



Schweizerische Meteorologische Anstalt  
Institut suisse de météorologie  
Istituto svizzero di meteorologia  
Swiss Meteorological Institute

No. 173

**Verifikation des hochauflösenden Regionalmodells  
während der präoperationellen Phase**

Francis Schubiger

Februar 1993

Numerische Vorhersage

551.509.313

Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt  
Rapports de travail de l'Institut suisse de météorologie  
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia  
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

© SMA, Publikationen, CH-8044 Zürich

Schweizerische Meteorologische Anstalt  
Krähbühlstrasse 58, Postfach  
CH-8044 Zürich

## **Verifikation des hochauflösenden Regionalmodells während der präoperationellen Phase**

Francis Schubiger

Februar 1993

Numerische Vorhersage

551.509.313

### **Zusammenfassung**

Im Frühjahr 1992 hat der präoperationelle Betrieb des Hochauflösenden Regional-Modells (HRM), welches die SMA in enger Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) entwickelt, begonnen. Auf der CRAY Y-MP Rechenanlage der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich wurde wöchentlich jeden Samstag ab 00 UTC eine 36 Stunden Vorhersage mit dem HRM berechnet. Die vorliegende Arbeit zeigt die Resultate einer ersten groben, objektiven Verifikation des Modells mit den Messungen des automatischen Messnetzes der SMA (ANETZ) für den Zeitraum Ende Mai bis Ende Oktober 1992. Zehn ANETZ-Stationen wurden für die Verifikation ausgewählt.

Die Minimum- und Maximum-Temperaturen der nachfolgenden 24 bis 36 Stunden können ohne irgendwelche Korrekturen bereits in gut 70% aller Fälle mit  $\pm 2^\circ$  vorhergesagt werden. Der Niederschlag (12 Stundensummen) wurde mittels einer strengen Klasseneinteilung in Kontingenztabellen verifiziert: knapp 75% aller Fälle liegen höchstens eine Klasse neben der Diagonalen. Für einen kurzen Zeitraum im Sommer 1992 wurde die Verifikation des Niederschlags für zwei verschiedene Parametrisierungsverfahren für die Konvektion durchgeführt.

### **Résumé**

Le modèle à haute résolution (HRM) que l'ISM développe en étroite collaboration avec le Service météorologique allemand (Deutscher Wetterdienst: DWD) est entré dans sa phase préopérationelle au printemps 1992. Dès lors le modèle a calculé chaque semaine à partir des conditions du samedi 00 TUC une prévision du temps à 36 heures d'échéance. Ce travail décrit les résultats d'une première vérification grossière mais objective du modèle HRM avec les observations du réseau de mesures automatique (ANETZ) de l'ISM pour la période de fin mai à fin octobre 1992. Dix stations ANETZ ont été choisies pour cette vérification. Les températures minimales et maximales des prochaines 24 à 36 heures peuvent être prédites sans aucune correction à  $\pm 2^\circ$  dans 70% des cas. Les précipitations (sommes de 12 heures) sont vérifiées avec des tables de contingence liées à une classification très sévère: près de 75% des cas se

trouvent au plus une classe en dehors de la diagonale. De plus pour une période de l'été 1992 la vérification des précipitations a été faite pour deux différents schémas de paramétrisation de la convection.

## Riassunto

Nella primavera del 1992 è iniziata la fase preoperazionale del modello ad alta risoluzione (HRM) che l'Istituto Svizzero di Meteorologia (ISM) ha sviluppato in stretta collaborazione con il Servizio Meteorologico Tedesco (DWD). Con questo modello, sul CRAY Y-MP del centro di calcolo del Politecnico federale di Zurigo, settimanalmente ogni sabato è stata calcolata la previsione a 36 ore in base ai dati delle 00 TUC. Il presente lavoro descrive i risultati di una prima grossolana, ma oggettiva, verifica del modello con i valori rilevati dalla rete automatica di misura dell'ISM (ANETZ) per il periodo che si estende da fine maggio a fine ottobre 1992, considerando in totale 10 stazioni di riferimento. Le temperature minime e massime delle seguenti 24 a 36 ore nel 70% dei casi possono essere previste senza alcuna correzione con un'accuratezza di  $\pm 2^\circ$ . Le precipitazioni per contro (somma di 12 ore) sono state verificate per mezzo di tabelle di contingenza definite da una rigida distribuzione in classi e quasi il 75% dei casi viene a cadere al massimo a una classe dalla diagonale. Inoltre, per un breve periodo nell'estate del 1992, la verifica delle precipitazioni è stata effettuata per due diversi processi di parametrizzazione della convezione.

## Summary

The high resolution model that the Swiss Meteorological Institute has been developing in closed cooperation with the Weather Services of Germany (Deutscher Wetterdienst in german) was put on trial at the spring of 1992. A weekly integration up to +36h was performed using the initial states of the Saturdays at 00 UTC. The present note shows the very first objective results of the model over Switzerland in a very limited but objective manner: some model results were compared with the data collected by the Swiss automatic observation network for a period starting at the end of May and ending at the end of October 1992. Ten stations of the automatic network have been chosen for this verification which has been limited to 3 parameters: maximal and minimal temperatures and precipitations.

The temperatures (both minimal and maximal) for the next 24 to 36 hours have been predicted by the model - without any subsequent correction - in 70% of the cases within a range of  $\pm 2^\circ$ . The precipitations - accumulated over 12 hour periods - have been verified by means of contingency tables defined with a very severe partitioning. Nevertheless almost 75% of the cases are to be found either on the diagonal itself or in one of the two classes adjoining this latter. For a short period of time during the summer of 1992, the verification could be made for two different parametrization of the convection scheme.

Verifikation des hochauflösenden Regionalmodells  
während der präoperationellen Phase

## Inhaltsverzeichnis

---

Zusammenfassung / Summary / Résumé / Riassunto

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung . . . . .	1
2. Beginn der präoperationellen Phase des HRM. . . . .	2
3. ANETZ-Stationen für die Verifikation des HRM während der präoperationellen Phase . . . . .	2
4. Resultate der Verifikation . . . . .	3
4.1 Verifikation des Niederschlags . . . . .	5
4.2 Verifikation des Niederschlags mit zwei verschiedenen Parametrisierungsverfahren für die Konvektion im HRM . . . . .	7
4.3 Verifikation der Temperatur (Minimum und Maximum) . . . . .	11
4.3.1 Minimum und Maximum Temperatur auf 2 m über Boden . . . . .	11
4.3.2 Minimum und Maximum Temperatur auf 5 cm über Boden . . . . .	17
5. Weitere Resultate. . . . .	18
6. Ausblick . . . . .	20
Literaturverzeichnis . . . . .	21

## 1. Einführung

Das Ziel des SMA-Programms MESOMOD ist es, einen Beitrag zur Verbesserung der Wettervorhersage im kurzfristigen Bereich (bis höchstens 36 Stunden im voraus) zu leisten: dabei steht v.a. eine bessere Regionalisierung der Vorhersage und eine genauere zeitliche Vorhersage des Wetterablaufes im Vordergrund. Das Programm MESOMOD beinhaltet die Entwicklung und die Inbetriebnahme eines numerischen Hochauflösenden RegionalModells (HRM) für den Alpenraum [Quiby et al., 1988]. Die Entwicklung des HRM erfolgt seit Beginn 1988 in enger Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD). Eine erste abgeschlossene Arbeit an der SMA im Hinblick auf den operationellen Betrieb des HRM war die Erstellung von Anfangs- und Randfeldern für das HRM [Schubiger und de Morsier, 1992]. Die präoperationelle Phase des HRM hat beim DWD im Februar 1992 und an der SMA im Mai 1992 begonnen. In diesem Arbeitsbericht werden erste Resultate einer Verifikation der Modellresultate mit Beobachtungen für die Schweiz wiedergegeben.

Die Grundlage für das HRM bildet das Europa-Modell (EM) des DWD, welches seit dem 15. Januar 1991 auf der CRAY Y-MP Rechenanlage des DWD in Offenbach a.M. (D) zweimal-täglich eine 78 Stunden Vorhersage für ganz Europa mit einer Maschenweite von ca. 55 km berechnet [Majewski, 1991]. Das HRM hat zurzeit (noch) dieselben numerischen Verfahren und physikalischen Parametrisierungsverfahren wie das EM. Auch die Anzahl Schichten war in der präoperationellen Phase des HRM dieselbe wie beim EM. Die Maschenweite des HRM beträgt ca. 14 km. Die Grösse des Vorhersagegebietes für die präoperationelle Phase (das sogenannte "gemeinsame HRM-Testgebiet") umfasst 109 x 101 Gitterpunkten (s. Abb. 1) und überdeckt den ganzen Alpenraum. Für das HRM-Gitter wurden die externen Felder neu erstellt: die Topographie (Orographie und Boden-Land Anteil), der Bodentyp und die Rauhgigkeitslänge [de Morsier, 1991].

