12 Abbildungen wurden die Datenlücken größer 5% prozentual aufgefüllt.

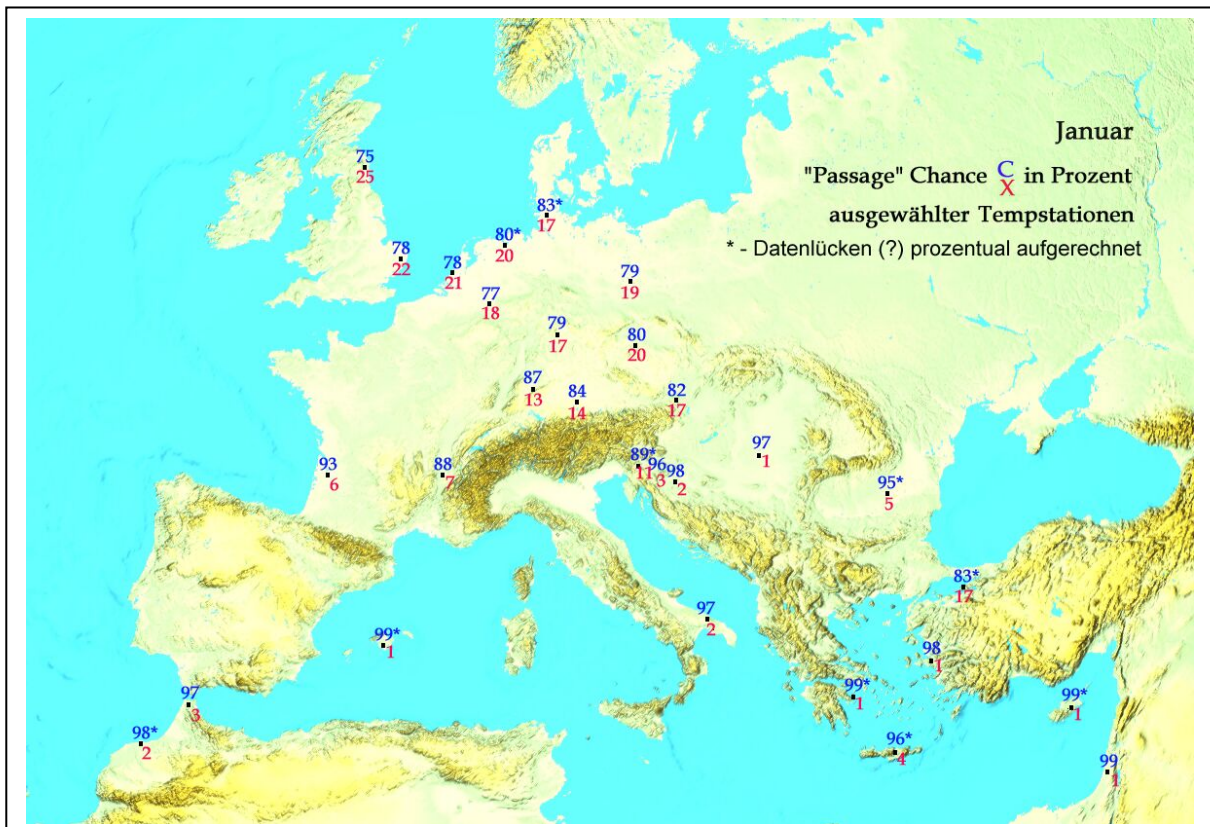
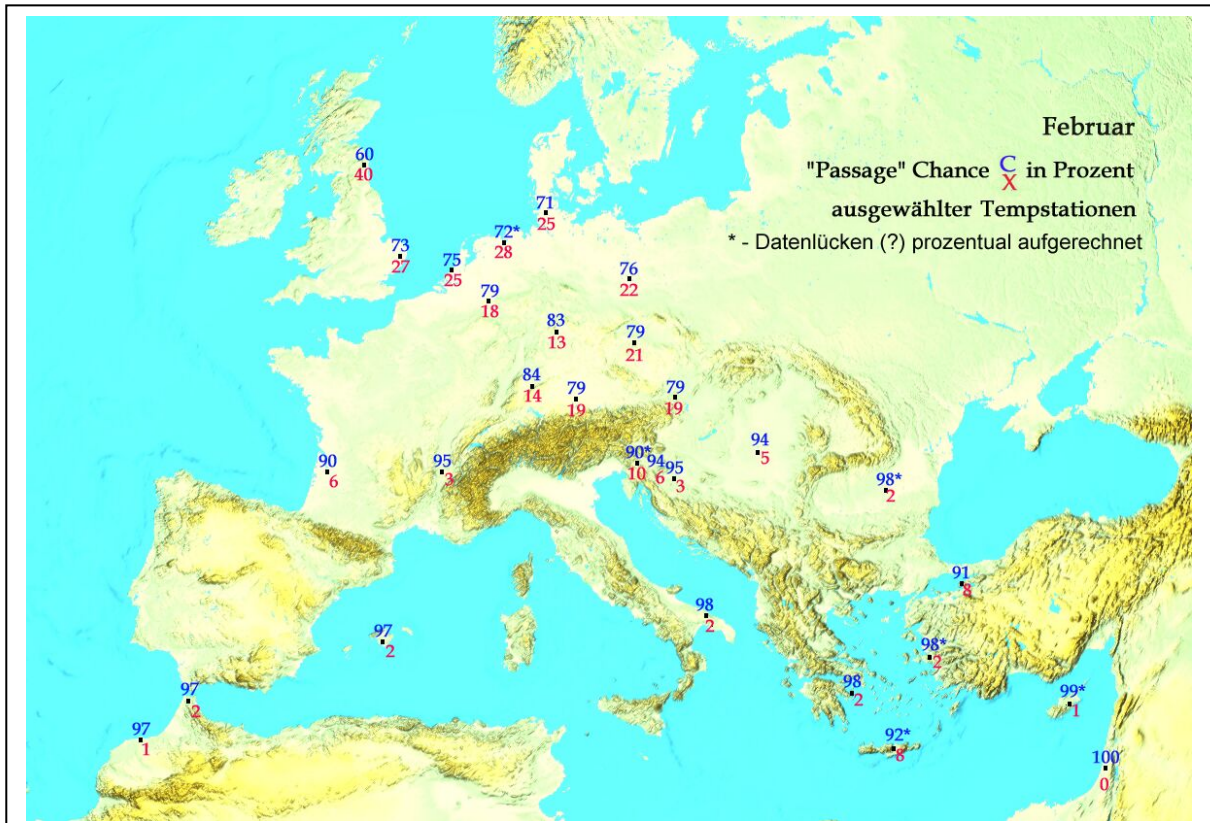


Abb. 9.1.3a
Abb. 9.1.3b

Passage-Chance im (mittleren) Januar
Passage-Chance im (mittleren) Februar

oben
unten



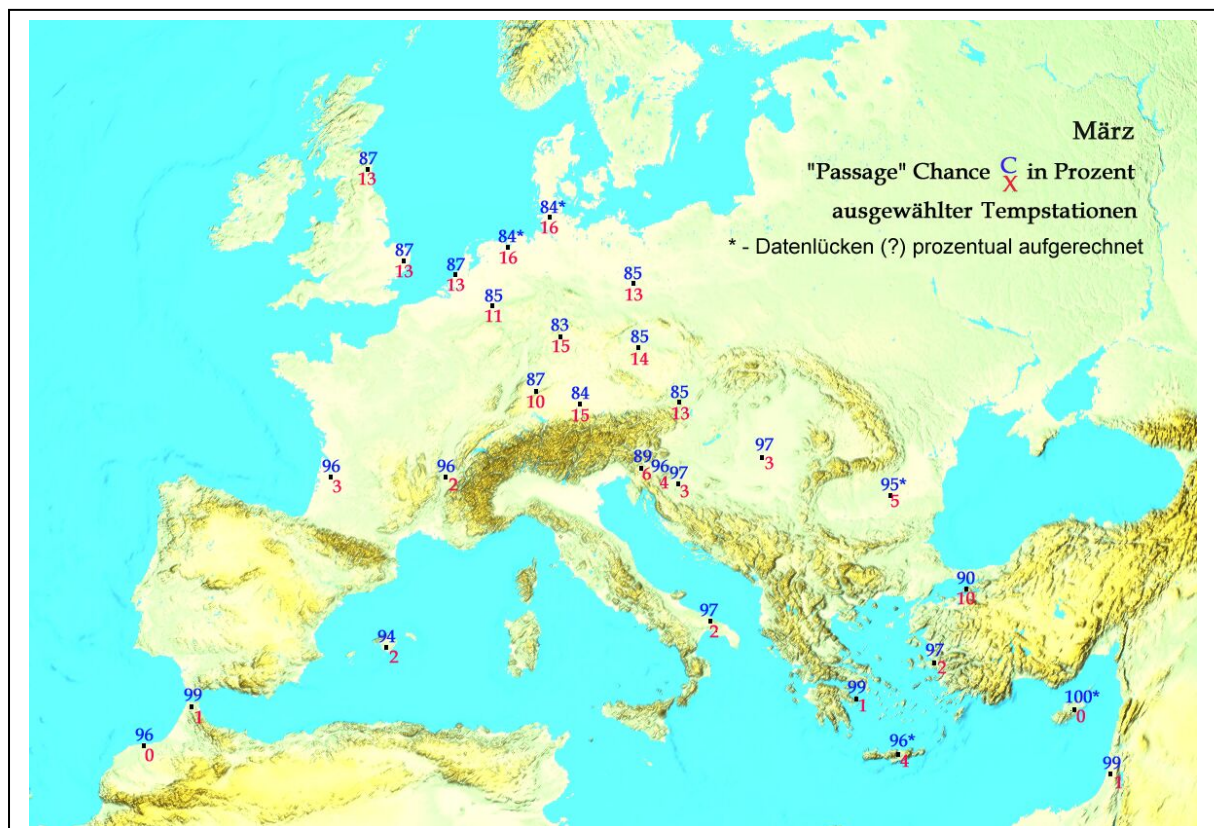
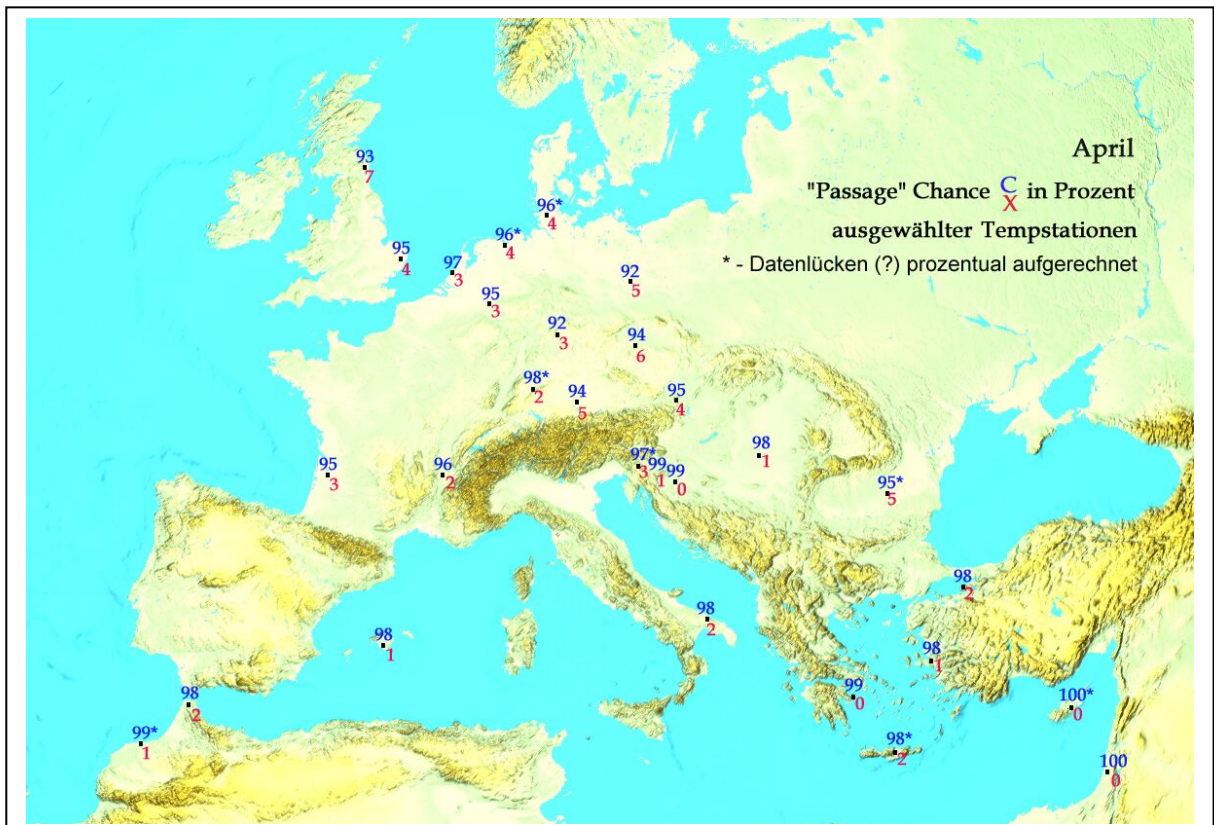


