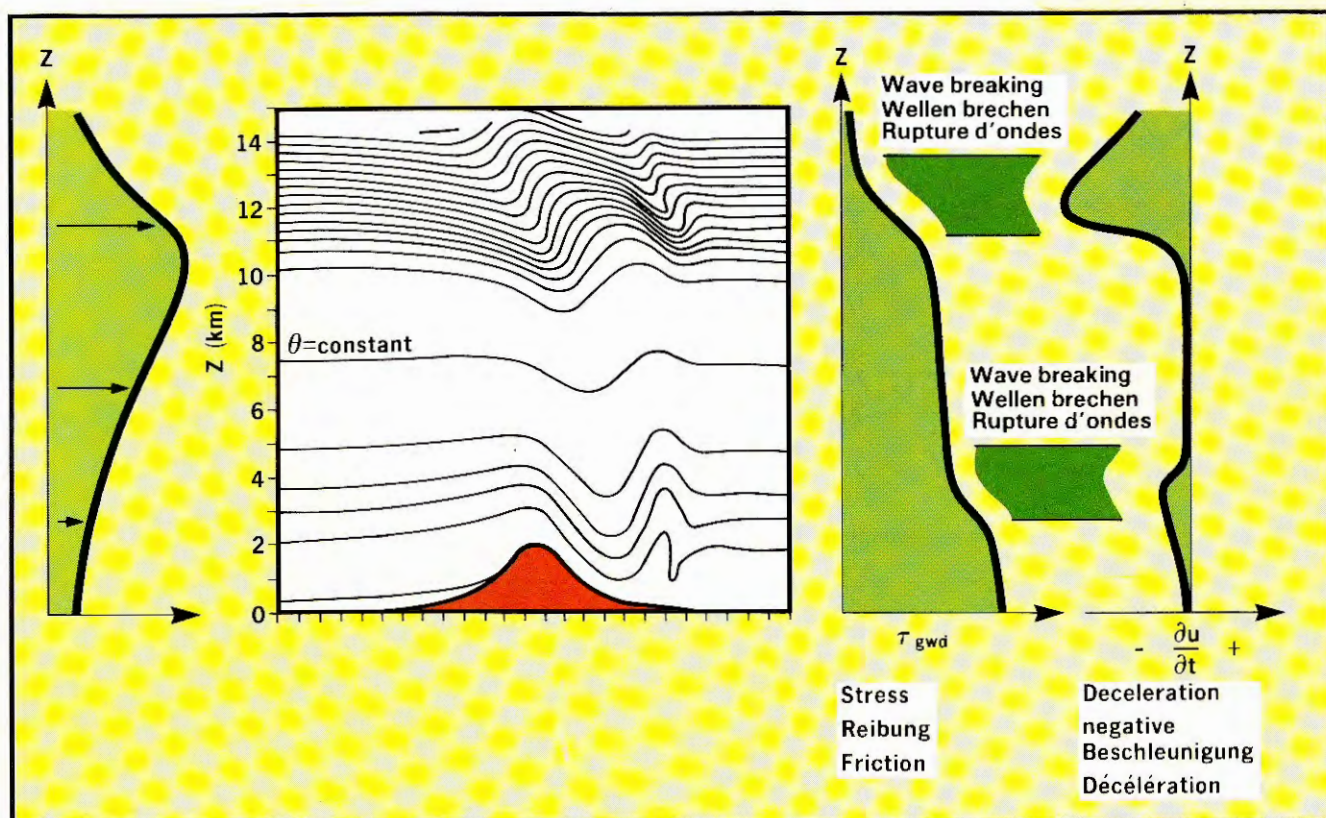


# Annual Report 1986

## Jahresbericht 1986

## Rapport Annuel 1986



European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

Europäisches Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage

Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme



The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) is an international organisation established by a convention signed in October 1973 and now supported by the following Member States:

Belgium  
Denmark  
Federal Republic of Germany  
Spain  
France  
Greece  
Ireland  
Italy  
Yugoslavia  
The Netherlands  
Austria  
Portugal  
Switzerland  
Finland  
Sweden  
Turkey  
United Kingdom

In addition, there is a Co-operation Agreement between the Government of Iceland and the Centre.

*The Centre's principal objectives are:*

the development of numerical methods for medium-range weather forecasting;

the preparation, on a regular basis, of medium-range weather forecasts for distribution to the meteorological services of the Member States;

scientific and technical research directed to the improvement of these forecasts;

collection and storage of appropriate meteorological data.

In addition, the Centre is charged with making available a proportion of its computing capabilities to the Member States for their research, with assisting in implementing the programmes of the World Meteorological Organisation and with assisting the advanced training of the scientific staff of the Member States in the field of numerical weather prediction.

The ruling body is the Council formed of two representatives from each Member State. The Council appoints the Director who is responsible for ensuring that the Centre's objectives are pursued. Under the Director there are three Departments – Operations, Research and Administration.

ECMWF  
Shinfield Park, Reading,  
Berkshire, RG2 9AX  
England.  
Telephone: UK (0734) 876000  
International: (+ 44 734) 876000  
Telex: 847908  
Facsimile: (0734) 869450  
Director: Dr. L. Bengtsson

Das Europäische Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW) ist eine internationale Organisation, die durch ein im Oktober 1973 unterzeichnetes Übereinkommen gegründet wurde und jetzt durch folgende Mitgliedstaaten getragen wird:

Belgien  
Dänemark  
Bundesrepublik Deutschland  
Spanien  
Frankreich  
Griechenland  
Irland  
Italien  
Jugoslawien  
Niederlande  
Österreich  
Portugal  
Schweiz  
Finnland  
Schweden  
Türkei  
Vereinigtes Königreich

Darüber hinaus besteht zwischen der Regierung Islands und dem Zentrum ein Kooperationsabkommen.

*Die wichtigsten Ziele des Zentrums sind:*

Entwicklung numerischer Verfahren für mittelfristige Wettervorhersagen;

Routinemässige Erstellung und Verbreitung von mittelfristigen Wettervorhersagen für die Wetterdienste der Mitgliedstaaten;

Wissenschaftliche und technische Forschung zur Verbesserung der Vorhersagen;

Sammlung und Speicherung meteorologischer Daten.

Das Zentrum hat ferner die Aufgabe, einen bestimmten Prozentsatz seiner Rechenkapazität den Mitgliedstaaten für ihre Forschungsarbeit zur Verfügung zu stellen, die Programme der Weltorganisation für Meteorologie zu unterstützen und bei der Fortbildung des wissenschaftlichen Personals der Mitgliedstaaten auf dem Gebiet der numerischen Wettervorhersage mitzuwirken.

Das leitende Gremium des Zentrums ist der Rat, dem zwei Vertreter eines jeden Mitgliedstaats angehören. Der Rat ernennt den Direktor, der zu gewährleisten hat, dass die Ziele des Zentrums verfolgt werden. Dem Direktor unterstehen drei Abteilungen, nämlich Betriebsabteilung, Forschungsabteilung und Verwaltungsabteilung.

Le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) est une organisation internationale créée par une Convention signée en octobre 1973 et, dès lors, financée par les Etats membres suivants:

Belgique  
Danemark  
République fédérale d'Allemagne  
Espagne  
France  
Grèce  
Irlande  
Italie  
Yougoslavie  
Pays-Bas  
Autriche  
Portugal  
Suisse  
Finlande  
Suède  
Turquie  
Royaume-Uni

En outre, un accord de coopération a été conclu entre le gouvernement de l'Islande et le Centre.

*Le Centre a pour objectifs principaux:*

de développer des méthodes numériques pour la prévision du temps à moyenne échéance, c'est-à-dire jusqu'à dix jours à l'avance,

de préparer régulièrement des prévisions du temps à moyenne échéance et de les diffuser aux services météorologiques des Etats membres,

d'effectuer des recherches scientifiques et techniques tendant à améliorer la qualité de ces prévisions,

de rassembler et de stocker les données météorologiques appropriées.

En outre, le Centre est chargé de mettre à la disposition des Etats membres, pour leurs propres recherches, une proportion de ses capacités de calcul ainsi que de contribuer à la mise en oeuvre de programmes de l'Organisation météorologique mondiale et au perfectionnement du personnel scientifique des centres météorologiques des Etats membres, dans le domaine des prévisions météorologiques numériques.

L'organe suprême du Centre est le Conseil. Il est composé de deux représentants de chaque Etat membre. C'est au Conseil qu'incombe la tâche de nommer le Directeur qui, lui, est chargé d'assurer la réalisation des tâches confiées au Centre. Sous son autorité sont placés trois départements: les opérations, la recherche et l'administration.



## ECMWF HISTORICAL SUMMARY

### BACKGROUND

- 1967 European Council of Ministers propose co-operation in science and technology
- 1969 Expert group in meteorology propose joint meteorological computing and research centre
- 1971 Report on "European Meteorological Computing Centre": net benefit of £100m estimated per annum at 1971 prices

### ESTABLISHMENT

- 1973 ECMWF Convention signed
- 1975 ECMWF Convention into force
- 1978 Headquarters building completed

### OPERATIONAL ACTIVITIES

- 1978 Installation of first computer system: CRAY 1-A mainframe, CYBER front end, RC telecommunications
- 1979 Start of operations 5 days/week using N48 grid point model
- 1980 Full operational production, forecasting daily to 10 days ahead
- 1981 Dissemination on Global Telecommunications System of the World Meteorological Organisation
- 1983 16-level T63 spectral operational model introduced
- 1983-1984 Installation of CRAY X-MP/22 mainframe and IBM data storage system
- 1985 T106 spectral operational model introduced. Installation of CRAY X-MP/48 mainframe and Dec telecommunications system (VAX)
- 1986 19-level model introduced

## ZUSAMMENFASSENDE ÜBERBLICK

### RÜCKBLICK

- 1967 Der Europäische Ministerrat schlägt die Zusammenarbeit auf den Gebieten der Wissenschaft und Technologie vor
- 1969 Eine Expertengruppe für Meteorologie schlägt ein gemeinsames Meteorologisches Rechen- und Forschungszentrum vor
- 1971 Bericht über das "Europäische Meteorologische Rechenzentrum": Der jährliche Nutzen nach dem Preisstand von 1971 wird auf netto £100 Millionen Pfund Sterling veranschlagt

### ERRICHTUNG DES ZENTRUMS

- 1973 Unterzeichnung des Übereinkommens des EZMW
- 1975 Inkrafttreten des Übereinkommens des EZMW
- 1978 Fertigstellung des Sitzes des EZMW

### ROUTINEMÄSSIGE AKTIVITÄTEN

- 1978 Installation der ersten Rechenanlage: Hauptrechner CRAY 1-A, CYBER-VORRECHNER, RC-Telekommunikationssystem
- 1979 Beginn der Vorhersagen für 5 Tage pro Woche mit dem Gitterpunktmodell N48
- 1980 Routinemässige Erstellung von täglichen Vorhersagen für zehn Tage
- 1981 Verbreitung der Vorhersagedaten über das Globale Telekommunikationsnetz der Weltorganisation für Meteorologie
- 1983 Einführung des Spektralmodells für routinemässige Vorhersagen T63 mit 16 Schichten
- 1983-1984 Installation des Hauptrechners CRAY X-MP/22 und des IBM – Datenspeichersystems
- 1985 Einführung des Spektralmodells T106 für Routinevorhersagen, Installation des Hauptrechners CRAY X-MP/48 und des DEC-Telekommunikationsnetzes (VAX)
- 1986 Einführung des Modells mit 19 Schichten

## RESUME HISTORIQUE DU CEPMMT

### DETAILS DE FOND

- 1967 Le Conseil des Ministres Européen propose qu'il y ait coopération dans les domaines de la science et la technologie
- 1969 Un groupe d'experts en météorologie propose la création d'un centre commun d'informatique et de recherche en météorologie
- 1971 Rapport sur "le Centre européen d'informatique en météorologie": bénéfice annuel net de 100 millions de livres sterling estimé aux prix de 1971

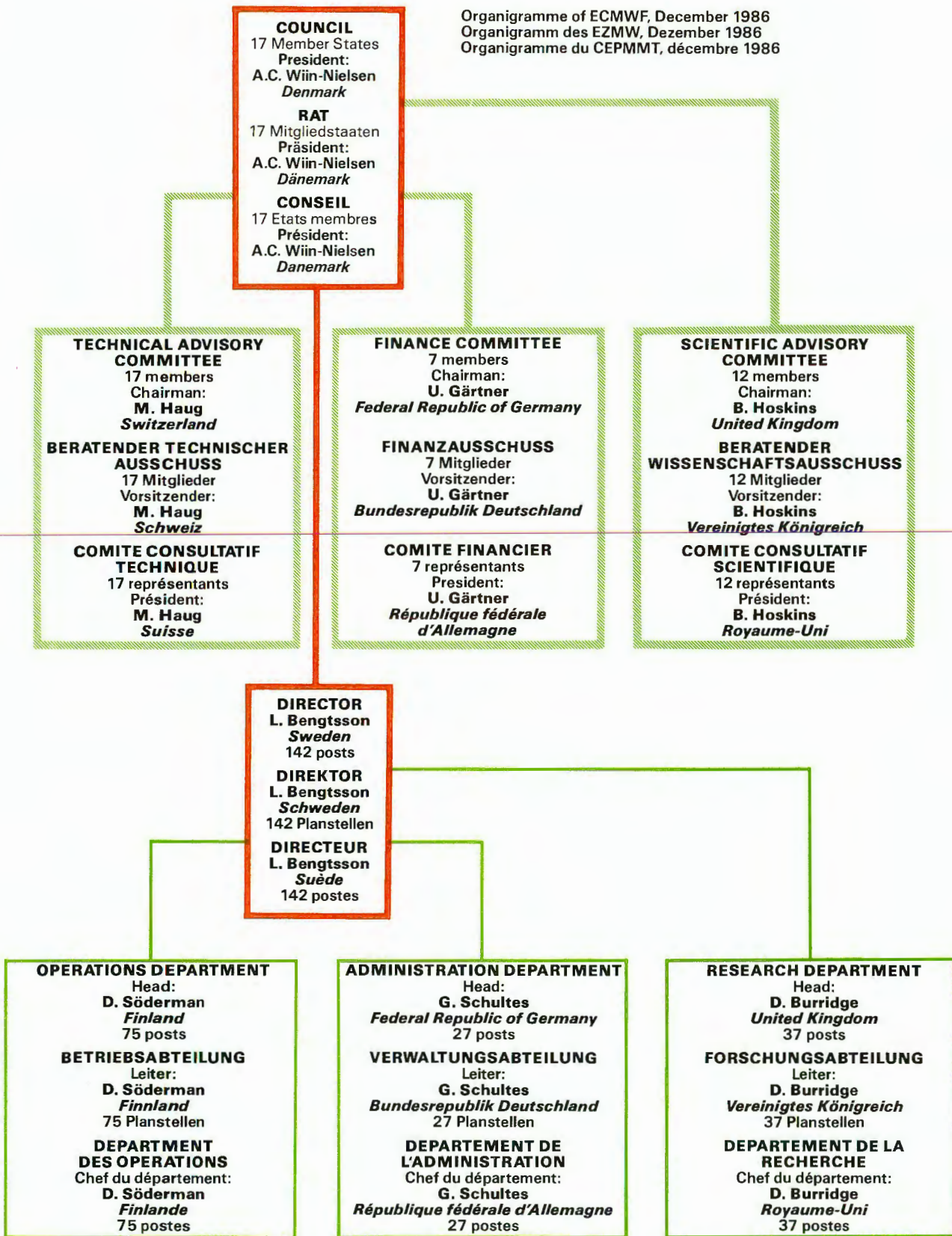
### CREATION

- 1973 Signature de la Convention du CEPMMT
- 1975 Entrée en vigueur de la Convention du CEPMMT
- 1978 Achèvement de la construction du Centre

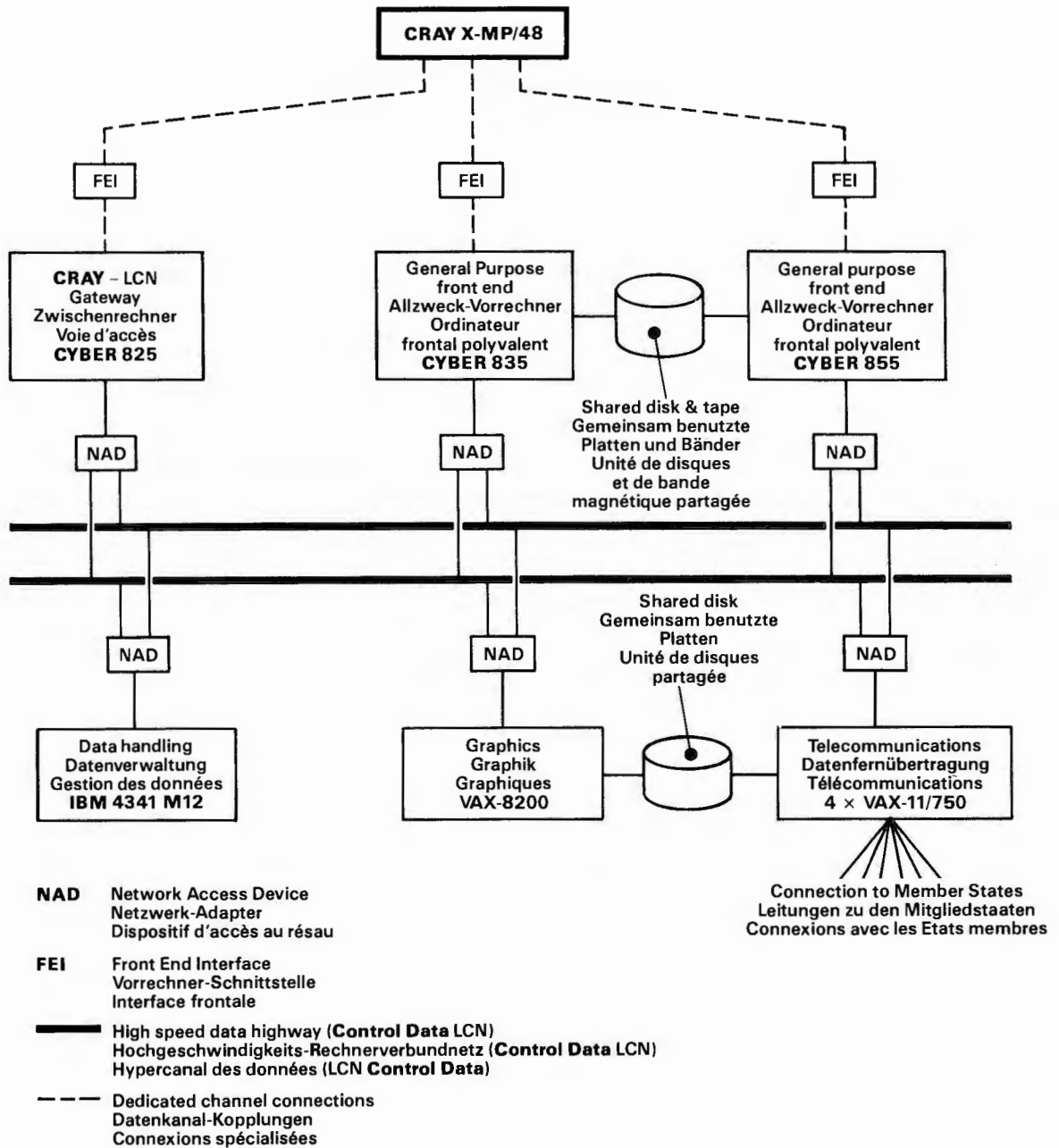
### ACTIVITES OPERATIONNELLES

- 1978 Installation du premier système de calcul : ordinateur principal CRAY 1-A, ordinateur frontal CYBER, et ordinateur de télécommunications RC
- 1979 Début des opérations 5 jours par semaine, avec utilisation du modèle à points en grille N48
- 1980 Exploitation intégrale, et prévisions journalières jusqu'à 10 jours à l'avance
- 1981 Diffusion sur le système de télécommunications global de l'Organisation météorologique mondiale
- 1983 Introduction du modèle d'exploitation spectral T63 à 16 niveaux
- 1983-1984 Installation de l'ordinateur principal CRAY X-MP/22 et du système de support d'information IBM
- 1985 Introduction du modèle d'exploitation spectral T106. Installation de l'ordinateur principal CRAY X-MP/48 et du système de télécommunications DEC (VAX)
- 1986 Introduction du modèle à 19 Niveaux

Organigramme of ECMWF, December 1986  
 Organigramm des EZMW, Dezember 1986  
 Organigramme du CEPMMT, décembre 1986









**Annual Report 1986**  
**Jahresbericht 1986**  
**Rapport Annuel 1986**

---





Dr. L. Bengtsson, Director  
Direktor  
Directeur



**CONTENTS**

|  |    |
|--|----|
| Foreword .....   | 4  |
| Introduction .....   | 5  |
| Prediction of end of cold spell<br>February 1986 .....                                 | 7  |
| Changes to the operational system in 1986 .....  | 9  |
| – New analysis system  |    |
| – Increased stratospheric resolution   |    |
| – The parametrization of gravity wave drag   |    |
| – Operational implementation   |    |
| Experiments with higher horizontal<br>resolution .....                                 | 21 |
| Long-range forecasting experiments .....   | 24 |
| Experimental medium-range forecasts from<br>00 UTC data with short cut-off times ..... | 30 |
| Data services provided by ECMWF .....  | 31 |
| Monitoring of data quality: upper-air data .....                                       | 33 |
| The new ECMWF telecommunications<br>system .....                                       | 34 |
| Use of multi-processors in medium-range<br>weather forecasting .....                   | 36 |
| Personnel .....  | 38 |
| Finance .....  | 39 |
| Education .....  | 41 |
| The Council and its Committees .....   | 44 |
| Consultants and visiting scientists .....  | 46 |
| ECMWF Publications .....   | 48 |
| External Publications .....  | 49 |

**INHALT**

|   |    |
|---|----|
| Vorwort .....   | 4  |
| Einleitung .....  | 5  |
| Vorhersage des Endes des kalten Wetters im<br>Februar 1986 .....  | 7  |
| Änderungen des operationellen Systems im<br>Jahre 1986 .....  | 9  |
| – Neues Analysensystem  |    |
| – Erhöhte Anflösung der Stratosphäre  |    |
| – Parametrisierung der Reibung aufgrund von<br>Schwerewellen  |    |
| – Einführung von Änderungen des<br>operationellen Systems   |    |
| Experimente mit höherer horizontaler<br>Auflösung .....   | 21 |
| Langfristige Vorhersage-Experimente .....   | 24 |
| Experimentelle Mittelfristvorhersagen aufgrund<br>der Daten von 00 UTC bei frühzeitigem<br>Abschluss der Datenerfassung ..... | 30 |
| Datendienstleistungen des EZMW .....  | 31 |
| Kontrolle der Güte der Daten der oberen<br>Luftschichten .....  | 33 |
| Das neue Telekommunikationssystem<br>des EZMW .....   | 34 |
| Benutzung von Multiprozessoren in der<br>mittelfristigen Wettervorhersage .....   | 36 |
| Personal .....  | 38 |
| Finanzen .....  | 39 |
| Fortbildung .....   | 41 |
| Der Rat und seine Ausschüsse .....  | 44 |
| Berater und Gastwissenschaftler .....   | 46 |
| Veröffentlichungen des EZMW .....   | 48 |
| Veröffentlichungen in der Fachliteratur .....   | 49 |

**TABLE DES MATIERES**

|   |    |
|---|----|
| Avant-propos .....  | 4  |
| Introduction .....  | 5  |
| Prédiction de la fin de la période de froid,<br>février 1986 .....  | 7  |
| Modifications apportées au système<br>opérationnel en 1986 .....  | 9  |
| – Nouveau système d'analyse   |    |
| – Résolution plus élevée dans la stratosphère   |    |
| – Paramétrisation de la traînée due à l'onde de<br>gravité  |    |
| – Mise en oeuvre  |    |
| Prévisions expérimentales avec une plus grande<br>résolution horizontale .....  | 21 |
| Prévisions expérimentales à long terme .....  | 24 |
| Prévisions expérimentales à moyen terme à<br>partir des données obtenues à 00 UTC avec<br>point de coupure anticipé ..... | 30 |
| Services de données assurées par<br>le CEPMMT .....   | 31 |
| Contrôle de la qualité des données – données en<br>altitude .....   | 33 |
| Nouveau système de télécommunications du<br>CEPMMT .....  | 34 |
| Utilisation de multiprocesseurs pour les<br>prévisions météorologiques à moyen terme ...                                  | 36 |
| Personnel .....   | 38 |
| Finances .....  | 39 |
| Enseignement .....  | 41 |
| Le Conseil et ses Comités .....   | 44 |
| Consultants et scientifiques visiteurs .....  | 46 |
| Ouvrages publiés par le CEPMMT .....  | 48 |
| Ouvrages publiés à l'extérieur .....  | 49 |



## FOREWORD

The first ten years of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts were celebrated on 22 November 1985 with a scientific seminar.

Those attending, including Council members and Centre staff, were able to take a justifiable pride in the achievements of the Centre during those years.

The Centre, established and supported by seventeen European Member States, has produced the highest quality medium-range weather forecasts in the world, and has set a standard of excellence in numerical weather prediction which is universally admired. The benefits to the population of its Member States (about 420 million people in all) of improved forecasts, and also of the research from use of its computer system, archives and software, are very great.

The sections of this report summarise some of the important achievements of the Centre during 1986. Changes to the operational forecasting system led to improved forecast quality. The CRAY X-MP/48 has performed to the highest expectations, and now gives a throughput almost ten times that of the CRAY-1, the Centre's first computer.

This is the last foreword which I shall contribute to the Centre's Annual Report, as my term of office as President of the Council expired in December 1986. I express my congratulations, thanks and best wishes for the future to the Council, the Director and the staff of the Centre. As I stated in my contribution to the ten-year seminar, I strongly believed that in our specific field, the achievements of ECMWF can be a stimulus and an example to all.

Finally, leaving the Directorship of the Portuguese Institute of Meteorology and Geophysics, let me take this opportunity to thank again the colleagues of the European meteorological services, the Director and the staff of the Centre, for their confidence and excellent collaboration. It was for me a great honour to serve as President of the ECMWF and as President of the Regional Association VI (Europe) of WMO. Leaving my activities in the field of meteorology, be sure that I will always remember my ten years with this excellent scientific and technical community, where friendship is not just a word.

I sincerely hope that in the future, we will continue to record the best successes of Meteorology.

*Professor L. A. Mendes Victor, President of the Council.*

## VORWORT

Aus Anlass des zehnjährigen Bestehens des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage fand am 22. November 1985 ein wissenschaftliches Seminar statt.

Die Teilnehmer an diesem Seminar, zu denen Mitglieder des Rates und Mitarbeiter des Zentrums gehörten, konnten mit Recht auf die durch das Zentrum in diesen Jahren erzielten Erfolge stolz sein.

Das durch siebzehn europäische Mitgliedstaaten errichtete und getragene Zentrum erstellt die besten Mittelfristvorhersagen in der Welt und hat in der numerischen Wettervorhersage hervorragende Maßstäbe gesetzt, die allgemeine Bewunderung finden. Der Nutzen, den die Bevölkerung der Mitgliedstaaten des Zentrums (insgesamt etwa 420 Millionen) aus besseren Wettervorhersagen und aus der Forschungsarbeit im Zusammenhang mit Rechenanlagen, Datenarchiven und Software zieht, ist sehr gross.

In diesem Bericht sind einige der bedeutenden Erfolge des Zentrums im Jahre 1986 zusammengefasst. Änderungen des Routinevorhersagesystems führten zu einer Verbesserung der Güte der Vorhersagen. Die Leistungsfähigkeit der Rechenanlage CRAY X-MP/48 hat die höchsten Erwartungen erfüllt, und ihre Durchsatzrate beträgt jetzt fast das Zehnfache der ersten Rechenanlage des Zentrums CRAY-1.

Dies ist das letzte Vorwort, das ich für einen Jahresbericht des Zentrums schreibe, da meine Amtszeit als Ratspräsident im Dezember 1986 endete. Ich spreche dem Rat, dem Direktor und den Mitarbeitern des Zentrums meine Glückwünsche, meinen Dank und meine besten Wünsche für die Zukunft aus. Wie ich in meinem Vortrag anlässlich des Seminars zum zehnjährigen Bestehen des Zentrums ausgeführt habe, bin ich der festen Überzeugung, dass die Erfolge des EZMW auf unserem spezifischen Arbeitsgebiet für alle ein Ansporn und Beispiel darstellen können.

Da ich das Amt des Direktors des Portugiesischen Instituts für Meteorologie und Geophysik aufgeben möchte, möchte ich bei dieser Gelegenheit auch meinen Kollegen in den europäischen Wetterdiensten, dem Direktor und den Mitarbeitern des Zentrums erneut meinen Dank für ihr Vertrauen und die ausgezeichnete Zusammenarbeit aussprechen. Es war für mich eine grosse Ehre, das Amt des Präsidenten des EZMW und des Präsidenten der Regionalgruppe VI (Europa) der WMO auszuüben. Da ich meine Tätigkeit auf dem Gebiet der Meteorologie beende, möchte ich ihnen versichern, dass ich meine zehnjährige Arbeit in diesen hervorragenden wissenschaftlichen und technischen Gremien, in denen Freundschaft nicht nur ein leeres Wort ist, stets in Erinnerung behalten werde.

Ich hoffe aufrichtig, dass wir auch in Zukunft die grössten Erfolge in der Meteorologie erzielen werden.

*Professor L. A. Mendes Victor, Präsident des Rates.*

## AVANT-PROPOS

Un séminaire scientifique a été organisé le 22 novembre 1985 pour célébrer les dix années d'existence du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme.

Ceux qui y ont participé, y compris les membres du Conseil et le personnel du Centre, ont pu s'enorgueillir à juste titre des réalisations du Centre pendant cette période.

Le Centre, créé et appuyé par dix-sept Etats membres européens, a produit des prévisions météorologiques à moyen terme de la meilleure qualité du monde. Il a établi un degré d'excellence en prévisions météorologiques numériques qui est universellement admiré. L'amélioration des prévisions d'une part et, d'autre part, les travaux de recherche portant sur son système informatique, ses archives et ses logiciels, ont procuré d'énormes avantages pour la population des Etats membres, qui se chiffre à quelque 420 millions de personnes.

Le présent rapport résume certaines des importantes réalisations du Centre au cours de 1986. Les modifications apportées au système de prévision de routine ont conduit à une meilleure qualité prévisionnelle. L'ordinateur CRAY X-MP/48 a donné tout ce que l'on attendait de lui, et sa capacité de traitement actuelle est presque dix fois celle du CRAY-1, le premier ordinateur installé au Centre.

Ceci est le dernier avant-propos que je rédige pour le Rapport annuel du Centre, car ma fonction de Président du Conseil est arrivée à terme en décembre 1986. Je tiens à féliciter et à remercier le Conseil, le Directeur et le personnel du Centre, et aussi à leur exprimer mes meilleurs souhaits pour l'avenir. Comme je l'ai mentionné dans le rapport présenté au séminaire célébrant le dixième anniversaire du Centre, je suis persuadé que, dans notre domaine d'activités particulier, les activités du CEPMMT peuvent servir d'encouragement et d'exemple pour tous.

Enfin, en quittant la Direction de l'Institut portugais de Météorologie et de Physique, je tiens à profiter de cette occasion pour remercier à nouveau mes collègues des services météorologiques européens, et aussi le Directeur et le personnel du Centre, pour la confiance qu'ils m'ont accordée et pour leur excellent esprit de collaboration. Cela a été pour moi un grand honneur d'assumer les fonctions de Président du CEPMMT et de Président de l'Association régionale VI (Europe) de l'OMM. Soyez certains qu'après mes activités dans le domaine de la météorologie, je me souviendrai toujours de mes dix dernières années d'activité dans cette parfaite communauté scientifique et technique, où de solides amitiés se sont forgées.

Je souhaite vivement que nous allons continuer à assurer à l'avenir le succès de la météorologie.

*Le Professeur L. A. Mendes Victor, Président du Conseil.*



## INTRODUCTION

The Centre's forecasts continue to be universally recognised as being of the highest quality and accuracy. Moreover, global observations and analyses from the Centre's archive have been found to be of great value for the scientific community all round the world. In its rôle as a TOGA Data Centre, the Centre will continue to enhance such data services.

The operational model has continued to improve and several major changes were implemented during the years. The number of levels in the vertical was increased to 19 by adding three more levels in the stratosphere. This change was required for a more reliable data assimilation but had the additional advantage of improving the predictive skill of the ultra long waves.

A method to incorporate the effect of gravity wave drag as enforced by orographic obstacles was also implemented. This change provided for a more realistic orographic forcing in the model and led to more accurate predictions. Several other changes took place in the data-assimilation system.

The importance of accurate and reliable global observing systems was stressed by different research studies and investigations. A monitoring system, developed by the Centre, has found great practical use and systematic observational errors are readily detected. Information about such erroneous data is communicated to WMO. In most cases prompt actions are taken by the responsible agencies to the benefit of the World Weather Watch system.

The benefits accruing from the very close connection between the Centre's active programme of research – research dedicated to improving the quality of medium-range forecasting – and its operational implementation continue to be clear. A real stimulus is given to the Centre's clearly-defined research programme by the rapid operational implementation of successful research results.

The improvement in quality of the Centre's forecasts since the start of operational forecasting in 1979 can be seen in the figure below. Similar improvements, although from a lower starting point, have taken place in the Tropics and the Southern Hemisphere.

## EINLEITUNG

Es ist allgemein anerkannt, dass die Vorhersagen des Zentrums nach wie vor von höchster Güte und Genauigkeit sind. Darüber hinaus haben sich die globalen Beobachtungen und Analysen aus den Archiven des Zentrums für die Wissenschaftler der ganzen Welt als von grossem Wert erwiesen. Das Zentrum, das die Aufgaben eines TOGA-Datenzentrums übernommen hat, wird diese Dienstleistungen noch verstärken.

Das Routinevorhersagemodell wurde weiter verbessert, und im Laufe der Jahre sind mehrere bedeutende Änderungen vorgenommen worden. Die Anzahl der Schichten in der Vertikalen wurde durch weitere drei Schichten in der Stratosphäre auf neunzehn erhöht. Dies war für eine zuverlässigere Datenassimilation erforderlich und hat den zusätzlichen Vorteil, dass sich hierdurch die Vorhersagegüte der ultralangen Wellen erhöht.

Ein Verfahren zur Einbeziehung der Auswirkungen der Reibung aufgrund von Schwerewellen infolge orographischer Barrieren wurde ebenfalls angewendet. Dies führte zu einem realistischeren orographischen Antrieb im Modell und zu genaueren Vorhersagen. Das Datenassimilationssystem wurde in verschiedener Hinsicht geändert.

Die Bedeutung von genauen und zuverlässigen globalen Beobachtungssystemen wurde durch verschiedene Forschungsarbeiten und Untersuchungen unterstrichen. Ein durch das Zentrum entwickeltes Überwachungssystem fand grosse praktische Anwendung; systematische Beobachtungsfehler werden hierdurch leicht ermittelt. Informationen über solche fehlerhaften Daten erhält die WMO. In den meisten Fällen ergreifen die zuständigen Stellen sofort Massnahmen, die für das System der Welt-Wetter-Wacht nützlich sind.

Der Nutzen aufgrund der sehr engen Zusammenhänge zwischen dem dynamischen Forschungsprogramm des Zentrums – wobei die Forschung auf die Erhöhung der Güte der Mittelfristvorhersagen gerichtet ist – und dessen operationeller Anwendung ist auch weiterhin offensichtlich. Infolge der raschen routinemässigen Anwendung der erzielten Forschungsergebnisse erhält das klar definierte Forschungsprogramm des Zentrums kräftige Impulse.

Die Erhöhung der Güte der Vorhersagen des Zentrums seit dem Beginn der Erstellung von Routinevorhersagen im Jahre 1979 ist aus dem folgenden Diagramm ersichtlich. Ähnliche Verbesserungen, die allerdings an einem niedrigeren Ausgangspunkt beginnen, gelten für die Tropen und die Südhemisphäre.

## INTRODUCTION

Les prévisions du Centre continuent d'être universellement reconnues comme étant des plus précises et de la plus haute qualité. En outre, les observations globales et les analyses effectuées à partir des archives du Centre se sont avérées d'une très grande valeur pour la communauté scientifique dans le monde entier. Dans son rôle de centre de données TOGA, le CEPMMT continuera d'ajouter à ces services de données.

L'amélioration du modèle opérationnel s'est poursuivie, et plusieurs modifications importantes ont été mises en oeuvre au cours des années. Le nombre de niveaux à la verticale a été porté à 19; pour cela, trois autres niveaux lui ont été ajoutés dans la stratosphère. Cette modification, nécessaire pour une assimilation de données plus fiable, présente en outre l'avantage d'améliorer la qualité de prévision des ondes ultra-longues.

Il a également été procédé à la mise en oeuvre d'une méthode servant à incorporer l'effet de la traînée due à l'onde de gravité, qui est renforcée par les obstacles orographiques. Cette modification a conduit à un forçage orographique plus réaliste dans le modèle, et aussi à des prévisions plus précises. Le système d'assimilation des données a fait l'objet de plusieurs modifications.

L'importance de systèmes d'observation mondiaux précis et fiables a été soulignée par plusieurs études et recherches différentes. Un système de contrôle, mis au point par le Centre, s'est avéré des plus pratiques, et il a permis de détecter facilement les erreurs systématiques d'observation. Les détails sur ces erreurs sont communiqués à l'OMM. Dans la plupart des cas, les mesures nécessaires sont prises par les agences responsables, et cela au profit du système de veille météorologique mondiale.

Le rapport très étroit qui existe entre le programme de recherche actif du Centre – programme consacré à l'amélioration de la qualité des prévisions à moyen terme – et la mise en application de ce programme, continue de présenter de précieux avantages. Le programme de recherche bien défini du Centre est stimulé par la mise en oeuvre rapide des résultats des travaux de recherche qui ont abouti.

On peut voir, dans la figure ci-dessous, l'amélioration de la qualité des prévisions du Centre depuis le début des prévisions de routine en 1979. D'autres améliorations similaires, bien que partant d'un point de départ plus bas, sont à signaler pour les tropiques et l'hémisphère sud.



It is most satisfying for the Centre that its products are being used to help mankind throughout the world. The free exchange of observational and processed data, a hallmark of meteorology from its early days, is illustrated very directly by reports received at the Centre during the year on use of its products in countries all over the world. Such reports are very much welcomed by the Centre, and can lead to improvements in the forecasting model.

Use of the Centre's products in the Member States continues to increase. The range of services based on ECMWF products has widened, both to the general public and to specialized customers, and there is an increasing awareness of the potential utility of medium-range forecasts.

The Centre's success results to a large extent from the careful planning during its early days, but as with any successful organization, its greatest resource is its people. The environment of the Centre which has allowed the creative talents of its productive staff to flourish must be preserved; the great European success from collaboration by seventeen countries in this scientific and technical enterprise can be confidently expected to continue.