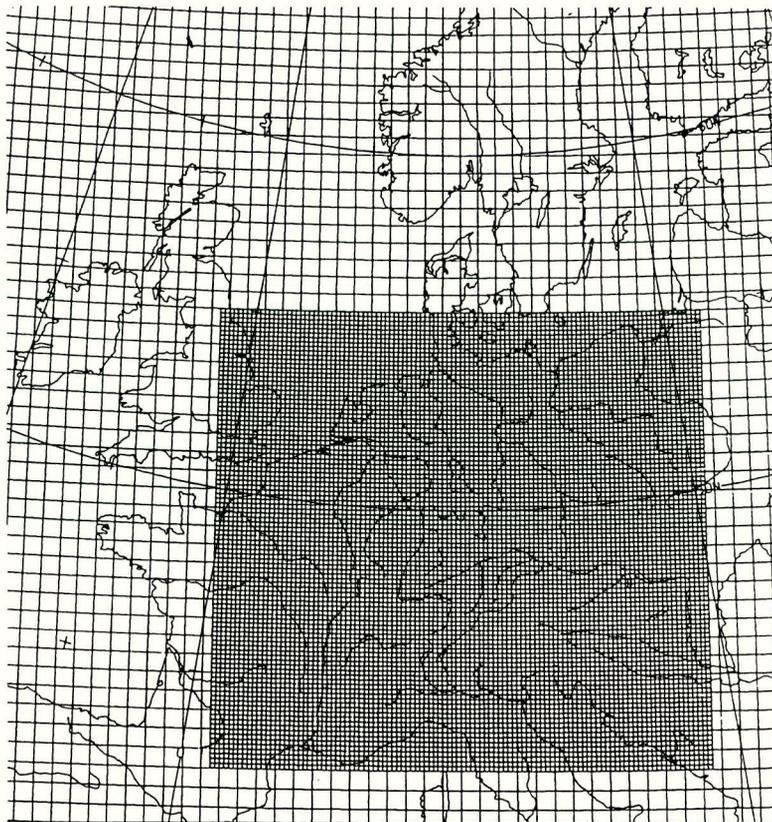


Abb. 1: Das HRM-Testgebiet für die präoperationelle Phase. Das HRM-Gitter umfasst 109\*101 Gitterpunkte (Auflösung ca. 14 km) und ist im Gitter des Europa-Modells eingebettet (EM: Auflösung ca. 55 km).

## 2. Beginn der präoperationellen Phase des HRM

Am 30. Mai 1992 hat an der SMA die präoperationelle Phase des HRM begonnen<sup>1</sup>. Seither werden Vorhersagen von Samstag 12 UTC bis +36 Stunden in einem nichtzeitkritischen Modus berechnet. Die Anfangs- und Randfelder für das HRM (Datenmenge: ca. 15 MB) werden vom DWD zur SMA und dann zur CRAY Y-MP4D/4-64 an der ETH-Zürich geschickt. Die präoperationelle Phase wurde zweimal erweitert:

- seit 5. September 1992: jeden Samstag zwei 36 Stunden Vorhersage beginnend je um 00 UTC und 12 UTC
- seit 14. Oktober 1992: zusätzlich jeden Mittwoch zwei 36 Stunden Vorhersage beginnend je um 00 UTC und 12 UTC.

Seit dem 23. Mai 1992 läuft beim DWD im Rahmen der präoperationellen Phase des HRM eine Modelldiagnostik für die Schweiz. Dabei werden für zehn ausgewählte Gitterpunkte stündlich Ausgaben gemacht, die der Verifikation mit ANETZ Messungen dienen.

Im Jahr 1992 waren sowohl die Modellversion als auch das HRM-Testgebiet (Abb. 1) beim DWD und an der SMA dieselben. Demzufolge waren auch die Resultate der HRM-Vorhersagen beim DWD und an der SMA identisch.

## 3. ANETZ-Stationen für die Verifikation des HRM während der präoperationellen Phase

Für die Verifikation des HRM in der Schweiz wurden 10 ANETZ-Stationen ausgewählt. Folgende Auswahlkriterien wurden angewendet (Reihenfolge nach Wichtigkeit):

- die verschiedenen Klimaregionen der Schweiz (nach M. Schüepp und G. Gensler) sollen möglichst gut vertreten sein (s. Abb. 2), wobei die Regionen Wallis und Engadin vorerst nicht verifiziert werden,
- die ausgewählten Stationen sollen möglichst repräsentativ sein für die entsprechenden Klimaregionen
- Bergstationen sollen berücksichtigt werden (vier Stationen höher als 1000 m),
- die Stationshöhe (m. ü. M) soll höchstens um 250 m verschieden sein von der Höhe der HRM Orographie an einem der vier umliegenden Gitterpunkten. Eine gute Übereinstimmung zwischen ANETZ-Station und HRM-Gitterpunkt in der Vertikalen (Unterschiede in der Höhe: m. ü. M.) hat Vorrang gegenüber einer guten Übereinstimmung in der Horizontalen,
- die Liste der Schweizer Stationen für die Modellverifikation im Rahmen von EWGLAM<sup>2</sup>[1992] soll als Entscheidungsgrundlage miteinbezogen werden.

---

1. Beim DWD hat die präoperationelle Phase des HRM am 15. Februar 1992 begonnen: seither werden jeden Samstag, ausgehend von 00 UTC und 12 UTC zwei 36 Stunden Vorhersagen berechnet.

2. EWGLAM (European Working Group in Limited Area Modelling) ist eine Arbeitsgruppe der europäischen Wetterdienste für die Entwicklung von eigenen, kleinräumigen numerischen Wettermodellen ("limited area model": LAM) mit dem Ziel den Informations-Austausch zwischen den verschiedenen Forschergruppen zu fördern und zu erleichtern. Für die Verifikation von solchen Modellen hat jedes Land eine Liste von Beobachtungsstationen erstellt, deren Meldungen auf dem globalen Telekommunikationssystem der WMO (GTS) innerhalb Europa verteilt werden. Die SMA hat neun Stationen vorgeschlagen. Von den hier ausgewählten Stationen für die HRM-Verifikation finden sich aber nur zwei auf der EWGLAM Liste (Payerne und Zürich-Kloten): die Beobachtungen mehrerer Stationen für die HRM-Verifikation zirkulieren nicht auf dem GTS und konnten für EWGLAM nicht berücksichtigt werden. Zudem wurde hier besonders beachtet, dass die Höhenunterschiede zwischen ANETZ und HRM-Modellorographie möglichst klein bleiben (aus diesem Grund kommen z.B. Säntis, La Dôle und Corvatsch aus der EWGLAM Liste nicht in Frage).

Es werden folgende 10 ANETZ-Stationen ausgewählt: Basel, La Chaux de Fonds, Genève, Payerne, Kloten, Vaduz, Adelboden, Davos, Locarno-Monti und Robiei.

ANETZ Nr.	Stationsname	IIIII	KKK	Geographische Koordinaten	km-Koordinaten	Höhe m.ü.M
48	Basel-Binningen	06601	BAS	47 33 / 07 35	610 850 / 265 620	316
38	La Chaux-de-Fonds	06612	CDF	47 05 / 06 48	551 290 / 215 150	1018
31	Genève-Cointrin	06700	GVE	46 15 / 06 08	498 580 / 122 320	420
2	Payerne	06610	PAY	46 49 / 06 57	562 150 / 184 855	490
32	Zürich-Kloten	06670	KLO	47 29 / 08 32	682 280 / 259 220	436
6	Vaduz	06990	VAD	47 08 / 09 31	757 700 / 221 700	460
36	Adelboden	06735	ABO	46 30 / 07 34	609 400 / 148 975	1320
28	Davos	06784	DAV	46 49 / 09 51	783 580 / 187 480	1590
59	Locarno-Monti	06760	OTL	46 10 / 08 47	704 160 / 114 350	366
71	Robiei	06751	ROE	46 27 / 08 31	682 600 / 144 075	1898

Die Abb. 2 zeigt das HRM-Gitter über der Schweiz: an jedem Gitterpunkt steht die Höhe der HRM-Orographie. Die zehn ausgewählten Gitterpunkte für die Verifikation der präoperationellen Phase mit den zehn ANETZ-Stationen sind mit fetten Punkten markiert.

#### 4. Resultate der Verifikation

Die manuelle Verifikation der zehn Gitterpunkten mit den entsprechenden ANETZ-Stationen umfasst folgende Grössen:

- Minimum Temperatur auf 2 m
- Maximum Temperatur auf 2 m
- Minimum Temperatur auf 5 cm
- Maximum Temperatur auf 5 cm
- 12 Stunden Niederschlagssummen.