Abb. 9.1.3c
Abb. 9.1.3d

Passage-Chance im (mittleren) März
Passage-Chance im (mittleren) April

oben
unten



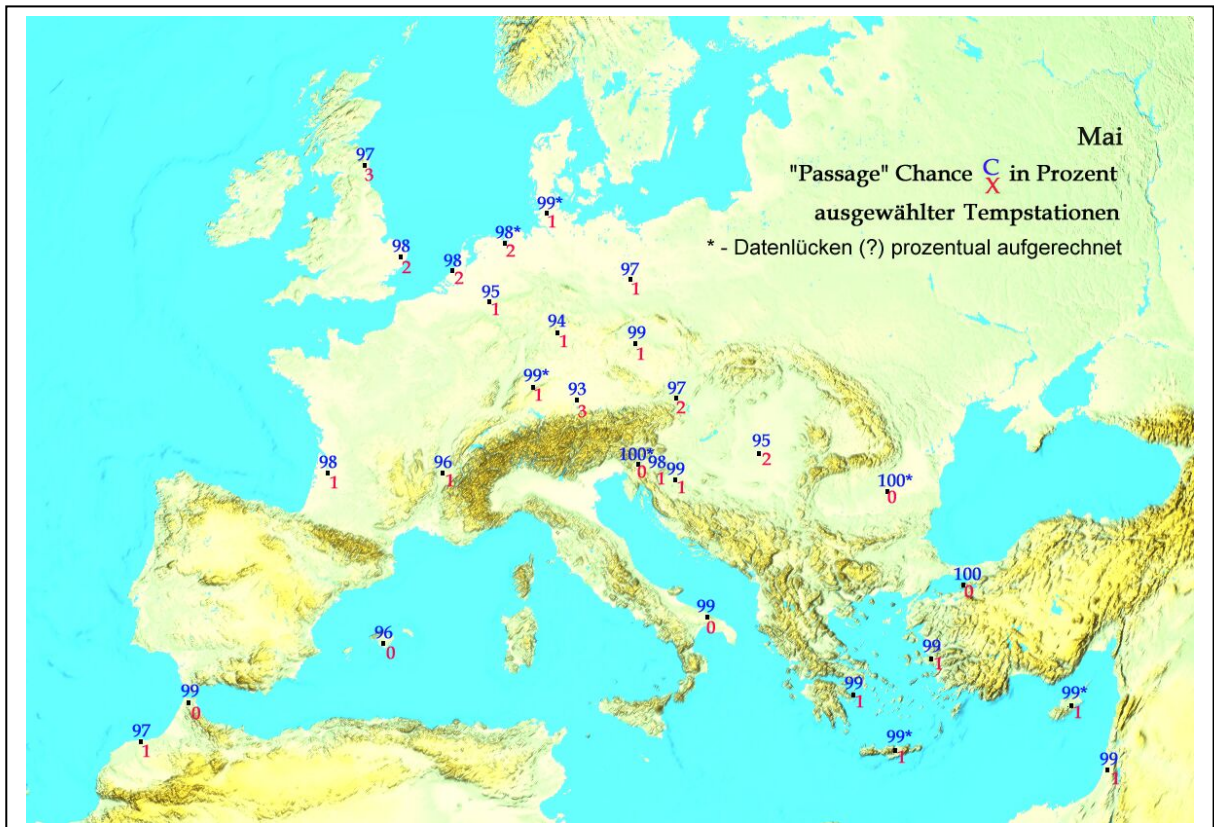
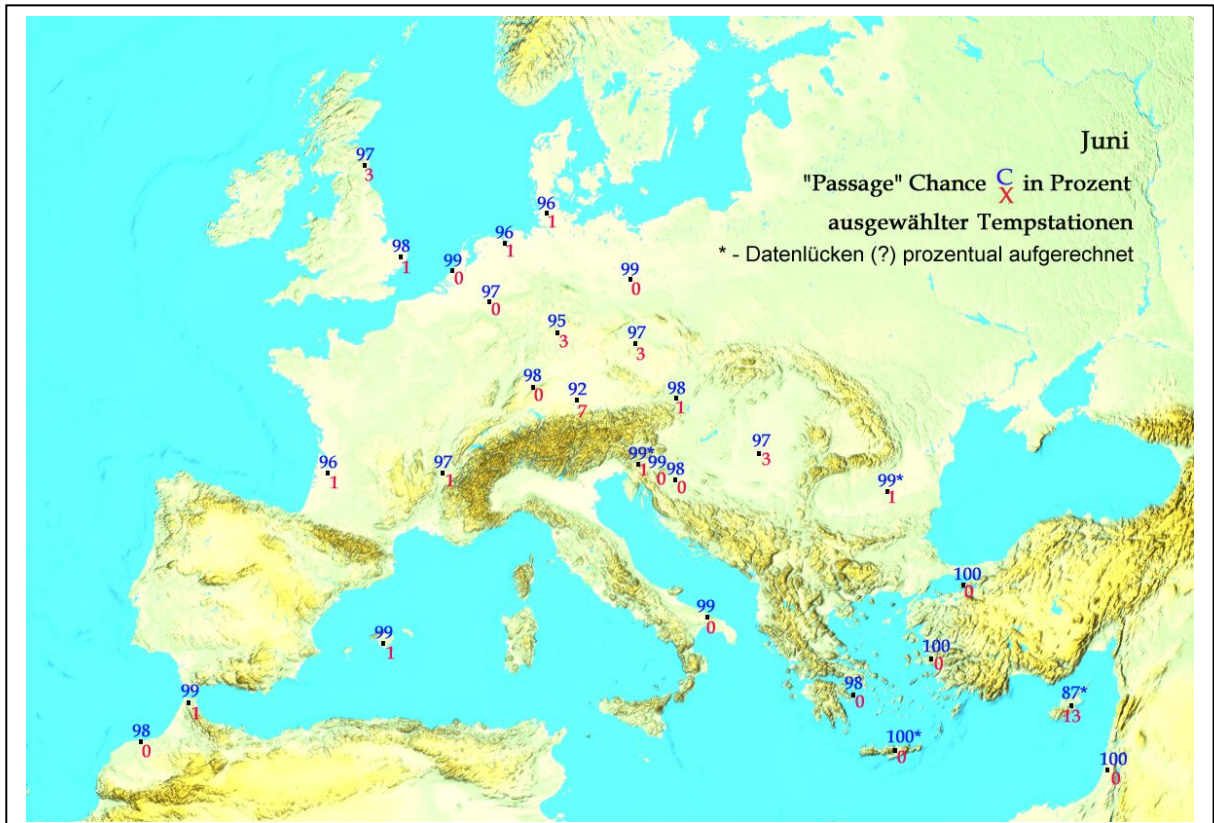