*Lennart Bengtsson*  
*Director*

**Mit grösster Genugtuung kann das Zentrum feststellen, dass seine Vorhersagedaten für die Menschen der ganzen Welt von Nutzen sind. Der freie Austausch von Beobachtungsdaten und aufbereiteten Daten, der von Anfang an für die Meteorologie kennzeichnend ist, wird durch die Berichte, die das Zentrum im Laufe des Jahres über die Verwendung seiner Daten in Ländern der gesamten Welt erhielt, sehr deutlich veranschaulicht. Diese Berichte werden vom Zentrum sehr begrüsst, da sie zu Verbesserungen des Vorhersagemodells führen können.**

**Die Benutzung der Vorhersagedaten des Zentrums in den Mitgliedsstaaten hat weiter zugenommen. Der Umfang der Dienstleistungen auf der Grundlage von EZMW-Daten wurde sowohl für die Allgemeinheit als auch für einzelne Kunden erweitert, und man ist sich mehr und mehr des potentiellen Nutzens der Mittelfristvorhersagen bewusst.**

**Der Erfolg des Zentrums beruht in hohem Masse auf der sorgfältigen Planung im Anfangsstadium seines Bestehens: wie jedoch in jeder erfolgreichen Organisation sind seine Mitarbeiter sein grösstes Potential. Der im Zentrum herrschende Geist, in dem sich das schöpferische Talent seiner Mitarbeiter entfalten kann, darf nicht erlahmen; es kann mit Zuversicht erwartet werden, dass die grossen Erfolge, die in Europa durch die Zusammenarbeit von siebzehn Staaten im Rahmen dieses wissenschaftlichen und technischen Projekts erreicht wurden, fortgesetzt werden.**

*Lennart Bengtsson*  
*Direktor*

Il est très satisfaisant pour le Centre de savoir que ses produits sont mis au service du monde entier. Le libre échange des données observées et traitées, qui est caractéristique de la météorologie depuis ses débuts, est mis en lumière par les rapports reçus au Centre au cours de l'année. Ces rapports, concernant l'utilisation de ses produits dans plusieurs pays du monde entier, sont très appréciés par le Centre, et ils peuvent conduire à des améliorations du modèle de prévision.

L'utilisation des produits du Centre par les Etats membres continue de prendre de l'importance. L'étendue des services basés sur les produits du CEPMMT s'est accrue, en ce qui concerne aussi bien le grand public que les agences spécialisées, et l'utilité potentielle des prévisions à moyen terme se fait de plus en plus ressentir.

Le succès du Centre résulte, dans une large mesure, de l'organisation prévue avec soin dès ses débuts; mais, comme c'est le cas pour toute organisation qui a réussi, c'est son personnel qui représente sa plus importante ressource. Il va falloir conserver l'environnement du Centre qui a permis à l'esprit créateur de son personnel de se développer. La collaboration scientifique et technique entre dix-sept pays européens va sans doute continuer à avoir un énorme succès.

*Lennart Bengtsson*  
*Directeur*



## PREDICTION OF END OF COLD SPELL, FEBRUARY 1986

In February 1986 an outbreak of cold polar and arctic air occurred over northern, central and western Europe in the area of a deep upper air trough downstream of a blocking high over the North Atlantic. The weather pattern persisted for several weeks and is shown, for example, in the 500 hPa height analysis of 24 February 1986 and the corresponding anomaly (deviation from climate) in Fig. 1a.

The nine-day forecast from 24 February 1986 valid on 5 March 1986 at 12 UTC (Fig. 1b) gave the first indication that a major change in the temperature and weather pattern was to be expected towards the end of the 10-day forecast period. Once the model had picked up the signal it maintained a convincing consistency in predicting the breakdown of the block as shown in the subsequent seven-day, five-day and three-day forecasts, all valid on 5 March 1986 12 UTC, in Fig. 1c to e. The verifying analysis is given in the bottom right corner (Fig. 1f). The timely prediction by the Centre's model of the breakdown of the block/trough system and the associated warning over Europe is notable.

All the fields presented in Fig. 1 are filtered analysis and forecast fields truncated at wavenumber 10 (T10), while the analyses and forecasts were originally produced at full model resolution (T106). Filtering provides a powerful tool for studying the model performance in the later stage of the medium range when the model output can be expected to provide forecast guidance in predicting continuity or major changes in the flow pattern. Filtered fields describe the large scale features and allow a better evaluation of the consistency of subsequent forecast runs.

## VORHERSAGE DES ENDES KALTEN WETTERS IM FEBRUAR 1986

Im Februar 1986 drang Kaltluft polaren und arktischen Ursprungs nach Nord-, Mittel- und Westeuropa im Bereich einer hochreichenden Tiefdruckrinne ein, während über dem Nordatlantik ein blockierendes Hoch lag. Dieses Wettergeschehen hielt mehrere Wochen an und wird beispielsweise in Abb. 1a durch die Analyse der 500 hPa-Fläche vom 24. Februar 1986 und die entsprechende Anomalie (Abweichung vom Klima) veranschaulicht.

Die Neun-Tage-Vorhersage vom 24. Februar 1986 bis 5. März 1986, 12 UTC, (Abb. 1b) gab das erste Anzeichen, dass gegen Ende des Zehn-Tage-Vorhersagezeitraums eine bedeutende Änderung der Temperatur und des Wetterablaufs zu erwarten sein werde. Sobald das Modell diese Anzeichen erkannt hatte, sagte es mit überzeugender Folgerichtigkeit den Zusammenbruch der Blockierung weiter vorher, wie dies aus den darauffolgenden Vorhersagen für sieben, fünf und drei Tage, sämtlich bis 5. März 1986, 12 UTC, Abb. 1c bis e, ersichtlich ist. Die Kontrollanalyse ist unten rechts dargestellt (Abb. 1f). Die rechtzeitige Vorhersage des Zusammenbruches des Blockierungs/Tiefdruckrinnen-Systems durch das Modell des Zentrums und die damit verbundene Erwärmung der Luft über Europa sind beachtenswert.

Bei sämtlichen in Abb. 1 dargestellten Feldern handelt es sich um gefilterte Analysen und Vorhersagefelder mit einer Begrenzung des Spektrums auf die Wellenzahl 10 (T10). Die Analysen und Vorhersagen wurden ursprünglich mit der vollen Auflösung des Modells (T106) erstellt. Die Filterung ist ein wirksames Verfahren zur Untersuchung der Güte des Modells gegen Ende des mittelfristigen Vorhersagebereichs, wenn damit gerechnet werden kann, dass die Modell Ausgabedaten noch nützliche Hinweise für die Vorhersage von gleichbleibenden oder sich beträchtlich ändernden Strömungsvorgängen liefern. Die gefilterten Felder beschreiben die grossräumigen Vorgänge und gestatten eine bessere Bewertung der Beständigkeit der darauffolgenden Vorhersageläufe.

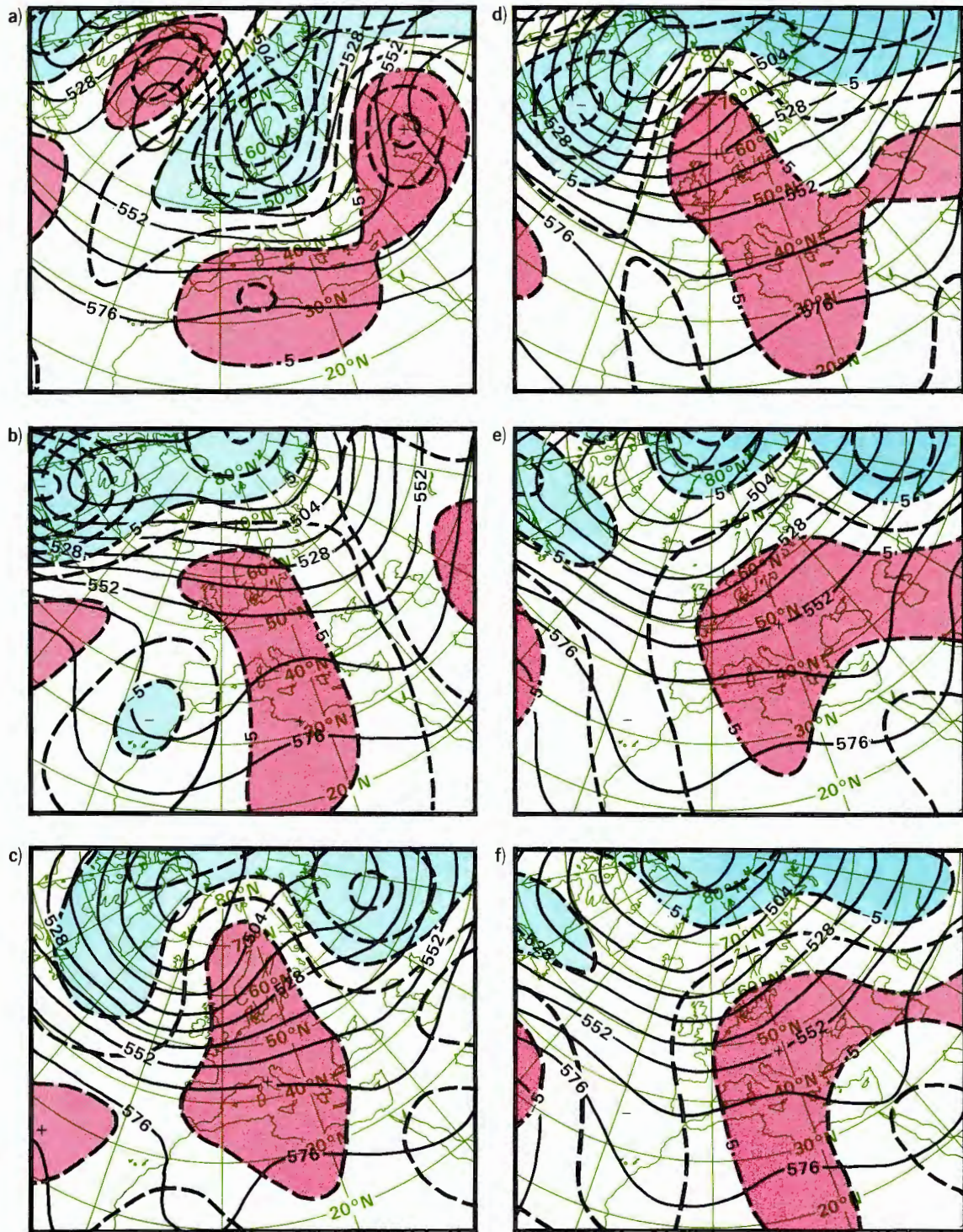
## PREDICTION DE LA FIN DE LA PERIODE DE FROID, FEVRIER 1986

En février 1986, il s'est produit une inversion d'air froid polaire et arctique au-dessus du nord, du centre et de l'ouest de l'Europe dans la région d'un creux barométrique en altitude en aval d'un anticyclone de blocage au-dessus de l'Atlantique nord. Le climat a persisté pendant plusieurs semaines, et il est illustré, par exemple, dans l'analyse de hauteur géopotentielle de 500 hPa pour le 24 février 1986 et l'anomalie correspondante (écart à partir du climat) à la Figure 1a.

C'est la prévision à neuf jours d'échéance faite le 24 février 1986 et valable le 5 mars 1986 à 12 UTC (Figure 1b) qui, en premier, a indiqué qu'il fallait s'attendre à une variation importante de la température et du climat vers la fin de la période de prévision de 10 jours. Après avoir reconnu le changement qui allait se produire, le modèle a ensuite démontré sa cohérence de manière convaincante en prédisant la disparition de l'anticyclone de blocage; ceci est indiqué par les prévisions ultérieures faites à sept jours, à cinq jours et à trois jours d'échéance, toutes valables le 5 mars 1986 à 12 UTC (Figures 1c à 1e). L'analyse de vérification est fournie en bas à droite (Figure 1f). Il est remarquable de constater que le modèle du Centre a prédit exactement le moment où le système de blocage/creux disparaîtrait et où il y aurait l'échauffement correspondant au-dessus de l'Europe.

Tous les champs présentés à la Figure 1 sont des champs d'analyse et de prévision filtrés, tronqués au nombre d'onde 10 (T10); les analyses et les prévisions étaient produites au départ avec la résolution intégrale du modèle (T106). Le filtrage est un outil puissant qui sert à étudier la performance du modèle au cours des derniers jours de prévision à moyen terme, lorsqu'on peut s'attendre à ce que le modèle prédise la continuité ou bien des variations importantes dans la circulation. Les champs filtrés décrivent les détails généraux et permettent de mieux évaluer l'uniformité des prévisions ultérieures.





**Fig. 1** 500 hPa height (full lines) and anomaly fields (deviation from climate, broken lines) for the analysis of 24 February 1986 (a), nine-day (b), seven-day (c), five-day (d) and three-day (e) forecasts, all valid on 5 March 1986 and the analysis of 5 March 1986 (f). The fields are truncated at wavenumber 10 (filtered fields) and are all valid at 12 UTC.

**Abb. 1** 500 hPa-Höhenerfelder (ausgezogene Linien) und deren Anomalie (Klimaabweichung, gestrichelte Linien) für (a) die Analyse vom 24. Februar 1986, die Vorhersagen des (b) 9. Tags, (c) 7. Tags, (d) 5. Tags und (e) 3. Tags, die alle für den 5. März 1986 gelten, und für (f) die Analyse vom 5. März 1986. Die Felder sind spektral auf die Wellenzahl 10 begrenzt (gefilterte Felder) und gelten alle für 12 UTC.

**Fig. 1** Hauteurs géopotentielle de 500 hPa (trait plein) et anomalies (écart à partir du climat, trait en pointillés) pour l'analyse du 24 février 1986 (a), et aussi prévisions à neuf jours d'échéance (b), à sept jours d'échéance (c), à cinq jours d'échéance (d) et à trois jours d'échéance (e); toutes ces prévisions étant valables le 5 mars 1986. L'analyse du 5 mars 1986 (f) est également illustrée. Les analyses sont tronquées au nombre d'onde 10 (analyses filtrées) et elles sont toutes valables à 12 UTC.



## CHANGES TO THE OPERATIONAL SYSTEM IN 1986

### New analysis system

#### *Main features of the new analysis*

A new operational analysis system was introduced on 9 September 1986. This represented a major technical change and it included several new meteorological features to be exploited during 1987-88. Although the meteorological changes were kept to a minimum, a strong impact still was seen with the new analysis.

The Centre's first analysis system had an operational lifetime of seven years (1979-86) and was used to produce the MAIN and FINAL FGGE IIIb analyses. The architecture of the CRAY-1A imposed severe constraints on the structure of the first analysis system. The enhancements of the Centre's computer systems since that time made a restructuring and simplification of the data assimilation system possible. In the new analysis most functions have been integrated into one code and one job step. Also, the analysis calculations have been adapted to make simultaneous use of the four processors of the Centre's CRAY X-MP/48 computer.

A general principle of the meteorological design of the new system has been the elimination of unnecessary interpolations of fields and observations. In the old analysis, observed information could enter the analysis only through 15 standard pressure levels between 1000 and 10 hPa. The new system uses the data directly at their reported pressure levels. Even though the number of levels selected from one observation is still restricted to 15, it has nevertheless improved the vertical resolution of the analysis.

In the horizontal, the analysis increments are evaluated directly on the model's (T106) grid rather than on the  $1.875^\circ \times 1.875^\circ$  lat/long grid used in the previous system. The elimination of the interpolation of analysis increments between grids effectively represented an increase in the horizontal resolution. Similarly, the use of a T106 orography instead of an orography interpolated to the lat/long grid resulted in better use of near-surface data. A flexible structure of analysis volumes was built into the new system to control the data selection, e.g. data density.

## ÄNDERUNGEN DES OPERATIONELLEN SYSTEMS IM JAHRE 1986

### Neues Analysensystem

#### *Wichtigste Merkmale der neuen Analysen*

Ein neues meteorologisches Analysensystem wurde am 9. September 1986 eingeführt. Es stellt eine bedeutende technische Änderung dar und weist mehrere neue meteorologische Merkmale auf, aus denen in den Jahren 1987 und 1988 Nutzen gezogen werden soll. Obwohl die meteorologischen Änderungen auf ein Minimum begrenzt wurden, ergeben sich durch die neuen Analysen grosse Auswirkungen.

Das erste Analysensystem des Zentrums wurde sieben Jahre lang routinemässig angewendet (1979 bis 1986) und diente zur Erstellung der MAIN und FINAL FGGE IIIb-Analysen. Aufgrund der Konfiguration der Rechenanlage CRAY-1A ergaben sich für den Aufbau des ersten Analysensystems beträchtliche Begrenzungen. Dank der Erweiterungen der Rechenanlagen des Zentrums in diesen Jahren konnte das Datenassimilationsystem neu entworfen und vereinfacht werden. Im neuen Analysensystem sind die meisten Funktionen in ein Programm und einen Arbeitsschritt integriert. Desgleichen wurden die Berechnungen im Rahmen der Analysen an die gleichzeitige Verwendung von vier Prozessoren der Rechenanlage CRAY X-MP/48 des Zentrums angepasst.

Ein allgemeiner Grundsatz beim Entwurf des neuen Analysensystems bestand in der Eliminierung unnötiger Interpolationen von Feldern und Beobachtungen. Im alten Analysensystem konnten die Beobachtungsdaten nur durch fünfzehn Standard-Druckflächen zwischen 1000 und 10 hPa verwendet werden. Im neuen System werden die Daten unmittelbar auf ihren beobachteten Druckflächen verwendet. Obwohl die Anzahl der Flächen nach wie vor auf fünfzehn begrenzt ist, hat sich dennoch die vertikale Auflösung der Analyse verbessert.

In der Horizontalen werden die Analyseninkremente unmittelbar auf dem Modellgitter (T106) und nicht auf dem im vorhergehenden System verwendeten Breiten/Längengitter von  $1,875 \times 1,875$  bewertet. Der Fortfall der Interpolation der Analyseninkremente zwischen den Gitterpunkten bewirkte ohne Zweifel eine Erhöhung der horizontalen Auflösung. In ähnlicher Weise lassen sich aufgrund der Verwendung der Orographie T106 anstatt einer auf dem Breiten/Längengitter interpolierten Orographie die bodennahen Daten besser ausnutzen. Im neuen System wurde eine flexible Struktur des Analysenvolumens vorgesehen, um die Datenauswahl, z.B. die Datendichte, überwachen zu können.

## MODIFICATIONS APPORTEES AU SYSTEME OPERATIONNEL EN 1986

### Nouveau système d'analyse

#### *Principales caractéristiques de la nouvelle analyse*

Un nouveau système opérationnel d'analyse a été mis en oeuvre le 9 septembre 1986. Il représentait une importante modification technique et couvrait plusieurs nouveaux détails météorologiques à exploiter en 1987-88. Bien que les changements météorologiques aient été maintenus à un niveau minimum, le nouveau système d'analyse a quand même exercé un effet majeur.

Le premier système d'analyse du Centre a eu une durée de vie opérationnelle de sept ans (1979-86), et il a servi à produire les analyses PRINCIPALE et DEFINITIVE de la PEMG au niveau IIIb. L'architecture de l'ordinateur CRAY-1A imposait des contraintes sévères sur la structure du premier système d'analyse. Les améliorations apportées depuis lors aux systèmes informatiques du Centre ont permis de restructurer et de simplifier le système d'assimilation des données. Dans le nouveau système, la plupart des fonctions sont intégrées dans un seul programme et une seule étape de travail. En outre, les calculs d'analyse sont adaptés de manière à ce qu'il soit fait usage simultanément des quatre processeurs de l'ordinateur CRAY X-MP/48 du Centre.

L'étude météorologique du nouveau système a eu, pour principe général, d'éliminer les interpolations inutiles des champs et des observations. Dans l'ancien système, l'information observée ne pouvait s'introduire dans l'analyse qu'à travers 15 niveaux de pression standard compris entre 1000 et 10 hPa. Le nouveau système se sert directement des données à leur niveau de pression signalés. Bien que le nombre de niveaux sélectionnés à partir d'une observation se trouve toujours limité à 15, le nouveau système a néanmoins amélioré la résolution verticale de l'analyse.

A l'horizontale, les incréments d'analyse sont évalués directement sur la grille du modèle (T106) plutôt que sur la grille de latitude/longitude de  $1,875 \times 1,875$  qui était employée dans l'ancien système. L'élimination de l'interpolation des incréments d'analyse entre grilles représente, en fait, un accroissement de la résolution horizontale. De même, l'emploi d'une orographie T106 plutôt qu'une orographie interpolée à la grille latitude/longitude a conduit à une meilleure utilisation des données près de la surface. Une structure souple de volumes d'analyse a été incorporée dans le nouveau système pour contrôler la sélection des données, par exemple la densité des données.



The analysis of moisture follows the principles of the mass and wind analysis. The 2-dimensional correction scheme of the old system was replaced by a 3-dimensional statistical interpolation scheme, better suited to combine information from different observing systems, for example satellites and radiosondes. The new humidity analysis were found to be closer to the observations than the old analyses and to improve the short-range precipitation forecasts.

#### *Assessment of the analysis changes*

The mass and wind fields of the Northern Hemisphere were analysed in a similar way by the two analysis systems. The new analysis system agreed more closely with satellite data (Fig. 2). Synoptic and objective assessment of the ensuing forecasts showed that the modest analysis differences caused significant variability of the forecasts in the medium range. However, in the mean, the forecasts showed little change of skill in the Northern Hemisphere. In clear contrast, the analyses in the Southern Hemisphere depended strongly on which scheme – old or new – was used. Variations in data rejections created appreciable analysis differences which led to substantial differences in forecast evolution already in early stages of the medium-range forecasts. A clear forecast advantage for the new analysis was found in the Southern Hemisphere (Fig. 3). The experiments demonstrated clearly the importance of data assimilation for medium range forecasting.

The new operational analysis system was designed to have the flexibility to allow upgrading of the spatial and temporal resolution to match the model's resolution.

#### **Increased Stratospheric Resolution**

The vertical resolution of the operational model was increased from 16 to 19 levels on 13 May 1986. The uppermost "full level" at which winds and temperatures are predicted was raised from 25 to 10 hPa. Additional stratospheric levels were introduced such that the second full level is now at 30 hPa, the third level at almost exactly 50 hPa and two further levels are near 70 and 100 hPa. New and old distributions of levels are shown in Fig. 4.

In preliminary tests it was established that the proposed scheme was free of some problems experienced with the old system. These included large initialisation changes in the model stratosphere and spurious vortices which persisted through several data assimilation cycles. A better balance between the mass and wind fields in the pressure-level first guess was also achieved.

Die Feuchteanalysen folgen den Grundsätzen der Massen- und Windanalyse. Das zweidimensionale Korrekturschema des alten Systems wurde durch ein dreidimensionales statistisches Interpolationsschema ersetzt; dieses ist besser geeignet, die Informationen verschiedener Beobachtungssysteme, z.B. Satelliten und Radiosonden, zu kombinieren. Es wurde festgestellt, dass die neuen Feuchteanalysen stärker die Beobachtungen berücksichtigen als die alten Analysen und sich positiv auf die kurzfristigen Niederschlagsvorhersagen auswirken.

#### *Bewertung der Analysenänderungen*

Die Massen- und Windfelder der Nordhemisphäre wurden mit beiden Analysensystemen in ähnlicher Weise untersucht. Das neue Analysensystem entsprach besser den Satellitendaten (Abb. 2). Synoptische und objektive Bewertungen der daraus resultierenden Vorhersagen haben ergeben, dass infolge geringfügiger Analysendifferenzen die Vorhersagen im Mittelfristbereich beträchtlichen Änderungen unterlagen. Im Durchschnitt hat sich jedoch die Güte der Vorhersagen für die Nordhemisphäre wenig geändert. In eindeutigen Gegensatz hierzu hingen die Analysen für die Südhemisphäre in hohem Masse davon ab, ob das neue oder das alte Schema verwendet wurde. Durch die unterschiedliche Zurückweisung von Daten bei der Analyse entstanden wesentliche Unterschiede, was bereits in den ersten Phasen der Mittelfristvorhersagen zu wesentlichen Unterschieden führte. Für die Vorhersagen der Südhemisphäre ergab sich dank des neuen Analysenverfahrens ein eindeutiger Vorteil (Abb. 3). Die Experimente haben die Bedeutung der Datenassimilation für Mittelfristvorhersage klar unterstrichen.

Das neue operationelle Analysensystem wurde so flexibel konzipiert, dass es eine Erhöhung der räumlichen und zeitlichen Auflösung entsprechend der Auflösung des Modells ermöglicht.

#### **Erhöhte Auflösung der Stratosphäre**

Die vertikale Auflösung des Routine-Vorhersagemodells wurde am 13. Mai 1986 von 16 auf 19 Flächen und die höchste Hauptfläche, in der Winde und Temperaturen vorhergesagt werden, wurde von 25 hPa auf 10 hPa erhöht. Ferner wurden Flächen in der Stratosphäre hinzugefügt; dadurch befinden sich jetzt die zweite Hauptfläche in 30 hPa, die dritte Fläche fast genau in 50 hPa und zwei weitere Flächen in etwa 70 und 100 hPa. Abb. 4 zeigt die bisherige und die jetzige Verteilung der Flächen.

Durch vorläufige Tests wurde ermittelt, dass manche Probleme, die in dem alten System auftraten, in dem neuen Schema beseitigt sind. Hierzu gehören grosse Änderungen der Initialisierung der Modellstratosphäre und fälschlicherweise auftretende Wirbel, die während mehreren Datenassimilations-Zyklen weiterbestanden. Zwischen den Masse- und Windfeldern der ersten Näherung der Druckfläche wurde ebenfalls ein besseres Gleichgewicht erzielt.

L'analyse d'humidité se fait selon les mêmes principes que l'analyse de masse et de vent. Le schéma de correction bidimensionnel de l'ancien système a été remplacé par un schéma d'interpolation statistique tridimensionnel, qui peut mieux combiner l'information provenant de systèmes d'observation différents, par exemple les satellites et les radiosondes. Les nouvelles analyses d'humidité se sont avérées plus rapprochées des observations que les anciennes analyses; elles ont, par ailleurs, amélioré les prévisions de précipitation à court terme.

#### *Evaluation des modifications apportées au système d'analyse*

Les champs de masse et de vent dans l'hémisphère nord ont été analysés de la même façon par les deux systèmes d'analyse. Le nouveau système concordait mieux avec les données satellitaires (Figure 2). L'évaluation synoptique et objective des prévisions faites par la suite ont démontré que les légères différences d'analyse conduisaient à une variabilité importante des prévisions à moyen terme. Toutefois, la qualité des prévisions variait très peu en moyenne dans l'hémisphère nord. Par contre, les analyses dans l'hémisphère sud dépendaient dans une large mesure du système d'analyse employé. Les variations dans les données rejetées ont créé des différences sensibles d'analyse, conduisant à d'importantes différences dans l'évolution de la prévision dès les premiers stades des prévisions à moyen terme. Le nouveau système d'analyse s'est avéré d'un net avantage pour les prévisions dans l'hémisphère sud (Figure 3). Les expériences ont clairement démontré l'importance de l'assimilation des données pour les prévisions à moyen terme.

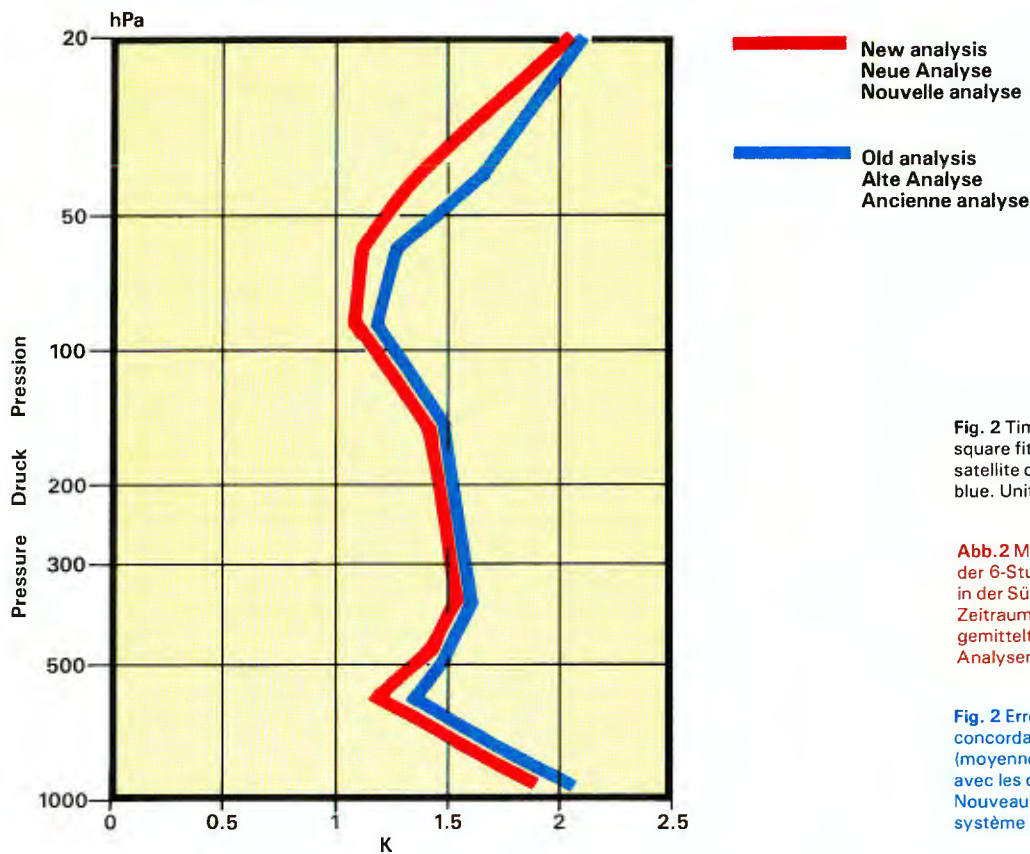
Le nouveau système opérationnel d'analyse a été conçu pour avoir la souplesse permettant d'en améliorer la résolution spatiale et temporelle afin de l'adapter à la résolution du modèle.

#### **Résolution plus élevée dans la stratosphère**

La résolution verticale du modèle opérationnel a été portée de 16 à 19 niveaux le 13 mai 1986. Le "niveau intégral" le plus élevé auquel sont prédits les vents et les températures a été porté de 25 à 10 hPa. D'autres niveaux stratosphériques ont été introduits; ainsi, le deuxième niveau intégral se trouve à présent à 30 hPa, le troisième niveau à presque exactement 50 hPa, et deux autres niveaux sont situés près de 70 et 100 hPa. La distribution des niveaux dans l'ancien et le nouveau modèles est illustrée à la Figure 4.

Au cours d'essais préliminaires, il a été déterminé que le schéma proposé était débarrassé de certains problèmes présents dans l'ancien système, entre autres: les changements sensibles d'initialisation dans la stratosphère du modèle, et les tourbillons qui persistaient pendant plusieurs cycles d'assimilation des données. Par ailleurs, un meilleur équilibre a été réalisé entre les champs de masse et de vent dans la première ébauche des niveaux de pression.

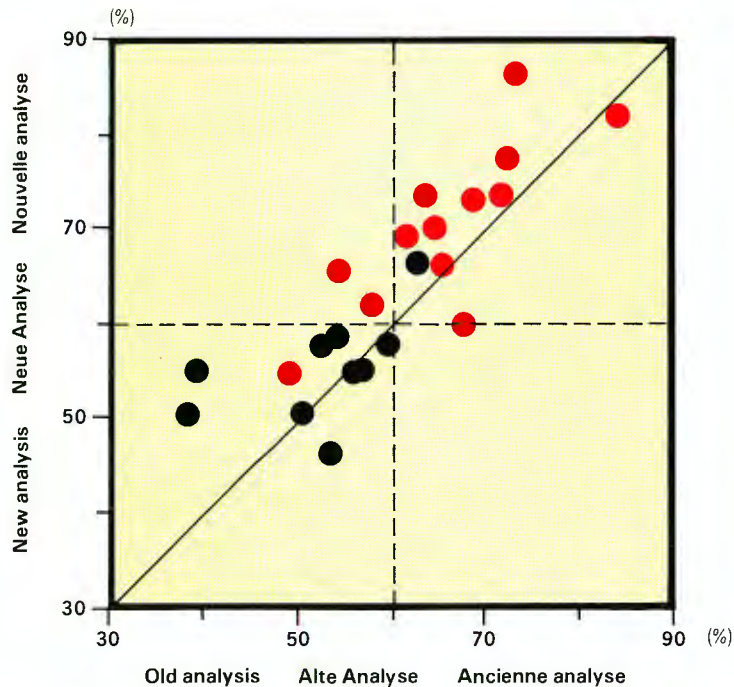




**Fig. 2** Time mean (3.6.-9.6.86, 12 UTC) root-mean-square fit of 6-hour forecast to Southern Hemisphere satellite data. New analysis system, red, old analysis, blue. Unit: K.

**Abb.2** Mittlere quadratische Abweichung zwischen der 6-Stunden-Vorhersage und den durch Satelliten in der Südhemisphäre registrierten Daten, die für den Zeitraum vom 3.6.1986 bis 9.6.1986, 12 UTC, gemittelt wurden. Neues Analysensystem, rot; altes Analysensystem, blau. Einheit: K.

**Fig. 2** Erreurs quadratiques moyennes de concordance des prévisions à 6 heures d'échéance (moyennées dans le temps: 3.6.1986 - 9.6.1986) avec les données satellitaires pour l'hémisphère sud. Nouveau système d'analyse en rouge, ancien système d'analyse en bleu. Unités: K.



**Fig. 3** Scatter diagram of Southern Hemisphere anomaly correlation scores for 1000-200 hPa height comparing five-day forecasts from new analysis system with those from old system. The sample contains 10 T63 forecasts from February 85 (black) and 13 T106 forecasts from June 86 (red).

**Abb. 3** Vergleich der Anomalie-Korrelationskoeffizienten der Höhenfelder für die Fläche 1000-200 hPa in der Südhemisphäre zwischen den Fünf-Tage-Vorhersagen aufgrund von Analysen mit dem alten System und dem neuen System. Die Stichprobe enthält 10 Vorhersagen mit dem Modell T63 von Februar 85 (schwarz) und 13 Vorhersagen mit dem Modell T106 von Juni 86 (rot).

**Fig. 3** Diagramme de dispersion des scores de corrélation d'anomalies pour la hauteur géopotentielle de 1000 - 200 hPa dans l'hémisphère sud, où les prévisions à cinq jours d'échéance faites avec le nouveau système d'analyse sont comparées à celles faites avec l'ancien système. L'échantillon comporte 10 prévisions T63 faites en février 1985 (en noir) et 13 prévisions T106 en juin 1986 (en rouge).



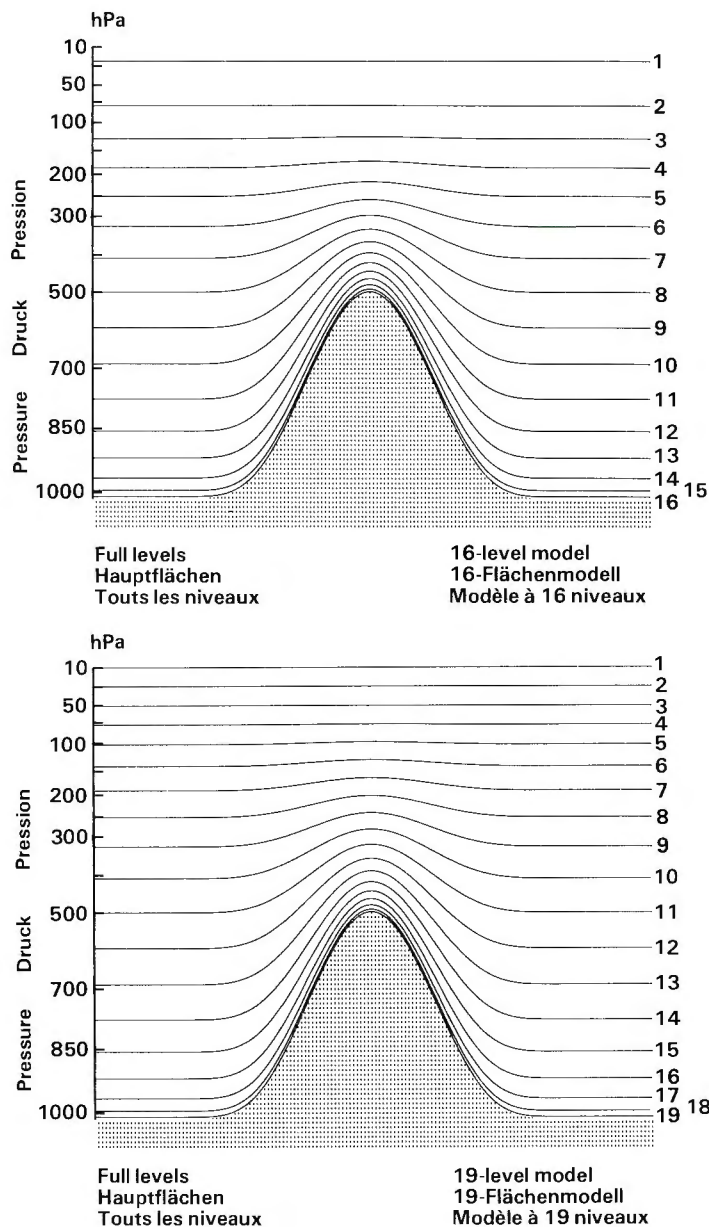


Fig. 4 Vertical distribution of levels for new (top) and old (bottom) models.

Abb. 4 Vertikale Verteilung der Flächen im neuen (oben) und alten (unten) Modell.

Fig. 4 Distribution verticale des niveaux pour l'ancien modèle (en haut) et pour le nouveau modèle (en bas).

Results of a 12-day test assimilation are summarised in Fig. 5, which shows root mean square fits of initialised analyses (left) and first-guess fields (right) to radiosonde data, for Northern Hemisphere heights (upper) and tropical zonal winds (lower). The figures represent ten-day averages; no sign of a systematic drift of the assimilation was apparent over this period. The fit to data in the stratosphere is clearly improved significantly by use of the 19-level model, particularly in the tropics, where some benefit is seen almost down to the surface. Similar results were found in a second six-day assimilation.

Die Ergebnisse einer experimentellen Datenassimilation für zwölf Tage sind in Abb. 5 zusammengefasst; darin ist die mittlere quadratische Abweichung zwischen initialisierten Analysen (links) bzw. Feldern erster Näherung (rechts) und Radiosonden-Beobachtungen für Höhenfelder der Nordhemisphäre (oben) und tropische zonale Winde (unten) angegeben. Bei den Zahlenangaben handelt es sich um Durchschnittswerte für zehn Tage; während dieses Zeitraums lag kein Anzeichen einer systematischen Abweichung der Assimilation vor. Die Anpassung an die Daten der Stratosphäre hat sich in dem 19-Flächenmodell bedeutend verbessert, insbesondere in den Tropen, wo sich fast bis in Bodennähe positive Auswirkungen ergaben. Ähnliche Ergebnisse wurden bei einer zweiten Assimilation für sechs Tage erzielt.

Les résultats d'une assimilation d'essai de dix jours sont résumés dans la Figure 5. Celle-ci indique les erreurs quadratiques moyennes de concordance des analyses initialisées (à gauche) et des premières ébauches (à droite) avec les observations des radiosondes, pour le géopotential dans l'hémisphère nord (en haut) et les vents zonaux sous les tropiques (en bas). Les figures représentent des moyennes établies sur dix jours; pendant cette période, il ne s'est manifesté aucun signe de dérive systématique de l'assimilation. Il est clair que la concordance avec les données dans la stratosphère est nettement améliorée par l'utilisation du modèle à 19 niveaux, surtout dans les régions tropicales, où l'on peut constater un certain avantage à tous les niveaux presque jusqu'à la surface. Des résultats similaires ont été obtenus lors d'une deuxième assimilation sur une période de six jours.