Die Verifikation umfasst folgende Zeiträume:

- Temperatur: 23. Mai 1992 bis 24. Oktober 1992 (46 Vorhersagen),
- Niederschlag: 6. Juni 1992 bis 24. Oktober 1992 (42 Vorhersagen) mit dem Massenflussschema für die Parametrisierung der Konvektion (Ausnahme bei Kapitel 4.2).

Die Zeitangaben für die Verifikation sind jeweils in UTC. Man beachte, dass die Beobachtungszeiten des ANETZ gegenüber den Nominalzeiten des HRM um 20 Minuten ververschoben sind. Insbesondere wird die Niederschlagssumme des HRM zwischen 06 UTC und 18 UTC mit der Niederschlagssumme des ANETZ zwischen 0540 UTC und 1740 UTC verglichen.

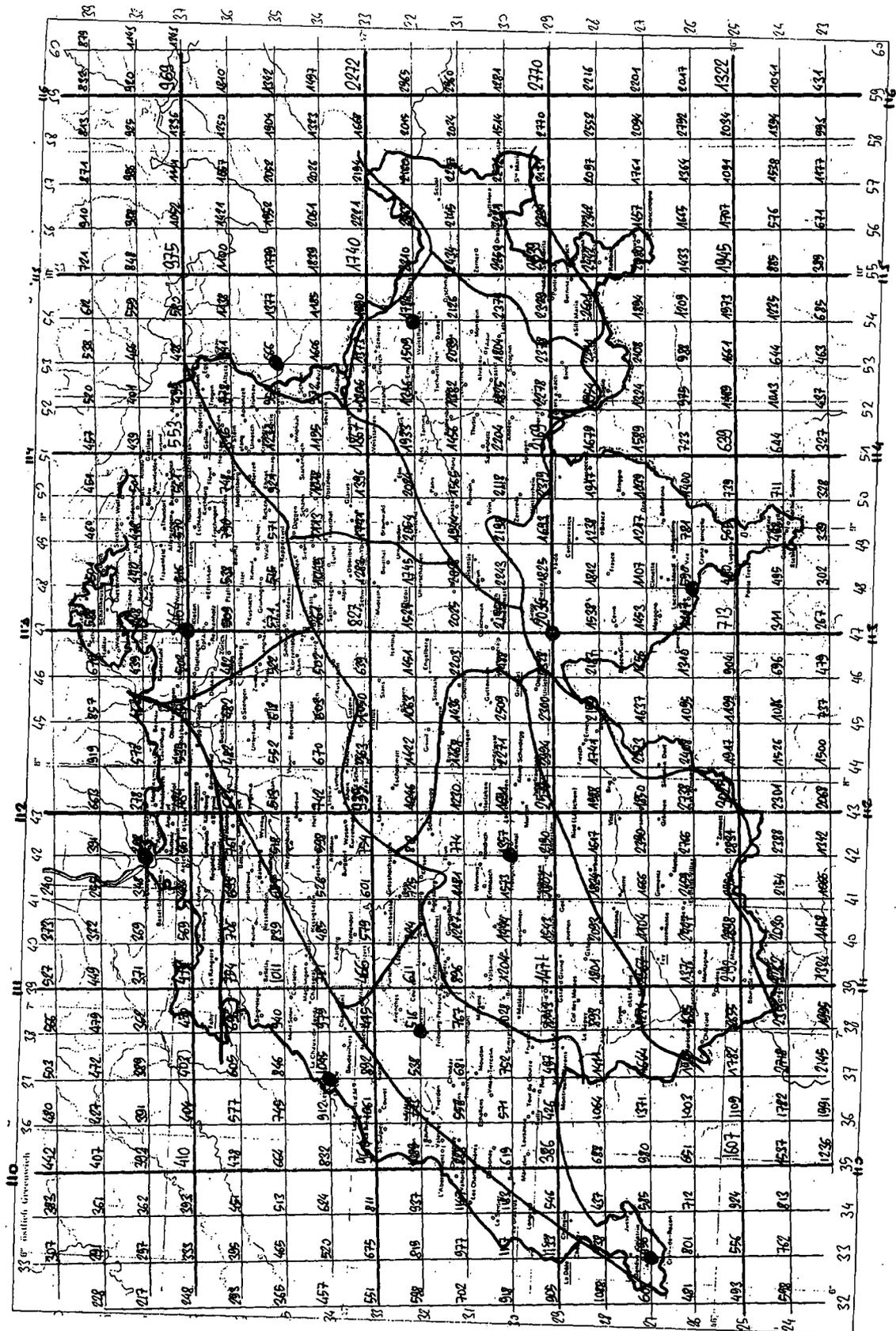


Abb. 2: Das HRM-Gitter über der Schweiz.  
An jedem Gitterpunkt ist die Höhe der HRM-Orographie eingetragen. Die zehn ausgewählten Gitterpunkte für die Verifikation der präoperationellen Phase des HRM sind fett eingezeichnet. Zudem sind die 12 Klimaregionen der Schweiz dargestellt.

#### 4.1 Verifikation des Niederschlags

Die Niederschlagssummen (Regen+Schnee) von +6 bis +18 Stunden und von +18 bis +30 Stunden des HRM werden mit den Niederschlagssummen des ANETZ verglichen.

Die 12 Stunden Niederschlagssummen werden mittels Kontingenztabelle verifiziert. Für jede Station wird eine Kontingenztabelle erstellt. Die Klasseneinteilung für die Tabelle ist die folgende:

Klasse 0:	0.00 mm		
Klasse 1:	0.01 mm	-	0.09 mm
Klasse 2:	0.1 mm	-	0.4 mm
Klasse 3:	0.5 mm	-	1.9 mm
Klasse 4:	2.0 mm	-	4.9 mm
Klasse 5:	5.0 mm	-	19.9 mm
Klasse 6:	≥ 20.0 mm		

Die Klassen 0 - 2 ermöglichen zu untersuchen, ob kein Regen/wenig Regen richtig vorhergesagt wird. Die Unterteilung zwischen Klasse 0 und 1 wurde gewählt um für die Modellvorhersage ("pred" in den Tabellen) zu untersuchen, ob kein Niederschlag auch korrekt wiedergegeben werden kann (z.B. interessiert die Frage: "regnet es systematisch ein wenig über dem Alpenraum"). Für die Beobachtungen des ANETZ ("obs" in den Tabellen) bleibt die Klasse 1 leer (Niederschlag von < 0.1 mm kann nicht gemessen werden).

Die Erfassung in den Kontingenztabelle wird für jeden einzelnen HRM-Gitterpunkt (bzw. ANETZ-Station), für jeden der beiden Vorhersagezeiträume (+6 bis +18 Stunden und +18 bis +30 Stunden) und für jeden der beiden Termine des Vorhersagebeginns (00 UTC und 12 UTC) separat durchgeführt. Das ergibt 21 Fälle pro Tabelle. Aussagen müssen mit zusammengefassten Resultaten gemacht werden.

In Tabelle 1 werden alle 10 Gitterpunkte in einer Kontingenztabelle zusammengefasst. Die Vorhersagen ab 00 UTC und 12 UTC werden für die beiden Vorhersagezeiträume (a) +6 bis +18 Stunden und (b) +18 bis +30 Stunden zusammengefasst. Bei den nachfolgenden Resultaten bezieht sich die Zahl ohne Klammern auf die Vorhersageperiode von +6 bis +18 Stunden und die Zahl in Klammern [ ] auf die Vorhersageperiode von +18 bis +30 Stunden. Es handelt sich um eine sehr strenge Verifikation. Konvektive Ereignisse im Sommer sind oft sehr lokal, wurden aber für diese Verifikation nicht speziell behandelt. Knapp die Hälfte aller Fälle, 40% [49%] liegen in der Klasse kein Regen beobachtet/kein Regen vorhergesagt. In nur 10% [15%] der Fälle wird im HRM Regen von > 0.1 mm vorhergesagt, wenn kein Regen beobachtet wird. In weiteren 9% [7%] der Fälle wird im HRM Regen von < 0.1 mm vorhergesagt, welcher nicht gemessen werden kann. In 5% [3%] der Fälle tritt Regen ein, aber das HRM prognostiziert keinen Regen. Ein Viertel aller Fälle, 27% [29%] liegt mehr als eine Klasse von der Diagonale entfernt. Die Resultate für die grösseren Niederschlagsmengen (≥ 2mm in 12 Stunden, d.h. Klassen 4-6) sind die folgenden: diese Ereignisse treten in 26% [17%] aller Fälle auf, davon werden sie in 60% [52%] auch richtig vorhergesagt. In weiteren 9% [5%] aller Fälle werden solche Niederschlagssummen vorhergesagt, treffen dann aber nicht ein.