Abb. 9.1.3e
Abb. 9.1.3f

Passage-Chance im (mittleren) Mai
Passage-Chance im (mittleren) Juni

oben
unten



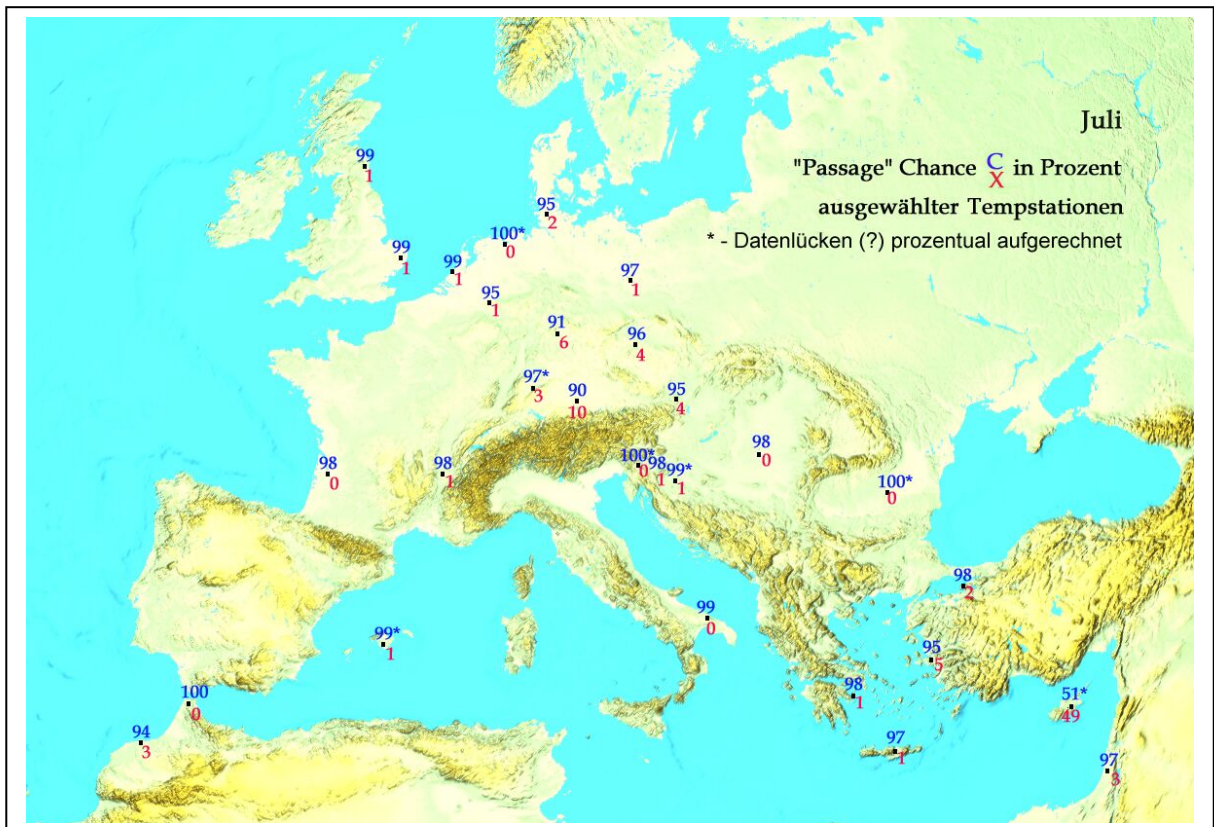
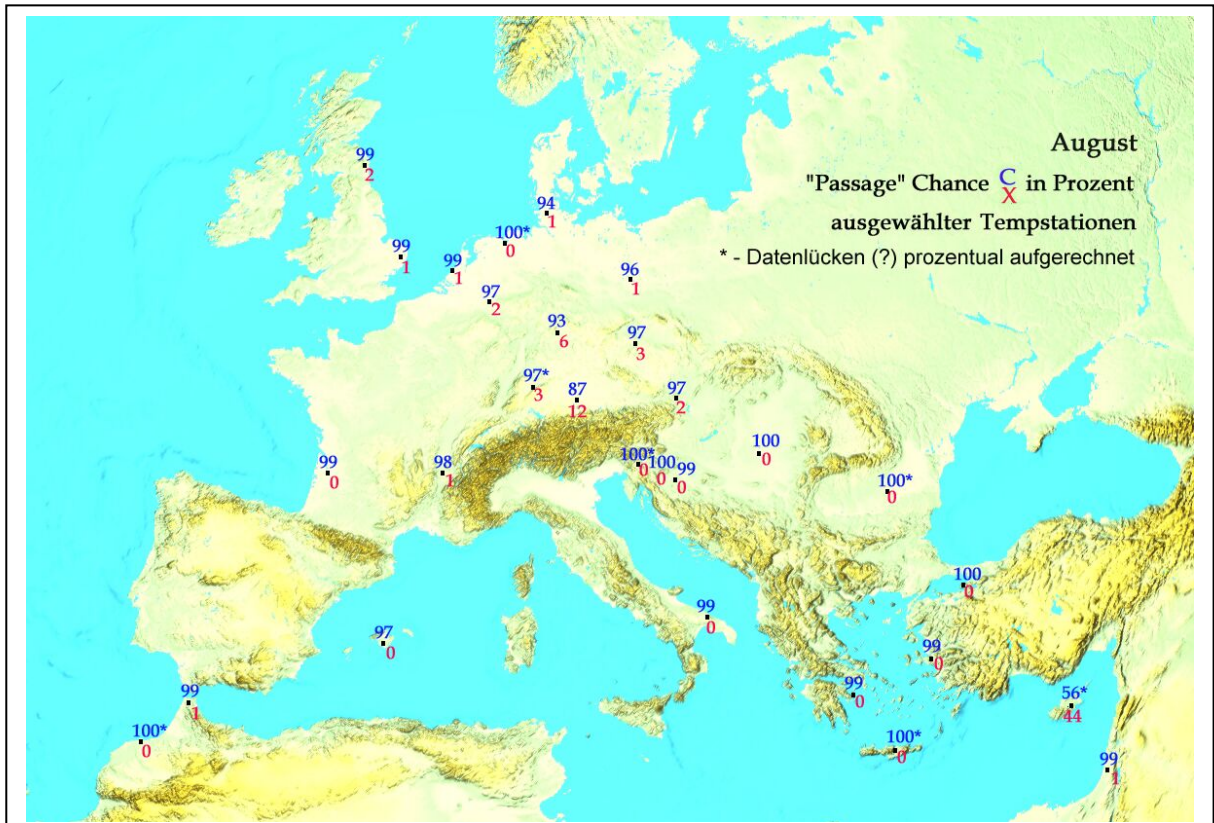


Abb. 9.1.3g
Abb. 9.1.3h

Passage-Chance im (mittleren) Juli
Passage-Chance im (mittleren) August

oben
unten



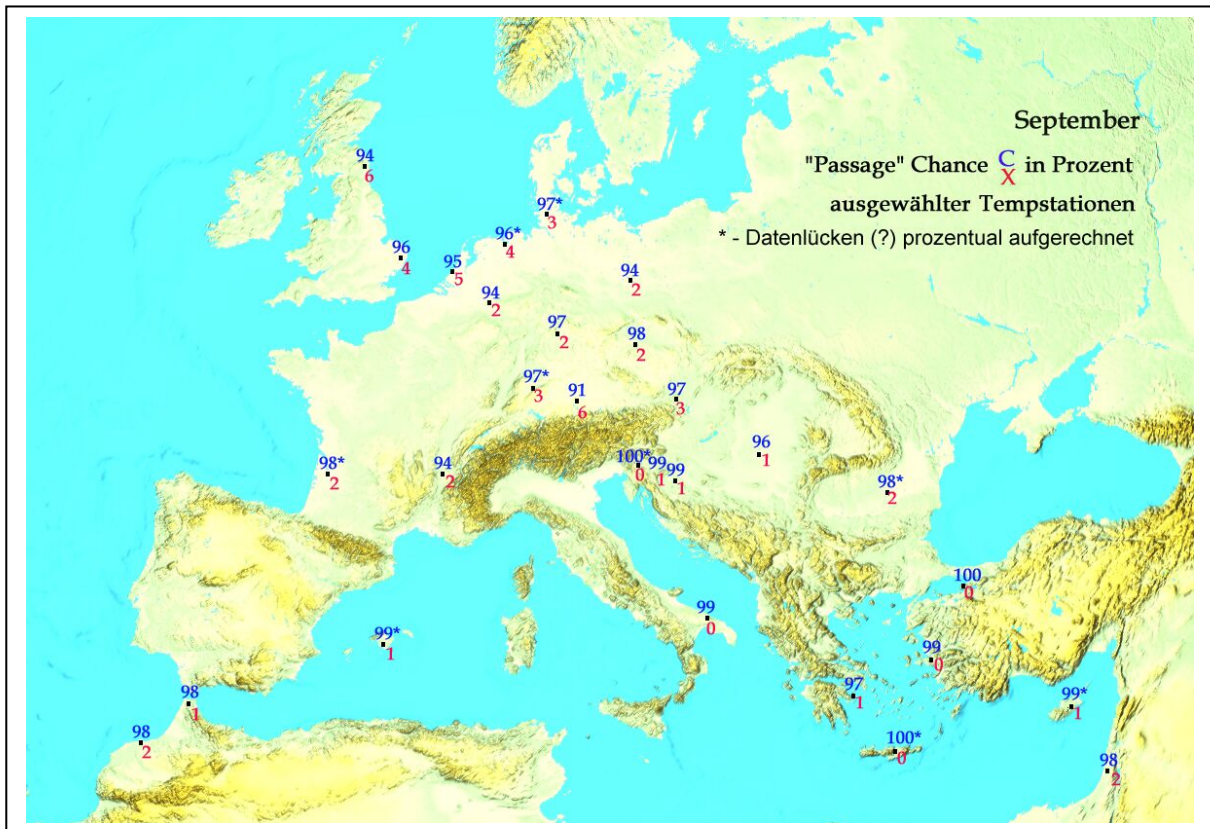


Abb. 9.1.3i
Abb. 9.1.3j

Passage-Chance im (mittleren) September
Passage-Chance im (mittleren) Oktober

oben
unten



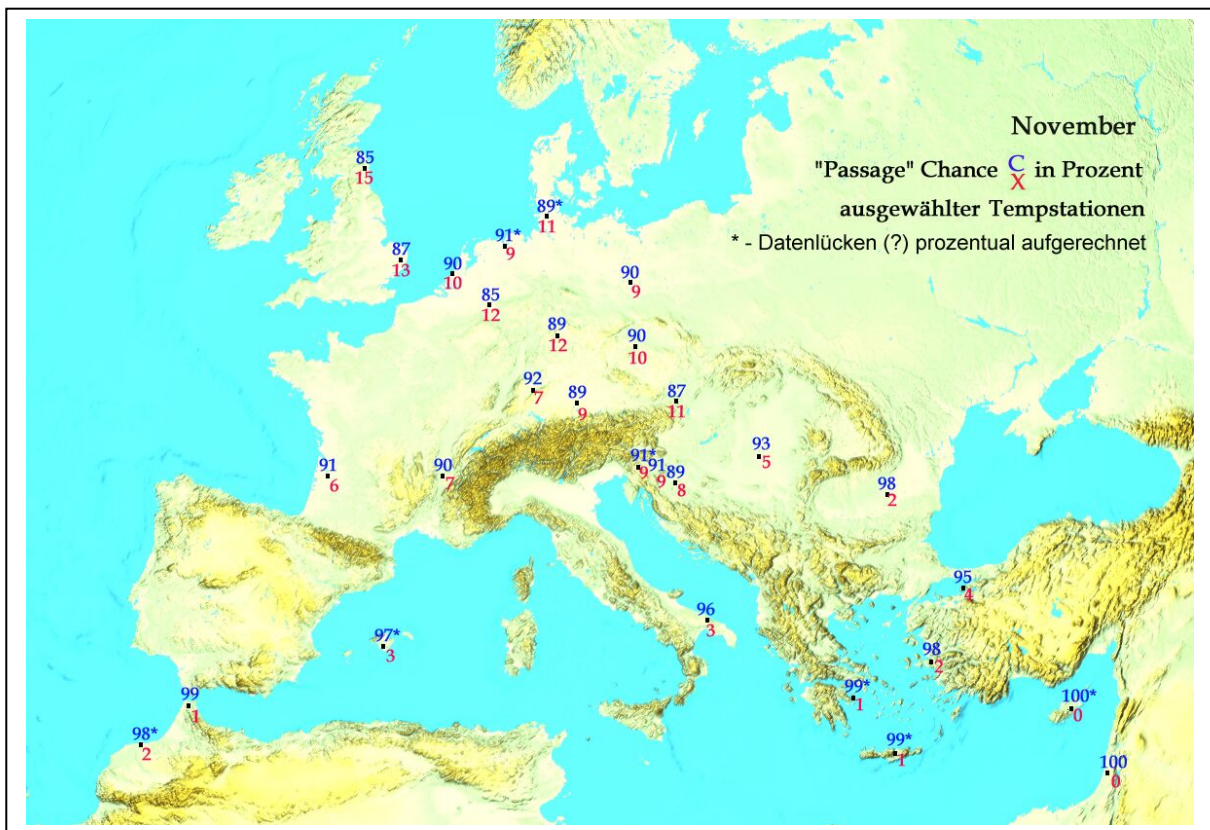


Abb. 9.1.3k
Abb. 9.1.3l

Passage-Chance im (mittleren) November
Passage-Chance im (mittleren) Dezember

oben
unten



9.2 Auswertung der synoptischen Messreihen bezüglich der LEP-Chancen

Zur meteorologischen Beurteilung der Lastaustausch (LEP) Möglichkeiten längs der drei Routen mit ihren Varianten wurden die Messdaten von 44 Synop-Stationen (Wetterstationen am Boden) herangezogen; diese sind in schwach gegliederten Landschaften für einen Umkreis von ca. 100 km klimatologisch repräsentativ.