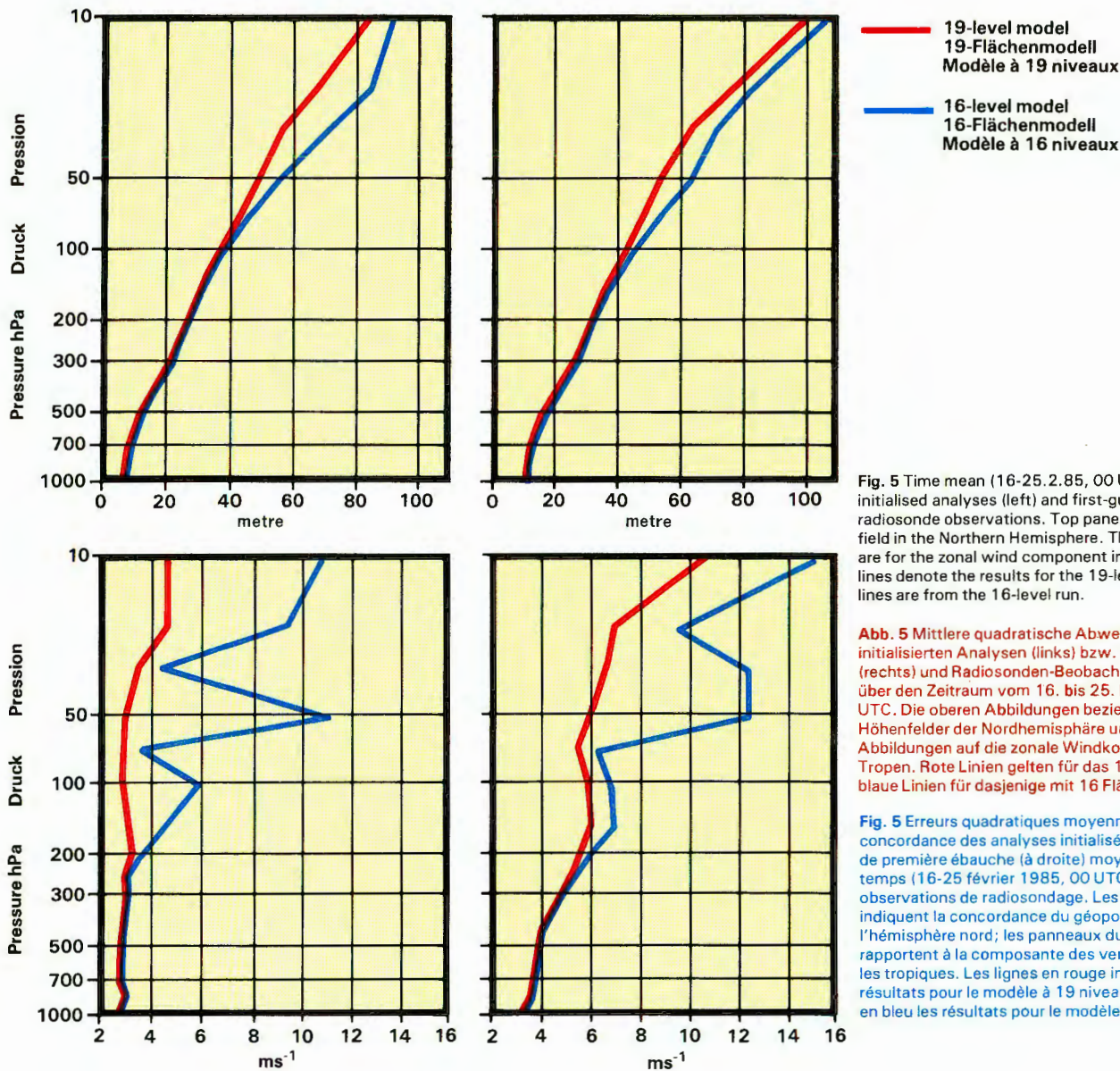


Fig. 5 Time mean (16-25.2.85, 00 UTC) RMS fit of initialised analyses (left) and first-guess (right) to radiosonde observations. Top panels show fit of height field in the Northern Hemisphere. The bottom panels are for the zonal wind component in the tropics. Red lines denote the results for the 19-level model, blue lines are from the 16-level run.

Abb. 5 Mittlere quadratische Abweichung zwischen initialisierten Analysen (links) bzw. erster Näherung (rechts) und Radiosonden-Beobachtungen, gemittelt über den Zeitraum vom 16. bis 25. Februar 1985, 00 UTC. Die oberen Abbildungen beziehen sich auf die Höhenfelder der Nordhemisphäre und die unteren Abbildungen auf die zonale Windkomponente in den Tropen. Rote Linien gelten für das 19-Flächenmodell, blaue Linien für dasjenige mit 16 Flächen.

Fig. 5 Erreurs quadratiques moyennes de concordance des analyses initialisées (à gauche) et de première ébauche (à droite) moyennées dans le temps (16-25 février 1985, 00 UTC) avec les observations de radiosondage. Les panneaux en haut indiquent la concordance du géopotentiel dans l'hémisphère nord; les panneaux du bas se rapportent à la composante des vents zonaux sous les tropiques. Les lignes en rouge indiquent les résultats pour le modèle à 19 niveaux, et les lignes en bleu les résultats pour le modèle à 16 niveaux.

Forecasts from both series of data assimilations were run at two-day intervals starting from the second day of each assimilation. This gave nine pairs comprising 16-level forecasts from 16-level assimilations and 19-level forecasts from 19-level assimilations. These have been verified objectively, and some results averaged over the nine cases are shown in Fig. 6. The upper plot presents anomaly correlations for the extratropical 500 hPa field of the Northern Hemisphere. It shows little impact of the resolution increase in the first half of the forecast range, but a quite substantial improvement after forecast day 6. Individual forecasts show improvement beyond day 7 in all cases but one.

Vorhersagen mit Datenassimilationen für Test- und Kontrollzwecke wurden in Abständen von zwei Tagen jeweils ab dem zweiten Tag der Datenassimilation durchgeführt. Hierdurch ergaben sich jeweils neun Paare von Vorhersagen mit dem 16-Flächenmodell aufgrund von Assimilationen mit 16 Flächen bzw. Vorhersagen mit dem 19-Flächenmodell aufgrund von Assimilationen mit 19 Flächen. Diese wurden objektiv überprüft; einige der für neun Fälle gemittelten Ergebnisse sind in Abb. 6 veranschaulicht. Die obere Kurve stellt die Anomaliekorrelation für das außertropische 500 hPa-Höhenfeld in der Nordhemisphäre dar. Daraus sind geringfügige Auswirkungen der Erhöhung der Auflösung in der ersten Hälfte des Vorhersagenzeitraums, jedoch eine ziemlich beträchtliche Verbesserung nach dem sechsten Vorhersagetag ersichtlich. Einzelne Vorhersagen weisen in allen Fällen mit Ausnahme einer einzigen eine Verbesserung nach dem siebten Tag auf.

Des prévisions ont été faites à partir des deux séries d'assimilation de données, cela à des intervalles de deux jours, à commencer par la deuxième journée de chaque assimilation. Ceci a donné neuf paires de prévisions, comportant des prévisions à 16 niveaux à partir d'assimilations à 16 niveaux, et des prévisions à 19 niveaux à partir d'assimilations à 19 niveaux. Ces prévisions ont été vérifiées objectivement, et certains résultats moyennés sur les neuf cas sont donnés à la Figure 6. Le graphique du haut représente les corrélations d'anomalies pour le géopotentiel extra-tropical de 500 hPa dans l'hémisphère nord. Il montre que l'accroissement de la résolution a eu très peu d'effet pendant la première moitié de la période de prévision; il fait ressortir, par contre, une amélioration très sensible après le sixième jour de la prévision. Les prévisions individuelles indiquent une amélioration au-delà du septième jour dans tous les cas, à une exception près.



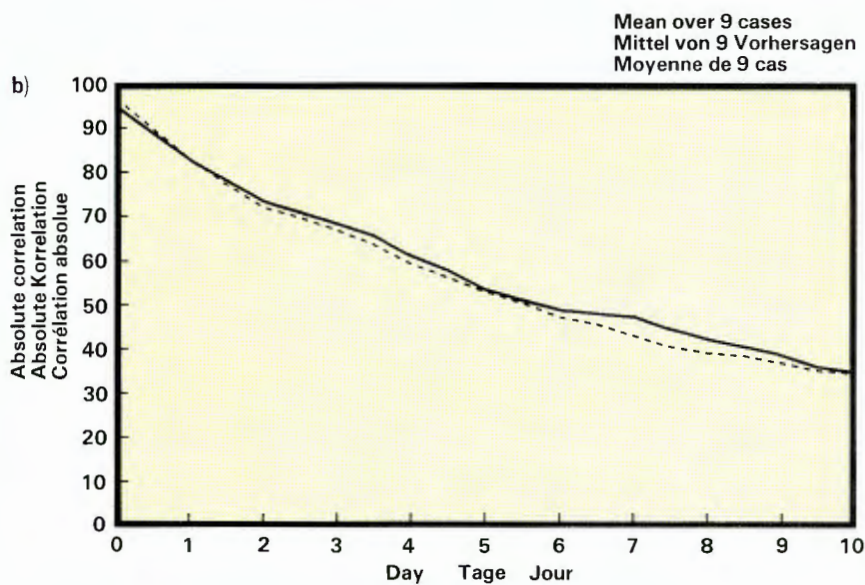
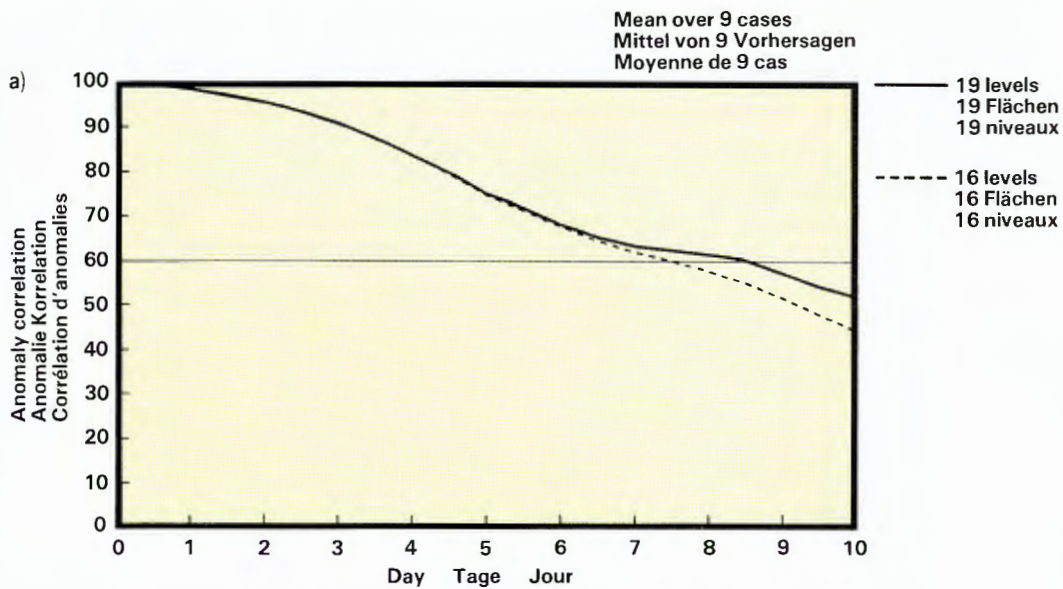


Fig. 6 (a) Ensemble average of 500 hPa height anomaly correlation for the Northern Hemisphere as a function of forecast time. The full line is for the 19-level forecast started from the 19-level assimilation, the dashed line for the 16-level forecast started from the 16-level assimilations.

(b) Similar to Fig. 6 (a), but absolute correlation of 850 hPa vector wind in the tropics.

Abb. 6 a) Über mehrere Vorhersagen gemittelte Anomalie-Korrelationskoeffizienten des 500 hPa-Höhenfeldes der Nordhemisphäre als Funktion der Vorhersagezeit. Die ausgezogene Linie gilt für das 19-Flächenmodell sowohl in der Vorhersage als auch in der Assimilation, und die gestrichelte Linie gilt für das 16-Flächenmodell in beiden Systemen.

b) Ähnlich wie Abb. 6a, jedoch für den absoluten Korrelationskoeffizienten des Vektorwindes der 850 hPa-Fläche in den Tropen.

Fig. 6 a) Corrélations d'anomalie du géopotentiel de 500 hPa pour l'hémisphère nord (moyennées sur deux ensembles) en fonction de l'échéance de prévision. La ligne en trait plein se rapporte à la prévision à 19 niveaux effectuée à partir de l'assimilation à 19 niveaux; la ligne en pointillés se rapporte à la prévision à 16 niveaux fait à partir de l'assimilation à 16 niveaux.

b) Similaire à la fig. 6a, mais avec corrélation absolue du vecteur vent à 850 hPa sous les tropiques.

Initial analyses were improved more substantially in the tropics by the use of the 19-level model, and this is reflected in the forecast verification. The lower plot of Fig. 6 shows mean absolute correlations of 850 hPa vector wind. These clearly favour the 19-level system, despite a penalty from using 16-level analyses for verification, since this results in spuriously higher initial scores for the 16-level version.

Durch die Verwendung des 19-Flächenmodells wurden die Ausgangsanalysen für die Tropen bedeutend verbessert, und dies haben Kontrollvorhersagen bestätigt. Die untere Kurve in abb. 6 veranschaulicht die durchschnittlichen absoluten Korrelationskoeffizienten des Vektor-Windes der 850 hPa-Fläche. Hieraus ergibt sich eindeutig ein Vorteil für das 19-Flächenmodell, obwohl eine 16-Flächenanalyse zur Vertifizierung benutzt wurde. Die negativen Auswirkungen der 16-Flächenanalyse zeigen sich am Anfang der Vorhersage, da das 16-Flächenmodell fälschlicherweise eine bessere Bewertung erhält.

Les analyses initiales sont améliorées dans une plus large mesure sous les tropiques grâce à l'utilisation du modèle à 19 niveaux, et ceci se reflète dans la vérification des prévisions. Le graphique au bas de la Figure 6 indique les corrélations absolues du vecteur vent à 850 hPa. Ces corrélations montrent une nette préférence pour le système à 19 niveaux, malgré les conséquences de l'utilisation des analyses à 16 niveaux pour la vérification, qui se traduisent par des scores initiaux faussement plus élevés pour le modèle à 16 niveaux.



Subjective assessment of the forecasts revealed a distinct improvement over Europe in the latter half of the ten-day range. This was found in many individual cases, and showed clearly in ensemble-averaged maps. A better splitting of the jet stream was particularly evident as may be seen in Fig. 7. Subjective and objective verification showed that much of the benefit of the 19-level system for medium-range prediction came from the better-defined initial state, rather than from the use of increased stratospheric resolution in the forecast itself. The latter, however, was responsible for some significant improvements in trial extended-range predictions and climate simulations, particularly when the parametrization of gravity wave drag was included.

Bei einer subjektiven Bewertung der Vorhersagen hat sich in der zweiten Hälfte des Zehn-Tage-Vorhersagezeitraums eine eindeutige Verbesserung über Europa ergeben. Dies wurde in zahlreichen Einzelfällen festgestellt und geht aus den Karten von Ensemble-Vorhersagen klar hervor. Eine bessere Auffächerung des Jet ist ganz besonders offensichtlich, wie dies Abb. 7 zeigt. Subjektive und objektive Kontrollen haben ergeben, dass zahlreiche Vorteile des 19-Flächenmodells für die mittelfristige Wettervorhersage eher auf den besser definierten Ausgangszustand als auf die Verwendung einer höheren Auflösung der Stratosphäre in den Vorhersagen zurückzuführen ist. Auf letzterer beruhen jedoch einige bedeutende Verbesserungen von experimentellen Vorhersagen für einen längeren Zeitraum und die Klima-Assimilationen, insbesondere bei Einbeziehung der Parametrisierung der Reibung aufgrund von Schwerewellen.

L'évaluation subjective des prévisions a fait ressortir une nette amélioration au-dessus de l'Europe pendant la deuxième moitié de la période de dix jours. Cette amélioration a été constatée dans de nombreux cas individuels, et elle s'est fait clairement remarquer dans les cartes moyennées sur les ensembles. Une meilleure bifurcation du courant-jet était particulièrement évidente, comme on peut le constater dans la Figure 7. La vérification subjective et objective a démontré que le système à 19 niveaux pour les prévisions à moyen terme avait pour principal avantage de mieux définir l'état initial, plutôt qu'utiliser une plus grande résolution stratosphérique dans la prévision elle-même. Toutefois, c'est cette plus grande résolution qui a conduit à certaines améliorations importantes dans des prévisions expérimentales et des simulations de climat à long terme, surtout lorsque la paramétrisation de la traînée due à l'onde de gravité était incorporée dans le modèle.

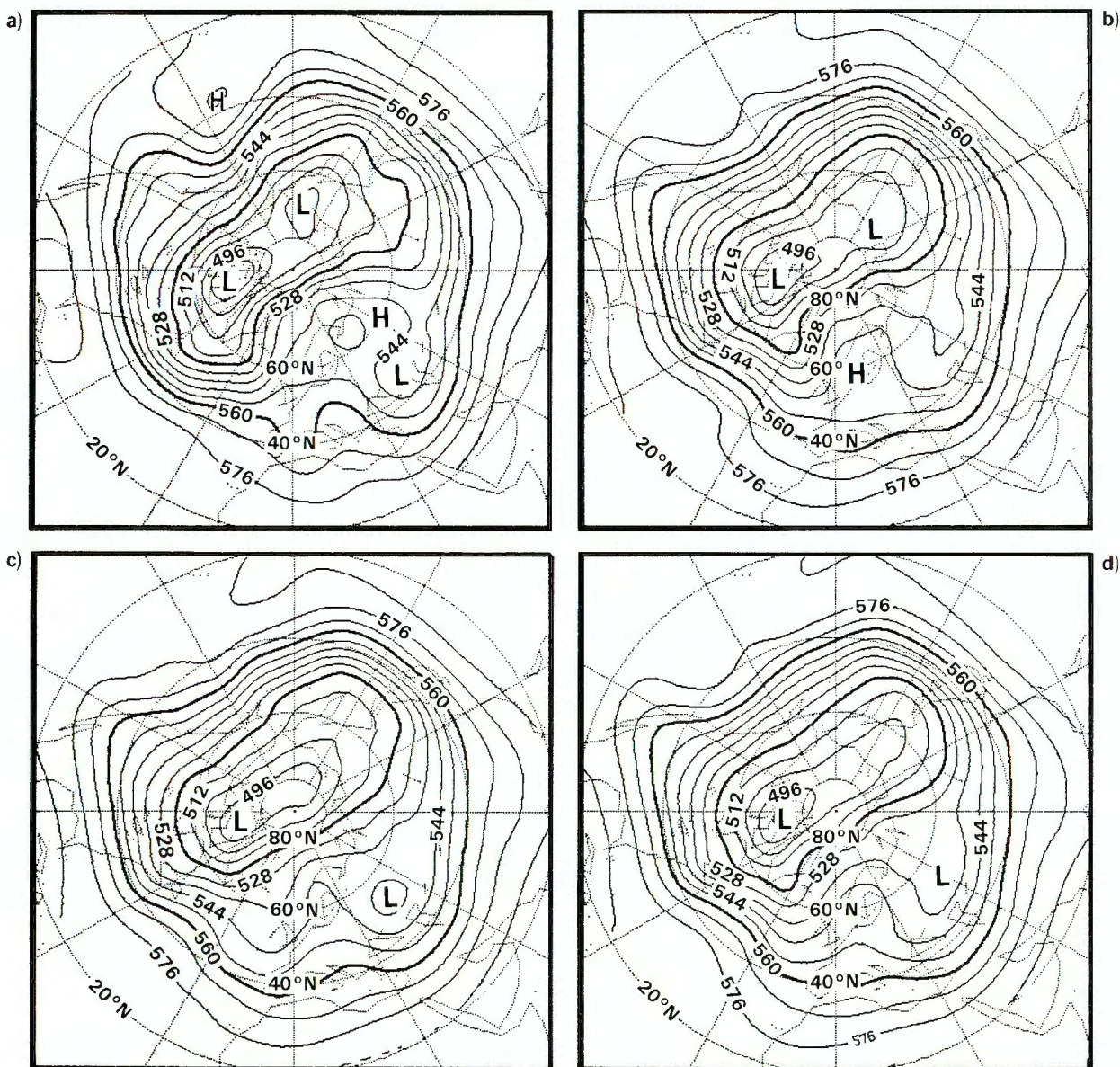


Fig. 7 Ensemble-mean 500 hPa heights for (a) verifying analyses, (b) 19-level ten-day forecasts from the 19-level assimilation, (c) 16-level forecasts from the 16-level assimilation, (d) 16-level forecasts from the 19-level assimilation.

Abb. 7 Über mehrere Termine gemittelte 500 hPa-Höhenflächen für (a) Kontrollanalysen, (b) 10-Tage-Vorhersagen mit dem 19-Flächenmodell sowohl in der Assimilation als auch der Vorhersage, (c) 16-Flächenmodell in beiden Systemen, (d) 19-Flächenmodell in der Assimilation und 16 Flächen in der Vorhersage.

Fig. 7 Hauteurs géopotentielle de 500 hPa (moyennées sur deux ensembles) pour a) des analyses de vérification, b) des prévisions à 10 jours d'échéance et à 19 niveaux faites à partir de l'assimilation à 16 niveaux, c) des prévisions à 16 niveaux faites à partir de l'assimilation à 16 niveaux, d) des prévisions à 16 niveaux faites à partir de l'assimilation à 19 niveaux.



## The parametrization of gravity wave drag

A parametrization scheme for the flux of momentum associated with sub-gridscale gravity waves excited by stratified flow over irregular terrain was incorporated into the ECMWF operational forecast model on 15 July 1986.

Recent research at both the Meteorological Office of the United Kingdom and the Canadian Climate Center indicated a considerable impact of this previously unrepresented physical process, with a marked improvement in the global momentum balances. The present high-resolution global models have a westerly flow which is too zonal and too strong, particularly in wintertime, with related stratospheric errors prominent in the systematic errors of models, including that of the Centre. The importance of the global orography and its interaction with the flow on all scales has long been recognised and is a major modelling problem which has been the subject of much recent research, including the development of envelope orography used in the present operational model.

### The parametrization scheme

It is necessary to parametrize the wave stress due to the orographically-excited gravity waves and also the variation of this stress with height. Depending on the atmospheric static stability and vertical wind shear, these gravity waves can propagate vertically until they have sufficiently large amplitude to break. The vertical stress divergence acts as a deceleration of the mean flow in these regions of breaking. The stress at the lower boundary is proportional to the low-level windspeed and static stability, and to the orographic "wavemaking" ability. The dependence of wind direction relative to a mountain range is taken into account.

The formulation for the low-level stress gives large geographical variations and strong temporal ones also. In particular, the dependence on windspeed and static stability implies a maximum in gravity wave drag (GWD) in winter and a minimum in summer. Fig. 8 outlines the basic principles. A vertical profile of wave stress throughout the depth of the atmosphere is also determined by the scheme. Much of the wave drag occurs in the stratosphere but there is also significant low-level drag.

## Parametrisierung der Reibung Aufgrund von Schwerewellen

Ein Parametrisierungsschema für Flüsse von Drehimpulsen im Zusammenhang mit den nicht vom Gitter erfassten Schwerewellen, die über unebenem Gelände durch die Strömung in mehreren Schichten erzeugt werden, wurde am 15. Juli 1986 in das Routine-Vorhersagemodell des EZMW einbezogen.

Unlängst sowohl im Wetterdienst des Vereinigten Königreichs als auch im Kanadischen Klimazentrum durchgeführte Forschungsarbeiten haben ergeben, dass diese bisher nicht dargestellten physikalischen Prozesse beträchtliche Auswirkungen haben; hierdurch hat sich das globale Gleichgewicht des Drehimpulses merklich verbessert. In den jetzigen Globalmodellen mit hoher Auflösung ist die Strömung in westlicher Richtung, insbesondere im Winter, zu zonal und zu stark; es entstehen dadurch beträchtliche systematische Fehler in den Modellen der Stratosphäre und ebenfalls im Modell des Zentrums. Es ist seit langem bekannt, dass die globale Orographie und ihr Zusammenwirken mit der Zirkulation in allen Bereichen von Bedeutung ist und bei der Erstellung von Modellen ein sehr grosses Problem bildet; dieses Problem und die Entwicklung der Enveloppe-Orographie, die im jetzigen Routinemodell benutzt wird, waren unlängst Gegenstand der Forschung.

### Parametrisierungsschema

Die Drehimpulse aufgrund von Schwerewellen, die durch die Orographie erzeugt werden, sowie deren Änderung mit der Höhe müssen parametrisiert werden. Je nach der statischen Stabilität der Atmosphäre und der vertikalen Windscherung können sich die Schwerewellen in der Senkrechten solange fortpflanzen, bis sie eine genügend grosse Amplitude erreicht haben und brechen. Die vertikale Divergenz des Drehimpulsflusses verlangsamt in den Gebieten, wo die Wellen brechen, die mittlere Strömung. Die Spannung an der unteren Grenzschicht ist proportional der Windgeschwindigkeit und der statischen Stabilität in den unteren Schichten und proportional der die Wellen erzeugenden Orographie. Die Abhängigkeit der Windrichtung von Gebirgsketten wird hierbei berücksichtigt.

Bei der Formulierung der Schubspannung in den unteren Schichten ergeben sich sowohl grosse geographische als auch zeitliche Änderungen. Insbesondere bewirkt die Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und statischer Stabilität ein Maximum an Reibung aufgrund von Schwerewellen im Winter und ein Minimum im Sommer.

Abb. 8 veranschaulicht die hierfür geltenden Grundsätze. Das vertikale Profil der Schubspannung der Wellen in der gesamten Atmosphäre wird ebenfalls durch dieses Schema bestimmt. Der grösste Teil der Reibung aufgrund von Wellen entsteht in der Stratosphäre, in den unteren Schichten tritt jedoch ebenfalls beträchtliche Reibung auf.

## Paramétrisation de la traînée due à l'onde de gravité

Le 15 juillet 1986, il a été procédé à l'incorporation, dans le modèle de prévision de routine du CEPMMT, d'un schéma de paramétrisation pour le flux de la quantité de mouvement. Ce flux correspondait à des ondes de gravité (d'échelle inférieure à celle de la grille) excitées par la circulation stratifiée au-dessus d'un terrain irrégulier.

Les travaux de recherche effectués récemment au Service météorologique du Royaume-Uni et au Centre météorologique du Canada indiquent que ce processus physique, jusqu'ici non représenté, exerce un effet considérable; et, lorsqu'il est incorporé, il en résulte une amélioration sensible dans les bilans mondiaux de quantité de mouvement. Les modèles mondiaux actuels à haute résolution ont une circulation d'ouest qui est trop zonale et trop intense, surtout en hiver; et il en résulte des erreurs stratosphériques correspondantes qui représentent une grande proportion des erreurs systématiques des modèles, dont le modèle du Centre. L'importance de l'orographie globale et son interaction avec la circulation à toutes les échelles sont reconnues depuis longtemps; en effet, elles représentent un important problème de modélisation qui a récemment fait l'objet de bon nombre de travaux de recherche, y compris le développement de l'orographie enveloppe qui est employée dans le modèle opérationnel actuel.

### Schéma de paramétrisation

Il est nécessaire de paramétriser la friction des ondes atmosphériques due aux ondes de gravité à excitation orographique, et aussi la variation de cette friction en fonction de la hauteur. Selon la stabilité statique atmosphérique et le cisaillement du vent à la verticale, ces ondes de gravité peuvent se propager verticalement jusqu'à ce qu'elles atteignent une amplitude suffisante pour se briser. La divergence de la friction à la verticale fait décélérer la circulation moyenne dans ces régions de rupture. La friction à la limite inférieure est proportionnelle à la vitesse du vent et à la stabilité statique à bas niveau, et aussi à la capacité de "création d'ondes" orographique. Il est tenu compte du fait que la direction du vent dépend d'une chaîne de montagnes.

La formulation de la friction à bas niveau donne de grandes variations géographiques et aussi des variations temporelles importantes. En particulier, la dépendance de la vitesse du vent et de la stabilité laisse supposer une valeur maximum pour la traînée due à l'onde de gravité (GWD) en hiver, et une valeur minimum en été. La Figure 8 montre les principes de base. Le schéma détermine aussi un profil vertical de la friction des ondes dans toute la profondeur de l'atmosphère. La majeure partie de la traînée due à l'onde se produit dans la stratosphère, mais il existe aussi une traînée importante à bas niveau.



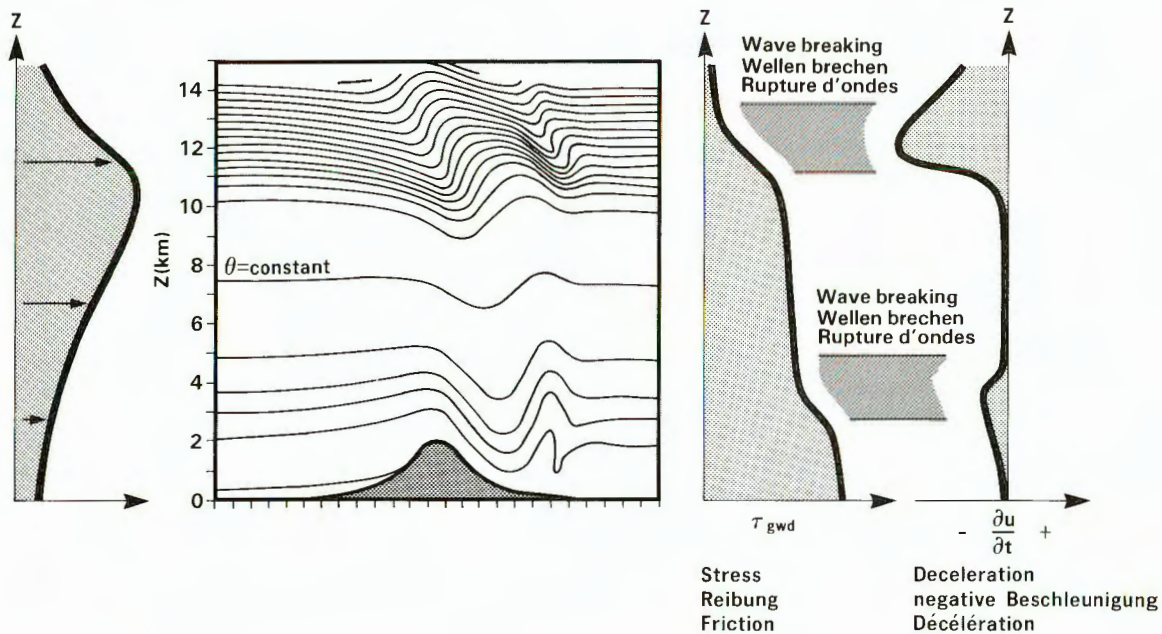


Fig. 8 Gravity wave drag (schematic)

Abb. 8 Reibung aufgrund von Schwerewellen (schematisch)

Fig. 8 Trainée due à l'onde de gravité

#### Forecast experiments

The scheme was tested at several horizontal resolutions with both 16 and 19 levels; a series of ten-day T106\* global forecasts was carried out together with a number of extended range and seasonal simulations.

Twelve initial dates from Spring 1985 to Spring 1986 were used with an envelope (one standard deviation) orography (see Annual Report 1985, "the high-resolution operational model"). Fig. 9a summarises the mean scores for the Northern Hemisphere. This mean improvement over a year includes several summer cases with very little impact of GWD.

There is a systematic improvement in all variables on all scales in all areas (as far as has been ascertained) from relatively early in the forecast; Fig. 9b shows anomaly correlations for seven winter cases over Europe.

Since 19-level forecasts became operational only in mid-1986, relatively few 19-level research forecasts included GWD. Nevertheless, these showed a similar improvement to those with 16-levels and complemented the improvement found by increasing the number of vertical levels.

#### Vorhersage-Experimente

Das Vorhersageschema wurde mit verschiedenen horizontalen Auflösungen sowohl für sechzehn als auch für neunzehn Schichten getestet; eine Reihe von 10-Tage-Vorhersagen mit dem Globalmodell T106\* wurde zusammen mit einer Anzahl von Modellläufen für längere Vorhersagezeiträume und Jahreszeiten durchgeführt.

Zwölf Ausgangsdaten zwischen Frühjahr 1985 und Frühjahr 1986 wurden mit einer Enveloppe-Orographie (eine Standardabweichung) benutzt (siehe Jahresbericht 1985, "Das Routine-Vorhersagemodell mit hoher Auflösung"). In Abb. 9a sind die durchschnittlichen Gütezahlen für die Nordhemisphäre zusammengefasst. Während dieser durchschnittlichen Verbesserung im Laufe eines Jahres waren mehrere Fälle im Sommer mit sehr geringer Auswirkung auf die Reibung aufgrund von Schwerewellen zu verzeichnen.

Schon verhältnismässig frühzeitig während des Vorhersagezeitraums traten (soweit bisher festgestellt werden konnte) systematische Verbesserungen ein. In Abb. 9b sind die Anomalie-Korrelationskoeffizienten für sieben Vorhersagen im Winter über Europa dargestellt.

Da erst Mitte 1986 die Vorhersagen mit den Daten des 19-Flächenmodells routinemässig erstellt wurden, haben verhältnismässig wenig Vorhersagen für Forschungszwecke mit Daten aus 19 Flächen die Reibung aufgrund von Schwerewellen berücksichtigt. Trotzdem hat sich bei diesen eine ähnliche Verbesserung wie bei den Vorhersagen mit dem 16-Flächenmodell ergeben, und zwar zusätzlich zur Verbesserung aufgrund der Erhöhung der Anzahl der senkrechten Flächen.

#### Prévisions expérimentales

Le schéma a été testé à plusieurs résolutions horizontales, avec 16 et 19 niveaux; il a été procédé à une série de prévisions globales à dix jours d'échéance avec une résolution T106\*, ainsi qu'à plusieurs simulations saisonnières et à long terme.

Douze dates initiales, établies entre le printemps 1985 et le printemps 1986, ont été employées avec une orographie enveloppe (un écart type) – voir le Rapport annuel 1985 "Modèle opérationnel à haute résolution". La Figure 9a résume les scores moyens pour l'hémisphère nord. Cette amélioration moyenne couvre plusieurs cas d'été sur lesquels très peu d'effet avait été exercé par la GWD.

Il y a amélioration systématique dans toutes les variables à toutes les échelles et dans toutes les régions (dans la mesure où cela a été établi) depuis un moment relativement anticipé de la prévision. La Figure 9b indique les corrélations d'anomalies pour sept cas en hiver au-dessus de l'Europe.

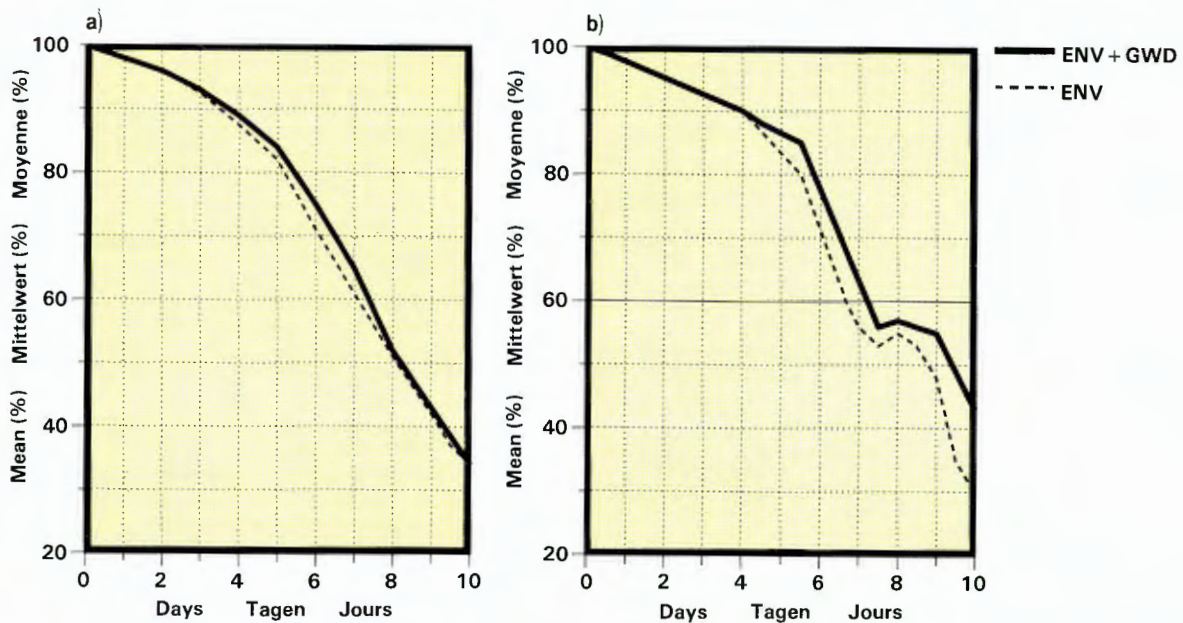
Puisque ce n'est qu'au milieu de 1986 que les prévisions de routine ont commencé à employer 19 niveaux, relativement peu de prévisions de recherche à 19 niveaux ont tenu compte de la GWD. Néanmoins, ces prévisions de routine ont donné un même degré d'amélioration que les prévisions à 16 niveaux, qui vient s'ajouter à l'amélioration obtenue par l'accroissement du nombre de niveaux à la verticale.

\* Defined in section on Experiments with Higher Horizontal Resolution

\* Siehe Definition im Abschnitt 'Experimente mit höherer horizontaler Auflösung'

\* Définie dans la section sur les Prévisions expérimentales avec une plus grande résolution horizontale





**Fig. 9** Mean anomaly correlations for (a) Northern Hemisphere (1000-200 hPa) heights and (b) European area 500 hPa and 1000 hPa heights.

**Abb. 9** Durchschnittlicher Anomalie-Korrelationskoeffizient für (a) Höhenfelder der Nordhemisphäre (1000 hPa - 200 hPa) und (b) Höhenfelder des europäischen Bereichs (500 hPa und 1000 hPa)

**Fig. 9** Corrélations d'anomalies moyennes pour (a) Hauteurs géopotentielle de 1000 - 200 hPa dans l'hémisphère nord, et (b) Hauteurs géopotentielle de 500 hPa et 1000 hPa dans la zone d'Europe.

#### Climate integrations

An important test of a physical parametrization is that it should improve the climate of the model. This was assessed by integrating the 19-level model for 90 days from three different initial conditions one year apart with T42 truncation. The impact of GWD is substantial on both the stratospheric and tropospheric systematic errors; an example of the impact of GWD on the model's winter climatology is given in Fig. 10 which shows 90 day mean 1000 hPa height. Compared with observations (Fig. 10a) the climate of the model with no parametrization of subgridscale orography shows an excessive and quite unrealistic westerly flow, particularly over the continents (Fig. 10b). Inclusion of  $(\sqrt{2}\sigma)$  envelope orography (Fig. 10c) shows some improvement over North America, but the surface flow is still too westerly, and the strong anticyclonic conditions over Europe are unrealistic. With the operational version of the gravity wave drag scheme, together with envelope orography, the 1000 hPa climate is much improved (Fig. 10d)

Only results for the Northern Hemisphere have been shown, as the impact of GWD is very small in the tropics and mostly small and unsystematic in the Southern Hemisphere.

#### Klimaintegrationen

Es wurde getestet, ob sich infolge der Parametrisierung der subskaligen Prozesse das Klima des Modells verbessert. Dies wurde durch Integration des 19-Flächenmodells für 90 Tage, ausgehend von drei unterschiedlichen Ausgangsbedingungen, die ein Jahr auseinanderlagen, mit einem Modell mit einer Begrenzung des Spektrums auf die Wellenzahl 42 bewertet. Die Auswirkungen der Reibung aufgrund von Schwerwellen sind sowohl auf die systematischen Fehler in der Stratosphäre als auch in der Troposphäre beträchtlich; ein Beispiel der Auswirkungen auf die Klimatologie des Modells im Winter enthält Abb 10, in der über 90 Tage gemittelte Höhenfelder der 1000 hPa-Fläche veranschaulicht sind. Verglichen mit den Beobachtungen (Abb. 10a) ergibt sich für das Klima des Modells ohne Parametrisierung der nicht vom Gitter erfassten Orographie eine übermäßige, ziemlich unrealistische westliche Strömung, insbesondere über den Kontinenten (Abb. 10b). durch Einbeziehung der Enveloppe-Orographie  $(\sqrt{2}\sigma)$  ergibt sich eine geringfügige Verbesserung über Nordamerika (Abb. 10c). Die Strömung in Bodennähe ist jedoch weiterhin zu stark in westlicher Richtung, und die ausgeprägten antizyklonalen Bedingungen über Europa sind unrealistisch. Mit der operationellen Version des Schemas für die Reibung aufgrund von Schwerwellen und der Enveloppe-Orographie verbessert sich das Klima der 1000 hPa-Fläche bedeutend. (Abb. 10d).