Abbildung 3 zeigt für jede der 7 Kontingenzzklassen (Klassen 0 und 1 sind zusammengefasst) die Häufigkeit (in %) der richtigen Vorhersagen auf ± 0 Klasse (Diagonale in Tabelle 1), bzw. ± 1 Klasse (schraffiertes Gebiet in Tabelle 1) für die beiden Vorhersage-

a)

$\Sigma$	246		32	33	39	62	8	420
p r e d - H R M -	6	2		3	1	7	3	16
	5	8	4	6	9	18	3	48
	4	5	2	6	9	14	1	37
	3	15	9	4	6	10	1	45
	2	11	4	5	5	7		32
	1	37	5	3	4	2		51
	0	168	8	6	5	4		191
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
	obs (ANETZ)							

b)

$\Sigma$	290		27	30	30	38	5	420
p r e d - H R M -	6	3		3	4	4	2	16
	5	2		6	3	12		23
	4	5	2	2	4	7	2	22
	3	16	8	6	7	7	1	45
	2	36	3	4	4	3		50
	1	30	8	7	3	4		52
	0	198	6	2	5	1		212
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
	obs (ANETZ)							

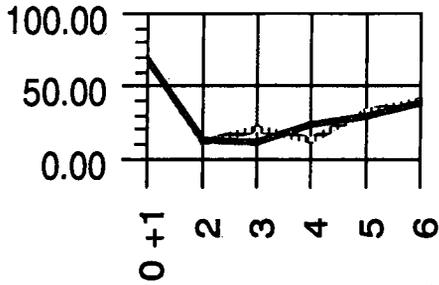
Tabelle 1: Kontingenztabelle (Einteilung: siehe Seite 5) des Niederschlags für die 42 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00UTC und 12 UTC vom 6. Juni bis 24. Oktober 1992 für:

a) Vorhersageperiode +6 bis +18 Stunden

b) Vorhersageperiode +18 bis +30 Stunden.

Zehn Gitterpunkte des HRM (*pred*) werden mit den entsprechenden ANETZ-Beobachtungen (*obs*) verglichen.

a)  $\pm 0$  Klasse



b)  $\pm 1$  Klasse

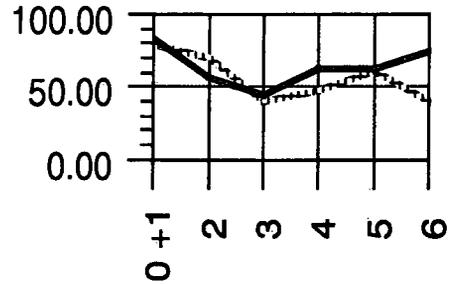


Abb. 3: Verifikation des Niederschlags für die 42 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und 12 UTC vom 6. Juni bis 24. Oktober 1992 für alle zehn ANETZ-Stationen. Für jede der 7 Kontingenzzklassen (Klassen 0 und 1 zusammengefasst) ist die Häufigkeit der Übereinstimmung (in %) angegeben: (a) für  $\pm 0$  Klasse (Diagonale in Tabelle 1) und (b) für  $\pm 1$  Klasse (schraffiertes Gebiet in Tabelle 1). Die ausgezogene Linie stellt die Vorhersageperiode +6 bis +18 Stunden, die gestrichelte Linie die Vorhersageperiode +18 bis +30 Stunden dar.

perioden +6 bis +18 Stunden und +18 bis +30 Stunden. Daraus ist ersichtlich, dass die Niederschlagsmengen 0.1 - 1.9 mm (Klassen 2 und 3) weniger gut vorhergesagt werden als die Niederschlagsmengen  $> 2$  mm. Die Niederschlagsvorhersagen von +18 bis +30 Stunden erreichen annähernd dieselbe Güte wie diejenigen von +6 bis +18 Stunden.

Tabelle 2 gibt die Resultate der Station Robiei, welche auf 1898 m.ü.M mitten in den Alpen, im nordwestlichsten Teil des Tessins liegt. Es ist die Station, welche die schlechtesten Resultate lieferte (die schlechten Resultate an dieser Station betreffen die 4 Fälle mit einer Vorhersage von  $> 5$  mm in 12 Stunden, bei welchen aber kein Niederschlag gefallen ist: diese Verifikation ist sehr streng bei konvektiven Ereignissen!). Die grossen Niederschlagsmengen ( $> 5$  mm in 12 Stunden) wurden aber im allgemeinen doch gut vorhergesagt: 7 Fälle vorhergesagt und eingetroffen, 5 Fälle vorhergesagt aber nicht eingetroffen und 3 Fälle nicht vorhergesagt aber eingetroffen.

#### 4.2 Verifikation des Niederschlags mit zwei verschiedenen Parametrisierungsverfahren für die Konvektion im HRM

Die Parametrisierung der Konvektion geschieht nach dem Massenflussschema [Tiedtke, 1989]. Dieses wurde am 3. August 1992 im Europa-Modell eingebaut; im HRM stand das Massenflussschema schon seit dem 6. Juni 1992 im Einsatz. Vorher erfolgte die Parametrisierung der Konvektion mit einem (einfachen) Anpassungsverfahren [Binder, 1992].

Beim DWD wurden parallele HRM-Vorhersagen durchgeführt, sowohl mit dem (bisherigen) konvektiven Anpassungsverfahren, wie auch mit dem neuen Massenflussschema. Zu bemerken ist aber, dass das Europa-Modell (für die Bestimmung der Anfangs- und Randfelder

Robiei: ANETZ-Station 1898m.ü.M, HRM-Gitterpunkt 2036 m.ü.M.

$\Sigma$	25		2	4	1	7	3	42
P r e d - H R M - 0	6	1		1		1	2	5
	5	3				3	1	7
	4					1		1
	3	1		2				3
	2	1				1	1	3
	1	5			1			6
	0	14			2		1	17
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
	obs (ANETZ)							

Tabelle 2: Kontingenztabelle (Einteilung: siehe Seite 5) des Niederschlags für die 42 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00UTC und 12 UTC vom 6. Juni bis 24. Oktober 1992 für die Vorhersageperiode +6 bis +18 Stunden für die Station Robiei.

Der Gitterpunkt des HRM (*pred*) wird mit der ANETZ-Station (*obs*) verglichen.

für das HRM) in diesem Zeitraum in beiden Fällen mit dem (bisherigen) konvektiven Anpassungsverfahren ausgestattet war<sup>1</sup>.

Die Tabellen 3.1 und 3.2 zeigen die Resultate für die 14 parallelen HRM-Vorhersagen vom 6. Juni bis 18. Juli 1992 mit a) dem konvektiven Anpassungsverfahren und b) dem Massenflussschema für die Vorhersagezeiträume +6 bis +18 Stunden (Tab. 3.1) und +18 bis +30 Stunden (Tab. 3.2). Die zusammengefassten Resultate zeigen, dass das Anpassungsverfahren zu wenig, das Massenflussschema etwas zu viel Niederschlag gibt (bei den nachfolgenden Resultaten bezieht sich die Zahl ohne Klammern auf die Vorhersageperiode von +6 bis +18 Stunden und die Zahl in Klammern [ ] auf die Vorhersageperiode von +18 bis +30 Stunden).

Kein Niederschlag (Klassen 0 und 1) tritt in 81 [95] Fällen auf und wird mit dem Anpassungsverfahren in 92 [103], mit dem Massenflussschema in 71 [85] Fällen vorhergesagt. Grössere Niederschläge (> 2 mm in 12 Stunden, d.h. Klassen 4-6) werden bei 39 [23] Fällen beobachtet, und werden mit dem Anpassungsverfahren in 15 [16], mit dem Massenflussschema in 39 [31] Fällen richtig vorhergesagt.