Im Falle von küsten- oder gebirgsnahen Stationen gilt diese Repräsentanz nur für einen nach beiden Seiten ca. 100 km langen Geländestreifen parallel zur Küste oder zum Gebirge, entsprechend auch für Stationen auf linear angeordneten Inseln.

Ansonsten sind Bodenstationen nur für sich selbst und die engere Umgebung (1-10 km) repräsentativ, und letzteres auch nur dann, wenn diese Umgebung wenig gegliedert ist.

So gelten unsere Klimastatistiken z. B. nicht einschränkungslos für benachbarte Orte, die eine signifikant andersartige Oberflächenbeschaffenheit aufweisen, die auf einem anderen Geländeniveau (>150 m Höhen-Differenz), bzw. bei gleichem Niveau andersseitig zu Küstenlinien oder Bergrücken, oder im unterschiedlichen Abstand zu einer nahen Küste oder Gebirgskante liegen. Solche Einschränkungen der Anwendbarkeit von klimatologischen Statistiken auf benachbarte Orte oder Flächen haben (realisiert!) recht unterschiedliches, teilweise auch nur geringes Gewicht, dürfen aber nicht von vorn herein ungeprüft als bedeutungslos hingestellt werden.

Beispiele für signifikant unterschiedliche LEP-Bedingungen an benachbarten Orten liefern die Stationen an der Adriaküste (Abb. 9.2b): Hier liegen die geringsten LEP-Chancen in einem Wintermonat z. T. auf engstem Raum zwischen 65% und 88%, d. h., der zeitliche Anteil der LEP-Einschränkungen beträgt 35% oder nur 12%: ein Verhältnis von 3:1!

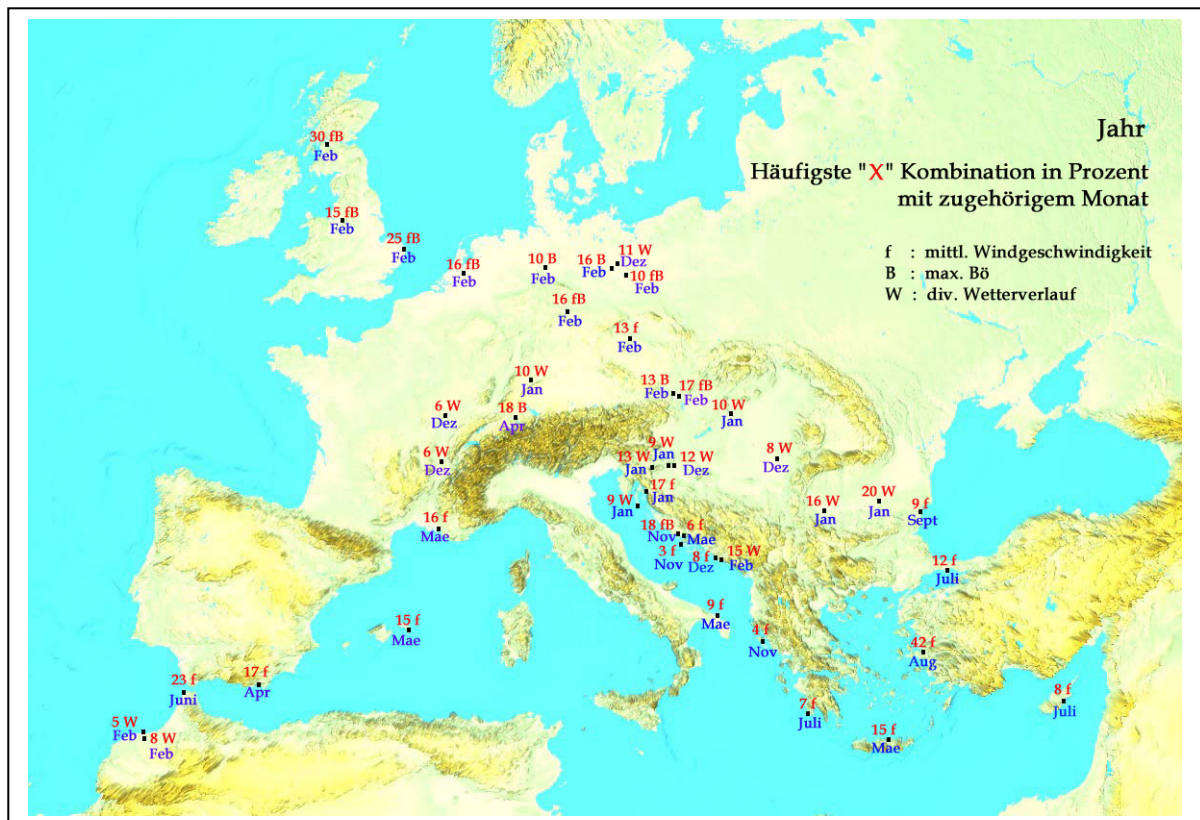
Unter einem anderen Gesichtspunkt geben die klimatologischen Daten der längs der drei Routen ausgesuchten Synop-Stationen regelmäßig ergänzende Informationen zu wetterbedingten Einschränkungen des Fahrbetriebs: im Sommerhalbjahr z. B. infolge von Gewittern, Hagel und Starkregen, im Winterhalbjahr z. B. infolge von niedriger Wolkenuntergrenze, Dauerregen oder Nassschneefällen.

9.2.2 Jahreszeiten mit extremen LEP-Chancen

Ähnlich wie bei den Bedingungen zur Passage stellt sich auch beim LEP die warme Jahreszeit allgemein als die günstigste heraus: Wahlweise für Juni, Juli oder August werden in West- und Mitteleuropa mit 84-93% die höchsten LEP-Chancen ermittelt, einzige Ausnahme bildet Zürich-Stadt mit nur 70% (Abb. 9.2a).

In Südeuropa fallen die besten LEP-Chancen mit 85-98% nicht immer auf einen Sommermonat, sondern (vor allem im Südosten) auch auf einen Monat im Herbst oder Frühjahr; für Almeria-Airport bringt sogar der Januar mit 90% das günstigste Ergebnis. Tanger und Marseille bleiben als besonders windgefährdet auch im günstigsten Monat mit nur 80% LEP-Chancen unter dem allgemeinen Durchschnitt.

Die für den LEP ungünstigste Jahreszeit ist im Allgemeinen wiederum der Winter: die west- und mitteleuropäischen Stationen zeigen dann wahlweise Dezember, Januar oder Februar mit nur 43-68% LEP-Chancen; Zürich-Stadt und Wien-Schwechat liegen mit 33 bzw. 35% noch darunter (Abb. 9.2b).



Als häufigste Ursachen für potentiell verhinderten LEP werden zu starke Winde/ Böen bzw. ungünstige Wettererscheinungen angegeben (vergl. Abb. 9.2.2a).

In Südeuropa liegen die Dinge ähnlich: mit überwiegend 65-85% minimaler LEP-Chancen in einem der Wintermonate. Ausnahmen mit dem Sommer als der ungünstigsten Jahreszeit ergeben sich für Almeria im Juli: 73% und für Izmir im August: nur 57% Chancen für einen ungefährdeten LEP.

9.2.3 Der mittlere jahreszeitliche Gang der LEP-Chancen

Abschließend wird der Verlauf der LEP-Chancen durch alle Monate im Jahr diskutiert (Abb. 9.2.3a bis 9.2.3l). Ähnlich wie bei der Passage (Kap. 8.) findet auch der Lastaustausch (LEP) in Nordwest- und Mitteleuropa seine stärksten witterungsbedingten Einschränkungen während der Winterzeit Ende November bis Anfang März mit durchschnittlich nur 45-68% LEP-Chancen (In Zürich-Stadt nur 36%). Südlich der Alpen sieht es auch während der Wintermonate nicht ganz so ungünstig aus: Hier werden im Durchschnitt 70% zeitliche LEP-Chancen erreicht oder überschritten, direkt am Mittelmeer sind 75-85% die Norm. - Im Frühling (März, April) bessert sich die Situation in Nordwest- und Mitteleuropa von 60-80% auf 75-85% LEP-Chancen (von 50 auf 60% in Zürich und Wien-Schwechat). In den südlichen Ländern werden im April auch keine besseren Durchschnittswerte als in Mitteleuropa erreicht, vor allem nicht an den Stationen in Bereichen regionaler Windsysteme wie Marseille (69%), Tanger (72%), Almeria (74%) und Split-Marjan (74%). In der warmen Jahreszeit (Mai-September) sind die LEP-Chancen in Europa für fast alle Stationen die günstigsten, sie liegen dann allgemein zwischen 80% und 95%. Der Unterschied zwischen Mittel- und Südeuropa fällt dabei kaum ins Gewicht; untere Ausreißer aus diesem Wertebereich gibt es (wie schon zuvor erwähnt) einerseits am Alpennordrand, andererseits bei einigen den regionalen oder lokalen Windsystemen ausgesetzten Stationen des Mittelmeergebiets, also in Marseille, Almeria, Tanger und Izmir. An der Adriaküste wird im Sommer die allgemeine Spanne von 80-95% LEP-Chancen eingehalten. - Im Oktober verringern sich dann die LEP-Chancen auf allgemein 70-90%, bei weiterhin 80-95% in Südosteuropa und dem östlichen Mittelmeer, im November weitergehend auf 65-80% nördlich, bzw. 70-90% südlich der Alpen, mit jeweils deutlich darunter liegenden Werten für Zürich-Stadt, Wien-Schwechat und Split-Marjan. - Ab Ende November bzw. Anfang Dezember ist dann überall in Europa (positive Ausnahmen: Almeria, Hvar) mit den maximalen winterlichen Einschränkungen des LEP-Betriebs zu rechnen.