Es sind nur Ergebnisse für die Nordhemisphäre angegeben, da die Auswirkungen der Reibung aufgrund von Schwerwellen in den Tropen sehr gering sind; in der Südhemisphäre sind sie meist gering und nicht systematisch.

#### Intégrations du climat

Un critère important pour toute paramétrisation physique est le fait que celle-ci doit améliorer le climat du modèle. A cet effet, on a intégré le modèle à 19 niveaux pendant 90 jours à partir de trois conditions initiales différentes séparées d'un an, et avec une résolution T42. La GWD exerce un effet sensible sur les erreurs systématiques aussi bien stratosphériques que troposphériques. Un exemple de l'effet de la GWD sur la climatologie d'hiver du modèle est donné à la Figure 10; celle-ci montre le géopotentiel de 1000 hPa moyenné sur 90 jours. Comparé aux observations (Figure 10a), le climat du modèle sans paramétrisation de l'orographie (d'échelle inférieure à celle de la grille) indique une circulation d'ouest excessive et très peu réaliste, surtout au-dessus des continents (Figure 10b). L'incorporation de l'orographie enveloppe  $(\sqrt{2}\sigma)$  - Figure 10c - donne une certaine amélioration au-dessus de l'Amérique du nord, mais la circulation de surface reste toujours trop en direction d'ouest, et les conditions correspondant à une circulation anticyclonique intense au-dessus de l'Europe ne sont pas réalistes. Avec la version opérationnelle du schéma de traînée due à l'onde de gravité, et avec l'orographie enveloppe, le climat à 1000 hPa est nettement amélioré (Figure 10d).

Seuls sont indiqués les résultats obtenus pour l'hémisphère nord; en effet, la GWD exerce très peu d'effet dans les régions tropicales d'un part et, d'autre part, un effet généralement réduit et non systématique dans l'hémisphère sud.



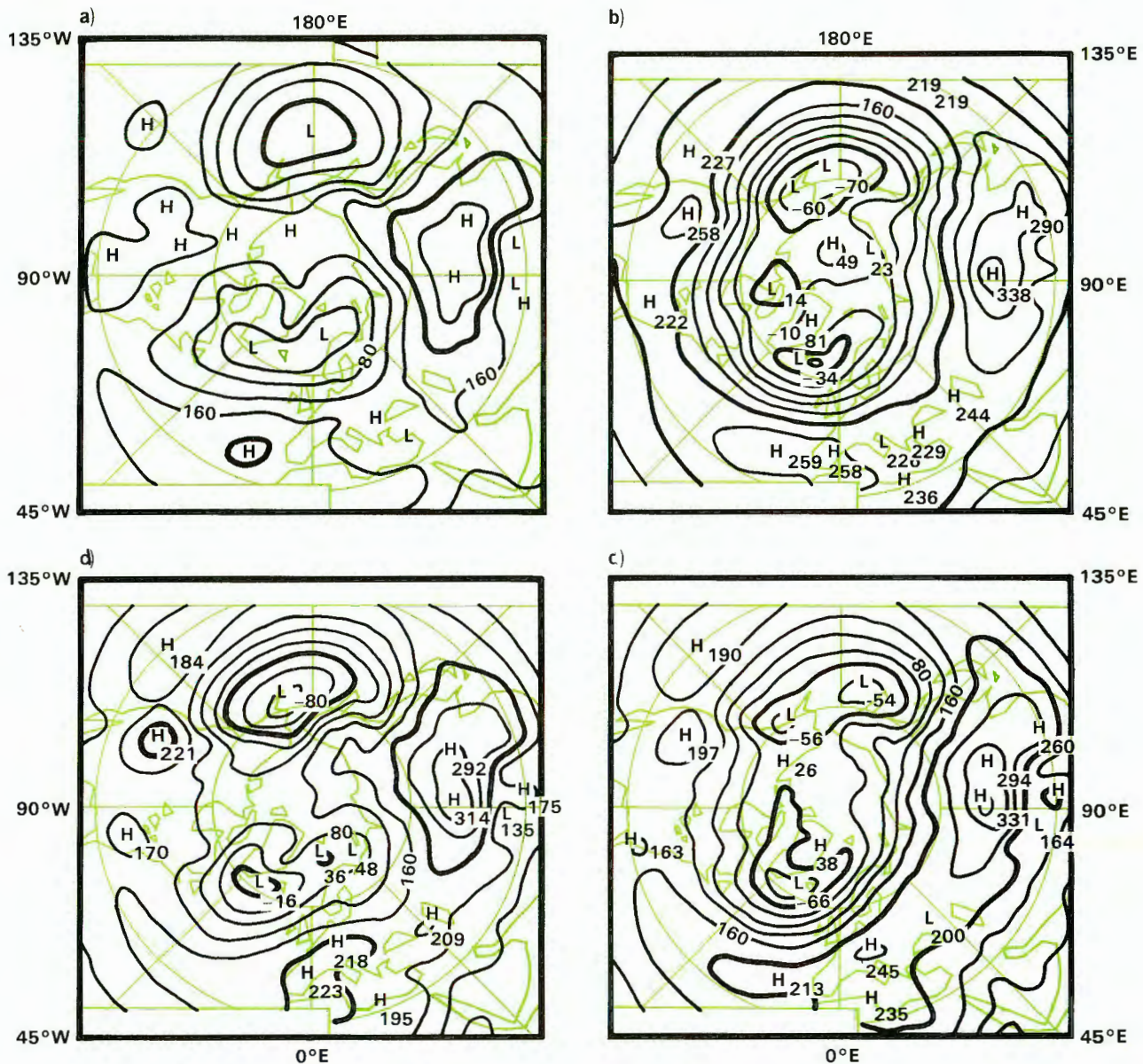


Fig. 10 Ninety-day means of the 1000 hPa height fields from T42 simulations with 19 levels for three winters compared with the observed climate.

- (a) observed climate
- (b) mean orography
- (c) envelope orography
- (d) envelope orography and the GWD scheme.

Abb. 10 Über 90 Tage gemittelte Höhenfelder der 1000 hPa-Fläche aufgrund von Modellläufen T42 mit 19 Flächen während dreier Winter im Vergleich zu dem beobachteten Klima.

- (a) beobachtetes Klima
- (b) mittlere Orographie
- (c) Enveloppe-Orographie
- (d) Enveloppe-Orographie und Schema der Reibung aufgrund von Schwerewellen.

Fig. 10 Comparaison entre les géopotentiels de 1000 hPa (moyennés sur 90 jours) obtenus à partir des simulations T42 à 19 niveaux pour trois hivers différents, et le climat observé.

- (a) climat observé
- (b) orographie moyenne
- (c) orographie enveloppe
- (d) orographie enveloppe et schéma GWD

The forecast experiments described here have been exclusively with operational envelope orography; however, the set of T106 experiments with 16 levels was repeated with mean orography. Objective scores still indicated an advantage for the envelope over the mean, albeit a modest one. On the other hand there are some indications from further integrations with the envelope removed, that a satisfactory simulation of observed climate may be achieved with gravity wave drag alone. At this stage the envelope orography is retained in the operational model but research was under way at the end of the year into the dynamical relationships between the orography itself, the vertical resolution, and the stress profiles provided by the GWD parameterisation scheme, with a view to further improvements in the future.

Die hier beschriebenen Vorhersageexperimente wurden ausschliesslich mit der routinemässigen Enveloppe-Orographie durchgeführt; eine Reihe von Experimenten mit der Auflösung T106 und 16 Flächen wurde jedoch mit der durchschnittlichen Orographie wiederholt. Auch in diesen Fällen ergaben die objektiven Gütemasszahlen nur einen bescheidenen Vorteil der Enveloppe-Orographie im Vergleich zur mittleren Orographie. Andererseits gibt es Anzeichen aufgrund von weiteren Integrationen ohne die Enveloppe-Orographie, dass mit der Reibung aufgrund von Schwerewellen allein eine zufriedenstellende Simulation des beobachteten Klimas erzielt werden kann. Gegenwärtig wird die Enveloppe-Orographie im Routinemodell beibehalten; um in Zukunft weitere Verbesserungen erzielen zu können, wurde gegen Ende des Jahres die Forschung

Les prévisions expérimentales décrites ici se sont déroulées exclusivement avec une orographie enveloppe opérationnelle; toutefois, l'ensemble de prévisions expérimentales T106 avec 16 niveaux a été répété avec une orographie moyenne. Les scores objectifs ont indiqué toujours un avantage pour l'orographie enveloppe par rapport à l'orographie moyenne, bien que cet avantage soit minime. Par ailleurs, il y a lieu de supposer, d'après d'autres intégrations effectuées sans orographie enveloppe, que l'on peut simuler de manière satisfaisante le climat observé au moyen de la seule traînée due à l'onde de gravité. A ce stade, l'orographie enveloppe est conservée dans le modèle opérationnel; mais des travaux de recherche ont été entamés à la fin de l'année, portant sur les rapports dynamiques entre l'orographie elle-même, la résolution verticale,



## Operational Implementation

The incorporation of changes into daily operations requires careful adaptation, thorough testing and considerable investigation. To safeguard the regularity and dependability of the supply of products to Member States, all new code is comprehensively checked. New systems which have been operated only in the research environment may require considerable adaptation before incorporation into the operational system. Changes which are significant from a meteorological point of view need to be investigated and assessed, so that Member States may be informed of their nature and likely consequences. Such investigations necessitate running test versions of the operational system in parallel with the production version.

In March a new humidity analysis was implemented and a tidal component was introduced into the initialisation. Prior to the introduction of the tidal component, it was necessary to build up a history of tidal data.

A thirty-day forecast to be run on two consecutive days each month was added in April. The results of these forecasts were for internal ECMWF research, and were archived under MARS. To minimise the extra resources required, the operational ten-day forecast was re-started and extended to thirty days.

The number of levels in the operational forecast was increased from 16 to 19 in May. Implementation of this change required consequential changes to enable the data assimilation to use first-guess data at 19 levels, and to produce analysis data at 19 levels for input to the forecast.

Two major changes took place in July: the implementation of the gravity wave drag parametrisation within the forecast and the adaptation of the data acquisition and dissemination to use the new telecommunications system, the NTC.

During the second and third quarters of the year, operational support for the new analysis required considerable effort. During August parallel runs were carried out, enabling implementation to take place in September. Using the new analysis, the operational system to run experimental medium-range forecasts based on 00 UTC data with short cut-off times was built. This system was run as part of the operational suite from September to the end of November. Results were archived in MARS, and arrangements were made to enable Member States to access the data by means of the MARS retrieval service.

Member States were kept informed of impending changes, and reports concerning the likely impact of significant meteorological changes were distributed in advance. Additional changes to optimise and improve the operational system were introduced where possible. These, coupled with the improved telecommunications facilities afforded by the NTC, resulted in a significant enhancement of the reliability and dependability of the operational service.

auch auf die dynamischen Zusammenhänge zwischen der Orographie, der vertikalen Auflösung und den Profilen des vertikalen Flusses des Drehimpulses, der durch Schwerwellen an Gebirgen erzeugt wird, ausgedehnt.

### Einführung von Änderungen des operationellen Systems

Die Einführung von Änderungen des täglichen Routinebetriebs erforderte sorgfältige Anpassung, gründliche Tests und zahlreiche Untersuchungen. Zur Gewährleistung der regelmässigen und zuverlässigen Versorgung der Mitgliedstaaten mit Vorhersagedaten wurde das neue Programm eingehend überprüft. Neue Systeme, die nur für Forschungszwecke betrieben werden, müssen mitunter beträchtlich angepasst werden, bevor sie für das Routinesystem übernommen werden können. Änderungen, die vom meteorologischen Standpunkt aus bedeutend sind, müssen untersucht und beurteilt werden, damit die Mitgliedstaaten davon in Kenntnis gesetzt werden können, welcher Art sie sind und welche Auswirkungen sie haben können. Für solche Untersuchungen müssen Testversionen des operationellen Systems gleichzeitig mit der für die Datenproduktion bestimmten Version des Systems durchgeführt werden.

Im März wurden eine neue Feuchteanalyse und eine Tidenkomponente für die Initialisierung eingeführt. Vor Einführung der Tidenkomponenten mussten umfangreiche Tidendaten zusammengestellt werden.

Im April kam eine 30-Tage-Vorhersage hinzu, die jeden Monat an zwei aufeinanderfolgenden Tagen erstellt wurde. Die Ergebnisse dieser Vorhersagen waren für die interne Forschungsarbeit im EZMW bestimmt; sie wurden durch MARS archiviert, jedoch nicht verbreitet. Um erforderliche zusätzliche Kapazitäten auf ein Minimum zu begrenzen, wurde erneut mit den Routinevorhersagen für zehn Tage begonnen; diese wurden dann auf dreissig Tage verlängert.

Die Anzahl der Flächen für die Routinevorhersagen wurde im Mai von sechzehn auf neunzehn erhöht. Infolgedessen waren weitere Änderungen erforderlich, damit für die Datenassimilation Daten erster Näherung aus neunzehn Flächen verwendet und Analysendaten aus neunzehn Flächen als Eingabedaten für die Vorhersage erstellt werden konnten.

Im Juli erfolgten zwei bedeutende Änderungen, nämlich die Einführung der Parametrisierung der Reibung aufgrund von Schwerwellen für die Vorhersage und die Anpassung der Datenerfassung und -vorbereitung in Zusammenhang mit dem neuen Telekommunikationssystem NTC.

Im zweiten und dritten Quartal des Berichtsjahres erforderte das neue Analysensystem beträchtliche Arbeit. Im August wurden Vorhersage-Parallelläufe durchgeführt, damit im September die neuen Analysen routinemässig eingeführt werden konnten. Mit Hilfe der neuen Analysen wurde das operationelle System entwickelt, das für die

et les profils de friction donnés par le schéma de paramétrisation de la GWD, en vue de réaliser d'autres améliorations à l'avenir.

### Mise en oeuvre

Pour incorporer des modifications dans les opérations journalières, il faut procéder à une adaptation judicieuse, à des essais nombreux et à une étude en profondeur. Pour assurer la régularité et la fiabilité des résultats des prévisions qui sont fournis aux Etats membres, tous les nouveaux programmes sont vérifiés de manière très détaillée. Les nouveaux systèmes qui n'ont été exploités que dans un environnement de recherche pourront exiger une adaptation considérable avant d'être incorporés dans le système opérationnel. Les changements qui sont importants d'un point de vue météorologique doivent être examinés et évalués, afin que les Etats membres soient informés de leur nature et des conséquences probables d'application. Ces études exigent l'exploitation de versions d'essai du nouveau système opérationnel parallèlement avec la version déjà en service.

Au mois de mars, une nouvelle analyse d'humidité a été mise en oeuvre, et une composante "marée" a été introduite dans l'initialisation. Avant l'introduction de cette composante "marée", il fallait établir un historique de données sur les marées.

Une prévision à 30 jours d'échéance, à effectuer deux jours de suite tous les mois, a été ajoutée en avril. Les résultats de ces prévisions étaient destinés aux activités de recherche interne du CEPMMT, et ils étaient archivés dans le système MARS. Pour minimiser les ressources additionnelles nécessaires, la prévision de routine à 10 jours d'échéance a été entamée à nouveau, et portée à une échéance de 30 jours.

Le nombre de niveaux dans la prévision de routine a été augmenté de 16 à 19 au mois de mai. Cette modification a exigé des changements correspondants, permettant à l'assimilation de données de se servir des données de première ébauche à 19 niveaux, et aussi de produire des données d'analyse à 19 niveaux, à introduire dans la prévision.

Deux importants changements se sont effectués en juillet: la mise en oeuvre de la paramétrisation de la traînée due à l'onde de gravité dans la prévision, et l'adaptation des systèmes d'acquisition et de diffusion des données, pour que ceux-ci puissent se servir du nouveau système de télécommunications (NTC).

Pendant les deuxième et troisième trimestres de l'année, l'appui opérationnel pour la nouvelle analyse a exigé un effort considérable. Pendant le mois d'août, des prévisions se sont effectuées parallèlement, ce qui a permis la mise en oeuvre en septembre. La nouvelle analyse a servi à élaborer le système opérationnel de prévisions expérimentales à moyen terme à partir des données obtenues à 00 UTC, avec point de coupure anticipé. Ce système a fait partie de l'ensemble opérationnel exploité entre septembre et fin novembre. Les résultats ont été archivés dans MARS, et les dispositions



Erstellung der experimentellen Mittelfristvorhersagen aufgrund der Daten von 00 UTC erforderlich ist; hierbei wird die Datenerfassung frühzeitig abgeschlossen. Dieses System wurde von September bis Ende November als Teil des operationellen Programmsystems betrieben. Die Ergebnisse wurden mit MARS archiviert; ferner wurden Vorkehrungen getroffen, um den Mitgliedstaaten über den MARS-Datenwiedergewinnungsdienst Zugang zu diesen Daten zu ermöglichen.

Die Mitgliedstaaten wurden von den bevorstehenden Änderungen in Kenntnis gesetzt und erhielten Berichte über die voraussichtlichen Auswirkungen von bedeutenden meteorologischen Änderungen. Weitere Änderungen zur Optimierung und Verbesserung des operationellen Systems wurden durchgeführt. Dank der besseren Telekommunikationseinrichtungen des neuen Telekommunikationssystems (NTC) konnte die Zuverlässigkeit des Betriebs beträchtlich erhöht werden.

## EXPERIMENTS WITH HIGHER HORIZONTAL RESOLUTION

Increases in horizontal resolution have undoubtedly played a major role in the improvement of numerical weather prediction over the years. In particular, the distinct improvements in forecast skill in the year from 1 May 1985 (see 1985 Annual Report) can be attributed largely to the increase in resolution of ECMWF's operational spectral model from triangular truncation at wavenumber 63 (T63) to truncation at wavenumber 106 (T106). Benefit has been noted across a wide range of scales, ranging from more realistic forecasts for specific location to better detail in the depiction of synoptic-scale systems to, occasionally, substantial improvement in the large-scale evolution of the medium-range forecast.

Recent research at the Centre has included a first examination of the impact of a further increase in global resolution. A truncation of T159 was chosen, since it was the largest that would run efficiently in the memory available within the Centre's computer system, albeit taking a computational time which is too long to be feasible operationally at present. Initial data were interpolated from operational T106 analyses and adjusted to the finer T159 orography.

The first case studied was chosen because of the occurrence early in the forecast of an Alpine lee cyclogenesis which was underestimated by the operational T106 model. Fig. 11 compares one-day forecasts at T63, T106 and T159 resolutions with the verifying operational analysis. The superiority of T106 over T63 is evident, and T159 improves further over T106 in the intensity of the lee cyclone. The T159 forecast shows detail which cannot be resolved in the T106 analysis used for verification, but the pressure and temperature fields exhibit patterns near the Alps and Pyrenees which are characteristic of high resolution hand analyses of similar synoptic situations, for example the cyclogenesis of the ALPEX period.

## EXPERIMENTE MIT HÖHERER HORIZONTALER AUFLÖSUNG

Die Erhöhungen der horizontalen Auflösung hatten zweifellos beträchtliche Bedeutung für die Verbesserung der numerischen Wettervorhersage in den vergangenen Jahren. Insbesondere kann die eindeutige Verbesserung der Vorhersagegüte während des Jahres nach dem 1. Mai 1985 (siehe Jahresbericht 1985) grösstenteils der Erhöhung der Auflösung des operationellen Spektralmodells des EZMW zugeschrieben werden; für dieses wurde anstatt einer Dreiecks-Trunkierung mit einer Wellenzahl 63 (T 63) eine solche mit der Wellenzahl 106 (T 106) verwendet. Ihr Nutzen hat sich in einem grosskaligen Bereich gezeigt und reicht von realistischeren Vorhersagen für bestimmte Stellen und besseren Einzelheiten bei der Beschreibung von synoptischen Systemen bis zu gelegentlich wesentlich besseren Mittelfristvorhersagen.

Bei unlängst im Zentrum durchgeführten Forschungsarbeiten wurde eine erste Untersuchung der Auswirkungen einer weiteren Erhöhung der globalen Auflösung vorgenommen. Es wurde eine Auflösung T 159 gewählt, da sie die grösste ist, die durch die Speichereinheit der Rechananlage des Zentrums einwandfrei verarbeitet werden kann. Hierfür wird allerdings zuviel Rechenzeit, die gegenwärtig routinemässig nicht aufgewendet werden kann, verbraucht. Die Ausgangsdaten wurden von routinemässigen T 106-Analysen interpoliert und an die detailliertere Orographie T 159 angepasst.

Zuerst wurde ein Fall untersucht, in dem in den Anfangsphasen der Vorhersage eine Zyklonense auf der Alpen-Lee-Seite auftrat; diese wurde durch das Routinemodell T 106 unzureichend erfasst. In Abb. 11 werden die Vorhersagen für einen Tag durch das Modell mit der Auflösung T 63, T 106 bzw. T 159 mit den routinemässigen Kontrollanalysen verglichen. Die Überlegenheit von T 106 im Vergleich zu T 63 ist offensichtlich; es ergibt sich eine weitere Verbesserung für T 159 im Vergleich zu T 106 in bezug auf die Intensität

nécessaires ont été prises pour que les Etats membres puissent accéder aux données à l'aide du système de recherche MARS.

Les Etats membres ont été tenus au courant des modifications imminentes; des rapports décrivant l'effet probable des changements météorologiques importants ont été diffusés à l'avance. Des modifications additionnelles visant à optimiser et améliorer le système opérationnel ont été introduites dans la mesure possible. Ces modifications, ainsi que les services de télécommunications améliorés prévus par le NTC, ont conduit à un accroissement sensible de la fiabilité du service opérationnel.

## PREVISIONS EXPERIMENTALES AVEC UNE PLUS GRANDE RESOLUTION HORIZONTALE

Les accroissements de la résolution horizontale ont, sans aucun doute, contribué sensiblement à l'amélioration des prévisions météorologiques numériques au cours des années. En particulier, les nettes améliorations de la qualité des prévisions au cours des douze mois qui ont suivi le 1er mai 1985 (voir le Rapport annuel 1985) peuvent être attribuées en grande partie à l'augmentation de la résolution du modèle spectral opérationnel du CEPMMT: la troncature triangulaire est passée du nombre d'onde 63 (T63) au nombre d'onde 106 (T106). Les avantages se sont fait ressentir à des échelles très variées, couvrant entre autres des prévisions plus réalistes pour des endroits particuliers, un meilleur détail dans la représentation des systèmes à échelle synoptique et, occasionnellement, une amélioration sensible dans l'évolution sur grande échelle des prévisions à moyen terme.

Les travaux de recherche effectués récemment au Centre ont porté, entre autres, sur un premier examen de l'effet d'un accroissement supplémentaire de la résolution globale. Une troncature de T159 a été choisie, car c'était la plus grande résolution capable d'être employée efficacement avec la capacité de mémoire disponible dans le système informatique du Centre, quoique exigeant une durée de calcul trop longue pour pouvoir servir de manière opérationnelle à présent. Les données initiales ont été interpolées à partir d'analyses de routine T106 et ajustées à l'orographie T159 plus fine.

Le premier cas étudié a été sélectionné en raison de la présence, au début de la prévision, d'une cyclogenèse sous le vent des Alpes, qui avait été sous-estimée par le modèle opérationnel T106. La Figure 11 compare les prévisions faites à une journée d'échéance (avec des résolutions T63, T106 et T159) à l'analyse opérationnelle de vérification. La résolution T106 s'avère nettement supérieure à T63, et la résolution T159 est encore meilleure que T106 du point de vue de l'intensité du cyclone sous le vent. La



Later in the forecast range, synoptic differences became apparent over northern Europe. Fig. 12 illustrates how the five-day prediction of a low which was located in reality over southern Sweden is progressively and significantly improved as resolution increases. T159 also gives the best indication of a second, weaker, low to the west. There was less synoptic difference over southern Europe at this time, all forecasts exhibiting quite high accuracy. Sensitivity to resolution can, however, be seen in the precipitation forecasts shown in Fig. 13. In most respects the increase in detail with increasing resolution is such as to bring forecast and observation closer together.

In addition to the case discussed above, two other 10-day forecasts were run with T159 resolution, the initial dates being chosen without regard to the synoptic situation. Improvements over T106 forecasts were again found. Overall, objective verification favoured the T159 forecasts, differences between T159 and T106 being about half those found between T106 and T63, although the sample of three forecasts is not sufficient for firm conclusions to be drawn. Three one-day T159 forecasts were also run for cases of rapid cyclogenesis. In two of them, somewhat deeper and better-located surface lows resulted, and frontal structures were sharper and more coherent.

Deficiencies in models can be highlighted by changes in horizontal or vertical resolution. For example, "noise" was observed occasionally in the planetary boundary layer of the T159 model over the ocean. A solution to this problem may be found by a revision to the parametrization of vertical diffusion (as was done at the time of the change from T63 to T106) but further research in this area is indicated.

der Zyklone auf der Lee-Seite. Die T-159-Vorhersage enthält Einzelheiten, die von der für Kontrollzwecke dienenden Analyse T 106 nicht aufgelöst werden können; die Druck und Temperaturfelder weisen jedoch in der Nähe der Alpen und der Pyrenäen Strukturen auf, die für von Hand durchgeführte Analysen hoher Auflösung von ähnlichen synoptischen Situationen, z.B. Zyklongenese während des ALPEX-Zeitraums, charakteristisch sind.

Im weiteren Verlauf des Vorhersagezeitraums waren synoptische Unterschiede über Nordeuropa zu bemerken. In Abb. 12 ist veranschaulicht, wie sich die Fünf-Tage-Vorhersage eines Tiefs, das sich in Wirklichkeit über Südschweden befand, nach und nach mit zunehmender Auflösung bedeutend verbesserte. Die Auflösung T 159 lieferte ebenfalls die besten Anzeichen für ein zweites, schwächeres Tief im Westen. Über Südeuropa traten während dieser Zeit weniger synoptische Unterschiede auf, und sämtliche Vorhersagen waren von ziemlich hoher Genauigkeit. Nach Abb. 13 hängen jedoch die Niederschlagsvorhersagen von der Auflösung ab. In fast jeder Hinsicht bewirken grössere Einzelheiten mit zunehmender Auflösung, dass sich die Vorhersagen und die Beobachtungen mehr einander nähern.

Ausser dem oben beschriebenen Fall wurden zwei weitere Zehn-Tage-Vorhersagen mit der Auflösung T 159 erstellt; die Ausgangsdaten wurden ohne Rücksicht auf die synoptische Situation gewählt. Auch hier wurden Verbesserungen im Vergleich zu den Vorhersagen mit der Auflösung T 106 festgestellt. Eine objektive Überprüfung hat ergeben, dass die Vorhersagen T 159 besser sind; die Unterschiede zwischen T 159 und T 106 sind etwa halb so gross wie diejenigen zwischen T 106 und T 63. Eine Stichprobe mit drei Vorhersagen reichte jedoch nicht aus, um gültige Schlussfolgerungen ziehen zu können. Drei Vorhersagen T 159 für einen Tag wurden ferner in Fällen einer raschen Zyklongenese erstellt; bei zwei von ihnen ergaben sich kräftigere und besser positionierte Bodentiefdruckgebiete, und die Frontalstrukturen waren schärfer ausgebildet und kohärenter.

Die Mängel des Modells werden durch Änderungen der horizontalen und vertikalen Auflösung unterstrichen. In der planetaren Grenzschicht des Modells T 159 wurde gelegentlich über dem Ozean "Lärm" festgestellt. Dieses Problem kann durch eine Änderung der Parametrisierung der vertikalen Diffusion gelöst werden (dies geschah beim Übergang von T 63 auf T 106); weitere Forschungsarbeit ist jedoch erforderlich.

résolution T159 possède un détail qui ne peut pas être résolu dans l'analyse T106 de vérification; mais les champs de pression et de température près des Alpes et des Pyrénées sont caractéristiques d'analyses manuelles à grande résolution pour des situations synoptiques similaires, par exemple les cyclogenèses de la période ALPEX.

Un peu plus tard au cours de la période de prévision, des différences synoptiques sont devenues apparentes au-dessus de l'Europe du nord. La Figure 12 montre comment la prévision à cinq jours d'échéance d'une dépression qui se trouvait en réalité au-dessus du sud de la Suède s'est progressivement et sensiblement améliorée à mesure que l'on augmentait la résolution. T159 fournit également l'indication la meilleure d'une deuxième dépression, plus faible, à l'ouest. Il y avait moins de différence synoptique au-dessus de l'Europe méridionale à ce moment, toutes les prévisions s'avérant d'une précision assez élevée. Toutefois, la sensibilité à la résolution peut être remarquée dans les prévisions des précipitations indiquées à la Figure 13. Sous la plupart des rapports, l'accroissement de détail accompagnant une plus grande résolution a pour effet de rapprocher davantage les prévisions et les observations.

Outre le cas examiné plus haut, deux autres prévisions à dix jours d'échéance ont été faites avec une résolution T159, les dates initiales étant sélectionnées sans qu'il soit tenu compte de la situation synoptique. Une fois de plus, on constate des améliorations par rapport aux prévisions T106. D'une manière générale, la vérification objective favorisait les prévisions T159, les différences entre T159 et T106 étant égales environ à la moitié des différences entre T106 et T63, bien que l'échantillon composé de trois prévisions ne soit suffisamment important pour que l'on puisse tirer des conclusions fermes. Trois prévisions T159 à une journée d'échéance ont également été faites pour les cas de la cyclogenèse rapide. Dans deux de ces prévisions, il est résulté des dépressions à la surface quelque peu plus intenses et mieux localisées, et les structures des fronts étaient plus nettes et plus cohérentes.

Les imperfections dans les modèles peuvent être soulignées par des changements de la résolution horizontale ou verticale. Par exemple, l'on a observé quelquefois du "bruit" dans la couche limite planétaire du modèle T159 au-dessus de l'océan. On peut trouver une solution à ce problème en modifiant la paramétrisation de la diffusion verticale (comme cela a été fait au moment du changement de T63 à T106), mais il reste à faire d'autres travaux de recherche dans ce domaine.



Furthermore, gravity waves which propagate upwards in the model stratosphere are more readily generated by the finer orography of the T159 model. Noise can develop over high orography and over regions of strong convection, a problem which necessitated the use of an increase in the horizontal diffusion in the stratosphere of the T106 model. Investigation of the treatment of gravity waves near the upper boundaries of the model must clearly be given higher priority.

Darüber hinaus werden Schwerewellen, die sich nach oben in die Modellstratosphäre fortpflanzen, rascher durch die schärfer ausgeprägte Orographie des Modells T 159 erzeugt. Über einer hohen Orographie und über Gebieten mit starker Konvektion kann sich Lärm entwickeln; dies ist ein Problem, aufgrund dessen die horizontale Diffusion in der Stratosphäre des Modells T 106 verstärkt werden musste. Der Erforschung der Behandlung von Schwerewellen in Nähe der oberen Grenzschichten des Modells muss unbedingt höhere Priorität eingeräumt werden.

Par ailleurs, les ondes de gravité qui se propagent vers le haut dans la stratosphère du modèle sont plus facilement produites par l'orographie plus fine du modèle T159. Le bruit peut se développer au-dessus d'une orographie élevée et au-dessus de régions à forte convection; il s'agit là d'un problème qui a exigé l'accroissement de la diffusion horizontale dans la stratosphère du modèle T106. Il est évident qu'il va falloir accorder une grande priorité à l'étude du traitement des ondes de gravité près des limites supérieures du modèle.

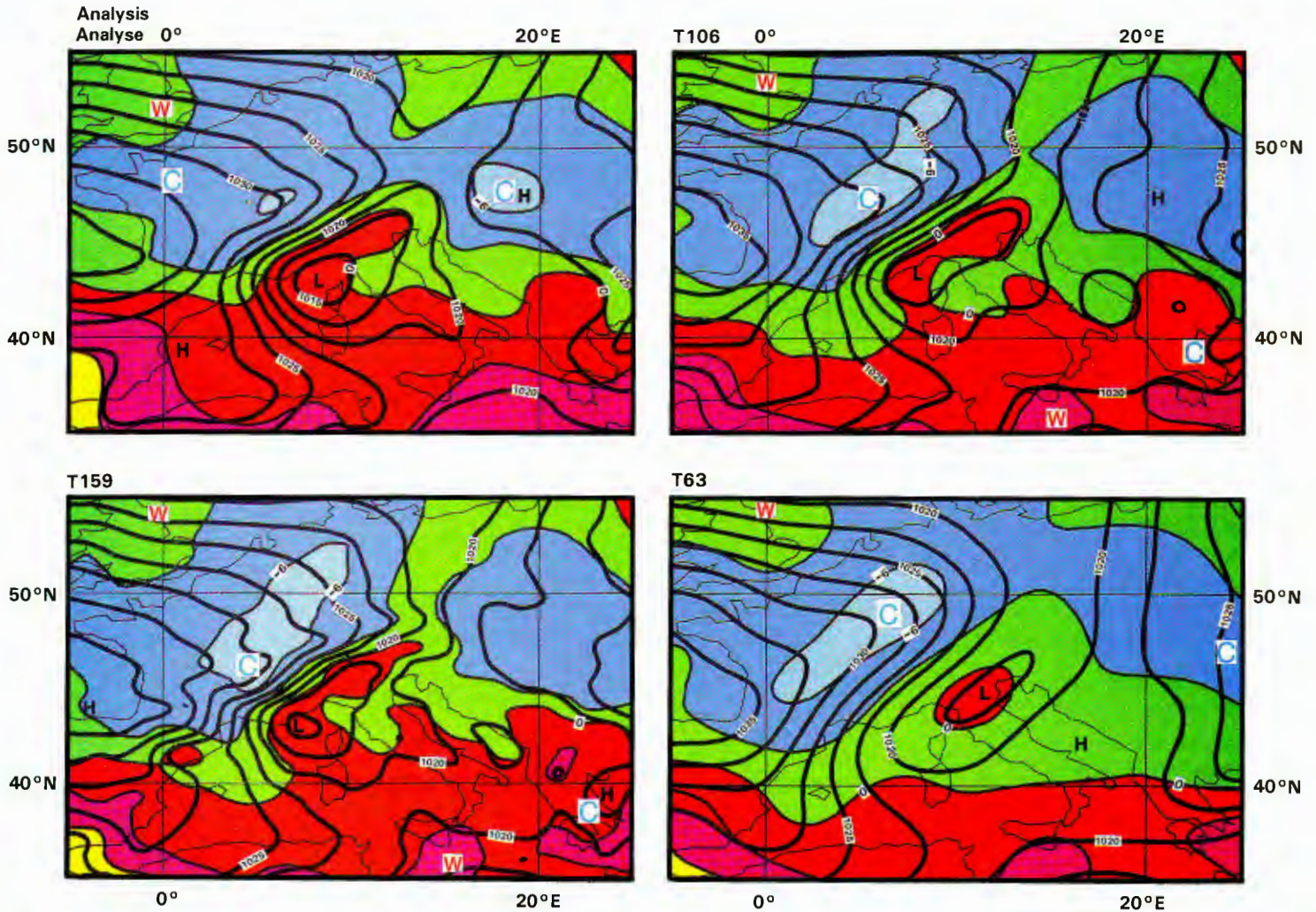
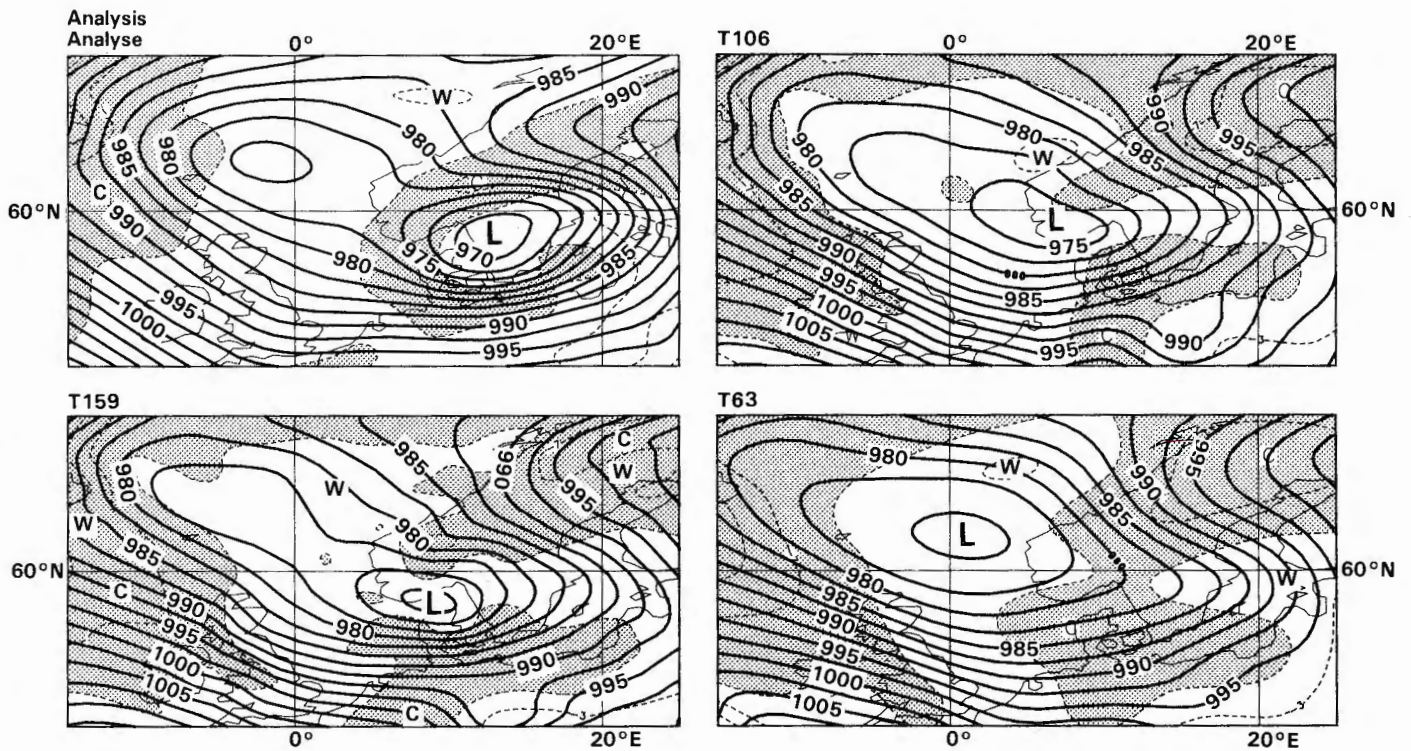


Fig. 11 The operational (T106) analyses for 12 UTC, 21 March 1986 (upper left) and one-day forecasts for this time performed using horizontal resolutions T106 (upper right), T159 (lower left) and T63 (lower right). Solid lines show mean sea level pressure, with a contour interval of 2.5 hPa, and the 850 hPa temperature is denoted by dashed contours, with 1K interval, and by shading.

Abb. 11 Operationelle Analyse (T106) für 12 UTC, 21. März 1986, (oben links) und Eintage-Vorhersagen für diesen Zeitpunkt mit dem Modell mit der horizontalen Auflösung T106 (oben rechts), T159 (unten links) bzw. T63 (unten rechts). Die ausgezogenen Linien bezeichnen den durchschnittlichen Druck in Meereshöhe; Abstand zwischen den Isolinen 2,5 hPa. Die Temperaturen der 850 hPa-Fläche sind durch gestrichelte Isolinen mit einem Abstand von 1K und Schraffierung dargestellt.

Fig. 11 Analyse opérationnelle (T106) pour 12 UTC, le 21 mars 1986 (en haut à gauche), et prévisions à un jour d'échéance pour ce même moment, effectuées avec des résolutions horizontales de T106 (en haut à droite), T159 (en bas à gauche) et T63 (en bas à droite). Les lignes en trait plein indiquent la pression réduite au niveau moyen de la mer, avec un intervalle entre lignes isohypses de 2,5 hPa; et la température à 850 hPa est indiquée par des isohypses en pointillés, séparés de 1K, et par le hachurage.