1. seit dem 1. Juli 1992 wurden beim DWD auch für das Europa-Modell Vorhersagen sowohl mit dem konvektiven Anpassungsverfahren wie auch mit dem Massenflussschema durchgeführt. Die Auswirkungen des neuen Massenflussschemas im Europa-Modell sind:

- mehr Gebiete mit konvektiven Ereignissen,
- höhere maximale Niederschlagssummen im Alpenraum.

a)

$\Sigma$	81		9	11	18	19	2	140	
P r e d - H R M -	6								
	5				2	2	1	5	
	4	1		2	1	2	4	10	
	3	2		2	4	4	7	1	20
	2	4		2	2	3	2		13
	1	7			2	2	2		13
	0	67		3	2	5	2		79
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	

obs (ANETZ)

b)

$\Sigma$	81		9	11	18	19	2	140	
P r e d - H R M -	6	1		3	1	1	1	7	
	5	5		1	3	4	7	20	
	4	3				4	4	1	12
	3	4		4		3	2		13
	2	5		2	3	3	4		17
	1	10		2	1	2			15
	0	53			1	1	1		56
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	

obs (ANETZ)

**Tabelle 3.1:** Kontingenztabellen (Einteilung: siehe Seite 5) des Niederschlags für die 14 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und 12 UTC vom 6. Juni bis 18. Juli 1992 für die Vorhersageperiode +6 bis +18 Stunden für zwei verschiedene Konvektionsverfahren des HRM: a) konvektive Anpassung und b) Massenflussschema. Zehn Gitterpunkte des HRM (*pred*) werden mit den entsprechenden ANETZ-Beobachtungen (*obs*) verglichen.

a)

$\Sigma$	95		8	14	12	11		140
P r e d - H R M -	6	1				2		3
	5	1		2	1	1		5
	4		1	4	2	1		8
	3	2		2	2	3	2	11
	2	2		2	2	2		10
	1	8			2		1	11
	0	81		3	2	4	2	92
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$

obs (ANETZ)

b)

$\Sigma$	95		8	14	12	11		140
P r e d - H R M -	6	2		3	1			6
	5	1		5	2	6		14
	4	4		1	1	2	3	11
	3	6		4		3		13
	2	5		1	2	2	1	11
	1	9		2	3	1		15
	0	68				1	1	70
	0	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$

obs (ANETZ)

Tabelle 3.2: wie Tabelle 3.1 aber für den Vorhersagezeitraum +18 bis +30 Stunden.

### 4.3 Verifikation der Temperatur (Minimum und Maximum)

Bei einem ungestörten (Strahlungs-) Tagesablauf wird die maximale Temperatur um ca. 14 UTC, und die minimale Temperatur um ca. 04-06 UTC erreicht. Die Verifikationszeiträume für die Temperatur werden so gelegt, dass die obigen Zeiten nicht im Randbereich liegen: Minimum Temperatur jeweils von 12 UTC bis 12 UTC und Maximum Temperatur jeweils von 00 UTC bis 00 UTC.

Das ergibt folgende Verifikationszeiträume für die Minimum Temperatur ( $T_{\min}$ ) und die Maximum Temperatur ( $T_{\max}$ ):

- Vorhersagen ab Samstag 00 UTC:

Minimum Temperatur:	von Samstag 12 UTC bis Sonntag 12 UTC
Maximum Temperatur	von Samstag 00 UTC bis 24 UTC

- Vorhersagen ab Samstag 12 UTC:

Minimum Temperatur:	von Samstag 12 UTC bis Sonntag 12 UTC
Maximum Temperatur:	von Sonntag 00 UTC bis 24 UTC.

Zu beachten ist, dass beim Modell der tiefste/höchste Wert zu jeder vollen Stunde erfasst wird, und nicht der absolut tiefste/höchste Wert während eines beliebigen Zeitschrittes von 90 Sekunden. Beim ANETZ handelt es sich um den absolut tiefsten/höchsten 10-Minuten Wert.

Für jede Station werden Tabellen der Minimum und Maximum Temperaturen erstellt: die absoluten Temperaturdifferenzen ( $|\Delta T|$ ) zwischen ANETZ und HRM werden in 4 Klassen eingeteilt:

- 1)  $|\Delta T| \leq 2^\circ \text{ C}$
- 2)  $2^\circ \text{ C} < |\Delta T| \leq 5^\circ \text{ C}$
- 3)  $5^\circ \text{ C} < |\Delta T| \leq 10^\circ \text{ C}$
- 4)  $|\Delta T| > 10^\circ \text{ C}$ .

#### 4.3.1 Minimum und Maximum Temperatur auf 2 m über Boden

Die tiefste/höchste Temperatur des HRM auf 2 m über Grund wird mit dem Minimum und Maximum der ventilerten Lufttemperatur des ANETZ verifiziert.

Tabelle 4 zeigt die Resultate für jede der 10 ANETZ-Stationen. Für jede Station wird angegeben: (1) die Höhe der ANETZ-Station, (2) die Höhe des zugehörigen HRM-Gitterpunktes und (3) der Höhenunterschied  $\Delta h$  ANETZ-HRM. Der Koeffizient "p/n" bei  $T_{\min}$  und  $T_{\max}$  gibt an, in wievielen Fällen mit einer Temperaturabweichung HRM-ANETZ  $|\Delta T| > 2^\circ$  die Abweichung positiv ( $> 0^\circ$ ), bzw. negativ ( $< 0^\circ$ ) ist. Die Abweichungen  $|\Delta T| > 5^\circ$  werden dabei doppelt gezählt (d.h. gelten als zwei "Fälle").

Für Abweichungen  $|\Delta T| > 2^\circ$  gilt:

- p: Anzahl "Fälle" wo HRM wärmer als ANETZ ("positiv")  
n: Anzahl "Fälle" wo HRM kälter als ANETZ ("negativ").

Die Summe p+n zeigt wie häufig eine grosse Temperaturabweichung eintritt. Falls  $p \gg n$  oder  $p \ll n$ , so wird eine systematische Temperaturkorrektur wesentlich bessere Resultate liefern können (s. unten bei Tabelle 5).

<b>1. Basel</b>		Stationshöhe: 316 m		<u>Koeffizient p/n</u>	
		Modellhöhe: 308 m		T <sub>min</sub> : 05 / 03	
		Δh: + 8 m		T <sub>max</sub> : 20 / 05	
00 UTC			12 UTC		
	±2°	±5°	±10°	>±10°	
T <sub>min</sub>	19	4	0	0	T <sub>min</sub>
T <sub>max</sub>	14	7	2	0	T <sub>max</sub>
<b>2. La Chaux de Fonds</b>		Stationshöhe: 1018 m		<u>Koeffizient p/n</u>	
		Modellhöhe: 1045 m		T <sub>min</sub> : 09 / 04	
		Δh: - 27 m		T <sub>max</sub> : 05 / 05	
00 UTC			12 UTC		
	±2°	±5°	±10°	>±10°	
T <sub>min</sub>	18	5	0	0	T <sub>min</sub>
T <sub>max</sub>	19	4	0	0	T <sub>max</sub>
<b>3. Genève</b>		Stationshöhe: 420 m		<u>Koeffizient p/n</u>	
		Modellhöhe: 496 m		T <sub>min</sub> : 02 / 07	
		Δh: - 76 m		T <sub>max</sub> : 12 / 06	
00 UTC			12 UTC		
	±2°	±5°	±10°	>±10°	
T <sub>min</sub>	20	3	0	0	T <sub>min</sub>
T <sub>max</sub>	18	5	0	0	T <sub>max</sub>

Tabelle 4.1-3: Verifikation der Temperatur auf 2 m ü.B. für die 23 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und 12 UTC vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992 für die ANETZ-Stationen Basel, La Chaux de Fonds und Genève: Anzahl Fälle von Temperaturabweichungen in den Klassen ±2°, ±5° (Abweichung von 3° bis 5°), ±10° (Abweichung von 6° bis 10°) und mehr als ±10°. Der Koeffizient p/n bezeichnet die Anzahl "Fälle" (für Temperaturabweichungen  $|\Delta T| > 2^\circ$ ) in denen  $T_{HRM} > T_{ANETZ}$  ( $T_{HRM} < T_{ANETZ}$ ), wobei die Ereignisse  $|\Delta T| > 5^\circ$  doppelt gezählt werden.

**4. Payerne**

Stationshöhe: 490 m  
 Modellhöhe: 516 m  
 Δh: - 26 m

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 07 / 01  
 T<sub>max</sub>: 21 / 05

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	21	2	0	0
T <sub>max</sub>	12	11	0	0

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	17	6	0	0
T <sub>max</sub>	10	11	2	0

**5. Kloten**

Stationshöhe: 436 m  
 Modellhöhe: 464 m  
 Δh: - 28 m

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 11 / 02  
 T<sub>max</sub>: 12 / 04

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	15	8	0	0
T <sub>max</sub>	17	5	1	0

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	18	5	0	0
T <sub>max</sub>	14	9	0	0

**6. Vaduz**

Stationshöhe: 460 m  
 Modellhöhe: 666 m  
 Δh: - 206 m

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 03 / 11  
 T<sub>max</sub>: 02 / 10

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	15	8	0	0
T <sub>max</sub>	20	2	1	0

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	17	6	0	0
T <sub>max</sub>	16	6	1	0

Tabelle 4.4-6: wie Tabelle 4.1-3 aber für die ANETZ-Stationen Payerne, Kloten und Vaduz.