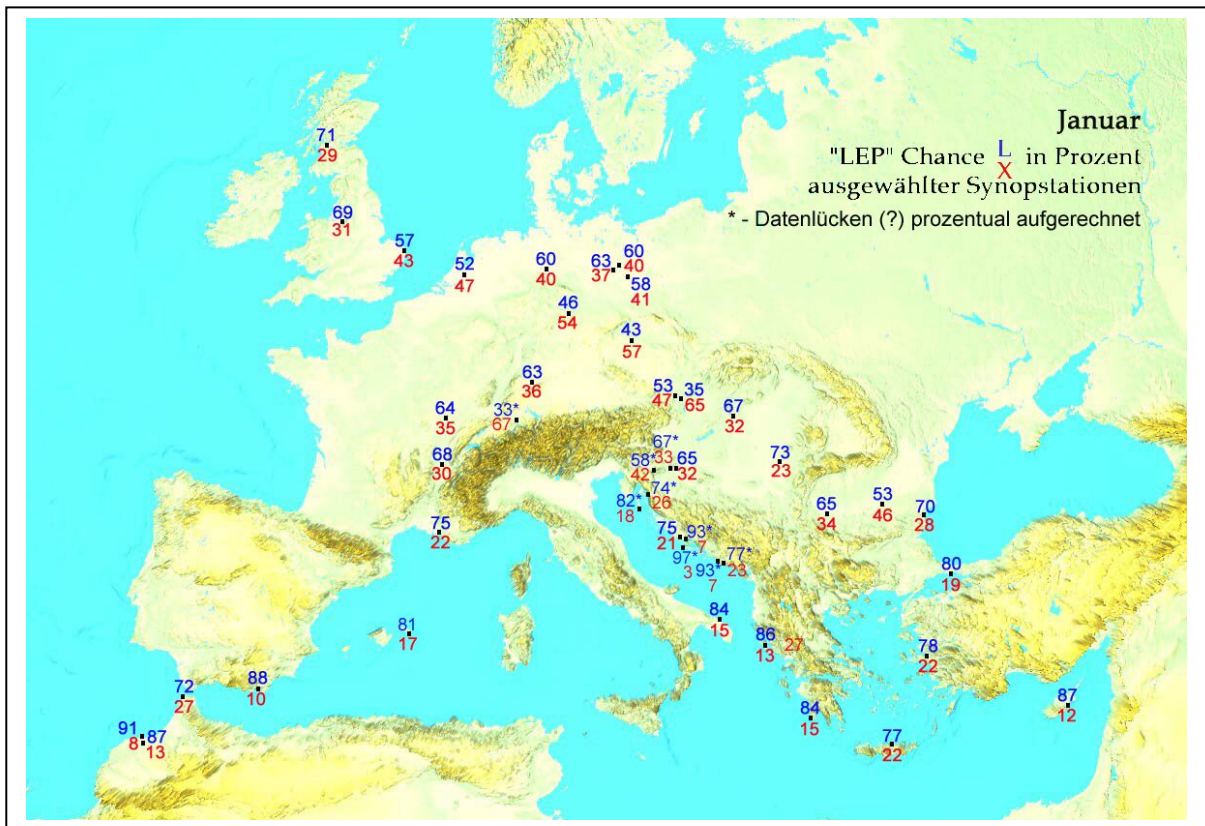
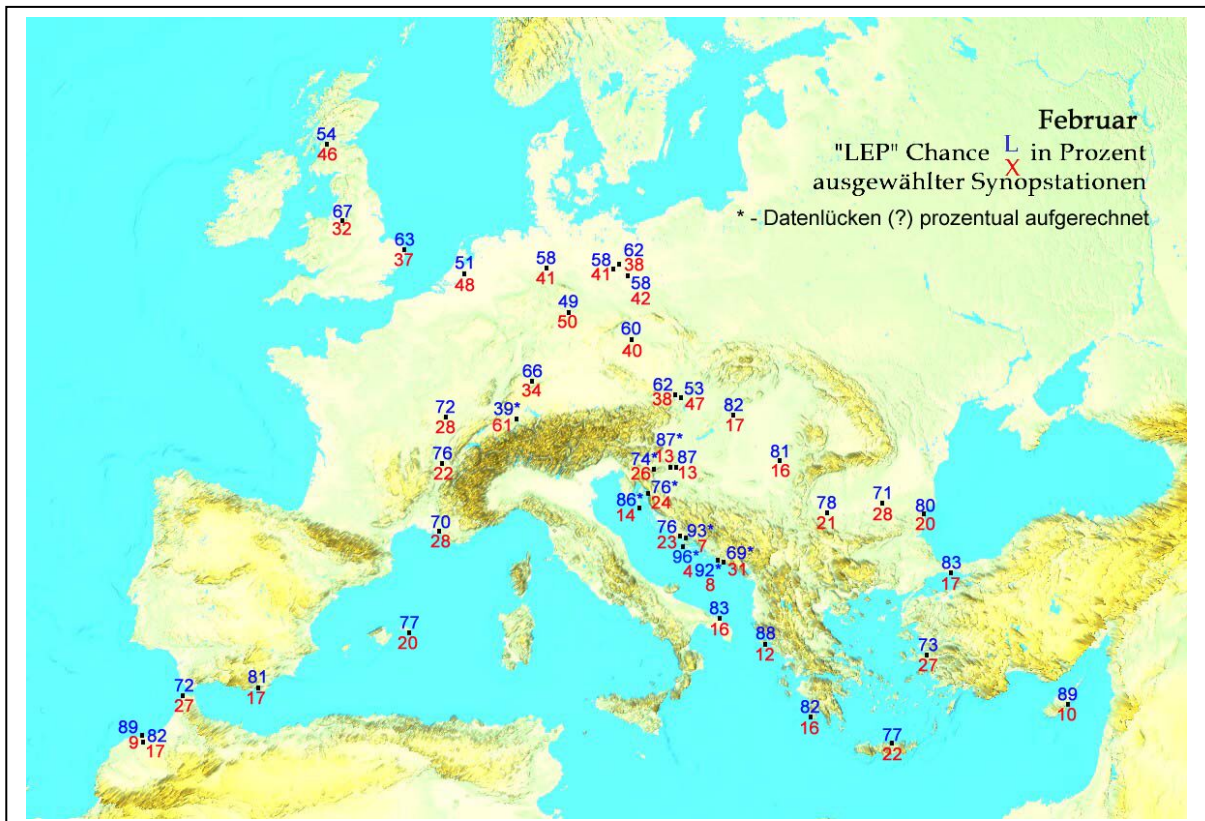


Abb. 9.2.3a
 Abb. 9.2.3b

„LEP-Chance“ im (mittleren) Januar
 „LEP-Chance“ im (mittleren) Februar

oben
 unten



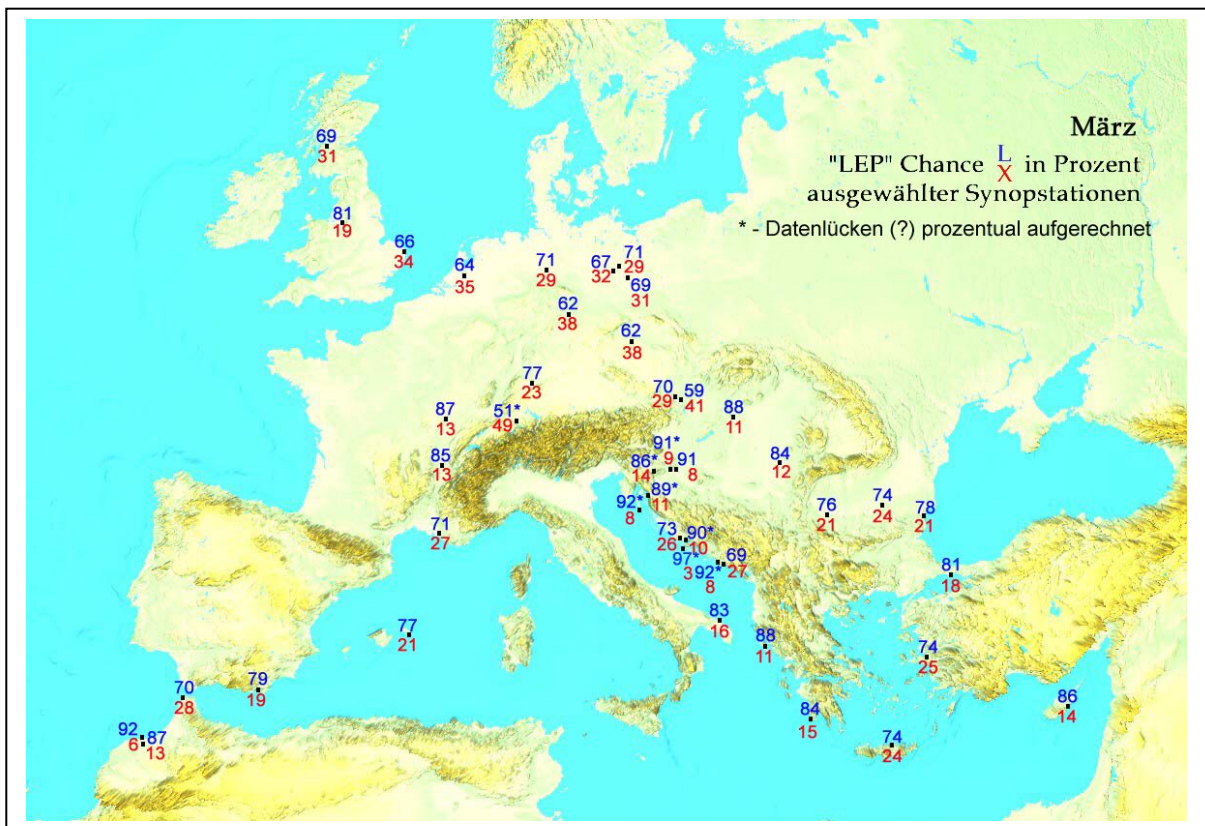
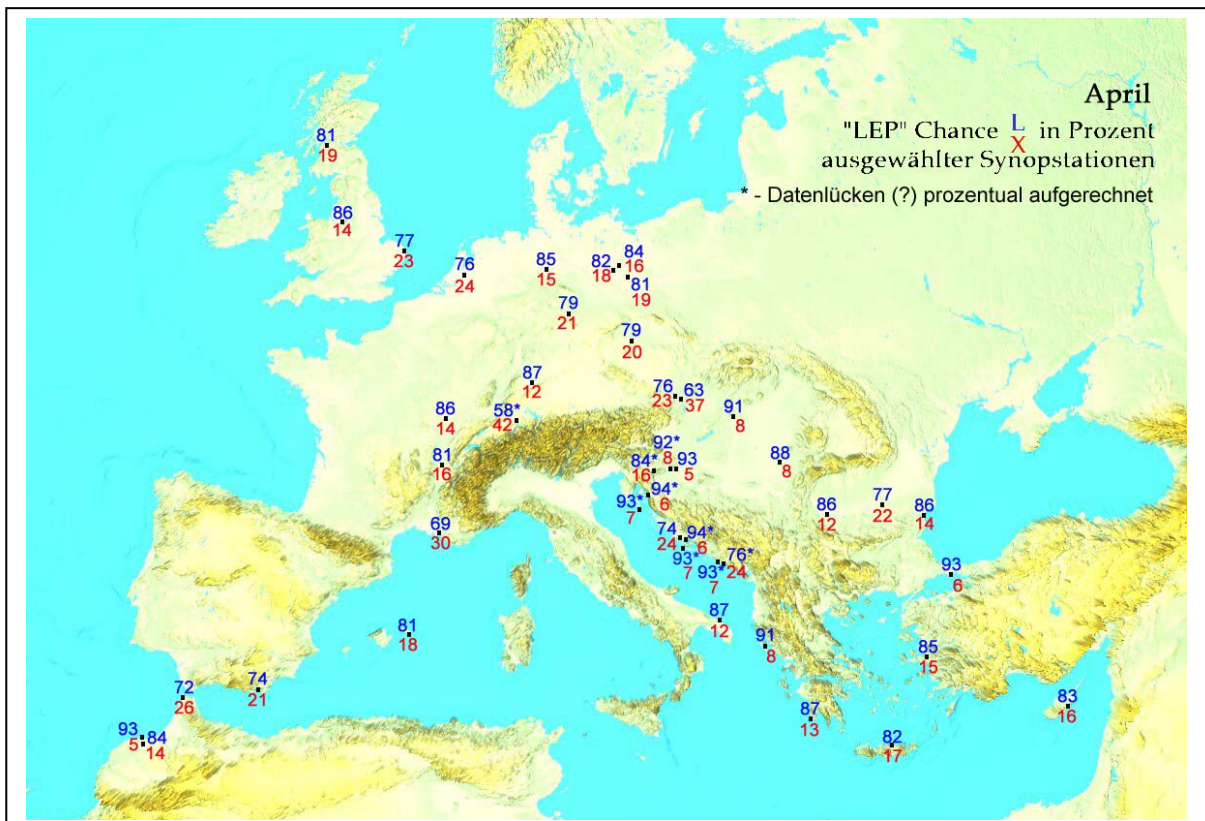