**Fig. 12** The operational (T106) analysis for 12 UTC, 25 March 1986 (upper left) and five-day forecasts for this time performed using horizontal resolutions T106 (upper right), T159 (lower left) and T63 (lower right). Solid lines show mean sea level pressure, with a contour interval of 2.5 hPa, and the 850 hPa temperature is denoted by dashed contours, with 1K interval, and by shading.

**Abb. 12** Operationelle Analyse (T106) für 12 00 UTC, 25. März 1986, (oben links) und Fünf-Tage-Vorhersagen für diesen Zeitpunkt mit dem Modell mit der horizontalen Auflösung T106 (oben rechts), T159 (unten links) und T63 (unten rechts). Die ausgezogenen Linien bezeichnen den mittleren Druck in Meereshöhe, Abstand zwischen den Isolinien 2,5 hPa. Die Temperatur der 850 hPa-Fläche ist durch gestrichelte Isolinien mit einem Abstand von 1K und Schraffierung dargestellt.

**Fig. 12** Analyse opérationnelle (T106) pour 12 UTC, le 25 mars 1986 (en haut à gauche), et prévisions à cinq jours d'échéance pour ce même moment, effectuées avec des résolutions horizontales de T106 (en haut à droite), T159 (en bas à gauche) et T63 (en bas à droite). Les lignes en trait plein indiquent la pression réduite au niveau moyen de la mer, avec un intervalle entre lignes isohypses de 2,5 hPa; et la température à 850 hPa est indiquée par des isohypses en pointillés, séparés de 1K, et par le hauchurage.

## LONG-RANGE FORECASTING EXPERIMENTS

During 1986 the problem of documenting the climate drift of the operational model has been attacked systematically. Two 30-day integrations were run regularly every month from two initial conditions separated by 24 hours, using the operational model both at T106\* and T63 resolutions. This made it possible to achieve two main goals, namely:

- to obtain statistically-reliable estimates of the climate drift of the operational model in the Northern Hemisphere cold and warm seasons and to estimate its dependence on model resolution at relatively high resolution,
- to evaluate the forecasting skill of the model beyond the current operational ten-day range and the sensitivity of such skill to the synoptic details in the initial conditions.

## LANGFRISTIGE VORHERSAGEEXPERIMENTE

Das Problem der Beschreibung der Klimadrift des Routine-Vorhersagemodells wurde im Jahre 1986 systematisch in Angriff genommen. Zwei 30-Tage-Vorhersagen, ausgehend von zwei Anfangsbedingungen, die jeweils um 24 Stunden auseinanderlagen, wurden in jedem Monat durchgeführt; hierfür wurde das Routine-Vorhersagemodell mit der Auflösung T106\* und T63 benutzt; es wurden zwei Hauptziele erreicht, nämlich:

- statistisch zuverlässige Schätzungen der Klimadrift des Routine-Vorhersagemodells in der Nordhemisphäre während der warmen und kalten Jahreszeit und deren Abhängigkeit von der verhältnismässig hohen Auflösung des Modells;
- Bewertung der Vorhersagegüte des Modells über den gegenwärtigen Routinebereich von zehn Tagen hinaus und der Abhängigkeit der Vorhersagegüte von synoptischen Einzelheiten der Ausgangsbedingungen.

## PREVISIONS EXPERIMENTALES A LONG TERME

Au cours de 1986, l'on a abordé systématiquement le problème qui consiste à documenter la dérive du climat du modèle opérationnel. Il a été procédé à deux intégrations sur trente jours régulièrement tous les mois à partir de deux conditions initiales séparées de 24 heures, cela à l'aide du modèle opérationnel avec les résolutions T106\* et T63. Ceci a permis d'atteindre deux objectifs principaux:

- obtenir des estimations, statistiquement fiables, de la dérive du climat du modèle opérationnel pour les saisons chaude et froide de l'hémisphère nord, et estimer sa dépendance de la résolution du modèle, avec une résolution relativement élevée;
- évaluer la qualité prévisionnelle du modèle au-delà de l'échéance opérationnelle courante de dix jours, et la sensibilité de cette qualité prévisionnelle aux détails synoptiques dans les conditions initiales.

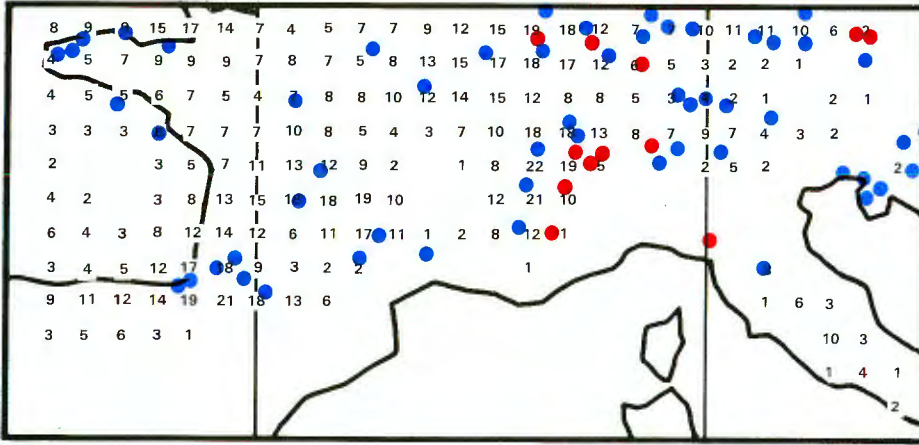
\* Defined in section on *Experiments with Higher Horizontal Resolution*

\* Im Abschnitt 'Experimente mit höherer Auflösung' definiert.

\*Définie dans la section sur les Prévisions expérimentales avec une plus grande résolution horizontale



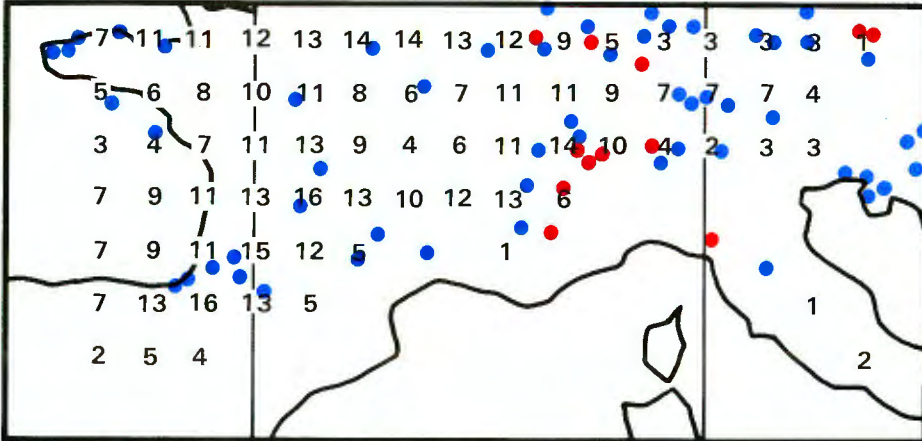
T159



● Observed precipitation > 10mm  
● Beobachteter Niederschlag > 10mm  
● Précipitation observée > 10mm

● Observed precipitation > 20mm  
● Beobachteter Niederschlag > 20mm  
● Précipitation observée > 20mm

T106



T63

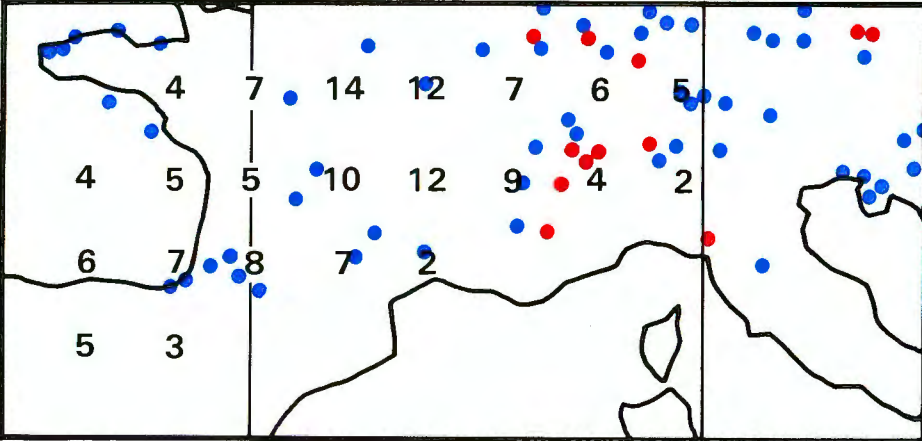


Fig. 13 Precipitation over France and neighbouring countries for the 24-hour period starting 12 UTC, 24 March 1986. The printed values denote predicted values in mm for each model grid square from T159 (upper), T106 (middle) and T63 (lower) forecasts starting from 12 UTC, 20 March. Blue dots denote the locations of stations reporting observed values in excess of 10 mm, and red dots those where precipitation exceeded 20 mm.

Abb. 13 Niederschlag über Frankreich und Nachbarländern während eines Zeitraums von 24 Stunden, beginnend um 12 UTC, 24. März 1986. Angegeben sind Vorhersagewerte in mm für jedes Modellgitterquadrat mit dem Modell T159 (oben), T106 (Mitte) und T63 (unten), aufgrund der Analyse vom 20. März, 12 UTC. Blaue Punkte bezeichnen den Standort der Station, die mehr als 10 mm und rote Punkte bezeichnen die Stationen, die mehr als 20 mm Niederschlag beobachtet haben.

Fig. 13 Précipitation au-dessus de la France et des pays voisins pour la période de 24 heures commençant à 12 UTC le 24 mars 1986. Les chiffres imprimés représentent les valeurs prédites en mm pour chaque carré de la grille du modèle à partir de prévisions faites avec une résolution de T159 (en haut), T106 (au milieu) et T63 (en bas), commençant à partir de 12 UTC le 20 mars. Les points bleus indiquent les emplacements des stations signalant les valeurs observées qui dépassaient 10 mm, et les points rouges indiquent les endroits où la précipitation dépassait 20 mm.

A number of interesting considerations have emerged from a preliminary analysis of this experimental dataset. These can be summarized as follows:

a) Although many characteristics of the model climate drift show marked changes with season (e.g. the mid-latitude 'zonalization' and poleward shift of the subtropical jets) they show comparatively little sensitivity to model resolution (see Fig. 14). This indicates that we may now have sufficient resolution for the climate drift to be independent of further increases in resolution. The dependence of the climate drift on resolution has been well documented at lower resolutions.

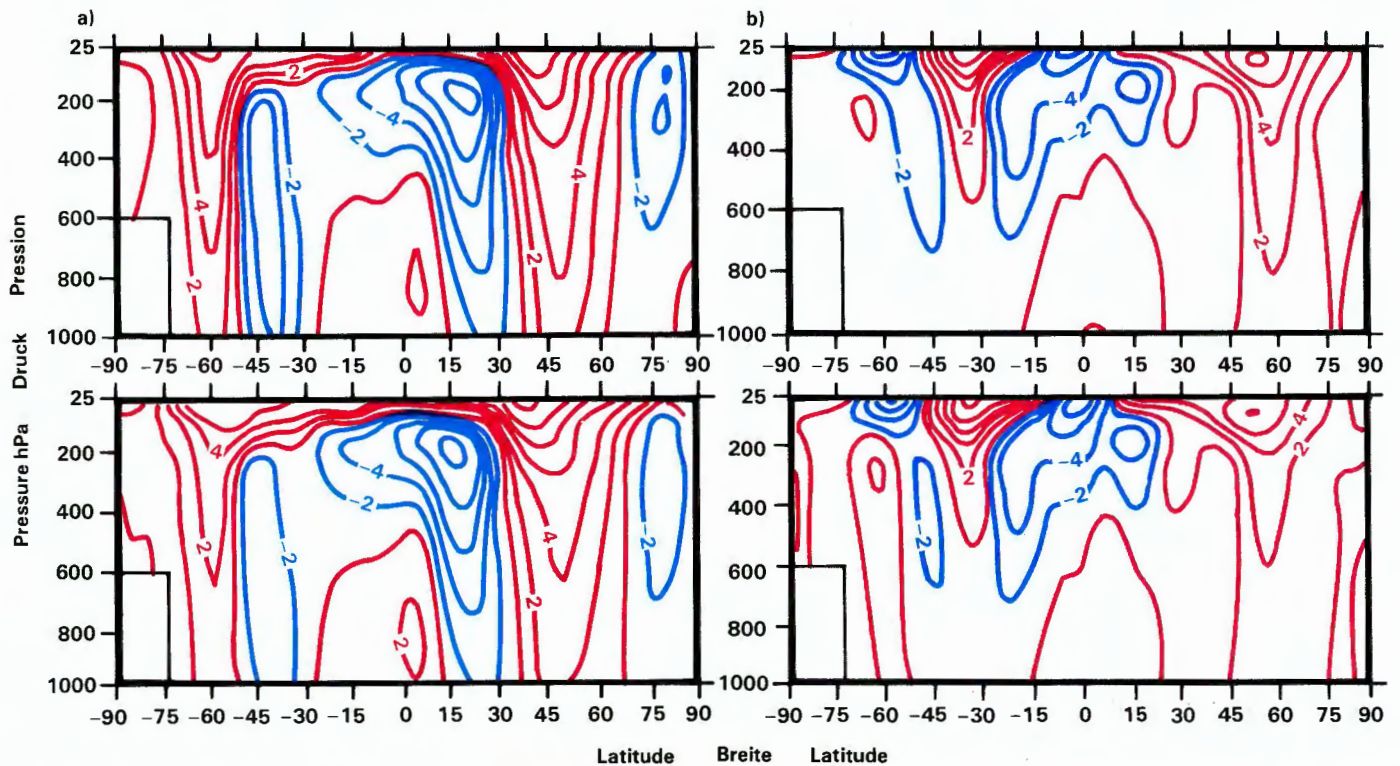
Eine vorläufige Analyse dieses experimentellen Datensatzes hat eine Anzahl von interessanten Ergebnissen erbracht, die wie folgt zusammengefasst werden können:

a) Obwohl zahlreiche Merkmale der Klimadrift des Modells bedeutenden Änderungen aufgrund der Jahreszeiten unterlagen (z. B. "Zonalisierung" in den mittleren Breiten und polwärts gerichtete Verlagerung des subtropischen Jets), hingen sie verhältnismässig wenig von der Auflösung des Modells ab (siehe Abb. 14); dies zeigt, dass wir jetzt möglicherweise eine Auflösung erreicht haben, bei der die Klimadrift von weiteren Erhöhungen der Modellauflösung unabhängig zu sein scheint. Die Abhängigkeit der Klimadrift von der Modellauflösung wurde bei niedriger Auflösung nachgewiesen.

Plusieurs considérations intéressantes se sont dégagées de l'analyse préliminaire de cet ensemble de données expérimentales. Elles peuvent se résumer de la manière suivante:

a) Bien que bon nombre des caractéristiques de la dérive du climat du modèle fassent ressortir des changements prononcés avec la saison (par exemple, le 'caractère plus zonal' et le décalage vers les pôles des jets subtropicaux), elles sont relativement peu sensibles à la résolution du modèle (voir Figure 14). Ceci démontre que la résolution actuelle pourrait suffire pour que la dérive du climat soit indépendante des accroissements additionnels de la résolution. La dépendance de la dérive du climat par rapport à la résolution a été bien documentée pour les résolutions inférieures.





**Fig. 14** Latitude-height cross section of zonal mean of zonal wind error for the last ten days of integration of an ensemble of twelve experimental thirty-day forecasts during the Northern Hemisphere cold period October to March (14 a) and during the Northern Hemisphere warm period April to September (14 b). Top: T106 model integrations. Bottom: T63 model integrations. Isolines every 2m sec<sup>-1</sup>

**Abb. 14** Breiten-Höhen-Querschnitt des zonalen Mittels des zonalen Windfehlers für die letzten zehn Tage von zwölf experimentellen 30-Tage-Vorhersagen während der kalten Jahreszeit von Oktober bis März (14 a) und der warmen Jahreszeit von April bis September (14b) in der Nordhemisphäre. Oben: Integrationen mit dem Modell T106. Unten: Integrationen mit dem Modell T63. Isolines im Abstand von 2 m s<sup>-1</sup>.

**Fig. 14** Coupe verticale de la moyenne zonale de l'erreur des vents zonaux pour les dix derniers jours d'intégration d'un ensemble de douze prévisions expérimentales à 30 jours d'échance, effectuées pendant la période froide dans l'hémisphère nord comprise entre octobre et mars (14a), et pendant la période chaude dans l'hémisphère nord comprise entre avril et septembre (14b). En haut: prévisions avec résolution T106. En bas: prévisions avec résolution T63. Isohypses tous les 2 m sec<sup>-1</sup>

b) An outstanding feature of the climate drift is the strong weakening of the upper-level divergent flow mainly associated with the Indonesian ascending branch of the Walker circulation (see Fig. 15). Since an effect of similar magnitude does not appear at the (lower) convergence level (around 850 hPa), we must conclude that the schemes that parametrize convection fail to model the vertical structure of the large-scale convective outflow process.

c) In some cases the Centre's model can produce potentially useful information well beyond the current operational 10-day forecast range. For example, the average anomaly correlation coefficient (ACC) of the 500 hPa height 30 day mean map is about 40 to 50% with several particularly good cases well above 60% although it should be remembered that such scores are positively biased by the (usually very good) first ten days of forecast. There are, however, also notable failures, for which daily maps show practically no skill after ten days or so. Fig. 16 shows the forecast and verification 500 hPa height 30-day mean anomaly for the case of 15 October 1985 (ACC ~ .65) and gives an example of such cases in which the forecast would be capable of providing most useful guidance to operational extended-range forecasters. The practical usefulness of such (so far fairly uncommon) cases would be enormously enhanced if we could provide an a priori estimate of the likely skill of the forecast. This, of course, would be useful not only for

b) Ein besonderes Merkmal der Klimadrift ist die starke Abschwächung der divergenten Strömung in den höheren Schichten, vor allem im Zusammenhang mit dem aufsteigenden Teil der Walker-Zirkulation über Indonesien (siehe Abb. 15). Die entsprechende Konvergenz der Strömung in der (unteren) Troposphäre (etwa 850 hPa) weist jedoch wesentlich geringere Fehler auf; man muss daraus schliessen, dass die vertikale Struktur der Ausströmung der oberen Troposphäre aufgrund der Parametrisierung der Konvektion falsch simuliert wird.

c) Mit dem Modell des Zentrums können mitunter noch nutzbringende Informationen bis weit über den jetzigen Routine-Vorhersagezeitraum von zehn Tagen hinaus gewonnen werden. Der durchschnittliche Anomalie-Korrelations-Koeffizient (ACC) der 30-Tagemittel der 500 hPa-Höhenfläche beträgt etwa 40 bis 50 Prozent; dieser Wert liegt in einigen besonders guten Fällen bei weitem über 60 Prozent. Es ist jedoch zu bemerken, dass solche Gütezahlen durch die (in der Regel sehr guten) ersten zehn Tage der Vorhersage positiv beeinflusst werden. Es gibt jedoch auch merkliche Fehler in Fällen, in denen nach etwa zehn Tagen die täglichen Karten praktisch keine brauchbaren Daten mehr enthalten. In Abb. 16 sind die Vorhersage vom 15. Oktober 1985 und die Verifizierung der Abweichung der 30-Tagemittel der 500 hPa-Höhenfläche vom Klimamittel veranschaulicht (ACC 0.65); dies

b) L'une des caractéristiques remarquables de la dérive du climat est l'affaiblissement prononcé du flux divergent en altitude qui est associé principalement avec la partie ascendante indonésienne de la circulation de Walker (voir Figure 15). Etant donné qu'il ne se présente pas d'effet de même ampleur au niveau (inférieur) de convergence (850 hPa environ), il y a lieu de conclure que les schémas qui paramétrisent la structure verticale du processus de circulation générale convective vers l'extérieur.

c) Dans certains cas, le modèle du Centre peut fournir des détails potentiellement utiles, bien au-delà de l'échéance de prévision de routine actuelle de 10 jours. Par exemple, le coefficient moyen de corrélation d'anomalies de la carte moyenne de 30 jours à 500 hPa est compris entre 40 et 50% environ; et, dans plusieurs cas, il est bien supérieur à 60%, bien qu'il y ait lieu de se rappeler que ces scores sont positivement influencés par les dix premiers jours de la prévision (normalement de très bonne qualité prévisionnelle). Toutefois, il existe aussi quelques carences notables, les cartes journalières ne faisant preuve pratiquement d'aucune qualité prévisionnelle après dix jours. La Figure 16 montre l'anomalie moyenne prédite et vérifiée sur une période de 30 jours à 500 hPa pour le cas du 15 octobre 1985 (coefficient de corrélation d'anomalie égal approximativement à 65%); c'est un exemple où la prévision pourrait servir d'information des



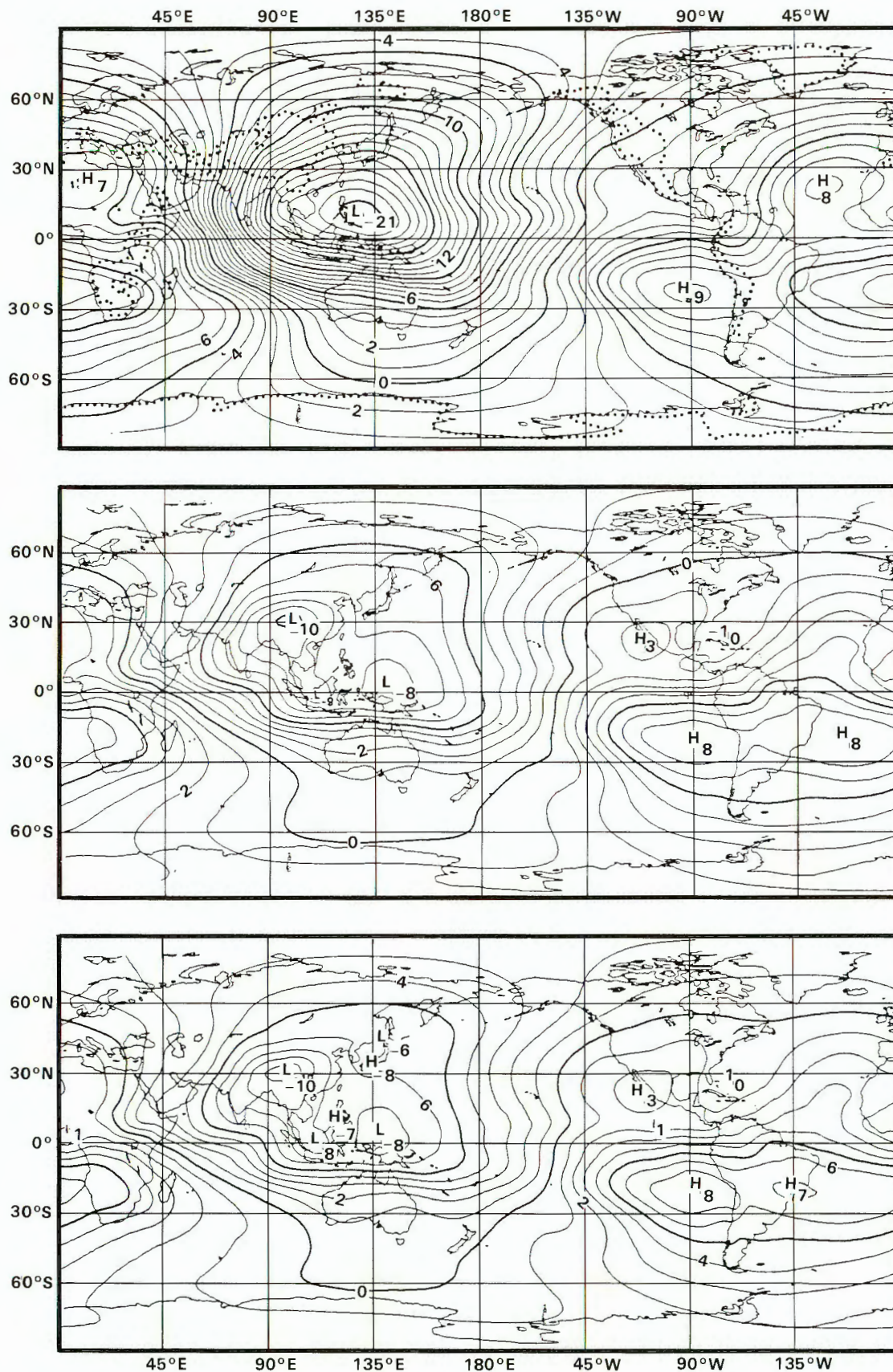


Fig. 15 Global thirty-day mean maps of 200 hPa velocity potential for the Northern Hemisphere warm season (see Fig. 14). Top: analysis; middle: T63; bottom: T106.

Abb. 15 Globale über 30 Tage gemittelte Karten des Geschwindigkeitspotentials der 200 hPa-Fläche während der warmen Jahreszeit in der Nordhemisphäre (Siehe Abb. 14). Oben: Analyse; Mitte: T63; unten: T106.

Fig. 15 Cartes globales (moyennées sur 30 jours) du potentiel de vitesse à 200 hPa pour la saison chaude dans l'hémisphère nord (cf. Fig. 14). En haut: analyse. Au milieu: T63. En bas: T106.



extended-range forecasts but for medium-range forecasts as well.

ist ein Beispiel dafür, dass die Synoptiker aus den routinemässigen Vorhersagen für längere Zeiträume äusserst nützliche Hinweise entnehmen. Der praktische Nutzen derartiger (bisher ziemlich ungewöhnlicher) Fälle würde beträchtlich zunehmen, wenn der wahrscheinliche Nutzen der Vorhersagen a priori veranschlagt werden könnte. Dies gälte selbstverständlich nicht nur für längerfristige Vorhersagen, sondern auch für Mittelfristvorhersagen.

plus utiles pour les prévisionnistes opérationnels à long terme. L'utilité pratique de ces cas (jusqu'ici assez rares) serait énormément rehaussée si l'on pouvait fournir une estimation a priori de la qualité probable de la prévision. Ceci serait, bien sûr, utile non seulement pour les prévisions à long terme mais aussi pour les prévisions à moyen terme.

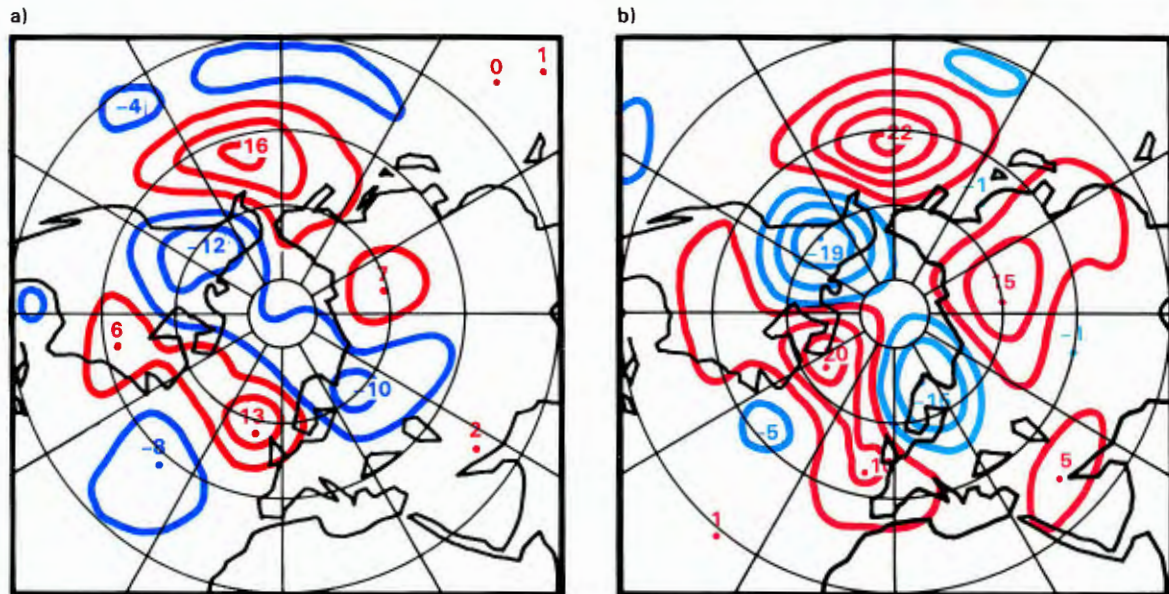


Fig. 16 Thirty-day mean 500 hPa observed (left) and forecast (right) anomaly for an experimental thirty-day integration starting from 12 October 1985, 12 UTC, using the T106 operations model. The anomaly correlation coefficient between the two maps is in excess of 65%. Units DAM, isolines every 4 DAM.

Abb. 16 Abweichung der 30-Tagemittel der 500 hPa-Höhenfläche vom Klimamittel für die Vorhersage vom 12. Oktober 1985, 12 UTC, mit dem Routinemodell (rechts) und entsprechende Analyse (links). Der Anomalie-Korrelationskoeffizient zwischen beiden Karten beträgt mehr als 65 Prozent. Einheiten in DAM, Isolinien im Abstand von 4 DAM.

Fig. 16 Anomalie observée (à gauche) et prédite (à droite), sur une moyenne de 30 jours à 500 hPa, dans le cas d'une prévision expérimentale sur 30 jours effectuée à partir de 12 UTC le 12 octobre 1985 à l'aide du modèle opérationnel T106. Le coefficient de corrélation d'anomalies entre les deux cartes dépasse 65%. Unités: DM. Isohypses tous les 4 DAM.

An investigation has begun of the possibility of forecasting the forecast skill in the medium range using 500 hPa forecasts from six recent winters. The goal is to relate forecast skill to quantities that would be available operationally on completion of a forecast. Using statistical regression, a relationship has been found between forecast skill and the large-scale patterns contained in both initial conditions and forecast fields. Preliminary results suggest that, towards the end of the forecast period, the large-scale low-frequency modes of variability of the atmosphere ('weather regimes') correlate most strongly with forecast skill. The relationship between the actual nine-day 500 hPa height anomaly correlation score over Europe and the central Pacific, and the corresponding regressed forecast skill for the winter season 1984/85, is shown in Fig. 17. (Data from this winter were not used to define the set of regression weights - they are independent data). In order to emphasise variability in the low-frequency component of atmospheric flow, a 5-day running mean filter has been applied. It can be seen that the regressed measure of forecast skill corresponds closely with the actual anomaly correlation score.

Mit einer Untersuchung der Möglichkeit der Vorhersage der Vorhersagegüte im Mittelfristbereich wurde begonnen; hierfür wurden 500 hPa-Vorhersagen aus sechs Wintern verwendet. Ziel ist es, die Vorhersagegüte in Beziehung zu den Grössen zu setzen, die routinemässig nach Erstellung der Vorhersage vorliegen. Mit Hilfe der statistischen Regression wurde ein Zusammenhang zwischen der Vorhersagegüte und den grossräumigen Strukturen ermittelt, die sowohl in den Ausgangsbedingungen als auch in den Vorhersagefeldern vorhanden sind. Vorläufige Ergebnisse lassen erkennen, dass gegen Ende des Vorhersagezeitraums die grosskaligen niederfrequenten Moden der Variabilität der Atmosphäre ('Wetter-Regime') die stärkste Korrelation mit der Vorhersagegüte aufweisen. Das Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Anomalie-Korrelationskoeffizienten des 500 hPa-Höhenfeldes für den neunten Tag über Europa und dem mittleren Pazifik sowie die entsprechende Vorhersagegüte für den Winter 1984/85 sind in Abb. 17 veranschaulicht (Daten aus diesem Winter gingen nicht in die Regression ein; dies sind unabhängige Daten). Um die Variabilität der niederfrequenten Komponenten der atmosphärischen Zirkulation

Une étude a été entamée portant sur la possibilité de prédire la qualité prévisionnelle à moyen terme à l'aide des prévisions à 500 hPa pour six hivers récents. L'objectif consiste à mettre en relation la qualité prévisionnelle avec l'information qui serait disponible opérationnellement à la fin d'une prévision. En employant une régression statistique, on a constaté qu'il existe une relation entre la qualité prévisionnelle et les phénomènes sur grande échelle contenus aussi bien dans les conditions initiales que dans les champs de prévisions. Les premiers résultats laissent supposer que, vers la fin de la période de prévision, les modes de variabilité de l'atmosphère sur grande échelle et à basse fréquence ('régimes météorologiques') se trouvent en corrélation des plus étroites avec la qualité prévisionnelle. La Figure 17 montre le rapport qui existe entre le score de corrélation d'anomalies à 500 hPa de hauteur au neuvième jour au-dessus de l'Europe et du Pacifique central, et la qualité prévisionnelle correspondante mise en régression pour la saison d'hiver 1984/85. (Les données obtenues pour cet hiver-là n'ont pas servi à définir l'ensemble de pondérations pour la régression, puisqu'il s'agit de données indépendantes). Pour faire ressortir la variabilité dans la composante à basse fréquence de la circulation



A study of the processes giving rise to such relationships between forecast skill and forecast flow patterns is also underway. One mechanism that appears to be important is the intrinsic stability of the forecast flow. Using a barotropic model, for example, it has been shown that when the Pacific jet is more barotropically stable than normal, the medium-range forecasts in the Pacific area are anomalously skilful.

An investigation of the relationship between forecast skill and forecast consistency was also started during the year, with a view to developing a scheme for 'forecasting the forecast skill' using both forecast flow and forecast consistency as predictors.

hervorzuheben, wurde ein über fünf Tage gemittelt Filter verwendet. Wie ersichtlich, entspricht die nach dem Regressionsverfahren erzielte Vorhersagegüte ziemlich genau der tatsächlichen Anomalie-Korrelation.

Gegenwärtig werden ebenfalls die Prozesse untersucht, aufgrund derer solche Beziehungen zwischen der Vorhersagegüte und den vorhergesagten Strömungsvorgängen entstehen. Ein wichtiger Mechanismus scheint die der vorhergesagten Strömung innewohnende Stabilität zu sein. Durch Verwendung eines barotropen Modells wurde beispielsweise gezeigt, dass die Mittelfristvorhersagen im pazifischen Raum überdurchschnittlich gut sind, wenn der pazifische Jet barotropisch stabiler als gewöhnlich ist.

Im Laufe des Jahres wurde ferner mit einer Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Vorhersagegüte und der Konsistenz der Vorhersagen begonnen, um ein Verfahren zur "Vorhersage der Vorhersagegüte" zu entwickeln, für welches sowohl die vorhergesagte Zirkulation als auch die Konsistenz der Vorhersage als Prädiktoren benutzt werden.

atmosphärische, il a été procédé à un filtrage à moyenne courante sur 5 jours. On constate que l'estimation de la qualité prévisionnelle mise en régression correspond de près au score de corrélation d'anomalies.

Par ailleurs, on procède également à l'étude des processus qui conduisent à l'existence de ces relations entre la qualité prévisionnelle et les prévisions des phénomènes de circulation. L'un des mécanismes qui semble important est la stabilité intrinsèque de la prévision de la circulation. Par exemple, à l'aide d'un modèle barotrope, il a été démontré que, lorsque le jet du Pacifique est d'une plus grande stabilité barotrope que la normale, les prévisions à moyen terme dans la zone du Pacifique sont d'une qualité exceptionnelle.

Une étude a également été entamée au cours de l'année, portant sur la relation entre la qualité prévisionnelle et la cohérence des prévisions. Elle a pour objectif de développer un schéma de 'prédiction de la qualité prévisionnelle' en employant comme prédicteurs la circulation qui est prévue et aussi la cohérence des prévisions.

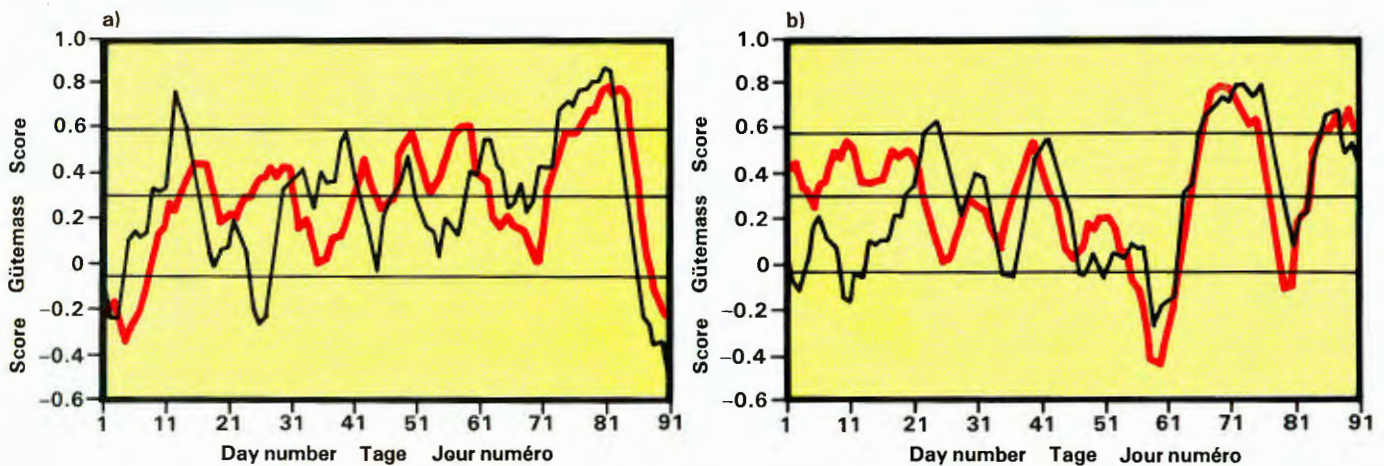


Fig. 17 Examples of the correspondence between actual nine-day 500 hPa anomaly correlation coefficient for the winter 1985/6, and a prediction of skill (m; red curve) using information from the forecast fields and initial conditions (available immediately after a forecast has run) from 500 forecasts from the winters of 1980/5. A five-day running mean filter has been applied on both to emphasise low-frequency variability. (a) European area, (b) central Pacific area.

Abb. 17 Vergleiche zwischen den tatsächlichen Anomalie-Korrelationskoeffizienten für den 9. Tag des 500 hPa-Höhenfeldes im Winter 1985/86 und einer Vorhersage dieses Gütemasses (m; rote Linie). Benutzt wurden Informationen aus Vorhersagefeldern und Ausgangsbedingungen (verfügbar unmittelbar nach Erstellung der Vorhersage) von 500 Vorhersagen während der Winter 1980/85. Ein Filter (Fünf-Tagemittel) wurde auf beide Datenreihen angewandt, um die niederfrequente Variabilität hervorzuheben. a) Europäischer Bereich, b) Bereich des Mittleren Pazifik

Fig. 17 Exemples de la correspondance entre le coefficient de corrélation d'anomalies à 500 hPa (à neuf jours d'échéance) pour l'hiver 1985/86, et une prédiction du score (m; courbe en trait plein) avec emploi de l'information provenant des champs de prévisions et des conditions initiales (disponibles immédiatement après une prévision) à partir de 500 prévisions pendant les hivers 1980/85. Un filtrage à moyenne courante sur cinq jours a été appliqué aux deux courbes pour faire ressortir la variabilité à basse fréquence. a) Zone d'Europe, b) zone du Pacifique central.



## EXPERIMENTAL MEDIUM-RANGE FORECASTS FROM 00 UTC DATA WITH SHORT CUT-OFF TIMES

ECMWF carried out a trial production of forecasts based on 00 UTC data from 10 September to 30 November 1986. As part of the operational data assimilation cycle during that period, additional 18 UTC and 00 UTC analyses were produced with shorter data cut-off times. The data collection time for the 00 UTC analysis of the trial production was limited to three hours, resulting in a significant reduction in the availability of satellite data and also surface and upper air observations over the oceans, Asia, Africa and South America.