**7. Adelboden**

Stationshöhe: 1320 m  
 Modellhöhe: 1357 m  
 Δh: -37 m

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	18	5	0	0
T <sub>max</sub>	17	5	1	0

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 07 / 00  
 T<sub>max</sub>: 08 / 07

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	21	2	0	0
T <sub>max</sub>	15	8	0	0

**8. Davos**

Stationshöhe: 1590 m  
 Modellhöhe: 1784 m  
 Δh: -194 m

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	21	2	0	0
T <sub>max</sub>	16	7	0	0

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 02 / 01  
 T<sub>max</sub>: 00 / 19

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	22	1	0	0
T <sub>max</sub>	11	12	0	0

**9. Locarno-Monti**

Stationshöhe: 366 m  
 Modellhöhe: 590 m  
 Δh: -224 m

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	11	11	1	0
T <sub>max</sub>	16	6	1	0

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 00 / 30  
 T<sub>max</sub>: 06 / 09

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	7	15	1	0
T <sub>max</sub>	17	5	1	0

**10. Robiei**

Stationshöhe: 1898 m  
 Modellhöhe: 2036 m  
 Δh: -138 m

00 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	12	11	0	0
T <sub>max</sub>	17	6	0	0

Koeffizient p/n

T<sub>min</sub>: 00 / 27  
 T<sub>max</sub>: 01 / 09

12 UTC

	±2°	±5°	±10°	>±10°
T <sub>min</sub>	8	14	1	0
T <sub>max</sub>	19	4	0	0

Tabelle 4.7-10: wie Tabelle 4.1-3 aber für die ANETZ-Stationen Adelboden, Davos, Locarno-Monti und Robiei.

Ohne irgendwelche (Höhen-) Korrektur bei der Temperatur des HRM erreichen alle Stationen ausser Kloten<sup>1</sup> und Locarno-Monti in > 80% der Fälle eine  $T_{\max}$ - oder  $T_{\min}$ -Vorhersage um 00 UTC oder 12 UTC mit einem Fehler von  $|\Delta T| \leq 2^\circ$ . In Davos ist die  $T_{\min}$ -Vorhersage in 94% der Fälle  $|\Delta T| \leq 2^\circ$ .

Der Koeffizient  $p/n$  ist bei den beiden Stationen im Tessin (Tab. 4.9 - 4.10) interessant: hier ist einerseits  $p+n$  sehr gross und andererseits ist  $n \gg p$  (das HRM gibt zu tiefe Werte an), d.h. eine systematische Temperaturkorrektur ist notwendig und wird bessere Resultate erzielen. Bei Locarno-Monti gibt eine triviale systematische Temperaturkorrektur des HRM von  $+2^\circ$  für  $T_{\min}$  wesentlich bessere Resultate (s. Tabelle 5). Es handelt sich dabei auch um die Station mit dem grössten Höhenunterschied zwischen Stationshöhe und Modellhöhe: das HRM liegt 224 m höher und eine um  $2^\circ$  zu tiefe Temperatur ist damit zu erklären. Bei  $T_{\max}$  ist  $p/n = 6/9$  (s. Tab. 4.9), d.h. in 40% der Fälle liegt die HRM-Temperatur höher als diejenige des ANETZ. Eine systematische Temperaturkorrektur von  $-1^\circ$ , bzw.  $+1^\circ$  ergibt ähnliche Resultate, währendem dieselbe Temperaturkorrektur des HRM von  $+2^\circ$  wie bei  $T_{\min}$  wesentlich schlechtere Resultate ergibt. Im operationellen Betrieb des HRM wird eine systematische Höhenkorrektur für die Verifikation eingeführt. Für die Stationen mit einem Höhenunterschied zwischen ANETZ und HRM von  $< 200$  m wird aber vor allem eine Temperaturkorrektur mittels eines Kalman-Filters sehr sinnvoll sein [Cattani, 1993]<sup>2</sup>. Abweichungen von  $|\Delta T| > 2^\circ$  waren in dieser präoperationellen Phase häufig mit bestimmten Wetterlagen verknüpft: solche Abweichungen sollten mit einem Kalman-Filter (teilweise) korrigiert werden können.

<b>Locarno-Monti:</b>				
Stationshöhe:	366 m			
Modellhöhe:	590 m			
$\Delta h$ :	-224 m			
	$\pm 2^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$> \pm 10^\circ$
$T_{\min}$ ohne Korrektur	18	26	2	0
$T_{\min}$ mit einer HRM-Korrektur von $+2^\circ$	40	6	0	0
$T_{\max}$ ohne Korrektur	33	11	2	0
$T_{\max}$ mit einer HRM-Korrektur von $-1^\circ$	34	10	2	0
$T_{\max}$ mit einer HRM-Korrektur von $+1^\circ$	34	11	1	0
$T_{\max}$ mit einer HRM-Korrektur von $+2^\circ$	23	21	2	0

Tabelle 5: Verifikation der Temperatur auf 2 m ü.B. für die 46 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und 12 UTC vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992 für die ANETZ-Station Locarno-Monti. Oben:  $T_{\min}$  ohne Korrektur und mit einer Korrektur der HRM-Temperatur von  $+2^\circ$ ; Unten  $T_{\max}$  ohne Korrektur und mit einer Korrektur der HRM-Temperatur von  $-1^\circ$ ,  $+1^\circ$  und  $+2^\circ$ . Es werden die Anzahl Fälle angegeben für jede der vier Temperaturdifferenzklassen:  $\pm 5^\circ$  bedeutet Abweichung von  $3^\circ$  bis  $5^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$  bedeutet Abweichung von  $6^\circ$  bis  $10^\circ$ .

1. Kloten erreicht in 18 Fällen (d.h. 78%) eine  $T_{\min}$ -Vorhersage ab 12 UTC mit einem Fehler von  $|\Delta T| \leq 2^\circ$ .

2. Acht der zehn ANETZ-Stationen für die Verifikation der präoperationellen Phase hatten einen Höhenunterschied von  $< 200$  m.

Tabelle 6 gibt die zusammengefassten Resultate für alle zehn Stationen. Nur in ca. 1.6 % der Fälle war der Fehler  $|\Delta T| > 5^\circ$ . Interessant ist im weiteren, dass die Vorhersage der Minimum Temperatur von Samstag 12 UTC bis Sonntag 12 UTC mit den HRM-Vorhersagen ab Samstag 00 UTC nicht schlechter ist, als mit denjenigen welche 12 Stunden später beginnen.

Alle zehn ANETZ-Stationen zusammengefasst									
00 UTC					12 UTC				
	$\pm 2^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$> \pm 10^\circ$		$\pm 2^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$> \pm 10^\circ$
$T_{\min}$	74%	25.6%	0.4%	0%	$T_{\min}$	70%	29%	1%	0%
$T_{\max}$	72%	25%	3%	0%	$T_{\max}$	62%	35%	3%	0%

Tabelle 6: Verifikation der Temperatur auf 2 m ü.B. für die 23 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und bzw. 12 UTC vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992 für alle zehn ANETZ-Stationen. Die Häufigkeit des Eintreffens (in %) für jede der vier Temperaturdifferenzklassen wird angegeben:  $\pm 5^\circ$  bedeutet Abweichung von  $3^\circ$  bis  $5^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$  bedeutet Abweichung von  $6^\circ$  bis  $10^\circ$ .

Die Zahlen aus Tabelle 6 können in Verbindung gebracht werden mit den Prognose-Trefferraten der objektiven Verifikation der Wetterberichte der SMA. Das Projekt OPKO (Objektive Prognose Kontrolle) des Wetterdienstes hat als Ziel die Güte der Prognosen aller Wetterberichte für die verschiedenen Klimaregionen der Schweiz (s. Abb. 2) quantitativ zu erfassen. Bei der Temperatur wird die Minimum und die Maximum Temperatur verifiziert: für jede Klimaregion wird die verschlüsselte Textprognose verglichen mit dem Mittel der Temperatur der ANETZ-Stationen in dieser Region. Die OPKO-Trefferrate für die verschiedenen Temperaturabweichungen ist die folgende:

$ \Delta T  \leq 2.5^\circ$	->	100% richtig
$2.6^\circ <  \Delta T  \leq 3.5^\circ$	->	75% richtig
$3.6^\circ <  \Delta T  \leq 4.5^\circ$	->	50% richtig
$4.6^\circ <  \Delta T  \leq 5.5^\circ$	->	25% richtig
$ \Delta T  > 5.5^\circ$	->	0% richtig.

Tabelle 7 zeigt die OPKO-Trefferrate der Temperaturvorhersage für den Zeitraum vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992 für die Klimaregionen der Westschweiz, der Deutschschweiz und der Südschweiz für den ersten Wetterbericht (Vorhersage von  $T_{\max}$  des Tages) und für den vierten Wetterbericht (Mittel aus der Trefferrate der Vorhersage von  $T_{\min}$  der folgenden Nacht und von  $T_{\max}$  des folgenden Tages).