Abb. 9.2.3c
Abb. 9.2.3d

„LEP-Chance“ im (mittleren) März
„LEP-Chance“ im (mittleren) April

oben
unten



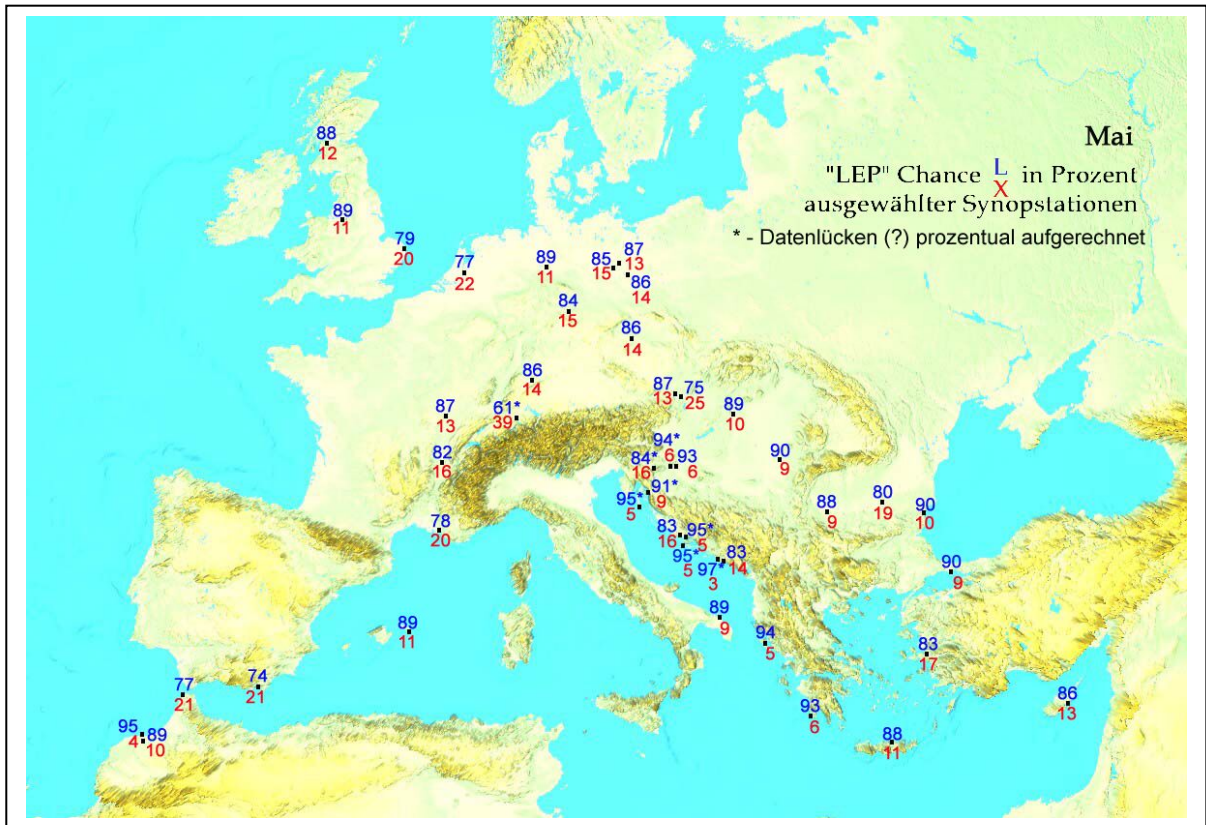
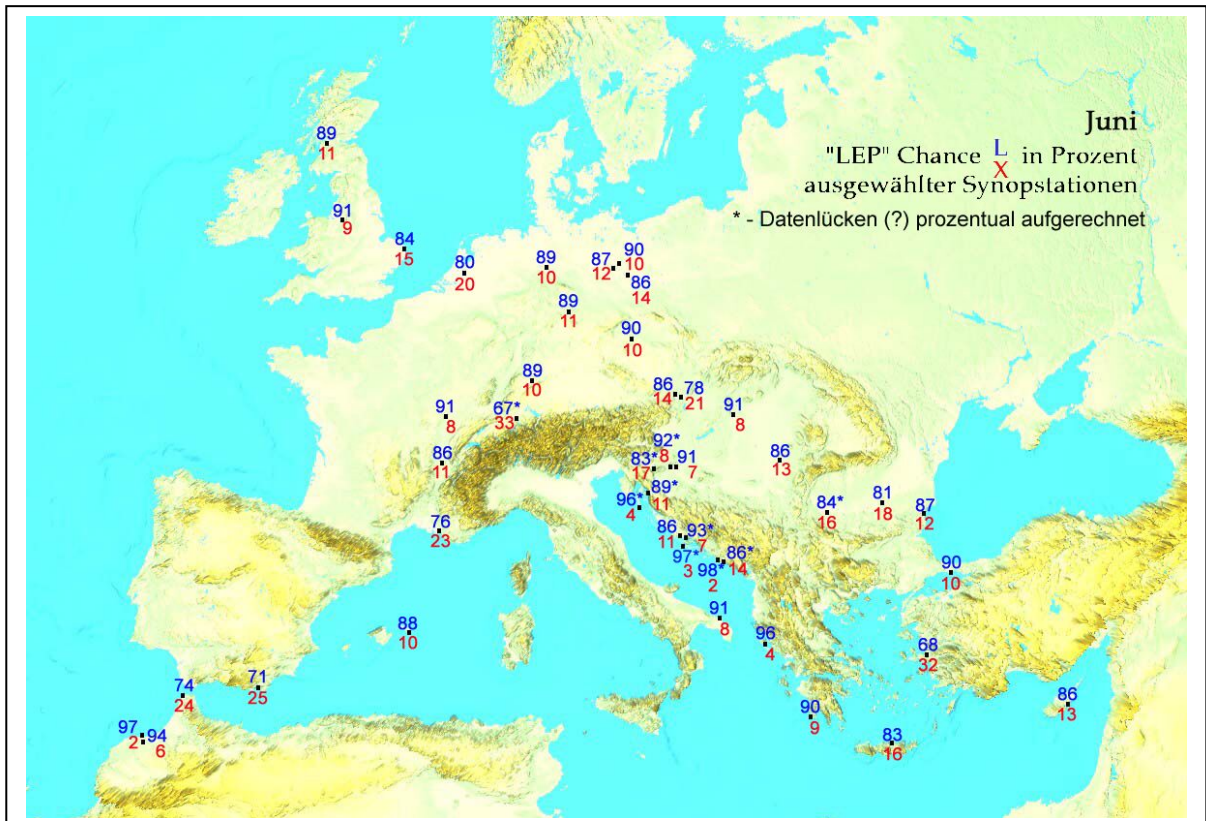