Although priority was given to the routine operational work of the Centre, the production of the 00 UTC forecasts proved to be very reliable. Apart from delays due to scheduled maintenance work, out of 72 forecasts only two were late by more than 45 minutes. Member States had access to the results through a pre-release version of the MARS retrieval facility. Plotted fields were made available on request by distribution via telecopier. The Member States' response to the arrangements of the trial production was very positive and complimentary.

The forecast products from the trial were evaluated both subjectively and objectively at the Centre and in some Member States. During the first three days of the forecast, the verification results for Europe and the Northern and Southern Hemispheres at 1000 and 500 hPa indicated a gain in predictive skill of 9 to 12 hours for the 00 UTC products compared with those based on 12 UTC data. For forecast days five to seven this advantage for the 00 UTC forecast is reduced to 5 to 8 hours for the Northern Hemisphere. The RMS height errors at 500 and 1000 hPa for the experimental and operational forecasts are shown in Fig. 18 for the Northern Hemisphere. Verification results from Member States for limited areas qualitatively agree with these objective scores from the Centre.

Most Member States reported on the operational benefits of 00 UTC forecasts with early cut-off. Although the distribution of the forecast products during the trial did not reach operational standards with respect to timeliness and availability, medium-range forecasts were, on many occasions, successfully updated and adjusted by the more recent forecast.

## EXPERIMENTELLE MITTELFRISTVORHERSAGEN AUFGRUND DER DATEN VON 00 UTC BEI FRÜHZEITIGEM ABSCHLUSS DER DATENERFASSUNG

Das EZMW hat vom 10. September bis 30. November 1986 versuchsweise Vorhersagen aufgrund der Daten von 00 UTC erstellt. Als Teil des routinemässigen Datenassimilationszyklus wurden während dieses Zeitraums zusätzlich Analysen um 18 Uhr und 00 UTC erstellt, wobei die Datenerfassung frühzeitig abgeschlossen wurde. Der Zeitraum für die Datenerfassung zur Durchführung der Analysen aufgrund der Daten von 00 UTC für versuchsweise Vorhersagen wurde auf drei Stunden begrenzt; hierdurch standen erheblich weniger Satellitendaten sowie Bodendaten und Beobachtungen aus der freien Atmosphäre über den Ozeanen, Asien, Afrika und Südamerika zur Verfügung.

Obwohl die Routinearbeit des Zentrums Priorität hatte, erwiesen sich die Vorhersagen aufgrund der Daten von 00 UTC als sehr zuverlässig. Ausser Verzögerungen aufgrund von planmässigen Wartungsarbeiten verspäteten sich nur zwei von 72 Vorhersagen um mehr als 45 Minuten. Die Mitgliedstaaten hatten über eine ihnen vorläufig zur Verfügung gestellte Version des MARS-Datenwiedergewinnungssystems Zugang zu den Ergebnissen. Graphisch dargestellte Felder erhielten sie auf Ersuchen über ein Telekopiergerät. Die Mitgliedstaaten äusserten sich sehr positiv und anerkennend über die Durchführung dieser versuchsweisen Vorhersagen.

Die im Rahmen der Versuche erzielten Vorhersagedaten wurden sowohl subjektiv als auch objektiv im Zentrum und in einigen Mitgliedstaaten bewertet. Während der ersten drei Tage der Vorhersage ergaben die Kontrollergebnisse für Europa und die Nord- und Südhemisphäre für die 1000- und 500-hPa-Fläche eine Verbesserung der Vorhersagegüte um neun bis zwölf Stunden, wenn man die Produkte von 00 UTC mit denjenigen von 12 UTC vergleicht. In bezug auf die Vorhersagegüte fünf bis sieben verringerte sich die Verbesserung der Vorhersagen von 00 UTC für die Nordhemisphäre um fünf bis acht Stunden. Abb. 18 veranschaulicht für die Nordhemisphäre den mittleren quadratischen Fehler der Höhenvorhersage für 500 hPa und 1000 hPa von experimentellen und routinemässigen Vorhersagen. Die Kontrollergebnisse aus den Mitgliedstaaten für kleinere geographische Bereiche stimmen qualitativ mit den objektiven Gütemasszahlen des Zentrums überein.

Die meisten Mitgliedstaaten berichteten über Vorteile der 00 UTC-Vorhersagen bei frühzeitigem Abschluss der Datenerfassung. Obwohl die Verbreitung der Vorhersageprodukte während dieses Versuchszeitraums hinsichtlich Rechtzeitigkeit und Verfügbarkeit nicht dem Routinestandard entsprach, wurden die Mittelfristvorhersagen in zahlreichen Fällen durch spätere Vorhersagen angepasst.

## PREVISIONS EXPERIMENTALES A MOYEN TERME A PARTIR DES DONNEES OBTENUES A 00 UTC AVEC POINT DE COUPURE ANTICIPE

Le CEPMMT s'est livré à des prévisions expérimentales basées sur les données obtenues à 00 UTC entre le 10 septembre et le 30 novembre 1986. Dans le cadre du cycle opérationnel d'assimilation des données qui s'est déroulé pendant cette période, d'autres analyses basées sur des données obtenues à 18 UTC et 00 UTC ont été produites avec un point de coupure de données encore plus anticipé. La période de collecte de données pour l'analyse des prévisions expérimentales (basées sur les données obtenues à 00 UTC) était limitée à trois heures. Il en est résulté une réduction sensible de la disponibilité des données satellitaires ainsi que des observations de surface et en altitude au-dessus des océans, de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique du sud.

Bien que la priorité ait été accordée aux travaux de routine du Centre, la production des prévisions (basées sur les données obtenues à 00 UTC) s'est avérée très fiable. Mis à part les retards dus aux travaux d'entretien périodique, seulement deux des 72 prévisions étaient en retard de plus de 45 minutes. Les Etats membres avaient accès aux résultats grâce à une version anticipée du progiciel de recherche de données MARS. Les champs tracés étaient mis à la disposition des Etats membres sur demande, par diffusion au moyen de télécopieurs. Les réactions des Etats membres à la suite des dispositions prises pour la production des prévisions expérimentales ont été très positives et élogieuses.

Les résultats de ces prévisions expérimentales ont été évalués de manière subjective et objective au Centre et par certains Etats membres. Au cours des trois premiers jours de la prévision, les résultats de vérification pour l'Europe et les hémisphères nord et sud à 1000 et 500 hPa indiquaient un accroissement de la qualité prévisionnelle; celui-ci se traduisait par une réduction de 9 – 12 heures pour les résultats basés sur les données obtenues à 00 UTC, comparés à ceux basés sur les données obtenues à 12 UTC. Dans le cas des cinquième à septième journées de la prévision, cet avantage pour les résultats basés sur les données obtenues à 00 UTC se trouve réduit à 5 – 8 heures pour l'hémisphère nord. Les erreurs quadratiques moyennes de géopotential à 500 et 1000 hPa pour les prévisions expérimentales et de routine sont données à la Figure 18 pour l'hémisphère nord. Les résultats de vérification communiqués par les Etats membres pour les régions limitées concordent de manière qualitative avec ces scores objectifs produits par le Centre.

La plupart des Etats membres ont mentionné les avantages opérationnels des prévisions basées sur les données obtenues à 00 UTC, avec point de coupure anticipé. Bien que les résultats des prévisions expérimentales n'étaient pas diffusés avec les mêmes régularité et disponibilité que pour les opérations de routine, les prévisions à moyen terme étaient souvent mises à jour et ajustées par la prévision plus récente.



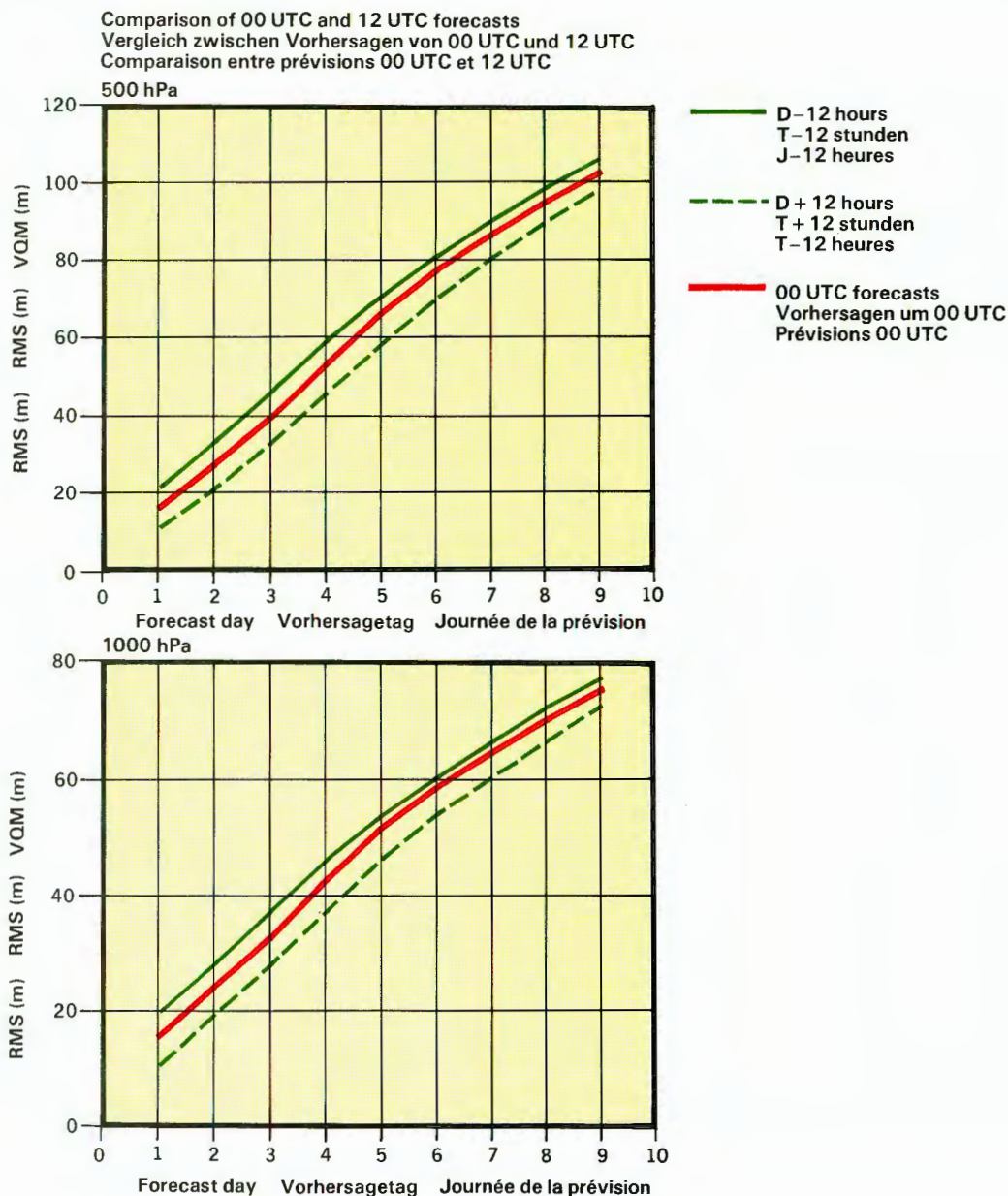


Fig. 18 RMS height errors at 500 (top) and 1000 hPa height over Europe for the forecasts based on 00 UTC data and the adjacent operational forecasts during 10 September to 30 November 1986.

Abb. 18 Mittlere quadratische Fehler der Höhengvorhersage für 500 hPa (oben) und 1000 hPa (unten) über Europa aufgrund der Daten von 00 UTC verglichen mit den zeitlich benachbarten Routinevorhersagen zwischen 10. September und 30. November 1986.

Fig. 18 Erreurs quadratiques moyennes du géopotential de 500 hPa (en haut) et de 1000 hPa au-dessus de l'Europe pour les prévisions basées sur les données obtenues à 00 UTC, et prévisions de routine adjacentes faites entre le 10 septembre et le 30 novembre 1986.

#### DATA SERVICES PROVIDED BY ECMWF

Maintaining a comprehensive archive of forecast and analysis results has played a vital role in the development and improvement of modelling techniques, parametrization schemes etc. The existence of such data has enabled studies of systematic error to be carried out and comprehensive forecast verification and investigations to be undertaken.

#### DATENDIENSTLEISTUNGEN DES EZMW

Ein umfassendes Archiv mit den Ergebnissen von Vorhersagen und Analysen ist von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung und Verbesserung der Verfahren für die Erstellung von Modellen, Parametrisierungsverfahren usw. Mit Hilfe solcher Daten können Untersuchungen über die systematischen Fehler sowie umfangreiche Kontrollen und Untersuchungen der Vorhersagen durchgeführt werden.

#### SERVICES DE DONNEES ASSURES PAR LE CEPMMT

Le système d'archivage détaillé du CEPMMT contenant les résultats des prévisions et des analyses a joué un rôle vital dans le développement et l'amélioration des techniques de modélisation, des schémas de paramétrisation, etc. Grâce à ces données, il s'est avéré possible d'étudier les erreurs systématiques, et d'entreprendre la vérification et l'étude en profondeur des prévisions.



ECMWF archive data has continued to migrate from the original GETDATA system to the Meteorological Archival and Retrieval System (MARS), see 1985 Annual Report. An initial retrieval service has been supported to in-house users all year and to Member States from July. Training has been given to Member State and Centre users. Revised versions of the MARS User Guide were issued.

MARS software continued to be developed and enhanced. Facilities for unpacking MARS data were added, and the interpolation package which will support interpolation and sub-area extraction was written. Initial features were added for gathering and processing statistics on the use of MARS to accommodate results from numerical experiments; these features were successfully tested, but will not be used extensively until the enhanced data handling facilities become available. A system to enable the addition of daily analysis backlog data reached an advanced pre-production stage.

Council approved that ECMWF accepts the designation of a TOGA Level III Atmospheric Data Centre, and following consultations with representatives of the TOGA (Tropical Ocean & Global Atmosphere) research community, plans were drawn up for the support of data delivery and data services. Such services will be based on three data sets, including uninitialised analysis data supplemented by analysis first guess data. The data sets will comprise:

- the ECMWF/TOGA Level III Data Set – a compact data set at a standard TOGA resolution
- the ECMWF/TOGA Advanced Operational Analysis Data Set – a full model resolution data set based on the uninitialised analyses
- the ECMWF Supplementary Fields Data Set – a full model resolution data set containing a sub-set of analysis first guess data.

The ECMWF/WMO analysis and observations data set were updated, data up to the end of September 1986 being added. Data were added for December 1979, enabling continuous support from the end of the FGGE year to be offered. Requests for data from these data sets and from the FGGE data were processed at a steady rate, approximately 50 enquiries being handled during the year.

Die Übertragung der Archivdaten des EZMW aus dem ursprünglichen GETDATA-System auf das Meteorologische Datenarchivierungs- und -wiedergewinnungssystem (MARS) wurde fortgesetzt; (siehe Jahresbericht 1985). Für interne Benutzer steht ein Datenwiedergewinnungsdienst das ganze Jahr über und für Mitgliedstaaten seit Juli zur Verfügung. Die Mitgliedstaaten und die Anwender im Zentrum erhielten Anleitungen zur Benutzung des Systems. Neufassungen des Handbuchs über das MARS-System wurden herausgegeben.

Die MARS-Software wurde weiterentwickelt und ausgebaut. Software für das Entpacken der MARS-Daten ist hinzugekommen, und Programme für die Interpolation der Daten und die Datenentnahme aus Unterbereichen wurden geschrieben. Hinzugekommen sind ferner Verfahren für die Zusammenstellung und Verarbeitung von Statistiken über die Anwendung von MARS, um die Ergebnisse numerischer Experimente berücksichtigen zu können. Diese Verfahren wurden mit Erfolg getestet, sie werden jedoch erst voll ausgenutzt werden können, wenn die erweiterten Datenverwaltungseinrichtungen zur Verfügung stehen. Die Entwicklung eines Systems zur Bewältigung des täglich anfallenden Überhangs von Analysendaten befindet sich in einer fortgeschrittenen Phase.

Der Rat hat zugestimmt, dass das EZMW die Aufgaben eines TOGA-Level-III-Datenzentrums übernimmt (Tropical Ocean and Global Atmosphere), und nach Rücksprache mit Wissenschaftlern des TOGA-Forschungsteams wurden Pläne für die Datenabgabe und Datendienstleistungen aufgestellt. Diese basieren auf drei Datensätzen, einschliesslich nicht-initialisierter Analysendaten, die durch Analysendaten erster Näherung ergänzt werden. Es handelt sich um folgende Datensätze:

- ECMWF/TOGA Level III Data Set – ein kompakter Datensatz mit TOGA-Standardauflösung
- ECMWF/TOGA Advanced Operational Data Set – ein Datensatz mit voller Modellauflösung auf der Grundlage von nicht-initialisierten Analysen
- ECMWF Supplementary Fields Data Set – ein Datensatz mit voller Modellauflösung, der einen Satz von Analysendaten erster Näherung enthält.

Die EZMW/WMO-Analysen- und Beobachtungsdaten wurden durch Daten bis Ende September 1986 vervollständigt. Ferner kamen Daten für Dezember 1979 hinzu, so dass Daten ab Ende des FGGE-Jahres zur Verfügung gestellt werden können. Ungefähr fünfzig Ersuchen um Daten dieser Datensätze und um FGGE-Daten wurden im Laufe des Jahres erledigt.

Les données archivées du CEPMMT ont continué d'être transférées du système GETDATA d'origine au système MARS (Meteorological Archival and Retrieval System) – voir le Rapport annuel 1985. Un service initial de recherche de données a été prévu tout au long de l'année pour les utilisateurs dans le Centre, et pour les Etats membres à partir du mois de juillet. La formation a été assurée pour les utilisateurs des Etats membres et du Centre. Des éditions révisées du Guide d'utilisation MARS ont été diffusées.

Le système MARS a continué d'être développé et perfectionné. Un logiciel de décondensation des données MARS lui a été ajouté, et un progiciel d'interpolation a été rédigé. Celui-ci permettra l'interpolation et l'extraction des petites régions. D'autres logiciels ont été ajoutés, servant à rassembler et à traiter les statistiques sur l'utilisation de MARS, afin de prendre en charge les résultats des expériences numériques; ces logiciels ont été testés avec succès, mais ils ne seront pas utilisés avant que le système amélioré de traitement des données soit disponible. Par ailleurs, un système permettant d'ajouter des arriérés de données pour l'analyse journalière se trouve à un stade avancé de développement avant sa mise en oeuvre.

Le Conseil a approuvé que le CEPMMT accepte la désignation de Centre de données atmosphériques de Niveau III TOGA. Après consultations avec des représentants de la communauté de recherche TOGA (Programme d'étude des océans tropicaux et de l'atmosphère du globe), des plans ont été établis pour appuyer la diffusion des données et les services de données. Ces services se baseront sur trois ensembles de données, y compris les données d'analyse non initialisées, et les données de première ébauche pour l'analyse. Les ensembles de données seront les suivants:

- ensemble de données de niveau III CEPMMT/TOGA – ensemble de données compact avec résolution standard TOGA
- ensemble de données d'analyse opérationnelle avancée CEPMMT/TOGA – ensemble de données à la résolution intégrale du modèle, basées sur les analyses non initialisées
- ensemble de données pour champs additionnels CEPMMT – ensemble de données à la résolution intégrale du modèle contenant un sous-ensemble de données de première ébauche employées dans l'analyse.

Les données d'analyse et d'observation des CEPMMT/OMM ont été mises à jour par l'addition de données couvrant la période jusqu'à fin septembre 1986. D'autres données ont été ajoutées pour le mois de décembre 1979, ceci permettant d'offrir un service continu à partir de la fin de l'année de la PEMG. Les demandes de données de provenance de ces ensembles et aussi des données de la PEMG ont été traitées à un rythme régulier, 50 demandes environ ayant été prises en charge au cours de l'année.



## MONITORING OF DATA QUALITY – UPPER AIR DATA

Monitoring the quality of observational data is an important part of the operational meteorological activity of the Centre. Monitoring information for upper air data is produced on a monthly basis for all stations sending TEMP and PILOT reports. The data quality files for the previous 12 months are kept on-line for Member State and Centre access.

Fig. 19 shows an example of the overviews that can be produced using these data, depicting the time series of monthly monitoring results averaged from 1000 to 100 hPa for station 35121 (52°N, 55°E) for the period December 1985 to December 1986. The root mean square differences (RMS) and mean differences (BIAS) of the geopotential height between observations and the first guess (6 hour forecast) are shown separately for 00 UTC and 12 UTC. In view of the abnormal values observed for this station, additional ECMWF monitoring tools such as monthly vertical profiles and daily departure meteograms were used to study the conspicuous long term trend at the station in greater detail.

## KONTROLLE DER GÜTE DER DATEN DER OBEREN LUFTSCHICHTEN

Die Gütekontrolle der Beobachtungsdaten ist ein wichtiger Bestandteil der Routinearbeit der Meteorologen des Zentrums. Informationen über die Kontrolle der Daten der freien Atmosphäre werden monatlich für sämtliche Stationen, die TEMP- und PILOT-Berichte übermitteln, zusammengestellt. Die Dateien über die Güte der Daten während der vorhergehenden zwölf Monate stehen den Mitgliedstaaten und dem Zentrum direkt zu Verfügung.

Abb. 19 stellt ein unter Verwendung dieser Daten zusammengestelltes Diagramm dar; es bezieht sich auf Zeitreihen von monatlichen Kontrollergebnissen, die von 1000 hPa bis 100 hPa für die Station 35121 (52°N, 55°O) während des Zeitraums von Dezember 1985 bis Dezember 1986 gemittelt wurden. Die mittleren quadratischen Abweichungen (RMS) und mittleren Fehler (BIAS) der geopotentiellen Höhe zwischen den Beobachtungen und der ersten Näherung (sechsstündige Vorhersage) sind getrennt für 00 UTC und 12 UTC angegeben. Aufgrund der durch diese Station beobachteten anomalen Werte wurden zusätzliche Kontrolldaten des EZMW, wie monatliche vertikale Profile und Meteogramme der täglichen Abweichungen, benutzt, um die deutlich erkennbare, langfristige Tendenz der Ergebnisse dieser Station in grösseren Einzelheiten untersuchen zu können.

## CONTROLE DE LA QUALITE DES DONNEES – DONNEES EN ALTITUDE

Le contrôle de la qualité des données d'observation est un élément important des activités météorologiques opérationnelles du Centre. Les détails de contrôle sont produits mensuellement pour toutes les stations qui fournissent des rapports TEMP et PILOT. Les fichiers contenant la qualité des données pour les 12 derniers mois sont maintenus en liaison directe afin que les Etats membres et le Centre puissent y accéder.

La Figure 19 est un exemple des statistiques qui peuvent être produites à l'aide de ces données, décrivant la série temporelle de résultats de contrôle mensuels moyennés de 1000 à 100 hPa pour la station 35121 (52°N, 55°E), pour la période comprise entre décembre 1985 et décembre 1986. Les différences quadratiques moyennes (RMS) et les différences moyennes (BIAS) de la hauteur géopotentielle entre les observations et la première ébauche (prévision à 6 heures d'échéance) sont indiquées séparément pour 00 UTC et 12 UTC. Etant données les valeurs anormales observées pour cette station, il a été fait appel à des moyens de contrôle additionnels du CEPMMT, tels que des profils verticaux et des météogrammes de différences quotidiennes entre les observations et les prévisions, afin d'étudier en plus grand détail la tendance notable à long terme à la station.

Number of observations  
Anzahl der Beobachtungen  
Nombre d'observations

00 UTC 29 31 27 31 17 31 29 31 31 30 31 30 31  
12 UTC 30 30 26 31 17 31 29 31 27 30 30 29 30

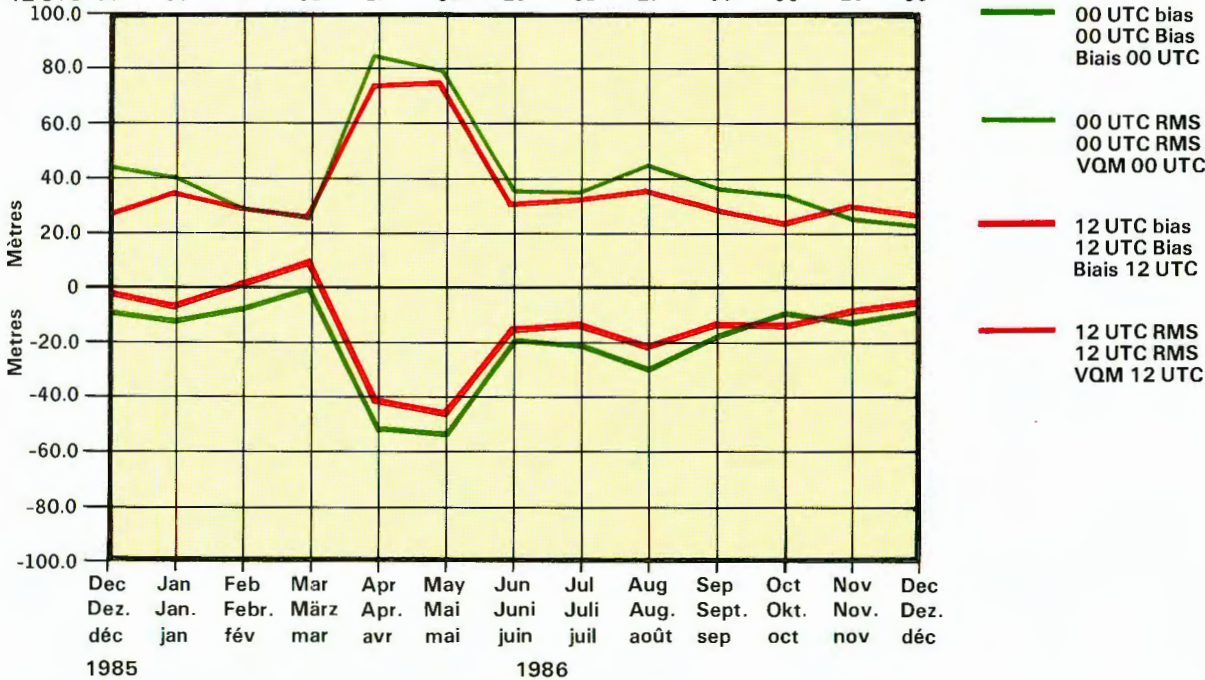


Fig. 19 Average (1000 to 100 hPa) monthly bias and RMS errors of radiosonde data received from station 35121 during the period December 1985 – December 1986. The number of observations received each month is shown above the graph.

Abb. 19 Vertikal gemittelte (1000 bis 100 hPa) monatliche systematische und mittlere quadratische Abweichungen zwischen den Daten der Radiosondenstation 35121 und der ersten Näherung von Dezember 1985 bis Dezember 1986. Die Zahlen über dem Diagramm geben die jeden Monat eingegangenen Beobachtungen an.

Fig. 19 Moyenne de l'erreur systématique mensuelle (1000 à 100 hPa) et erreurs quadratiques moyennes des données de radiosondage reçues de la station 35121 pendant la période comprise entre décembre 1985 et décembre 1986. Le nombre d'observations reçues chaque mois est indiqué au-dessus du graphique.



Throughout the winter until March 1986 the station exhibited only small, mainly negative, systematic differences between the observations and the first guess. No observations were received during the first half of April. When observational data from the station were again transmitted on the GTS the reported heights above 700 hPa were rejected by the analysis on many occasions, suggesting that new equipment had been introduced at the station and was subsequently adjusted.

Although the RMS differences between the observations and the first guess returned to the previous level, from June 1986 the station exhibited a strong negative bias in the upper troposphere and therefore completely different data characteristics. Further improvements in the data quality were subsequently observed towards the end of 1986, when the bias and RMS differences at the station had returned to the level of the previous year.

#### **THE NEW ECMWF TELECOMMUNICATIONS SYSTEM**

From 1979, the Centre's telecommunications had been based on a Regnecentralen computer system. During 1986 the new telecommunications system (NTC), based on Digital Equipment Co. VAX computers, was brought into service. The first telecommunications line to a Member State was transferred to the NTC on 4 June 1986, only 11 months after contract signature.

Testing of the NTC began in January 1986, initially using one of the Centre's Regnecentralen computers to emulate a Member State connection. By mid-March testing with Member States commenced and, in almost every case, it was possible to transmit and receive data to and from each Member State during each first test.

After an early period during which stability problems were corrected, the NTC settled down to provide a reliable and improved service. The NTC provided at least twice the overall telecommunications bandwidth and delays in dissemination of the Centre's forecast, which had occurred with the previous system, were eliminated.

The additional bandwidth and extra disk space available on the NTC led to a significant increase in the number and size of jobs submitted from the Member States during the year.

Während des ganzen Winters und bis März 1986 wurden für diese Station nur geringfügige, hauptsächlich negative systematische Abweichungen zwischen den Beobachtungen und der ersten Näherung ermittelt. Während der ersten Aprilhälfte gingen keine Beobachtungen ein. Als die Station wieder Beobachtungsdaten über das Globale Telekommunikationsnetz (GTS) übermittelte, wurden die angegebenen Höhen von mehr als 700 hPa oft in den Analysen zurückgewiesen; dies lässt darauf schließen, dass in der Station neue Einrichtungen verwendet und später angepasst wurden.

Obwohl die mittleren quadratischen Abweichungen zwischen den Beobachtungen und der ersten Näherung wieder ihren vorhergehenden Stand erreichten, wiesen die Daten der Station ab Juni 1986 beträchtliche negative Abweichungen in der oberen Troposphäre und somit vollständig unterschiedliche Merkmale auf. Gegen Ende des Jahres 1986 verbesserte sich die Datengüte weiter. Die systematischen Fehler und mittleren quadratischen Abweichungen der Station erreichten damit wieder den Stand des vorhergehenden Jahres.

#### **DAS NEUE TELEKOMMUNIKATIONSSYSTEM DES EZMW**

Von 1979 an wurde das Telekommunikationssystem des Zentrums mit Regnecentralen-Rechenanlagen betrieben. Das neue Telekommunikationssystem (NTC) auf der Grundlage von VAX-Rechnern von Digital Equipment Co. wurde im Jahre 1986 in Betrieb genommen. Die erste Telekommunikationsleitung zu einem Mitgliedstaat wurde am 4. Juni 1986, nur elf Monate nach der Unterzeichnung des Vertrags, an das neue Telekommunikationssystem angeschlossen.

Mit den Tests des NTC-Systems wurde im Januar 1986 begonnen, zunächst mit einem der Regnecentralen-Rechner des Zentrums; dieser simulierte eine Leitung eines Mitgliedstaats. Mitte März begannen die Tests mit den Mitgliedstaaten, und in fast allen Fällen konnten während des ersten Tests Daten an die einzelnen Mitgliedstaaten übertragen bzw. durch sie übermittelt werden.

Nach Beseitigung anfänglicher Stabilitätsprobleme arbeitet das NTC-System zuverlässig und gewährleistet einen besseren Betrieb. Das NTC-System verfügt über mindestens die doppelte Telekommunikationsbandbreite; Verzögerungen bei der Verbreitung der Vorhersagen des Zentrums, die mit dem früheren System zu verzeichnen waren, treten nicht mehr ein.

Infolge der zusätzlichen Bandbreite und der größeren Plattenkapazität des NTC-Systems hat sich die Anzahl und der Umfang der von den Mitgliedstaaten im Laufe des Jahres übermittelten Arbeitsaufträge beträchtlich erhöht.

Tout au long de l'hiver jusqu'en mars 1986, il n'y avait que des différences systématiques légères, essentiellement négatives, entre les observations et la première ébauche. Aucune observation n'a été reçue pendant la première moitié du mois d'avril. Lorsque les données d'observation de la station ont été à nouveau transmises sur le SMT, les hauteurs signalées au-dessus de 700 hPa ont été rejetées plusieurs fois par l'analyse, ceci laissant supposer que de nouveaux équipements avaient été installés dans la station, et qu'ils avaient été par la suite ajustés.

Bien que les différences quadratiques moyennes entre les observations et la première ébauche soient revenues au niveau antérieur, la station a donné, depuis juin 1986, une erreur systématique négative importante dans la haute troposphère, indiquant par conséquent des caractéristiques de données tout à fait différentes. D'autres améliorations dans la qualité des données ont été observées par la suite vers la fin de 1986; à ce moment, l'erreur systématique et les différences quadratiques moyennes à la station étaient revenues au niveau de l'année précédente.

#### **NOUVEAU SYSTEME DE TELECOMMUNICATIONS DU CEPMMT**

Depuis 1979, les télécommunications du Centre se basaient sur un système informatique Regnecentralen. C'est au cours de 1986 qu'a été mis en service le nouveau système de télécommunications (NTC), basé sur des ordinateurs VAX de la Digital Equipment Co. La première ligne de télécommunications avec un Etat membre a été transférée au NTC le 4 juin 1986, 11 mois seulement après la signature du contrat.

Les essais du NTC ont été entamés en janvier 1986; au départ, l'un des ordinateurs Regnecentralen du Centre a servi à simuler le raccordement avec l'Etat membre. A la mi-mars, les essais avec les Etats membres avaient démarré et, dans presque tous les cas, il s'était avéré possible de transmettre et de recevoir des données en direction et en provenance de chaque Etat membre lors du premier essai.

Après une période initiale au cours de laquelle les problèmes de stabilité ont été rectifiés, le NTC a commencé à assurer un service fiable et amélioré. Le NTC présentait au moins le double de la largeur de bande totale de télécommunications; et les retards occasionnés avec l'ancien système dans la diffusion des prévisions du Centre étaient éliminés.

La plus grande largeur de bande et la capacité supplémentaire de mémoire sur disque disponibles sur le NTC ont permis d'augmenter considérablement le nombre et l'importance des tâches soumises par les Etats membres au cours de l'année.



In 1986, the line to France was upgraded to 9600 bps and the lines to Denmark and the Netherlands were upgraded to 4800 bps. At the end of the year work began on the installation of a medium speed line to Turkey.

The NTC successfully completed its provisional acceptance test on 6 November 1986 and it was expected to complete the Final Acceptance Test during the first quarter of 1987.

The NTC replaced the Regnecentralen-based Network Front End Processor (NFEP). The NFEP was finally powered off on 20 September 1986 after 7 years and 50 days of service.

The state of the NTC network in December 1986 is outlined in Table 1.

Die Übertragungsgeschwindigkeit der Leitung nach Frankreich wurde 1986 auf 9.600 bps und diejenige der Leitungen nach Dänemark und den Niederlanden wurden auf 4.800 bps erhöht. Gegen Ende des Jahres begann die Installation einer Leitung mit mittlerer Übertragungsgeschwindigkeit nach der Türkei.

Die vorläufige Abnahmeprüfung des NTC-Systems wurde am 6. November 1986 mit Erfolg abgeschlossen, und die endgültige Abnahmeprüfung soll im ersten Quartal des Jahres 1987 stattfinden.

Das NTC-System hat den Netzwerk-Vorrechner (NFEP) von Regnecentralen ersetzt. Nach sieben Jahren und fünfzig Tagen Betrieb wurde dieser Vorrechner am 20. September 1986 endgültig abgeschaltet. Einzelheiten über das NTC-System nach dem Stand von Dezember 1986 enthält die Aufstellung 1.

En 1986, la vitesse de la liaison avec la France a été portée à 9600 bits/sec, et la vitesse de la liaison avec le Danemark et les Pays-Bas a été portée à 4800 bits/sec. A la fin de l'année, on entamait l'installation d'une liaison à moyenne vitesse avec la Turquie.

Le NTC a subi avec succès son essai de réception provisoire le 6 novembre 1986, et son essai de réception définitive devait se terminer au cours du premier trimestre de 1987.

Le NTC a remplacé le processeur frontal du réseau basé sur le système Regnecentralen (NFEP). Celui-ci a été débranché le 20 septembre 1986 après 7 ans et 50 jours de service.

L'état du réseau NTC en décembre 1986 est indiqué dans le Tableau 1 ci-dessous.

| Member State<br>Mitgliedstaat<br>Etat membre   | Date of Connection to NTC<br>Anschlussdatum<br>an NTC<br>Date de raccordement | Line Speed<br>Übertragungsgeschwindigkeit<br>Vitesse de ligne | Modem Type<br>Modem<br>Type de modem |
|--|---|---|--------------------------------------|
| Belgium<br>Belgien<br>Belgique   | 4 June 1986<br>4. Juni<br>4 juin  | 2400  | V26                                  |
| Denmark<br>Dänemark<br>Danemark  | 11 June 1986<br>11. Juni<br>11 juin   | 4800  | V29                                  |
| Germany, Federal<br>Republic of<br>Bundesrepublik<br>Deutschland<br>République fédérale<br>d'Allemagne | 14 August 1986<br>14. Aug.<br>14 août   | 9600  | V29                                  |
| Spain<br>Spanien<br>Espagne  | 19 June 1986<br>19. Juni<br>19 juin   | 4800  | V27 bis                              |
| France<br>Frankreich<br>France   | 16 June 1986<br>16. Juni<br>16 juin   | 9600  | V29                                  |
| Greece<br>Griechenland<br>Grèce  | 19 June 1986<br>19. Juni<br>19 juin   | 2400  | V26                                  |
| Ireland<br>Irland<br>Irlande   | 3 July 1986<br>3. Juli<br>3 juillet   | 2400  | V26                                  |
| Italy<br>Italien<br>Italie   | 16 July 1986<br>16. Juli<br>16 juillet  | 100   | -                                    |

Table 1 State of NTC telecommunications Network, December 1986

### National Telecommunications System (NTS)

Early in 1986 several Member States who already had, or intended to purchase, Digital Equipment Co. VAX computers for telecommunications met at ECMWF to discuss how best to produce a common method of interconnection to ECMWF. It was agreed that a solution based initially on DECnet, moving to ISO protocols later, should be investigated.

Aufstellung 1: NTC-Telekommunikationsnetz, Stand Dezember 1986

### Nationales Telekommunikationssystem (NTS)

Anfang 1986 kamen mehrere Mitgliedstaaten, die VAX-Rechner von Digital Equipment Co. für Telekommunikationszwecke gekauft hatten bzw. kaufen wollten, im EZMW zusammen, um zu erörtern, wie die Verbindungsleitungen zum EZMW optimal installiert werden können. Es wurde übereingekommen, ein zunächst auf DECNET und später auf ISO-Protokollen beruhendes Verfahren zu untersuchen.

| Member State<br>Mitgliedstaat<br>Etat membre               | Date of Connection to NTC<br>Anschlussdatum<br>an NTC<br>Date de raccordement | Line Speed<br>Übertragungsgeschwindigkeit<br>Vitesse de ligne | Modem Type<br>Modem<br>Type de modem |
|--|---|---|--------------------------------------|
| Yugoslavia<br>Jugoslawien<br>Yougoslavie                   | 4 July 1986<br>4. Juli<br>4 juillet   | 50  | -                                    |
| Netherlands<br>Niederlande<br>Pays-Bas                     | 16 July 1986<br>16. Juli<br>16 juillet  | 2400  | V26                                  |
| Austria<br>Österreich<br>Autriche                          | 23 June 1986<br>23. Juni<br>23 juin   | 2400  | V26                                  |
| Portugal<br>Portugal<br>Portugal                           | 31 July 1986<br>31. Juli<br>31 juillet  | 4800  | V27 bis                              |
| Switzerland<br>Schweiz<br>Suisse                           | 2 July 1986<br>2. July<br>2 juillet   | 4800  | V29                                  |
| Finland<br>Finnland<br>Finlande                            | 19 June 1986<br>19. Juni<br>19 juin   | 4800  | V27 bis                              |
| Sweden<br>Schweden<br>Suède                                | 5 June 1986<br>5. Juni<br>5 juin  | 4800  | V27 bis                              |
| Turkey<br>Türkei<br>Turquie                                | 7 July 1986<br>7. Juli<br>7 juillet   | 50  | -                                    |
| United Kingdom<br>Vereinigtes<br>Königreich<br>Royaume-Uni | 28 August 1986<br>28. Aug.<br>28 août   | 9600  | Kilostream                           |

Tableau 1 Etat du réseau de télécommunications NTC, décembre 1986

### Système national de télécommunications (NTS)

Au début de 1986, les délégués de plusieurs Etats membres possédant déjà, ou ayant l'intention d'acheter, des ordinateurs VAX de la Digital Equipment Co. pour les télécommunications se sont réunis au CEPMMT pour décider de la meilleure stratégie commune d'interconnexion avec le CEPMMT. Ils ont convenu d'examiner une solution faisant appel, dans un premier temps, à DECnet, puis de passer ultérieurement à des protocoles ISO.