Tabelle 8 bringt die Resultate der HRM-Verifikation (Tab. 6) mit den Resultaten der OPKO-Verifikation (Tab. 7) in Verbindung, wobei zu beachten ist, dass beim HRM nur die Samstag/Sonntag-Vorhersagen verifiziert werden können (bei OPKO werden alle Tage berücksichtigt). Um die Resultate der HRM-Verifikation in die OPKO-Trefferrate umzuwandeln, wurden Temperaturabweichungen von  $\pm 2^\circ$  als 100% richtig, solche von  $\pm 3^\circ$  bis  $\pm 5^\circ$  als 62.5% richtig und solche von mehr als  $5^\circ$  als 0% richtig betrachtet. Es fällt sofort auf, dass die Resultate

Region	1. Wetterbericht	4. Wetterbericht
Westschweiz	94%	94%
Deutscheschweiz	92%	92%
Südschweiz	88%	84%

Tabelle 7: Resultate der OPKO-Trefferrate (%) für die Verifikation der Temperaturvorhersage aller ersten und vierten Wetterberichte des Wetterdienstes vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992.

sehr ähnlich sind, obwohl die Erstellung der Trefferraten für HRM und OPKO auf sehr verschiedene Art erfolgt ist! *Bei OPKO geschieht die Verifikation mit einem Mittel von verschiedenen ANETZ-Stationen unterhalb 600 m, beim HRM hingegen erfolgt die Verifikation für jede ANETZ-Station einzeln, was wesentlich strenger ist.* Diese Resultate deuten darauf hin, dass in den operationellen HRM-Vorhersagen ein Potential da ist, um die Trefferraten der Wettervorhersagen noch zu erhöhen: *ohne jegliche Korrektur der HRM-Temperaturvorhersagen* werden bereits annähernd gleich gute Vorhersagen der Temperatur erreicht wie diejenigen in den Wetterberichten. Murphy und Chen [1988] zeigen mittels statistischer Verfahren für die Temperaturvorhersagen (Minimum und Maximum) der Jahre 1980-86 in den Vereinigten Staaten, dass die subjektiven ("man"-) Vorhersagen Informationen enthalten, welche in den objektiven ("maschine"-) Vorhersagen nicht vorhanden sind, dass umgekehrt aber auch die objektiven Vorhersagen Informationen enthalten, welche in den subjektiven Vorhersagen nicht vorhanden sind. D.h. in der HRM-Kolonne aus Tabelle 8 ist auch noch Information enthalten, welche in der OPKO-Kolonne nicht vorhanden ist. Mit Einbezug der Information aus HRM sollte somit die Trefferrate in der OPKO-Kolonne erhöht werden können.

Zeitpunkt der Vorhersage	HRM	OPKO
frühmorgens	89%	91%
nachmittags	86%	90%

Tabelle 8: Vergleich der Verifikation der Temperaturvorhersage zwischen HRM und OPKO mittels der OPKO-Trefferrate (%).

#### 4.3.2 Minimum und Maximum Temperatur auf 5 cm über Boden

Die tiefste/höchste Temperatur des HRM am Boden wird mit dem Minimum und Maximum der Lufttemperatur auf 5 cm über Boden des ANETZ verglichen (beide Grössen sind nicht identisch!). Es soll v.a. untersucht werden, ob mit dem HRM (Minimum Temperatur am Boden) die Minimum Temperatur auf 5 cm über Boden des ANETZ gut vorhergesagt werden könnte. Falls ja, so wäre mit dieser Grösse ein Potential für die Frostvorhersage im Frühling gegeben. Die Maximum Temperatur auf 5 cm über Boden ist für den Wetterdienst uninteressant: sie ist auch äusserst stark von der Sonneneinstrahlung und der Bodenbeschaffenheit abhängig.

Die Verifikation zeigt, dass die Temperaturunterschiede an einzelnen Stationen systematisch recht gross sind ( $> 5^\circ$ ), so v.a an den Bergstationen Adelboden und Davos. In Tabelle 9 sind die Resultate für die vier Stationen des Mittellandes (Genf, Payerne, Basel und Kloten) zusammengefasst: die Minimum Temperatur auf 5 cm über Boden der nachfolgenden Nacht kann ohne Korrektur in knapp 60% der Fälle mit  $|\Delta T| \leq 2^\circ$  vorhergesagt werden.

Genf, Basel, Payerne und Kloten									
00 UTC					12 UTC				
	$\pm 2^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$> \pm 10^\circ$		$\pm 2^\circ$	$\pm 5^\circ$	$\pm 10^\circ$	$> \pm 10^\circ$
$T_{\min}$	57%	37%	6%	0%	$T_{\min}$	59%	38%	3%	0%
$T_{\max}$	47%	35%	18%	0%	$T_{\max}$	46%	37%	17%	0%

Tabelle 9: Verifikation der Temperatur auf 5 cm ü.B. für die 23 HRM-Vorhersagen jedes Samstags 00 UTC und bzw. 12 UTC vom 23. Mai bis 24. Oktober 1992 für die vier ANETZ-Stationen Genf, Basel, Payerne und Kloten. Die Häufigkeit des Eintreffens (in %) für jede der vier Temperaturdifferenzklassen wird angegeben:  $\pm 5^\circ$  bedeutet Abweichung von  $3^\circ$  bis  $5^\circ$ ,  $\pm 10^\circ$  bedeutet Abweichung von  $6^\circ$  bis  $10^\circ$ .

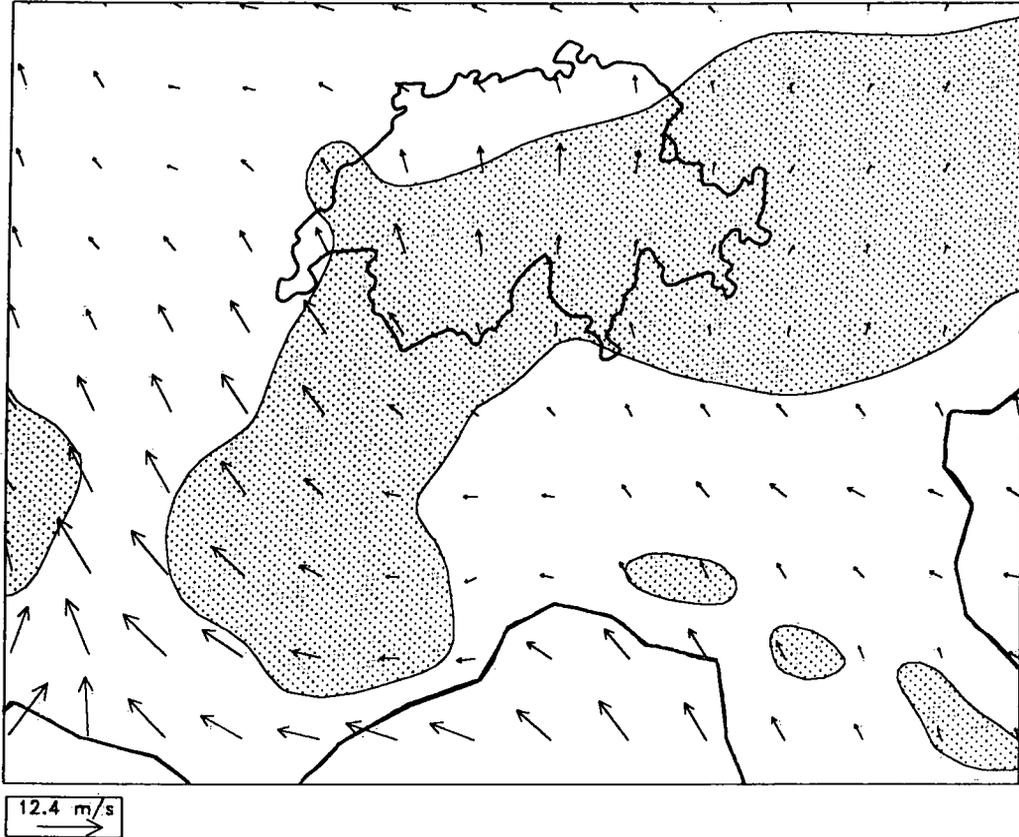
## 5. Weitere Resultate

Die Resultate der manuellen, objektiven Verifikation des Niederschlags (12 Stunden-summen) und der Temperatur (Minimum und Maximum) für zehn repräsentative ANETZ-Stationen haben gezeigt, dass das HRM (für das Sommerhalbjahr) sehr gut brauchbare, objektive Vorhersagen dieser Wetterelemente gibt. Alle Resultate basieren auf der Verifikation an einzelnen Gitterpunkte des HRM.

Das HRM wurde auch subjektiv anhand von grafischen Karten beurteilt. Dabei zeigte sich, dass die Bewölkung (Bedeckungsgrad mit hohen, mittelhohen und niedrigen Wolken) und das Windfeld in Bodennähe sehr nützliche, regionale Aussagen ermöglichen, welche mit einem weniger hochaufgelösten Modell wie zum Beispiel dem Europa-Modell (EM) des DWD noch nicht möglich sind.