Abb. 9.2.3e
 Abb. 9.2.3f

„LEP-Chance“ im (mittleren) Mai
 „LEP-Chance“ im (mittleren) Juni

oben
 unten



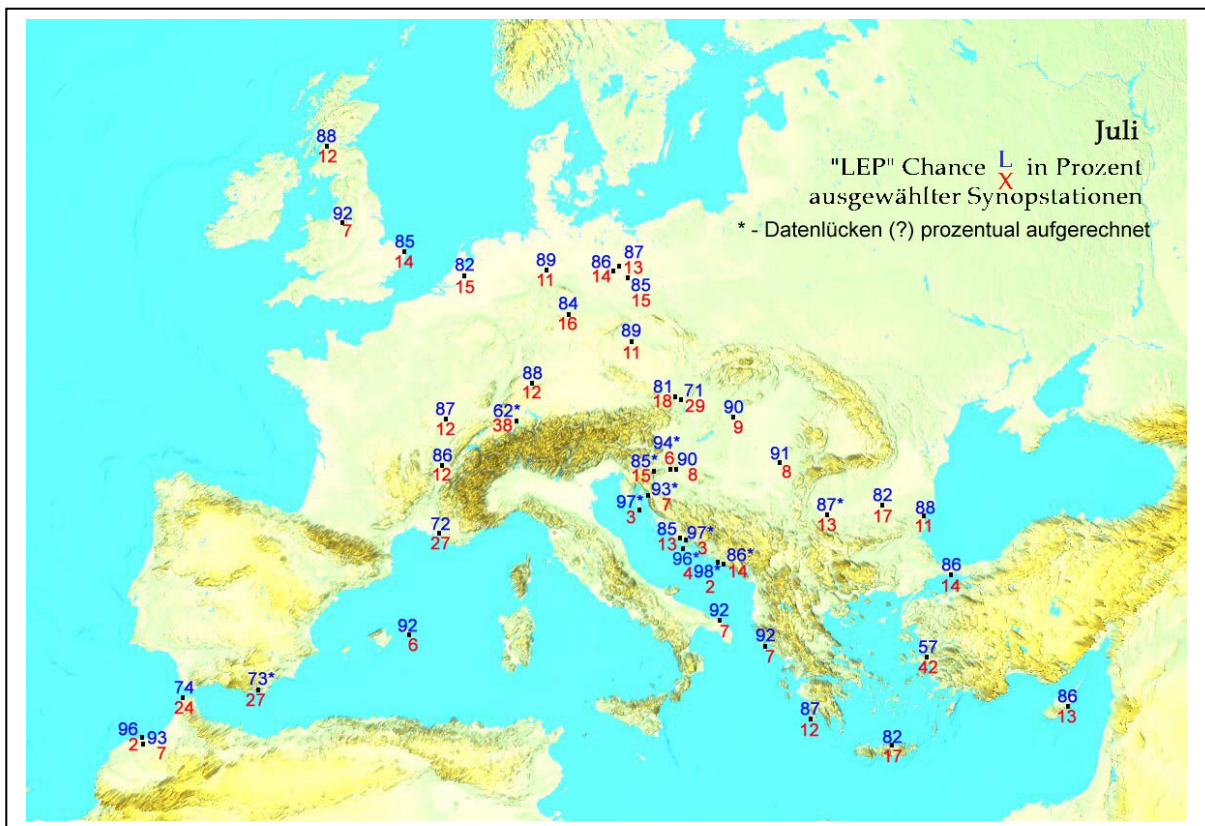
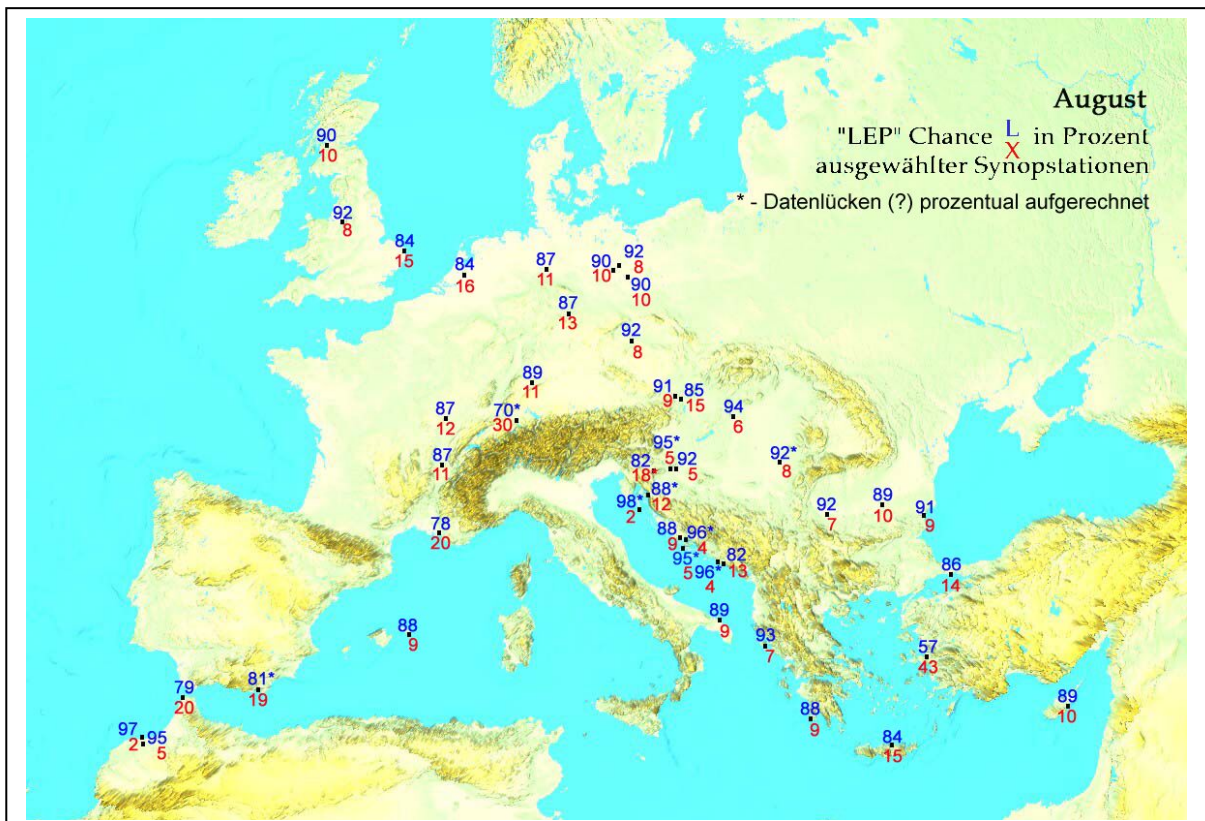


Abb. 9.2.3g
Abb. 9.2.3h

„LEP-Chance“ im (mittleren) Juli
„LEP-Chance“ im (mittleren) August

oben
unten



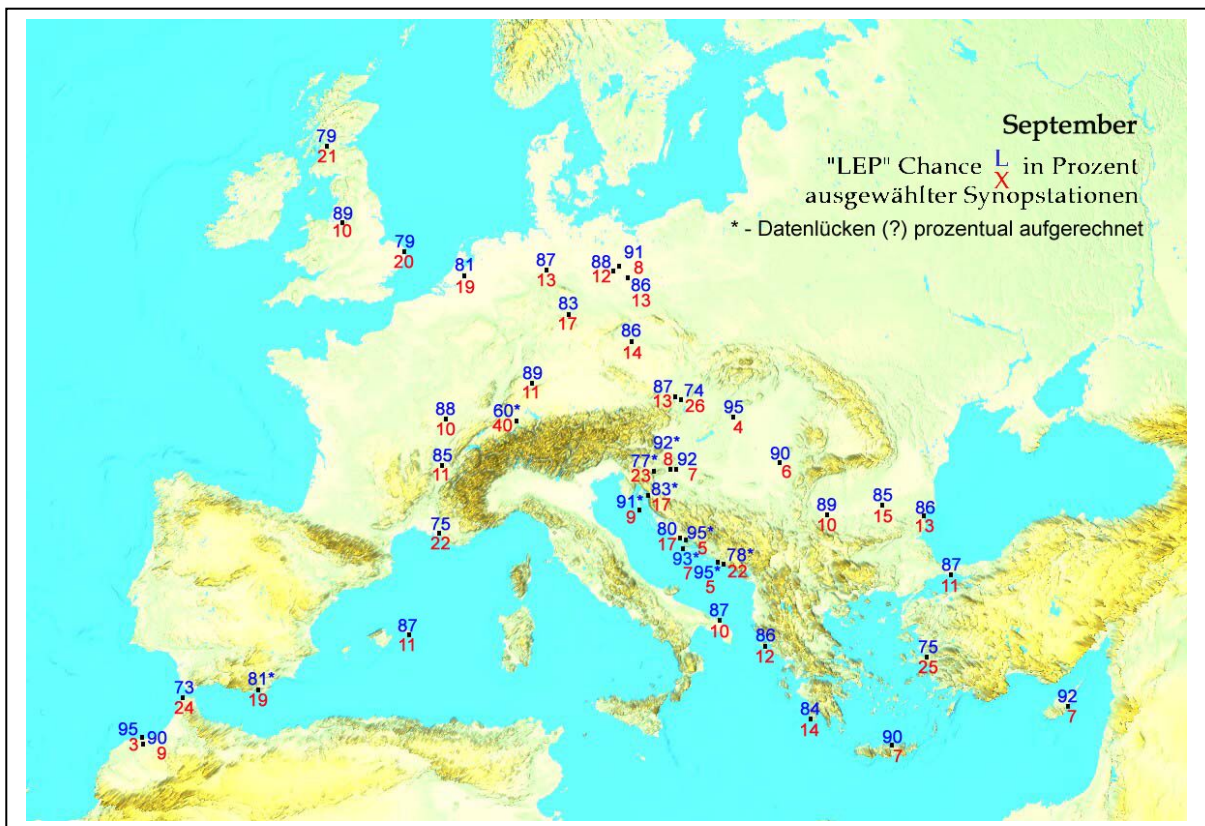
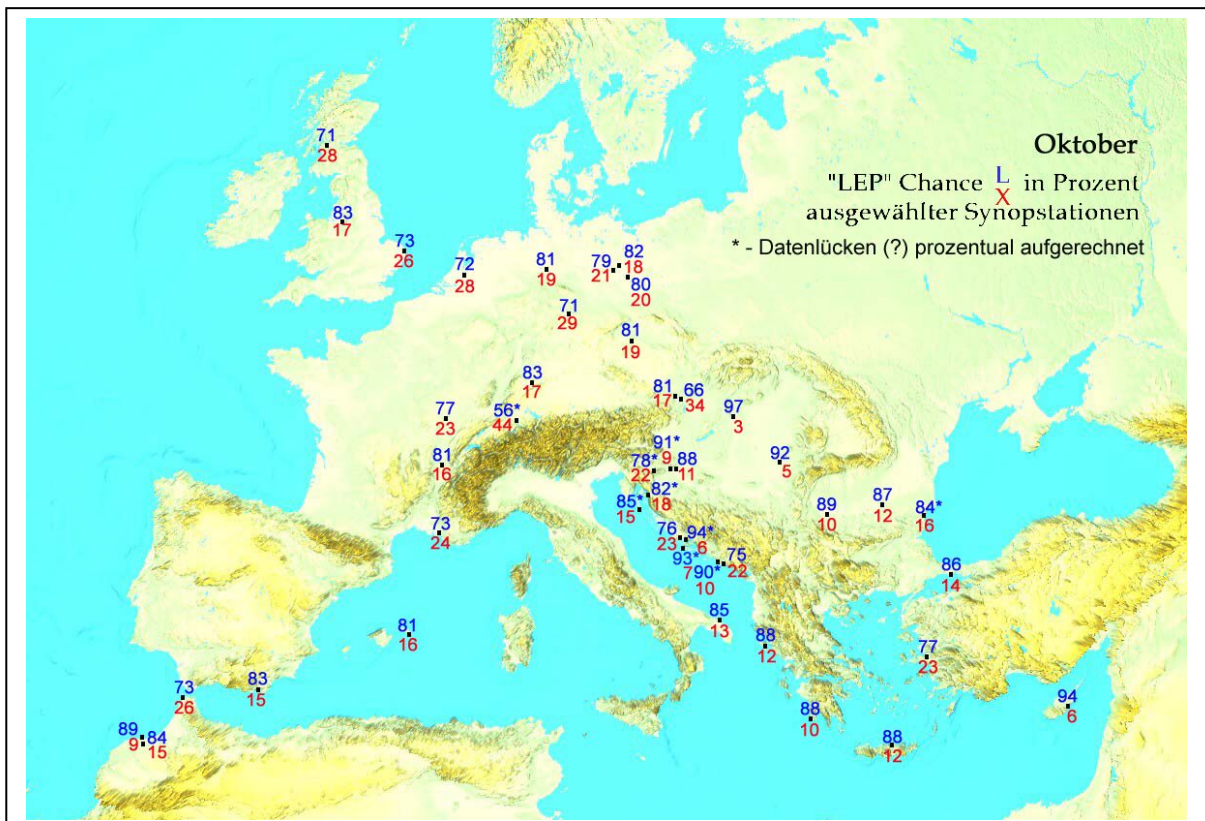