Eventually five Member States (Federal Republic of Germany, Ireland, Sweden, Turkey and the United Kingdom) agreed to fund a joint project to include software to be written by ECMWF.

The NTS software was completed and entered service in Sweden early in December.

### USE OF MULTIPROCESSORS IN MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTING

Medium-range weather forecasting requires the fastest "number crunching" computers available, coupled with numerical models capable of exploiting their power to the full. - From the beginning, ECMWF has continuously endeavoured to use as sophisticated a forecast system (model, data assimilation, archiving etc.) as possible.

As part of the development of faster processors, supercomputers such as the CRAY X-MP series have been developed in such a way that an application can use a number of processors simultaneously.

ECMWF has pioneered the development of practical time-critical applications using such multi-tasking techniques. The operational forecast model was the first application to be modified for multi-tasking. The program was subdivided into processes, each containing one or more subroutines capable of independent execution on a single processor. For some processes this division simply requires code to be applied simultaneously to a row of data in the Northern Hemisphere and to a corresponding row in the Southern Hemisphere. A general approach was taken so that, by processing several rows simultaneously, any even number of processors could be used. This strategy was successfully used with the CRAY X-MP/22, enabling a high average CPU utilization of the two processors throughout the forecast. Small inefficiencies arose due to simultaneous tasks not requiring exactly the same computation time, mainly associated with differences in convective activity over the globe.

The full potential and success of the strategy was demonstrated when, on 14 January 1986 and only 16 days after acceptance of the CRAY X-MP/48, the operational forecast was able to use all four processors, with an average CPU utilization of close to 100%.

Schliesslich kamen fünf Mitgliedstaaten (Bundesrepublik Deutschland, Irland, Schweden, Türkei und Vereinigtes Königreich) überein, ein gemeinsames Projekt durchzuführen, für welches das EZMW die Software liefern sollte.

Die NTS-Software war Anfang Dezember fertiggestellt und wurde in Schweden angewendet.

### BENUTZUNG VON MULTIPROZESSOREN IN DER MITTELFRISTIGEN WETTERVORHERSAGE

Für die mittelfristige Wettervorhersage sind die schnellsten Superrechenanlagen und numerische Modelle erforderlich, die deren Kapazität voll ausnutzen. Das EZMW bemüht sich seit seiner Gründung, ein den höchsten Anforderungen entsprechendes Vorhersagesystem (Modell, Datenassimilation, Archivierung usw.) zu benutzen.

Im Zuge der Entwicklung von immer schnelleren Prozessoren wurden die Superrechenanlagen wie die Reihe CRAY X-MP so konzipiert, dass eine Anzahl von Prozessoren gleichzeitig benutzt werden kann.

Das EZMW hat Pionierarbeit bei der Entwicklung von praktischen, zeitlich differenzierten Anwendungen geleistet, bei denen Parallelverarbeitungsverfahren angewendet werden. Das Routine-Vorhersagemodell wurde als erstes an den Parallelbetrieb angepasst. Hierbei wird das Programm in Prozesse unterteilt, von denen jeder einzelne mit einem oder mehreren Unterprogrammen, unabhängig voneinander, auf einem einzigen Prozessor verarbeitet wird. Bei manchen Prozessen dient aufgrund dieser Unterteilung das Programm gleichzeitig für eine Reihe von Daten in der Nordhemisphäre und für eine entsprechende Reihe von Daten in der Südhemisphäre. Eine allgemeine Lösung wurde gewählt; diese besteht darin, durch gleichzeitige Verarbeitung mehrerer Datenreihen eine gleiche Anzahl von Prozessoren zu verwenden. Dies geschah mit Erfolg auf der CRAY X-MP/22, und die zentrale Verarbeitungseinheit beider Prozessoren wurde während der gesamten Vorhersage im Durchschnitt sehr stark benutzt. Geringfügige Mängel ergeben sich, wenn für gleichzeitige Aufgaben nicht genau die gleiche Rechenzeit benötigt wird, und zwar hauptsächlich im Zusammenhang mit unterschiedlichen konvektiven Vorgängen über dem Erdball.

Sämtliche Möglichkeiten und der Erfolg dieser Strategie wurden nachgewiesen, als am 14. Januar 1986 nur sechzehn Tage nach der Abnahme der CRAY X-MP/48, alle vier Prozessoren für die Routinevorhersagen betrieben wurden; die durchschnittliche Benutzung der Zentraleinheit betrug fast 100 Prozent.

Par la suite, cinq Etats membres (République fédérale d'Allemagne, Irlande, Suède, Turquie et Royaume-Uni) ont convenu de financer un projet en commun, couvrant entre autres un logiciel qui serait rédigé par le CEPMMT.

Le logiciel NTS a été complété et mis en service en Suède au début du mois de décembre.

### UTILISATION DE MULTIPROCESSEURS POUR LES PREVISIONS METEOROLOGIQUES A MOYEN TERME

Les prévisions météorologiques à moyen terme exigent les ordinateurs principaux les plus rapides qui soient disponibles, ainsi que des modèles numériques capables d'en exploiter la puissance de calcul au maximum. Dès le départ, le CEPMMT s'est efforcé d'employer le système de prévision (modèle, assimilation de données, archivage, etc.) le plus sophistiqué possible.

Dans le cadre du développement de processeurs plus rapides, les super-ordinateurs tels que les machines de la série CRAY X-MP ont été mis au point de telle manière, qu'il est possible de se servir de plusieurs processeurs en même temps dans une application donnée.

Le CEPMMT s'est trouvé à l'avant-garde du développement des applications pratiques à durée critique faisant appel à de telles techniques de traitement multi-tâches. Le modèle pour les prévisions de routine représente la première application qui ait été modifiée pour le traitement multi-tâches. Le programme a été subdivisé en plusieurs processus, chacun d'eux comprenant un ou plusieurs sous-programmes capables d'être exécutés indépendamment sur un seul processeur. Dans le cas de certains processus, cette répartition exige tout simplement que le programme soit appliqué simultanément à une rangée de données dans l'hémisphère nord, et à une rangée correspondante dans l'hémisphère sud. Une méthodologie générale a été adoptée, et en traitant plusieurs rangées simultanément, il est possible de se servir de n'importe quel nombre pair de processeurs. Cette méthodologie a été utilisée avec succès sur le CRAY X-MP/22, donnant un taux élevé d'utilisation des deux processeurs tout au long de la prévision. Il s'est produit quelques inefficacités mineures du fait que certaines tâches simultanées n'exigeaient pas exactement la même durée de calcul; ceci se rapportait essentiellement à des différences dans l'activité convective dans le monde.

Le potentiel et le succès de cette méthodologie ont été démontrés lorsque, le 14 janvier 1986, seize jours seulement après la réception du CRAY X-MP/48, la prévision de routine était en mesure de se servir des quatre processeurs, avec un taux d'utilisation moyen des unités centrales presque égal à 100%.



The ten-day forecast is completed 3.6 times faster than would be the case if a single processor was used. A sustained processing rate of 335 million operations per second (Megaflops) is achieved. The small inefficiencies are largely eliminated by running post processing and interpolation jobs simultaneously with the forecast, thus making use of processor time which the forecast is unable to use.

The operational analysis introduced in September 1986 is another example in which multitasking techniques are used to minimise operational elapsed times. The data checking and main analysis is subdivided into latitude/longitude areas (boxes) containing varying numbers of observations and hence varying quantities of work. This is handled by dynamic allocation of a box to a processor when it completes its current work. The order in which the boxes are processed can thus vary from run to run. The multitasking efficiency of this strategy is very high and a sustained execution rate of 290 megaflops has been measured.

In addition to the experience gained from using multiprocessors operationally the Centre has engaged in research studies into multiprocessing, because it is obvious that the Centre will have to use multiprocessor even more extensively in the future to maintain its progress in the field of NWP. In addition to internal research into multiprocessing, ECMWF has held two workshops on the use of multiprocessing in meteorological models (see section on Education in this Report). Each workshop, attended by external experts, Member State representatives and ECMWF staff, provided an opportunity for the exchange of information and techniques used in multiprocessing as well as a discussion of the problems and issues arising from the use of multiprocessors.

The conclusion of this year's study and workshop was that the Centre's model could probably run on equipment such as the ETA10, the CRAY Y-MP or the IBM/3090 making use of the multiprocessing facilities available on such equipment; operational efficiency might not be possible without a major re-write of the code, possibly requiring a different approach to vectorisation in some cases. The usability of these systems in production and the effectiveness of highly parallel systems, like the FPS T-series and the IBM RP3, should be investigated as part of multiprocessing investigations in the near future.

Die Erstellung der Zehn-Tage-Vorhersage wird 3,6 mal schneller abgeschlossen, als es mit einem einzelnen Prozessor der Fall wäre. Eine gleichbleibende, Verarbeitungsgeschwindigkeit von 335 Mio Operationen pro Sekunde (Megaflops) wird dabei erreicht. Geringfügige Mängel werden grösstenteils dadurch beseitigt, dass Nachverarbeitung und Interpolation gleichzeitig mit der Vorhersage erfolgen; hierfür wird Rechenzeit benutzt, die für die Vorhersage nicht verwendet werden kann.

Die im September 1986 routinemässig eingeführten Analysen sind ein weiteres Beispiel für die Anwendung von Parallelverarbeitungsverfahren, um die Benutzungszeit auf ein Minimum zu verringern. Die Datenkontrollen und -analysen werden auf Breiten/Längenbereiche (Boxen) verteilt, die eine unterschiedliche Anzahl von Beobachtungen enthalten und in welchen der Arbeitsanfall unterschiedlich ist. Die Verarbeitung erfolgt durch dynamische Zuteilung der Analysenboxen an den jeweils freiwerdenden Rechner. Die Reihenfolge, in der die Analysenboxen verarbeitet werden, unterscheidet sich von Vorhersagelauf zu Vorhersagelauf. Die Parallelverarbeitung ist in diesem Fall sehr rationell, und eine gleichbleibende Ausführungsrate von 290 Megaflops wurde ermittelt.

Das Zentrum hat bei der routinemässigen Benutzung von Multiprozessoren Erfahrungen gesammelt; darüber hinaus hat es die Arbeit mit Multiprozessoren erforscht, denn offensichtlich werden Multiprozessoren in Zukunft noch stärker eingesetzt werden müssen, wenn in der numerischen Wettervorhersage weitere Fortschritte erzielt werden sollen. Ausser interner Forschungsarbeit an Multiprozessoren hat das EZMW zwei Workshops über Multiprozessoren in meteorologischen Modellen durchgeführt (siehe Abschnitt Fortbildung dieses Jahresberichts). An jedem Workshop nahmen Sachverständige von ausserhalb, Vertreter der Mitgliedstaaten und Mitarbeiter des EZMW teil; sie hatten Gelegenheit, Informationen und Verfahren des Multiprozessorbetriebs auszutauschen sowie Probleme und Fragen im Zusammenhang mit der Benutzung von Multiprozessoren zu erörtern.

Nach Abschluss der in diesem Jahr durchgeführten Untersuchungen und Workshops kann gesagt werden, dass das Modell des Zentrums wahrscheinlich auf Anlagen wie ETA10, CRAY Y-MP bzw. IBM/3090, betrieben werden kann; dabei können die auf diesen Anlagen vorhandenen Multiprozessoreinrichtungen benutzt werden. Ihre routinemässige Leistungsfähigkeit ist möglicherweise ohne ein neues Programm nicht gewährleistet; mitunter kann eine andere Vektorisierung erforderlich sein. Die Einsatzmöglichkeit solcher Systeme für Produktionszwecke und die Leistungsfähigkeit von Systemen, die grösstenteils parallel betrieben werden, wie die Reihen FPS T und IBM-RP3, sollen im Rahmen der Untersuchungen über Parallelverarbeitungsverfahren demnächst untersucht werden.

La prévision à 10 jours d'échéance se fait 3,6 fois plus rapidement que si l'on se servait d'un seul processeur. Le taux de traitement soutenu est égal à 335 millions d'opérations en virgule flottante par seconde. Les inefficacités mineures sont éliminées du fait que les tâches de post-traitement et d'interpolation s'effectuent simultanément avec la prévision, employant ainsi du temps d'utilisation processeur dont la prévision elle-même ne peut pas se servir.

L'analyse opérationnelle introduite en septembre 1986 est un autre exemple d'application où les techniques de traitement multi-tâches sont employées pour minimiser le temps d'exploitation. La vérification des données et l'analyse principale sont subdivisées en zones (cases) de latitude/longitude contenant des nombres variables d'observations et, partant, des quantités variables de travail. Ceci est pris en charge par l'affectation dynamique d'une case à un processeur lorsque celui-ci termine sa tâche courante. L'ordre dans lequel les cases sont prises en charge peut ainsi varier d'une prévision à l'autre. L'efficacité de traitement multi-tâches réalisée grâce à cette méthodologie est très élevée, et l'on a relevé un taux d'exécution soutenu de 290 millions d'opérations en virgule flottante par seconde.

En plus de l'expérience acquise grâce à l'utilisation opérationnelle des multiprocesseurs, le Centre s'est livré à des travaux de recherche sur le multitraitement. Il est évident que le Centre va devoir se servir de multiprocesseurs dans une mesure encore plus large à l'avenir, afin de continuer à progresser dans le domaine des prévisions météorologiques numériques (NWP). A part les travaux de recherche internes sur le multitraitement, le CEPMMT a organisé deux journées de travail sur l'application du multitraitement dans les modèles météorologiques (voir la Section 'Enseignement' dans le présent Rapport). Chaque réunion de travail, à laquelle assistaient des experts venus de l'extérieur, des représentants des Etats membres, ainsi que certains membres du personnel du CEPMMT, a permis d'échanger des informations et des détails sur les techniques employées dans le multitraitement, et aussi d'examiner les problèmes découlant de l'utilisation de multiprocesseurs.

D'après les conclusions des études et des journées de travail organisées cette année, le modèle du Centre pourrait probablement être exploité sur des matériels tels que ETA10, CRAY Y-MP ou IBM/3090, et se servir des possibilités de multitraitement prévues par ces matériels. L'efficacité opérationnelle ne serait réalisable qu'après réécriture majeure des programmes, ce qui exigerait peut-être une manière différente d'aborder la vectorisation dans certains cas. Dans le cadre des études portant sur le multitraitement, il va falloir examiner dans un proche avenir la capacité d'utilisation de ces systèmes pour les prévisions de routine, ainsi que l'efficacité des systèmes exploités en grand nombre en parallèle, par exemple les matériels FPS série T et RP3 IBM.



## PERSONNEL

There are 29 posts in the Administration Department (including Directorate and Financial Comptroller), 75 in the Operations Department, and 38 in the Research Department. Of these 142 authorised posts at the Centre, 131 were filled on 31 December 1986. Additionally, several visiting scientists and consultants worked at the Centre during the year; further details are contained in another section of this Report. Staff from 15 Member States were employed at the Centre as of 31 December 1986, as shown in the table below:

| State<br>Mitgliedstaat<br>Etat  | Category<br>Laufbahngruppe<br>Categorie |    |   |   |   | TOTAL |
|---|---|----|---|---|---|-------|
|   | hg                                      | A  | B | C | L |       |
| Belgium<br>Belgien<br>Belgique  |   |    |   |   |   |       |
| Denmark<br>Dänemark<br>Danemark   |   | 4  | 1 |   |   | 5     |
| Germany, Federal Republic of<br>Bundesrepublik Deutschland<br>République fédérale d'Allemagne |   | 13 | 6 |   | 1 | 20    |
| Spain<br>Spanien<br>Espagne   |   |    |   | 1 |   | 1     |
| France<br>Frankreich<br>France  |   | 9  | 2 |   |   | 11    |
| Greece<br>Griechenland<br>Grèce   |   | 2  |   |   |   | 2     |
| Ireland<br>Irland<br>Irlande  |   | 6  |   |   |   | 6     |
| Italy<br>Italien<br>Italie  |   | 4  | 1 | 1 |   | 6     |
| Yugoslavia<br>Jugoslawien<br>Yougoslavie  |   | 4  |   |   |   | 4     |

During 1986, 18 vacancies were advertised. Fourteen of these were filled during the year; the remaining four were still under review at the end of the year.

A Contract Board, which was established pursuant to the decisions of the Council of the Autumn meeting 1985, reviewed proposals for the renewal of contract for 18 staff members. In addition, the contract renewal of the Head of Research Department and the Financial Comptroller, as well as the appointment of a new head of Administration Department, were approved by the Council.

## PERSONAL

Die Verwaltungsabteilung (einschliesslich der Direktion und des Finanzkontrolleurs) verfügt über 29, die Betriebsabteilung über 75 und die Forschungsabteilung über 38 Stellen. Von diesen 142 Planstellen des Zentrums waren 131 am 31. Dezember 1986 besetzt. Darüber hinaus arbeiteten im Laufe des Jahres mehrere Gastwissenschaftler und Berater im Zentrum; weitere Einzelheiten enthält ein anderes Kapitel dieses Berichts. Nach dem Stand vom 31. Dezember 1986 stammten die Mitarbeiter des Zentrums aus fünfzehn Mitgliedstaaten, wie dies aus der folgenden Aufstellung hervorgeht:

| State<br>Mitgliedstaat<br>Etat                          | Category<br>Laufbahngruppe<br>Categorie |    |    |   |   | TOTAL |
|---|---|----|----|---|---|-------|
|   | hg                                      | A  | B  | C | L |       |
| Netherlands<br>Niederlande<br>Pays-Bas                  |   |    |    | 4 |   | 4     |
| Austria<br>Österreich<br>Autriche                       |   | 1  |    |   |   | 1     |
| Portugal<br>Portugal<br>Portugal                        |   | 1  | 2  |   |   | 3     |
| Switzerland<br>Schweiz<br>Suisse                        |   |    |    |   |   |       |
| Finland<br>Finnland<br>Finlande                         |   | 4  | 1  |   |   | 5     |
| Sweden<br>Schweden<br>Suède                             | 1                                       | 3  |    |   |   | 4     |
| Turkey<br>Türkei<br>Turquie                             |   | 1  |    |   |   | 1     |
| United Kingdom<br>Vereinigtes Königreich<br>Royaume-Uni |   | 23 | 30 | 5 |   | 58    |
|   | 1                                       | 75 | 48 | 6 | 1 | 131   |

Im Jahre 1986 wurden achtzehn freie Stellen ausgeschrieben. Vierzehn davon wurden im Laufe des Jahres besetzt, und in bezug auf die übrigen vier war gegen Ende des Jahres noch keine Entscheidung getroffen worden.

Der gemäss einem durch den Rat bei seiner Herbsttagung 1985 gefassten Beschluss ernannte Anstellungsvertrags-Ausschuss prüfte Vorschläge für die Erneuerung von Verträgen für achtzehn Mitarbeiter. Darüber hinaus wurden die Verträge für den Leiter der Forschungsabteilung und den Finanzkontrolleur erneuert und die Ernennung eines neuen Leiters der Verwaltungsabteilung durch den Rat genehmigt.

## PERSONNEL

Il existe 29 postes dans le Département de l'Administration (y compris le Directeur et le Contrôleur des finances); 75 postes dans le Département des opérations et 38 postes dans celui de la recherche. Parmi ces 142 postes agréés dans le Centre, 131 étaient pourvus le 31 décembre 1986. Par ailleurs, plusieurs scientifiques visiteurs et consultants ont travaillé dans le Centre au cours de l'année; des détails complémentaires sur ceux-ci sont fournis dans la section correspondante du présent rapport. Au 31 décembre 1986, le personnel travaillant dans le Centre représentait 15 Etats membres, comme l'indique le tableau ci-dessous:

| State<br>Mitgliedstaat<br>Etat                          | Category<br>Laufbahngruppe<br>Categorie |    |    |   |   | TOTAL |
|---|---|----|----|---|---|-------|
|   | hg                                      | A  | B  | C | L |       |
| Netherlands<br>Niederlande<br>Pays-Bas                  |   |    | 4  |   |   | 4     |
| Austria<br>Österreich<br>Autriche                       |   | 1  |    |   |   | 1     |
| Portugal<br>Portugal<br>Portugal                        |   | 1  | 2  |   |   | 3     |
| Switzerland<br>Schweiz<br>Suisse                        |   |    |    |   |   |       |
| Finland<br>Finnland<br>Finlande                         |   | 4  | 1  |   |   | 5     |
| Sweden<br>Schweden<br>Suède                             | 1                                       | 3  |    |   |   | 4     |
| Turkey<br>Türkei<br>Turquie                             |   | 1  |    |   |   | 1     |
| United Kingdom<br>Vereinigtes Königreich<br>Royaume-Uni |   | 23 | 30 | 5 |   | 58    |
|   | 1                                       | 75 | 48 | 6 | 1 | 131   |

En 1986, 18 postes étaient offerts dans des annonces. Quatorze de ces postes ont été remplis pendant l'année; il restait encore à remplir les quatre autres à la fin de l'année.

Un Comité spécial pour les contrats, créé à la suite des décisions prises par le Conseil au cours de la réunion d'automne 1985, a examiné les propositions concernant le renouvellement des contrats pour 18 membres du personnel. Par ailleurs, le Conseil a approuvé le renouvellement des contrats du Chef du Département de la recherche et du Contrôleur des finances, ainsi que la nomination d'un nouveau Chef du Département de l'Administration.



## FINANCE

### 1986 Budget

The Centre's budget for 1986 was adopted by the Council at its 22nd session held on 20-21 November 1985. The approved total revenue and expenditure for the year was £10,220,800.

The budgetary expenditure was mainly met by the financial contributions of the Member States, to which are added the proceeds of taxation, staff contributions to the Pension Scheme, bank interest, and other miscellaneous revenue. Fig. 20 shows the total actual expenditure in each of the years 1977-1986 on staff, computer costs and other expenditure.

Member States' contributions towards the 1986 budget was estimated to be £8,952,900. Fig. 21 shows the percentage distribution of Member States' financial contributions in the period 1985-1987. Fig. 22 gives a breakdown by category of revenue and expenditure in 1986.

## FINANZEN

### Haushaltspaln 1986

Der Haushaltsplan des Zentrums für 1986 wurde durch den Rat bei seiner 22. Tagung am 20. und 21. November 1985 genehmigt. Die genehmigten Einnahmen und Ausgaben für das Jahr 1986 betragen insgesamt £10.220.800.

Die Haushaltsausgaben wurden hauptsächlich durch die Finanzbeiträge der Mitgliedstaaten gedeckt; hinzukamen Erträge aus Steuern, Beiträge des Personals zur Ruhegehaltsregelung, Bankzinsen und sonstige Einnahmen. Abb. 20 veranschaulicht die tatsächlichen Gesamtausgaben für Personal, Rechenanlagen und Sonstiges in den einzelnen Jahren von 1977 bis 1986.

Die Beiträge der Mitgliedstaaten zum Haushaltsplan für 1986 wurden auf £8.952.900 veranschlagt. Abb. 21 veranschaulicht die prozentuale Aufteilung der Finanzbeiträge der Mitgliedstaaten für den Zeitraum von 1985 bis 1987. Abb. 22 enthält eine Aufschlüsselung nach Einnahmen- und Ausgabengruppen im Jahre 1986.

## FINANCES

### 1986 Budget

Le budget du Centre pour 1986 a été adopté par le Conseil au cours de sa 22ème session tenue les 20 et 21 novembre 1986. Le total des recettes et des dépenses approuvées pour l'exercice 1986 se monte à 10 220 800 livres sterling.

Les dépenses budgétaires ont été couvertes, en majeure partie, par les contributions financières des Etats membres, auxquelles viennent s'ajouter les recettes provenant de l'impôt du Centre, les contributions du personnel à la caisse de retraite, les intérêts bancaires, ainsi que les autres recettes diverses. La Figure 20 indique les dépenses effectives totales pendant chacun des exercices de 1977 à 1986 en ce qui concerne le personnel, les coûts relatifs aux ordinateurs et les dépenses diverses.

Il est estimé que les contributions des Etats membres au budget de l'exercice 1986 se montait à 8 952 000 livres sterling. La Figure 21 indique le pourcentage de la répartition des contributions des Etats membres pour les exercices de 1985 à 1987. La Figure 22 donne une analyse, par catégories, des recettes et des dépenses en 1986.

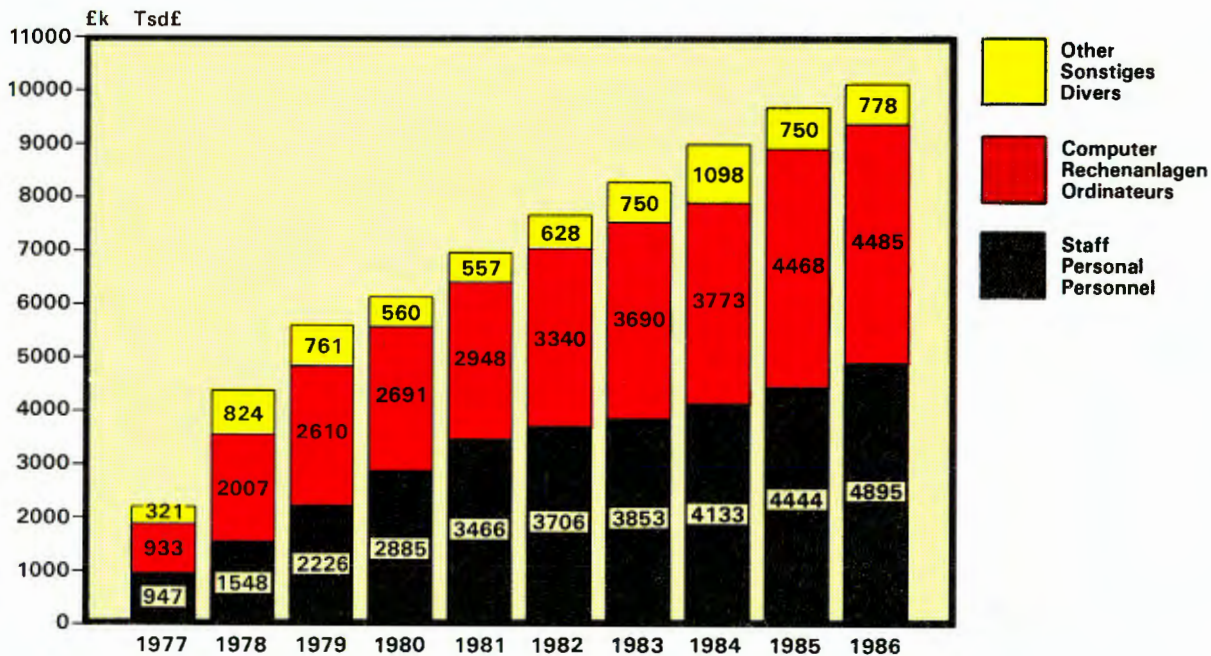


Fig. 20 Expenditure on staff, computer operations and other items in the years 1977-1986.

Abb. 20 Ausgaben für Personal, Rechenanlagen und Sonstiges in den ersten zehn Jahren 1977 bis 1986.

Fig. 20 Dépenses relatives au personnel, aux opérations informatiques et autres, au cours des dix premières années 1977-1986.



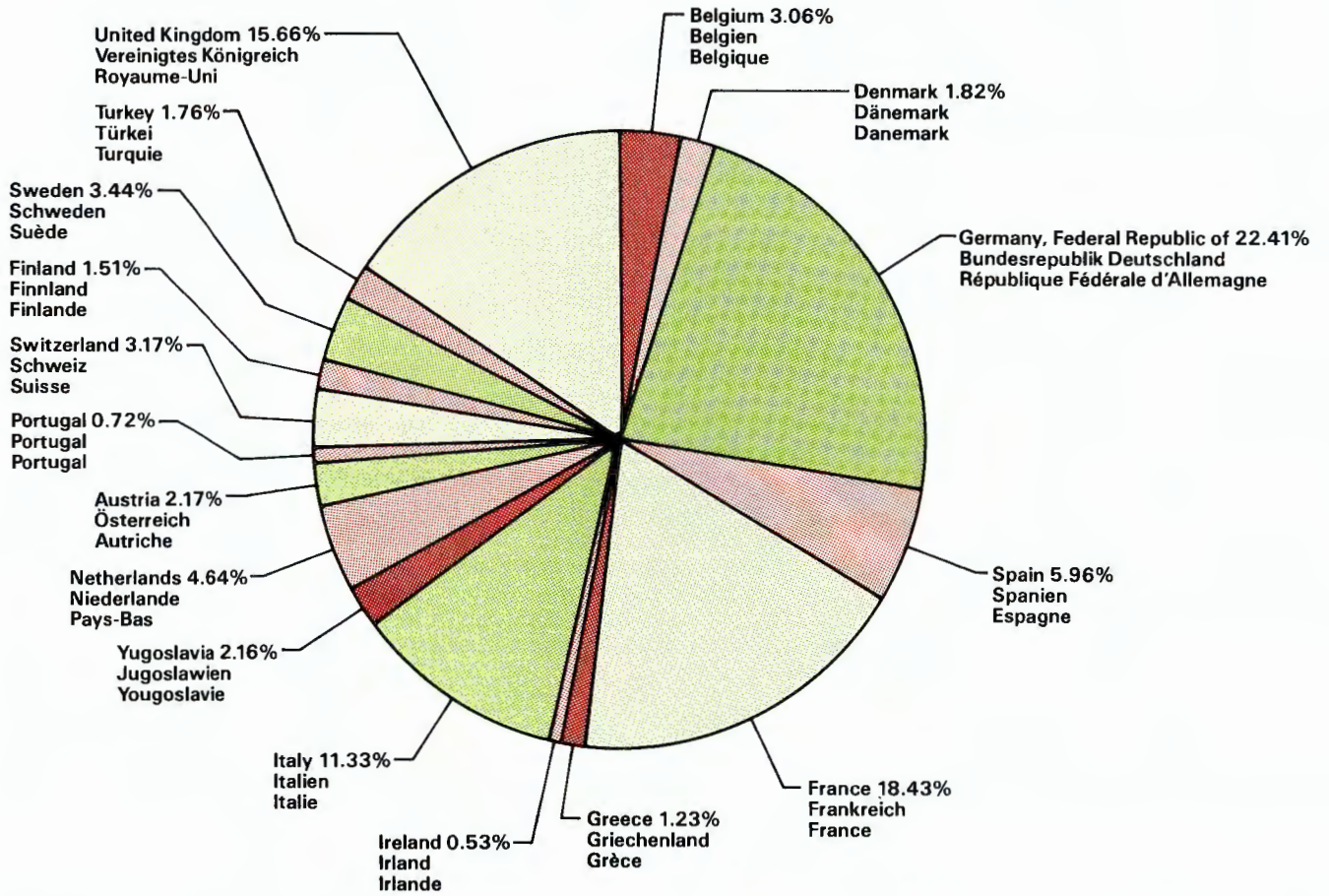


Fig. 21 Percentage distribution of Member States' contributions for 1985-87.

Abb. 21 Prozentuale Verteilung der Beiträge der Mitgliedstaaten für die Jahre 1985 bis 1987.

Fig. 21 Répartition des contributions des Etats membres (en%) pour les années 1985-1987.

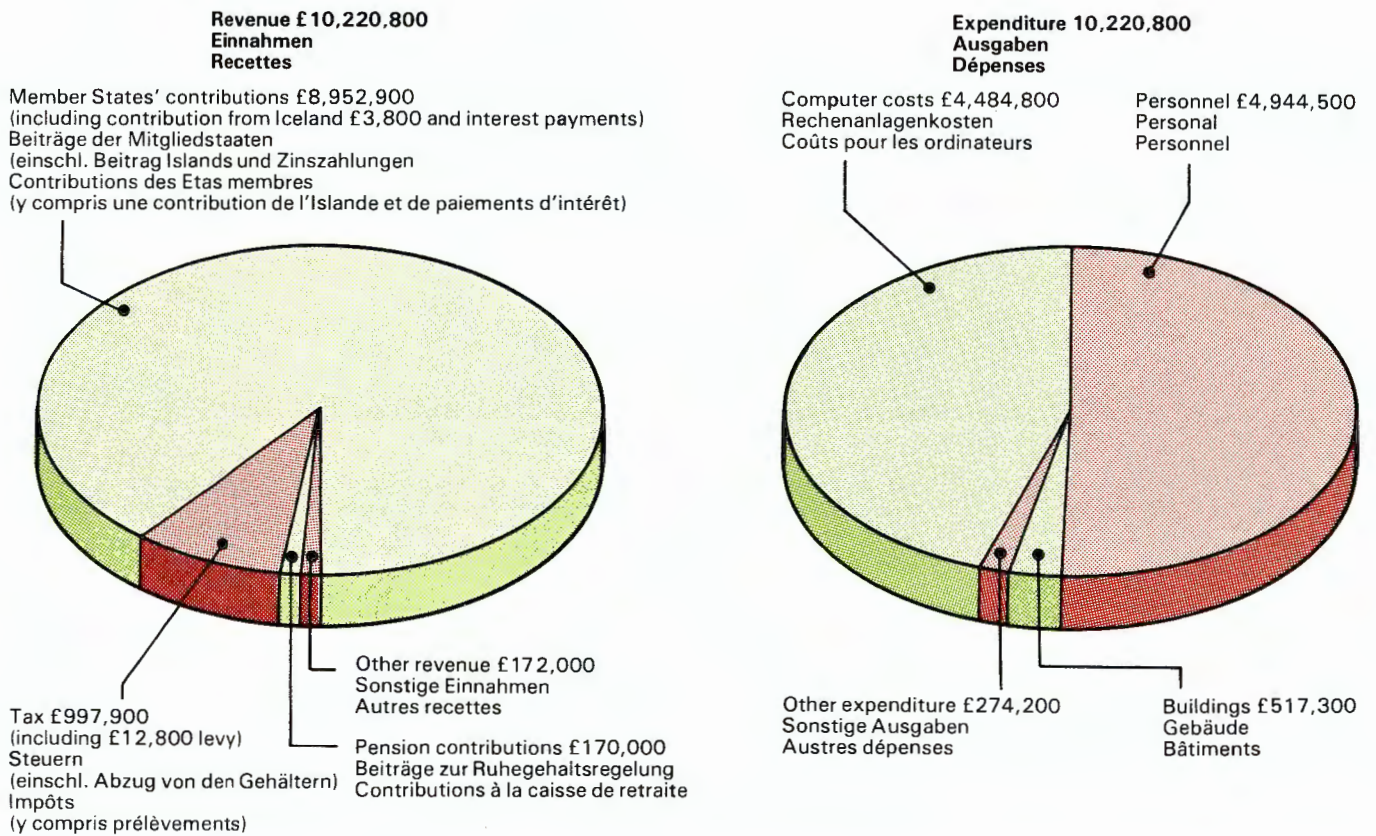


Fig. 22 Revenue and expenditure in 1986, broken down by category.

Abb. 22 Einnahmen und Ausgaben im Jahre 1986 nach Gruppen.

Fig. 22 Recettes et dépenses en 1986, analysées par catégories.



## Cash flow model

In order to calculate the financing costs of the bank arrangements and future cash projections, the existing cash flow model was extended to 1995 and was further developed with a distribution of costs amongst the various computer projects.

## Financial control

In close cooperation between the Financial comptroller and the staff of the Administration Department, financial control and planning was enhanced during 1986:

- Cash flow

A second model was introduced for independent control of the total figures for financing costs and cash flow projection.

- Budgetary control

In March 1986 a monthly staff expenditure projection program was successfully introduced as a basis for future control in this particularly difficult field. The projection of annual staff expenditure was updated monthly.

- Salaries

In July 1985, manual calculation of staff salary was smoothly replaced by a customised salary program with integrated production of salary sheets and monthly adjusted payroll. The program was based on an integrated software package, using a combination of spreadsheet and database features.

## Cash-Flow-Modell

Für die Berechnung der Finanzierungskosten der Bankvereinbarungen und für künftige Cash-Hochrechnungen wurde das Cash-Flow-Modell bis 1995 erweitert und im Hinblick auf die Verteilung der Kosten auf die einzelnen Rechenanlagenprojekte weiterentwickelt.

## Finanzkontrolle

In enger Zusammenarbeit zwischen dem Finanzkontrolleur und den Mitarbeitern der Verwaltungsabteilung wurde die Finanzkontrolle und -planung im Jahre 1986 verstärkt.

- Cash Flow

Ein zweites Cash Flow-Modell für eine unabhängige Kontrolle der gesamten Finanzierungskosten und des veranschlagten Cash-Flows wurde eingeführt.

- Haushaltskontrolle

Im März 1986 wurde ein Programm zur Hochrechnung der monatlich veranschlagten Personalausgaben eingeführt und mit Erfolg für eine bessere Kontrolle in diesem besonders schwierigen Gebiet eingesetzt. Die Hochrechnung der jährlichen Personalausgaben wird monatlich auf den letzten Stand gebracht.

- Gehälter

Im Juli 1985 wurde die manuelle Berechnung der Personalgehälter reibungslos durch ein speziell entwickeltes Gehaltsprogramm ersetzt. Das Programm erstellt Gehaltsbescheinigungen und monatlich angepasste Gehaltslisten in einem Arbeitsgang. Dieses Verfahren beruht auf einem integrierten Software-Programm und benutzt eine Kombination von Tabellenkalkulation und Datenbank.

## FORTBILDUNG

### Seminar

Ein Seminar über *Beobachtung, theorie und modellierung orographischer auswirkungen* fand vom 15. bis 19. September 1986 im Zentrum statt. Die Dozenten untersuchten bei diesem Seminar die grundlegende Bedeutung der Orographie in unterschiedlichen Bereichen. Der Schwerpunkt der Vorlesungen lag auf den jetzigen Vorstellungen davon, wie die Orographie in numerischen Modellen der Atmosphäre dargestellt werden soll. Vorlesungen fanden statt über:

- Einfluss der Orographie auf den grosskaligen Bereich;
- Orographisch bedingte Zyklgenese
- Barrierewirkungen;
- Wellen über Gebirgen;
- Darstellung der Orographie in grosskaligen Vorhersagemodellen.

Das grosse Interesse an orographischen Auswirkungen ist daraus zu ersehen, dass 53 Wissenschaftler aus den Mitgliedstaaten und 18 Dozenten (vier aus dem Zentrum und vierzehn von ausserhalb) daran teilnahmen.

## Modèle de cash-flow

Pour pouvoir calculer les frais de financement du prêt et du découvert bancaires, et aussi les futures projections de cash-flow, la période couverte par le modèle actuel de cash-flow a été prorogée jusqu'en 1995. Par ailleurs, il a été incorporé dans le modèle une répartition des coûts parmi les différents projets informatiques.

## Contrôle financier

Grâce à une étroite collaboration entre le Contrôleur financier et le personnel du Département de l'Administration, le contrôle et le planning financiers ont été améliorés au cours de 1986:

- Cash-flow

Un deuxième modèle a été introduit, servant à contrôler indépendamment les totaux pour les coûts de financement et la projection de cash-flow.

- Contrôle du budget

En mars 1986, un programme de projection des dépenses mensuelles relatives au personnel a été introduit avec succès; il servira à contrôler les frais à l'avenir dans ce secteur particulièrement difficile. La projection des dépenses annuelles relatives au personnel a été mise à jour tous les mois.

- Salaires

En juillet 1986, le système manuel de calcul des salaires du personnel a été remplacé par un programme de salaires adapté au besoins du Centre, avec production intégrée de feuilles de salaire et d'un livre de paie ajusté mensuellement. Le programme se basait sur un progiciel intégré, faisant appel à un tableur électronique et une base de données.