Abbildung 4 zeigt eine 24 Stunden Vorhersage des Windfeldes 10 m über Boden mit (a) dem EM und (b) mit dem HRM für den 27. September 1992 mittags. An diesem Tag herrschte eine starke Südströmung über dem Alpenraum sowohl auf 500 hPa wie auch in Bodennähe über den Alpen. Diese Strömung ist auf dem EM über der Schweiz gut sichtbar. Das Windfeld des HRM zeigt diese Südströmung (Föhn) ebenfalls über den Alpen und in den Alpentälern (Rheintal und Reusstal), aber über dem Mittelland herrscht vom Bodensee bis ins westliche Mittelland bei Payerne eine Nordostströmung (Bise).

a)



b)

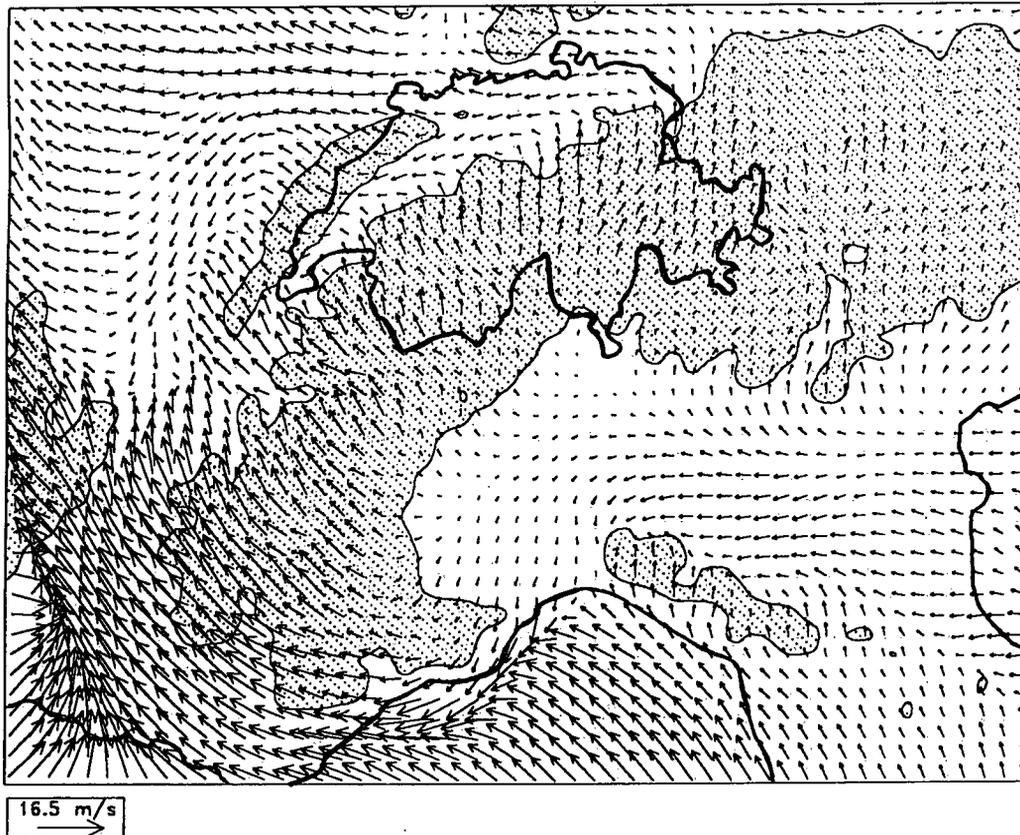


Abb. 4: Windfeld 10 m über Grund am 27. September 1992 12 UTC für ein Ausschnittgebiet über dem Alpenraum (von der nördlichen Mittelmeerküste bis 48° N) ausgehend von einer 24 Stunden Vorhersage des EM (a) und von einer 24 Stunden Vorhersage des HRM (b). Das schraffierte Gebiet zeigt die Fläche des Modells mit einer Orographie > 750 m ü.M. Die Länge des Pfeiles mit dem stärksten Wind (in  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ist links unten angezeigt.

Die Beobachtungen an diesem Termin (Tab. 10) zeigen deutlich das Nebeneinander von Föhn in den Alpentälern (Altdorf, Chur/Ems) und Bise im Mittelland (Schaffhausen, Zürich SMA, Fribourg) wobei die Bise nicht bis ins Genfersee vordringt (Genf hat SW-Wind).

Klimastation	Windrichtung (dd)	Windstärke (ff)
Schaffhausen	11	5
Zürich SMA	05	5
Fribourg	04	9
Genève-Aéroport	24	7
Altdorf	13	22
Chur/EMS	24	13

Tab. 10: Windfeld (Richtung dd [09 = Ost, 18 = Süd, 27 = West, 36 = Nord] und Stärke ff [ in Knoten]) bei 6 Klimastationen am 27. September 1992 um 13 Uhr MEZ.

Weitere Merkmale und Unterschiede zwischen der EM-Vorhersage und der HRM-Vorhersage bei Abb. 3 betreffen:

- die Kanalisierung und Beschleunigung der Strömung im südfranzösischen Rhonetal,
- der Effekt des Juras (Überströmung/Kanalisierung) beim HRM. Der Jura ist im EM nicht vorhanden, darum fehlen dessen Effekte auf die Strömung beim EM,
- Umlenkung des Windfeldes und Nordströmung westlich der Apenninen im HRM. Beim EM ist dieses Merkmal nicht sichtbar.

## 6. Ausblick

Das Vorhersagegebiet ("gemeinsames HRM-Testgebiet" mit 109x101 Gitterpunkten aus Abb.1), welches für die präoperationellen Phasen beim DWD und an der SMA gemeinsam festgelegt wurde, wird für den operationellen Betrieb des HRM in der Schweiz um ca. 4° nach Süden und Westen erweitert, damit v.a. (zyklonale) Wetterentwicklungen südlich der Alpen im HRM erfasst werden können.

Der Beginn des operationellen Betriebes des HRM an der SMA ist für Anfang 1993 vorgesehen.

Die Verifikation HRM-ANETZ wird erweitert und automatisiert. Zusätzlich zu den hier vorgestellten Wetterelementen sollen auch der Luftdruck (und die Luftdrucktendenz), Wind (Richtung und Stärke) und die Bewölkung verifiziert werden. Die Verifikation soll auf stündliche Daten des HRM und des ANETZ basieren, um die Güte des zeitlichen Verlaufs einer Vorhersage beurteilen zu können. In Bezug auf die Temperatur z.B. heisst dies, dass nicht mehr nur die Minimum und Maximum Temperatur verifiziert wird, sondern auch (und v.a.) die Temperatur zu einem bestimmten Vorhersagetermin und der Tagesverlauf der Temperatur.

## Literaturverzeichnis

- Binder, P. 1992: Aspects of precipitation simulation in numerical weather prediction. Towards an operational mesoscale NWP model.  
Veröffentlichungen der Schweiz. Meteorol. Anstalt Nr. 51, pp. 144.
- Cattani, D. 1993: Kalman filtering.  
Arbeitsberichte der Schweiz. Meteorol. Anstalt, (In Vorbereitung) 16 pp.
- EWGLAM, 1992: Swiss surface and upper air stations for EWGLAM verification.  
*EWGLAM Newsletter*, 22, in Annex 1 at p. 251.
- Majewski, D. 1991: The Europa-Modell of the Deutscher Wetterdienst.  
In: ECMWF Seminar Proceedings "Numerical methods in atmospheric models", Reading (GB), 9-13 September 1991, Volume II, 147-191.
- de Morsier, G. 1991: Vergleich von verschiedenen externen Parametern für das HRM.  
DWD-SMA Rundbrief Nr. 6, Teil III. 4 Seiten und 30 Abb.
- Murphy, A. and Y.-S. Chen, 1988: Statistical analysis of interrelationships between objective and subjective temperature forecasts.  
*Mon. Wea. Rev.*, 116, 2121-2131.
- Quiby, J., F. Schubiger et P. Binder, 1988: Le programme MESOMOD de l'ISM (Développement d'un modèle numérique de prévision à méso-échelle).  
Arbeitsberichte der Schweiz. Meteorol. Anstalt Nr. 150, 40 pp.
- Schubiger, F. und G. de Morsier, 1992: Erstellung von Anfangs- und Randfeldern für das hochauflösende Regionalmodell (HRM) und zugehörige Experimente.  
Arbeitsberichte der Schweiz. Meteorol. Anstalt Nr. 169, 34 pp.
- Tiedtke, M. 1989: A comprehensive mass flux scheme for the cumulus parameterization in large-scale models.  
*Mon. Wea. Rev.*, 117, 1779-1800.

### Adresse des Autors:

Francis Schubiger  
Schweizerische Meteorologische Anstalt  
Postfach  
CH - 8044 Zürich

e-mail: scu@sma.ch