Abb. 9.2.3i
 Abb. 9.2.3j

„LEP-Chance“ im (mittleren) September
 „LEP-Chance“ im (mittleren) Oktober

oben
 unten



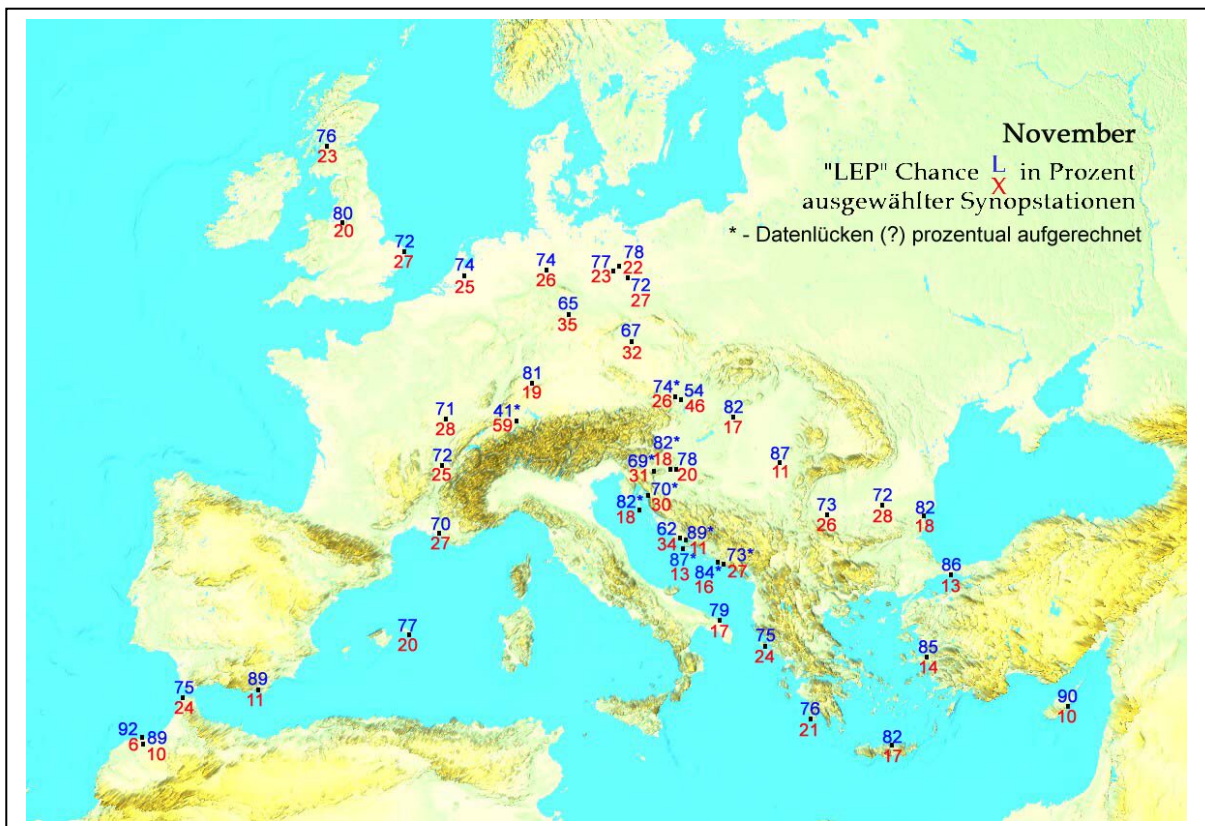
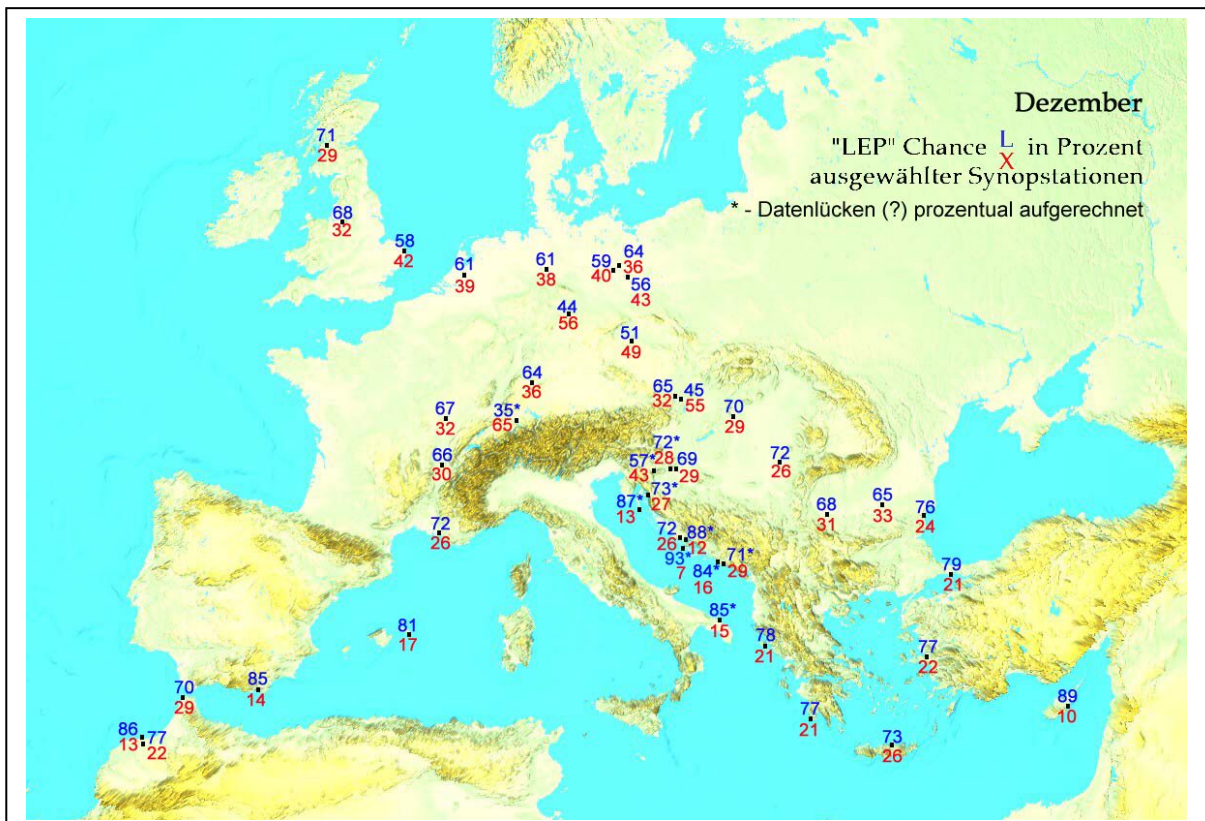


Abb. 9.2.3k
Abb. 9.2.3l

„LEP-Chance“ im (mittleren) November
„LEP-Chance“ im (mittleren) Dezember

oben
unten



10. Zusammenfassung

Die Bedingungen für eine **Passage** sind fast überall ganzjährig sehr gut. Nur im Hochwinter - insbesondere im Februar – werden im Bereich der Nordsee überraschend niedrige Passage-Chancen angetroffen. Sie liegen zwischen 75% im Raum De Bilt und 60% im Raum Boulmer. Das liegt ausschließlich an den dort herrschenden hohen mittleren Windgeschwindigkeiten. Der Raum Istanbul fällt ebenfalls durch relativ niedrige Passage-Chancen (83%) im Januar auf, die hier durch häufige Vereisung zustande kommen.

Überraschend ist die sehr geringe Passage-Chance im Juli im Bereich von Zypern. Sie liegt bei gerade einmal 51%. Hier ist aufgrund der extrem hohen Temperaturen und der hohen Luftfeuchtigkeit die Prallhöhe sehr niedrig, so dass kein 600 m mächtiger Fahrtbereich mehr existiert. Es muss also Zypern relativ niedrig über der Meeresoberfläche umfahren werden.

Beim **Lastaustausch** ist der Winter die kritische Jahreszeit. Im Küstenbereich sind es hier meist die mittlere Windgeschwindigkeit und die Windböen, während landeinwärts auch häufiger der Wetterzustand (Schnee, Eis, etc.) hinderlich für den Lastaustausch auffallen. Im Mittelmeerraum sind die Bedingungen nahezu ganzjährig als gut zu bezeichnen.

11. Ausblick

Es hat sich gezeigt, dass mit der gezielten und problembezogenen Auswertung von meteorologischen Boden- und Höhenmessstationen plausible Aussagen über behindernde meteorologische Bedingungen beim Lastausgleich und bei der Passage des CL 160 gemacht werden können. Dies war zwar anzunehmen, aber keinesfalls selbstverständlich, da das weltweite meteorologische Messnetz nicht dafür konzipiert wurde. Die Datenbasis, die im Institut für Meteorologie der Freien Universität zur Verfügung steht, genügt - von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen – zeitlich und räumlich nahezu allen Anforderungen, die an weitere derartige Studien auch außerhalb Europas gestellt werden.

12. Anhang

12.1 Mitwirkende

An dieser Studie haben tatkräftig mitgewirkt:

Dipl.-Met. Barbara Blumenthal
Dipl.-Met. Kai Brüggemann
Stephan Brusch
Dipl.-Met. Thomas Dümmel
Prof. Dr. Manfred Geb
Petra Grasse
Dipl.-Met. Sybille Krebber
Steffen Olschner
Martin Stengel

Herrn Dipl.-Met. Carsten Lindemann sei für seine nützlichen
Diskussionsbeiträge in Fragen der Flugmeteorologie gedankt.

Dipl.-Met. Th. Dümmel
Meteorologische Informations-
und Kommunikations- Systeme