## ENSEIGNEMENT

### Séminaire

Un séminaire sur l'*Observation, la theorie et la modelisation des effets orographiques* s'est tenu au Centre du 15 au 19 septembre 1986. Les conférenciers ont examiné le rôle fondamental de l'orographie à des échelles différentes, et les présentations se sont concentrées sur les notions courantes de représentation de l'orographie dans des modèles numériques de l'atmosphère. Les sessions ont couvert les aspects suivants:

- l'influence de l'orographie exercée sur la circulation à grande échelle;
- la cyclogenèse induite par l'orographie;
- les effets des barrières;
- les ondes de montagne;
- la représentation de l'orographie dans les modèles de prévision à grande échelle.

L'énorme intérêt suscité par les effets orographiques est illustré par le fait qu'il y a eu 53 participants au séminaire venus des Etats membres, ainsi que 18 conférenciers (14 venus de l'extérieur, et 4 travaillant au Centre).

## EDUCATION

### Seminar

A Seminar on *Observation, theory and modelling of orographic effects* was held at the Centre from 15-19 September 1986. The speakers at the Seminar reviewed the fundamental role of orography on a variety of scales and the presentations focussed on current ideas on how to represent orography in numerical models of the atmosphere. There were sessions on:

- the influence of orography on the large scale;
- orographically induced cyclogenesis;
- barrier effects;
- mountain waves;
- representation of orography in large scale forecasting models.

The wide interest in orographic effects is illustrated by the attendance of 53 participants from the Member States, along with 18 lecturers (four internal, 14 external)



## Workshops

ECMWF has, over the years, organised and benefited from a series of workshops covering a variety of aspects of its operational and research activities. The discussions during these workshops have had a substantial effect on the activity of ECMWF in many of the areas which have been taken as topics.

After the Seminar (see above) many of the lecturers stayed at the Centre for a 1 ½ day Workshop (19-20 September 1986) to discuss the Centre's research in modelling orography and plans for analysing the ALPEX period.

A three day workshop on *Experimental extended range forecasting* took place during 17-19 March 1986. The workshop discussed the predictability of the atmosphere in the medium and extended range. A major part of the discussion centred around the problems of variability of forecast skill and the requirements for a priori estimates of forecast skill.

The workshop was divided into two sessions, a session of formal lectures by invited speakers and a plenary session which dealt with:

- the scientific problems associated with the a priori prediction of forecast skill in the short, medium and extended range;
- presentations of the ECMWF Member States' plans for predictability research and areas for collaboration;
- ECMWF plans and collaboration with Member States.

A workshop on *Using multiprocessors in meteorological models* was held on 8-10 December 1986.

The workshop was attended by 68 external participants (compared to 25 at an earlier workshop on the same subject held in 1984; see 1984 Annual Report).

The following are some aspects considered.

- Use of multiprocessors by the meteorological community, and the rapid expansion of use of multiprocessing in general in recent years.
- The need, especially accepted by ECMWF attendees, for explicit memory control structure in a multi-processing environment.
- Management of data in a multi-processing environment; there is a wide variety of approaches by manufacturers, but it was seen to be too early for standards to be agreed.
- The growing need for portable programs, e.g. so that the Centre's analysis or model codes could be used by the Member States.

## Workshops

In den vergangenen Jahren hat das EZMW eine Reihe von Workshops über verschiedene Aspekte seiner Routine- und Forschungstätigkeit durchgeführt und aus ihnen Nutzen gezogen. Die während der Workshops veranstalteten Diskussionen haben auf die Tätigkeit des EZMW in zahlreichen behandelten Bereichen beträchtliche Auswirkungen gehabt.

Im Anschluss an das Seminar (siehe oben) blieben zahlreiche Dozenten für einen Workshop von eineinhalb Tagen (19. bis 20. September 1986) im Zentrum, um die Forschungsarbeit des Zentrums an Orographie-Modellen und Pläne für die Analyse der ALPEX-Zeitraums zu erörtern.

Ein dreitägiger Workshop über *Experimentelle längerfristige vorhersagen* fand vom 17. bis 19. März 1986 statt. Bei diesem Workshop wurde die Vorhersagbarkeit der Atmosphäre im mittel- und längerfristigen Bereich erörtert. Die Diskussionen konzentrierten sich vor allem auf die Probleme der Veränderlichkeit der Vorhersagegüte und die Erfordernisse für eine a priori-Veranschlagung der Vorhersagegüte.

Der Workshop bestand aus zwei Teilen; während des ersten gaben Gastdozenten Vorlesungen, und bei einer Plenarsitzung wurden folgende Themen behandelt:

- Wissenschaftliche Probleme im Zusammenhang mit der a priori-Vorhersage der Vorhersagegüte im kurz-, mittel- und längerfristigen Bereich;
- Einführung in die Pläne der Mitgliedstaaten des EZMW in bezug auf Vorhersagbarkeitsforschung und Gebiete für die Zusammenarbeit;
- Pläne des EZMW und Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten.

Ein Workshop über die *Verwendung von multiprozessoren in meteorologischen modellen* fand vom 8. bis 10. Dezember 1986 statt.

Zu diesem Workshop kamen 68 Teilnehmer von ausserhalb (im Vergleich zu 25 Teilnehmern eines früheren Workshops über das gleiche Thema 1984; siehe Jahresbericht 1984).

Folgende Themen wurden u.a. behandelt:

- Benutzung von Multiprozessoren in meteorologischen Zentren und rasche Zunahme der Benutzung von Multiprozessoren im allgemeinen während der letzten Jahre;
- Notwendigkeit eines speziellen Datenspeicher-Kontrollsystems bei der Benutzung von Multiprozessoren; dies wurde insbesondere durch Teilnehmer des EZMW am Workshop gefordert;
- Verwaltung von Daten im Multiprozessor-Betrieb; bei den Herstellern gibt es sehr unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten, es wurde jedoch als zu früh erachtet, Standards zu vereinbaren;
- Zunehmende Notwendigkeit für portable Programme, damit z.B. Analysen und Modell-Programme des Zentrums durch die Mitgliedstaaten verwendet werden können;

## Journées de travail

Au cours des quelques dernières années, le CEPMMT a organisé et profité d'une série de journées de travail couvrant des aspects très variés de ses activités opérationnelles et de recherche. Les débats qui ont eu lieu au cours de ces journées de travail ont exercé un effet considérable sur les activités du CEPMMT dans bon nombre des secteurs examinés.

Après le séminaire (voir plus haut), plusieurs conférenciers sont restés au Centre pour une journée et demie de travail (19 - 20 septembre 1986) afin de discuter des activités de recherche du Centre dans la modélisation de l'orographie, et des plans du Centre concernant l'analyse de la période ALPEX.

Une réunion de travail de trois journées sur les *Previsions expérimentales à long terme* s'est tenue les 17 - 19 mars 1986. La réunion a examiné la prévisibilité de l'atmosphère à moyen terme et à long terme. La discussion a porté, en grande partie, sur les problèmes de variabilité de la qualité prévisionnelle, et la nécessité d'estimer a priori cette qualité prévisionnelle.

La réunion était répartie en deux sessions: une session de conférences officielles au cours desquelles certains orateurs ont été invités à prendre la parole, et une session plénière qui a traité des sujets suivants:

- les problèmes scientifiques liés à la prédiction a priori de la qualité prévisionnelle à court terme, à moyen terme et à long terme;
- la présentation, par les Etats membres du CEPMMT, de plans pour la recherche relative à la prévisibilité et pour les domaines de collaboration;
- les plans du CEPMMT et la collaboration avec les Etats membres.

Une réunion de travail sur *l'Utilisation de multiprocesseurs dans les modèles météorologiques* s'est tenu les 8 - 10 décembre 1986.

Il y a eu 68 participants à la réunion venus de l'extérieur (ceci comparé à 25 participants à une réunion antérieure sur le même sujet, tenue en 1984; voir le Rapport annuel 1984).

Voici certains des sujets examinés:

- Utilisation de multiprocesseurs par la communauté météorologique et application sans cesse croissante du multitraitement en général au cours des récentes années;
- La nécessité, particulièrement reconnue par les participants du CEPMMT, de prévoir une structure explicite de contrôle de la mémoire dans un environnement de multitraitement;
- La gestion des données dans un environnement de multitraitement; il existe des solutions très variées offertes par les constructeurs, mais il a été convenu qu'il était encore trop tôt pour décider des normes à adopter;
- La nécessité croissante d'avoir des programmes transférables afin que, par exemple, les programmes d'analyse ou de modélisation du Centre puissent être utilisés par les Etats membres.



## Meteorological Training Course

The objective of the training course is to assist Member States in advanced training in the field of numerical weather forecasting. The course was divided into four modules, each lasting two weeks.

**M1:** Dynamical meteorology and numerical methods (28 April – 9 May)

**M2:** Numerical weather prediction – analysis, initialisation and adiabatic formulation (12 May – 22 May)

**M3:** Numerical weather prediction – diabatic processes and the representation of orography (27 May – 6 June)

**M4:** Use and interpretation of ECMWF products (9 June – 20 June)

The first three modules were organised by the Research Department while the latter was the responsibility of the Operations Department.

In total 41 students attended one or more modules. Of these 35 were from the Member States and 6 were from non-Member States. All requests for places from Member States were met, though four applicants from non-Member States could not attend due to lack of funding. Most of the non-Member State participants were supported financially by WMO.

The number of participants in each model was as follows:

|                   | M1 | M2 | M3 | M4 |
|-------------------|----|----|----|----|
| Member States     | 14 | 5  | 3  | 16 |
| Non-Member States | 5  | 6  | 3  | 3  |
|                   | 19 | 11 | 6  | 19 |

As part of the continuous exercise of keeping Member States informed of technical developments at ECMWF, a *Member States information meeting* was held on 6-9 October 1986, covering:

**MARS** – ECMWF's archival and retrieval system for meteorological data

**MAGICS** – an update of recent MAGICS development and graphics hardware changes (MAGICS is ECMWF's graphics package designed to plot meteorological data on various hardware devices).

**NTC and dissemination** – an overview of the recently installed new telecommunications centre and the planned new dissemination strategy now made possible by the NTC.

## Fortbildungskursus in Meteorologie

Zweck dieses Kursus war es, die Mitgliedstaaten bei der Fortbildung im Bereich der numerischen Wettervorhersage zu unterstützen. Der Kursus bestand aus vier Teilen, die jeweils zwei Wochen dauerten.

**Teil 1:** Dynamische Meteorologie und numerische Verfahren (28. April bis 9. Mai)

**Teil 2:** Numerische Wettervorhersage – Analyse, Initialisierung und adiabatische Formulierung (12. Mai bis 22. Mai)

**Teil 3:** Numerische Wettervorhersage – Diabatische Prozesse und Darstellung der Orographie (27. Mai bis 6. Juni)

**Teil 4:** Verwendung und Interpretation der Vorhersagedaten des EZMW (9. Juni bis 20. Juni)

Die ersten drei Kursusteile wurden durch die Forschungsabteilung organisiert, und für den letzten Teil war die Betriebsabteilung verantwortlich.

Insgesamt besuchten 41 Teilnehmer einen oder mehrere Kursusteile. Von ihnen kamen 35 aus den Mitgliedstaaten und 6 aus Nichtmitgliedstaaten. Sämtliche Anmeldungen aus den Mitgliedstaaten wurden angenommen, 4 weitere Anmeldungen aus Nichtmitgliedstaaten mussten jedoch wegen fehlender Finanzmittel zurückgewiesen werden. Die Mehrzahl der Teilnehmer aus Nichtmitgliedstaaten erhielt finanzielle Unterstützung durch die WMO.

Die Anzahl der Teilnehmer an den einzelnen Kursusteilen betrug:

|                      | T1 | T2 | T3 | T4 |
|----------------------|----|----|----|----|
| Mitgliedstaaten      | 14 | 5  | 3  | 16 |
| Nichtmitgliedstaaten | 5  | 6  | 3  | 3  |
|                      | 19 | 11 | 6  | 19 |

Im Zuge der ständigen Information der Mitgliedstaaten über technische Entwicklungen im EZMW wurde vom 6. bis 8. Oktober 1986 eine **INFORMATIONSTAGUNG FÜR MITGLIEDSTAATEN** durchgeführt; dabei wurden behandelt:

**MARS** – Meteorologisches Datenarchivierungs- und -wiedergewinnungssystem des EZMW

**MAGICS** – Neuester Stand der MAGICS-Entwicklung und Änderungen der Graphik-Hardware (MAGICS ist die Software des EZMW zur graphischen Darstellung von meteorologischen Daten auf verschiedenen Hardware-Geräten)

**NTC und Datenverbreitung** – Überblick über das unlängst installierte neue Telekommunikationszentrum und die geplante neue Strategie für die Verbreitung der Daten, die jetzt über das NTC-Netz möglich ist.

## Cours de formation météorologique

Le cours de formation a pour objectif d'offrir pour le personnel des Etats membres, une formation avancée dans le domaine des prévisions météorologiques numériques. Le cours était subdivisé en quatre modules, chacun d'eux d'une durée de deux semaines.

**M1:** Météorologie dynamique et méthodes numériques (28 avril – 9 mai)

**M2:** Prévisions météorologiques numériques – analyse, initialisation et formulation adiabatique (12 mai – 22 mai)

**M3:** Prévisions météorologiques numériques – processus diabatiques et représentation de l'orographie (27 mai – 6 juin)

**M4:** Utilisation et interprétation des résultats des prévisions du CEPMMT (9 juin – 20 juin)

Les trois premiers modules étaient organisés par le Département de la recherche, alors que le Département des opérations était responsable pour le dernier module.

Au total, 41 étudiants ont assisté à un ou plusieurs modules. Parmi eux, 35 venaient d'Etats membres et 7 autres d'Etats non membres. Toutes les demandes provenant des Etats membres ont été satisfaites; par contre, quatre autres demandes d'Etats non membres ont été rejetées en raison du manque de financement. La plupart des participants des Etats non membres ont reçu l'aide de l'OMM.

Le nombre de participants dans chaque module était le suivant:

|                   | M1 | M2 | M3 | M4 |
|-------------------|----|----|----|----|
| Etats membres     | 14 | 5  | 3  | 16 |
| Etats non membres | 5  | 6  | 3  | 3  |
|                   | 19 | 11 | 6  | 19 |

Dans le cadre des activités qui se poursuivent, visant à garder les Etats membres informés des développements techniques du CEPMMT, une *réunion d'information des Etats membres* s'est tenue les 6 – 9 octobre 1986, couvrant:

**MARS** – système d'archivage et de recherche des données météorologiques du CEPMMT

**MAGICS** – mise à jour sur les modifications récentes apportées au progiciel MAGICS et au matériel de graphisme (MAGICS est le progiciel graphique du CEPMMT conçu pour tracer les données météorologiques sur plusieurs périphériques différents)

**NTC et diffusion** – vue d'ensemble sur le nouveau centre de télécommunications qui vient d'être installé, et la nouvelle stratégie de diffusion à présent réalisable grâce au NTC.



## Computer Training Course

The Centre's courses are designed to help both Member States and Centre staff become proficient at using ECMWF's extensive computer facilities. They assume some knowledge of computer systems in general, and then orientate users to the CRAY X-MP and CYBER facilities. Two one-week courses were held at the Centre from 3-14 March; there were 20 participants from 9 Member States together with 6 Centre staff. In addition a half day computer course was given in each of the four modules of the Meteorological Training Course. Individual tuition was also given to visitors from Member States and to Centre staff as the need arose.

## Visits to Meteorological Services

A new round of the biennial visits to the meteorological services of the Member States by delegations from the Centre was completed in 1986. The main aim of these visits is to give seminars on the operational and research activities at the Centre, and to discuss with staff in the Member States their experience of using the Centre's numerical products.

## THE COUNCIL AND ITS COMMITTEES

The sessions and dates of meetings of the Council and its Committees held during 1986 were as follows:

|                               | Session | Date of Meeting          |
|-------------------------------|---------|--------------------------|
| Council                       | 23rd    | 5-6 May                  |
|                               | 24th    | 3-4 December             |
| Finance Committee             | 36th    | 5 March                  |
|                               | 37th    | 6-8 October              |
| Scientific Advisory Committee | 14th    | 29 September – 1 October |
| Technical Advisory Committee  | 11th    | 1-3 October              |

The representatives of the Member States and those who attended meetings in 1986 are listed (code: C = Council; FC = Finance Committee; TAC = Technical Advisory Committee; obs = observer). Also listed are Computer Representatives (CR) and the Meteorological Contact Points (MC).

## Fortbildungskursus in Rechenanlagentechnik

Die Kurse des Zentrums dienen dem Zweck, die Teilnehmer aus den Mitgliedstaaten und die Mitarbeiter des Zentrums zur Benutzung der umfangreichen Rechenanlagen des EZMW zu befähigen. Vorausgesetzt werden allgemeine Kenntnisse von Rechenanlagen, und darauf aufbauend werden die Teilnehmer in der Benutzung der Rechenanlagen CRAY X-MP und CYBER unterwiesen. Zwei einwöchige Kurse fanden im Zentrum vom 3. bis 14. März statt; daran nahmen zwanzig Personen aus neun Mitgliedstaaten sowie sechs Mitarbeiter des Zentrums teil. Darüber hinaus fand im Rahmen eines jeden der vier Teile des Fortbildungskursus in Meteorologie ein halbtägiger Rechenanlagen-Kursus statt. Ferner erhielten Besucher aus den Mitgliedstaaten und Mitarbeiter des Zentrums erforderlichenfalls Einzelausbildung.

## Besuche bei den Mitgliedstaaten

Eine neue Reihe von zweijährlichen Besuchen bei den Wetterdiensten der Mitgliedstaaten durch Delegationen des Zentrums wurde 1986 abgeschlossen. Das Hauptziel dieser Besuche bestand darin, Seminare über die Routine- und Forschungstätigkeit des Zentrums durchzuführen und mit den Mitarbeitern der Wetterdienste die Erfahrungen bei der Benutzung der numerischen Vorhersagedaten des Zentrums zu erörtern.

## DER RAT UND SEINE AUSSCHÜSSE

Im Jahre 1986 fanden folgende Tagungen des Rates und seiner Ausschüsse statt:

|                                   | Tagung | Datum der Tagung             |
|-----------------------------------|--------|------------------------------|
| Rat                               | 23.    | 5. bis 6. Mai                |
|                                   | 24.    | 3. bis 4. Dezember           |
| Finanzausschuss                   | 36.    | 5. März                      |
|                                   | 37.    | 6. bis 8. Oktober            |
| Beratender Wissenschaftsausschuss | 14.    | 29. September bis 1. Oktober |
|                                   | 11.    | 1. bis 3. Oktober            |

Die Vertreter der Mitgliedstaaten und sonstige Teilnehmer an den Tagungen im Jahre 1986 sind im folgenden aufgeführt (Abkürzungen: C = Rat, FC = Finanzausschuss, TAC = Beratender Technischer Ausschuss, CR = Rechenanlagenvertreter, obs = Beobachter). Aufgeführt sind ebenfalls die Kontaktpersonen in meteorologischen Fragen (MC).

## Cours de formation en informatique

Les cours organisés au Centre ont pour but d'aider son personnel ainsi que celui des Etats membres à acquérir des compétences dans l'utilisation de l'importante installation informatique du CEPMMT. Le personnel est censé posséder déjà certaines connaissances des systèmes de calcul, et la formation porte sur les installations CRAY X-MP et CYBER. Deux cours d'une semaine ont été organisés au Centre entre les 3 et 14 mars; il y a eu 20 participants venus de 9 Etats membres ainsi que 6 membres du personnel du Centre. En outre, un cours en informatique d'une demi-journée a été organisé dans chacun des quatre modules du cours de formation en météorologie. Une formation spécifique a également été prévue pour les visiteurs des Etats membres et les agents du Centre lorsque cela s'est avéré nécessaire.

## Visites aux Services météorologiques

Une nouvelle série de visites bisannuelles aux services météorologiques des Etats membres par des délégations venues du Centre s'est terminée en 1986. Au cours de ces visites, les délégations donnent des conférences sur les activités opérationnelles et de recherche entreprises au Centre, et décrivent au personnel dans les Etats membres leur expérience quant à l'utilisation des résultats numériques du Centre.

## LE CONSEIL ET SES COMITES

Les sessions et les réunions du Conseil et de ses Comités qui ont lieu en 1986 étaient les suivantes:

|                                 | Session | Date                     |
|---------------------------------|---------|--------------------------|
| Conseil                         | 23ème   | 5-6 mai                  |
|                                 | 24ème   | 3-4 décembre             |
| Comité financier                | 36ème   | 5 mars                   |
|                                 | 37ème   | 6-8 octobre              |
| Comité consultatif scientifique | 14ème   | 29 septembre – 1 octobre |
|                                 | 11ème   | 1-3 octobre              |

Les représentants des Etats membres qui ont pris part aux réunions tenues en 1986 sont énumérés dans la liste ci-dessous (code: C = Conseil; FC = Comité financier; TAC = Comité consultatif technique; obs = observateur). La liste indique également les représentants des services informatiques (CR) et les agents de liaison pour les questions d'ordre météorologique (MC).



Belgium  
Belgien  
Belgique



H. Malcorps (C)  
M. Deloz (C)  
W. Struylaert (TAC and CR)  
J. Nemeghaire (MC)

Denmark  
Dänemark  
Danemark



A.C. Wiin-Nielsen (C: Vice-President)  
L.B. Asmussen (C)  
Mrs. A.M. Jorgensen (TAC)  
P. Henning (CR)  
H. Voldberg (MC)

Federal Republic of Germany  
Bundesrepublik Deutschland  
République Fédérale d'Allemagne



H. Reiser (C)  
U. Gärtner (C and FC: Chairman)  
J. Ried (C)  
A. Augstein (C and FC)  
M. Ried (C)  
G. Stielow (FC)  
R. Lamp (TAC and CR)  
Dr. Rüge (MC)  
B. Brumme-Bothe (FC)

Spain  
Spanien  
Espagne



C.M. Contreras-Vinals (C)  
F. Gonzalez (C)  
M. Bautista-Perez (C)  
M.A. Garcia Merino (C)  
A. Sandos (C)  
B. Orfila Estrada (C and TAC)  
M. Huerta (FC)  
A. Labajo (TAC)  
M. Hortal (CR)  
R. Font Blasco (MC)

France  
Frankreich  
France



J. Labrousse (C)  
J. Lepas (C)  
F. Duvernet (C)  
R. Watrin (C and FC)  
P. Cossevin (FC)  
M. Jarraud (TAC and MC)  
S. Senesi (CR)

Greece  
Griechenland  
Grèce



S. Linardos (CS)  
G. Barbounakis (TAC)  
D. Katsimardos (TAC)  
J. Iakovou (CR)  
A. Kakouros (MC)

Ireland  
Irland  
Irlande



D.L. Linehan (C)  
B.E. McWilliams (FC: Vice-Chairman and TAC: obs)  
W.H. Wann (C, TAC: Chairman and FC obs.)  
D. Murphy (CR)  
P.M.P. McHugh (MC)

Italy  
Italien  
Italia



M. Mariani (C and FC)  
S. Palmieri (C)  
B. Valente (C and FC)  
A. Colacicchi (FC)  
A. Val Derme (FC)  
C. Finizio (TAC)  
S. Pasquini (CR)  
M. Conte (MC)

Yugoslavia  
Jugoslawien  
Yougoslavie



M. Petrovic (C)  
Dr. Tapavac (C)  
M. Jovasevic (TAC)  
M. Gavrilov (CR)  
S. Nickovic (MC)

The Netherlands  
Niederlande  
Pays-Bas



D.M. Kamp (C)  
R. Brinkhuijsen (C and FC)  
Th. B. Voerman (FC)  
S. Kruizinga (TAC)  
D. Heijboer (MC)  
R.J. Hoogendoorm (CR)

Austria  
Österreich  
Autriche



K. Cihak (C)  
P. Steinhauser (C)  
G. Wihl (TAC and CR)  
H. Gmoser (MC)

Portugal  
Portugal  
Portugal



L.A. Mendes Victor (C: President)  
J.M. Simoes Cristina (C)  
R.F. Carvalho (C)  
S. Cristina (TAC)  
A.P. Da Costa Malheiro (TAC)  
M.I.S.A. Barros Ferreira (TAC and MC)  
M.J. Rodriguez de Almeida (CR)

Switzerland  
Schweiz  
Suisse



Th. Gutermann (C)  
M. Haug (TAC)  
G. Siegwart (CR)  
M. Schönbächler (MC)

Finland  
Finnland  
Finlande



E. Jatila (C)  
J. Hankimo (C)  
J. Riissanen (C)  
M. Alestalo (TAC)  
V. Karhila (TAC)  
T. Hopekoski (CR)  
P. Kukkonen (MC)



Sweden  
Schweden  
Suède



B. Ekström (C)  
C.G. Sundelius (C)  
S. Bodin (C)  
R. Berggren (C)  
B. Hellroth (TAC)  
G. Bleckert (TAC)  
R. Joelsson (CM)  
S. Orrhagen (CR)

United Kingdom  
Vereinigtes Königreich  
Royaume-Uni



J.T. Houghton (C)  
P. Denison-Edson (C7)  
S.G. Cornford (C and FC)  
B.J. Hoskins (C: obs and TAC: obs)  
G. Dole (FC)  
K. Burford (FC)  
M.J. Atkins (FC)  
D.H. Johnson (TAC)  
R. Wiley (TAC)  
A. Dickinson (CR)  
R.M. Morris (MC)

Turkey  
Türkei  
Turquie



M. C. Özgül (C, TAC, CR, MC)

## SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

The members of the Scientific Advisory Committee, who are selected from among the scientists of the Member States and are appointed in their personal capacity and not as national representatives, were:

B.J. Hoskins: Chairman (*United Kingdom*)  
E. Holopainen (*Finland*)  
H. Pichler (*Austria*)  
R. Sadourny (*France*)  
J.-F. André (*France*)  
H. Sundqvist (*Sweden*)  
A.J. Gadd (*United Kingdom*)  
J.P. Peixoto (*Portugal*)  
B. Machenhauer (*Denmark*)  
L. La Valle (*Italy*)  
H. Tennekes (*Netherlands*)  
Z. Janjic (*Yugoslavia*)

## CONSULTANTS AND VISITING SCIENTISTS

The Centre received many visits in the course of the year, from consultants, experts and visiting scientists, whose expertise was drawn upon to augment the range and efficiency of the work done at the Centre. Some visitors devoted an hour or two at the Centre to giving lectures to staff, others stayed for several months to tackle particular problems. It is impossible to list all those who have contributed in such a way to the Centre's work; however, the most notable project carried out, and those who worked on them, are the following:

**Dr. D.L.T. Anderson**  
University of Oxford,  
Oxford, United Kingdom  
*Studied quality control and impact of assimilation of SEASAT scatterometer data.*

**Mr. K. Fielding**  
United Kingdom  
*Developed a NOS/VE version of ECMWF's computer software library (ECLIB). Also studied various potential NOS/VE conversion problems in other software packages.*

## BERATENDER WISSENSCHAFTSAUSSCHUSS

Mitglieder des Beratenden Wissenschaftsausschusses, die in ihrer persönlichen Eigenschaft und nicht als Vertreter ihres Landes ernannt wurden:

B.J. Hoskins: Vorsitzender (*Vereinigtes Königreich*)  
E. Holopainen (*Finnland*)  
H. Pichler (*Österreich*)  
R. Sadourny (*Frankreich*)  
J.-F. André (*Frankreich*)  
H. Sundqvist (*Schweden*)  
A.J. Gadd (*Vereinigtes Königreich*)  
J.P. Peixoto (*Portugal*)  
B. Machenhauer (*Dänemark*)  
L. La Valle (*Italien*)  
H. Tennekes (*Niederlande*)  
Z. Janjic (*Jugoslawien*)

## BERATER UND GASTWISSENSCHAFTLER

Im Laufe des Jahres haben zahlreiche Berater, Sachverständige und Gastwissenschaftler das Zentrum besucht, und dank ihrer Fachkenntnisse konnten das Ausmass und die Qualität der durch das Zentrum geleisteten Arbeit erhöht werden. Einige Besucher widmeten dem Zentrum nur eine oder zwei Stunden und gaben für dessen Mitarbeiter Vorlesungen, andere blieben mehrere Monate und arbeiteten an bestimmten Problemen. Es ist unmöglich, alle diejenigen aufzuführen, welche auf diese Weise an der Arbeit des Zentrums teilgenommen haben; die bedeutendsten Projekte und die daran Beteiligten waren folgende:

**Dr. D.L.T. Anderson**  
Universität Oxford  
Oxford, England  
*Untersuchte die Gütekontrolle und die Auswirkungen der Assimilation von SEASAT-Scatterometerdaten.*

**Herr K. Fielding**  
England  
*Entwickelte eine Version der Rechner-Software-Bibliothek des EZMW (ECLIB). Untersuchte ferner Probleme des Übergangs zum NOS/VE-System im Zusammenhang mit anderen Software-Paketen.*

## COMITE CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

Les membres du Comité consultatif scientifique, sélectionnés parmi les scientifiques des Etats membres et nommés à titre personnel et non pas en tant que représentants nationaux, étaient les suivants:

B.J. Hoskins: Président (*Royaume-Uni*)  
E. Holopainen (*Finlande*)  
H. Pichler (*Autriche*)  
R. Sadourny (*France*)  
J.-F. André (*France*)  
H. Sundqvist (*Suède*)  
A.J. Gadd (*Royaume-Uni*)  
J.P. Peixoto (*Portugal*)  
B. Machenhauer (*Danemark*)  
L. La Valle (*Italie*)  
H. Tennekes (*Pays-Bas*)  
Z. Janjic (*Yougoslavie*)

## CONSULTANTS ET SCIENTIFIQUES VISITEURS

Le Centre a accueilli de nombreux visiteurs au cours de l'année; il s'agissait de consultants, d'experts et de scientifiques visiteurs, dont les connaissances expertes ont permis d'ajouter à la portée et l'efficacité des travaux effectués au Centre. Certains visiteurs ont consacré une ou deux heures au Centre pour donner des conférences au personnel; d'autres sont restés plusieurs mois pour étudier des problèmes particuliers. Il n'est pas possible de citer tous ceux qui ont ainsi contribué aux travaux du Centre; toutefois il y a lieu de mentionner ci-dessous les projets les plus importants ainsi que ceux qui ont travaillé à ces projets:

**Dr. D.L.T. Anderson**  
Université d'Oxford  
Oxford, Royaume-Uni  
*Etude du contrôle de qualité et de l'effet de l'assimilation des données de diffusomètre SEASAT.*

**M. K. Fielding**  
Royaume-Uni  
*Mise au point d'une version NOS/VE de la bibliothèque de logiciels du CEPMMT (ECLIB). Par ailleurs, étude de plusieurs problèmes de conversion NOS/VE potentiels dans d'autres logiciels.*



**J.F. Flobert**

Laboratoire de Météorologie Dynamique,  
Paris, France

*Studied satellite retrievals of temperature and water vapour profiles*

**Dr. Y. Fouquart**

Université de Science et Technique de Lille  
Lille, France

*Carried out comparisons between global forecasts and ISCCP and ERBE data.*

**U. Hansson**

University of Stockholm,  
Stockholm, Sweden

*Developed programs for retrieval, transformation and plotting of data.*

**Dr. P. Janssen,**

Royal Netherlands Meteorological Institute,  
de Bilt, The Netherlands

*Worked on the problems of assimilating the types of data that would be produced by ERS-1.*

**Dr. G. Kelly**

Bureau of Meteorology,  
Melbourne, Australia

*Investigated the use of satellite measured radiances in the ECMWF data assimilation; developed statistics for the use of satellite data in the numerical analysis, carried out data assimilation experiments with satellite data, developed methods to use satellite measured clouds and rainfall in the ECMWF data assimilation system.*

**Mr. A. Lange**

Finnish Meteorological Institute,  
Helsinki, Finland

*Carried out a statistical study of the bias of the height of radiosonde data with a view to correcting this bias before analysis of the data (based on the differences between the observations, and the first guess or analysis).*

**Mr. A. Persson**

Swedish Meteorological and Hydrological  
Institute

Norrköping, Sweden

*Prepared a user guide to the ECMWF numerical products and assisted in the training course.*

**Prof. R.J. Reed**

University of Washington  
Washington, USA

*Studied the performance of the Centre's forecast system on African waves in the West African-Atlantic region, and cases of explosive cyclogenesis in the North Atlantic and North Pacific.*

**Herr J.F. Flobert**

Laboratoire de Météorologie Dynamique  
Paris, Frankreich

*Untersuchte durch Satelliten registrierte Temperaturen und Wasserdampfprofile.*

**Dr. Y. Fouquart**

Université de Science et Technique  
Lille, Frankreich

*Führte Vergleiche zwischen Globalvorhersagen und ISCCP- und ERBE-Daten durch.*

**Herr U. Hansson**

Universität Stockholm  
Stockholm, Schweden

*Entwickelte Programme für die Ableitung, Umwandlung und graphische Darstellung von Daten*

**Dr. P. Janssen**

Königliches Niederländisches  
Meteorologisches Institut  
De Bilt, Niederlande

*Arbeitete an Problemen der Assimilation von Datentypen, die durch ERS-1 registriert werden sollen.*

**Dr. G.E. Kelly**

Bureau of Meteorology  
Melbourne, Australien

*Untersuchte die Verwendung von durch Satelliten gemessenen Strahlungswerten in der Datenassimilation des EZMW; entwickelte Statistiken für die Verwendung von Satellitendaten in numerischen Analysen, führte Daten-Assimilationsexperimente mit Satellitendaten durch, entwickelte Verfahren für die Verwendung von durch Satelliten registrierten Wolken und Regenfällen im Datenassimilationssystem des EZMW.*

**Herr A. Lange**

Finnisches Meteorologisches Institut  
Helsinki, Finnland

*Führte eine statistische Untersuchung der systematischen Höhenfehler von Radiosonden durch, um zu ermitteln, wie sie (aufgrund von Abweichungen zwischen den Beobachtungsdaten und der ersten Näherung oder Analyse) vor der Datenanalyse berichtet werden können.*

**Herr A. Persson**

Schwedisches Meteorologisches und  
Hydrologisches Institut

Norrköping, Schweden

*Stellte ein Anwender-Handbuch über die numerischen Produkte des EZMW zusammen und leistete Unterstützung bei den Fortbildungskursen*

**Professor R.J. Reed**

Universität Washington  
Washington, USA

*Untersuchte die Leistungsfähigkeit des Vorhersagesystems des Zentrums in bezug auf westwärts wandernde Wellen im atlantischen Bereich über Westafrika und in Fällen extrem schneller Entwicklung von Zyklonen über dem Nordatlantik und dem Nordpazifik*

**J.F. Flobert**

Laboratoire de Météorologie Dynamique  
Paris, France

*Etude des données satellitaires sur la température et les profils de vapeur d'eau.*

**Dr. Y. Fouquart**

Université de Sciences et Technique de Lille  
Lille, France

*Comparaisons des prévisions globales avec les données ISCCP et ERBE.*

**U. Hansson**

Université de Stockholm  
Stockholm, Suède

*Mise au point de programmes servant à récupérer, transformer et tracer les données.*

**Dr. P. Janssen**

Institut Royal de Météorologie des Pays-Bas  
De Bilt, Pays-Bas

*Travaux sur les problèmes d'assimilation des types de données qui seraient produits par ERS-1.*

**Dr. G. Kelly**

Bureau of Meteorology,  
Melbourne, Australie

*Etude de l'utilisation des luminances énergétiques mesurées par satellite dans l'assimilation des données du CEPMMT. Mise au point de statistiques pour l'utilisation des données satellitaires dans l'analyse numérique. Expériences d'assimilation de données satellitaires. Mise au point de méthodes d'utilisation de la nébulosité et de la hauteur de précipitation mesurées par satellite dans le système d'assimilation de données du CEPMMT.*

**M. A. Lange**

Institut Météorologique de Finlande  
Helsinki, Finlande

*Etude statistique des erreurs systématiques dans les mesures de hauteur des données d'observation de radiosondage, ayant pour objectif la rectification de ces erreurs avant l'analyse des données (étude basée sur les différences entre les observations, et la première ébauche ou l'analyse).*

**M. A. Persson**

Institut Météorologique et Hydrologique  
Suédois

Norrköping, Suède

*Préparation d'un guide d'utilisation des produits numériques du CEPMMT, et assistance dans les cours de formation.*

**Prof. R. J. Reed**

Université de Washington  
Washington, Etats-Unis

*Etude de la performance du système de prévision du Centre sur les ondes africaines dans la région Afrique occidentale-Atlantique, et des cas de cyclogenèse explosive dans le nord de l'Atlantique et le nord du Pacifique.*



**Dr. P.D. Sardeshmukh**

India

*Studied the behaviour of the moisture convergence field in both the analyses and the forecasts and investigated the problem of the representation of the diurnal cycle in the model.*

**Mr. D. Snelling**

USA

*Prepared benchmark systems, based on ECMWF models, for testing out supercomputer systems from various manufacturers.*

**Dr. A.J. Thorpe**University of Reading  
Reading, UK

*Developed a parametrization for slantwise convection.*

**Dr. P. Woiceshyn**Jet Propulsion Laboratory,  
Pasadena, Ca. USA

*Studied quality control and impact of assimilation of SEASAT scatterometer data.*

**Dr. P.D. Sardeshmukh**

Indien

*Untersuchte das Verhalten der Feuchtekonzentrationsfelder in Analysen und Vorhersagen sowie das Problem der Darstellung des Tageszyklus im Modell*

**Dr. D. Snelling**

USA

*Erarbeitete Benchmark-Systeme auf der Grundlage von EZMW-Modellen im Hinblick auf Tests von Superrechenanlagen verschiedener Hersteller*

**Dr. A.J. Thorpe**Universität Reading  
Reading, England

*Entwickelte ein Parametrisierungsschema für die Konvektion auf geneigten Flächen*

**Dr. P. Woiceshyn**Jet Propulsion Laboratory  
Pasadena, Ca. USA

*Untersuchte die Gütekontrolle und die Auswirkungen der Assimilation von SEASAT-Scatterometerdaten*

**Dr. P.D. Sardeshmukh**

Inde

*Etude du comportement du champ de convergence d'humidité dans les analyses et dans les prévisions, et examen du problème de représentation du cycle diurne dans le modèle.*

**M. D. Snelling**

Etats-Unis

*Préparation de systèmes d'évaluation des performances, basés sur les modèles du CEPMMT, servant à tester les superordinateurs de constructeurs différents.*

**Dr. A. J. Thorpe**Université de Reading  
Reading, Royaume-Uni

*Mise au point d'une paramétrisation pour la convection oblique.*

**Dr. P. Woiceshyn**Jet Propulsion Laboratory  
Pasadena, Ca., Etats-Unis

*Etude du contrôle de qualité et de l'effet de l'assimilation des données de diffusomètre SEASAT.*

**ECMWF PUBLICATIONS 1986****Technical Reports**

- No. 54** **Burridge, D.M., J. Steppeler and R. Strüfing:** FINITE ELEMENT SCHEMES FOR THE VERTICAL DISCRETIZATION OF THE ECMWF FORECAST MODEL USING LINEAR ELEMENTS.
- No. 55** **Steppeler, J.:** FINITE ELEMENT SCHEMES FOR THE VERTICAL DISCRETIZATION OF THE ECMWF FORECAST MODEL USING QUADRATIC AND CUBIC ELEMENTS.
- No. 56** **Jarraud, M., A.J. Simmons and M. Kanamitsu:** SENSITIVITY OF MEDIUM-RANGE WEATHER FORECASTS TO THE USE OF AN ENVELOPE OROGRAPHY.
- No. 57** **Brančovic, C.:** ZONAL DIAGNOSTICS OF THE ECMWF 1984-85 OPERATIONAL ANALYSES AND FORECASTS.
- No. 58** **Reed, R.J., A. Hollingsworth, W.A. Heckley and F. Delsol:** AN EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE ECMWF OPERATIONAL FORECASTING SYSTEM IN ANALYSING AND FORECASTING TROPICAL EASTERLY WAVE DISTURBANCES. PART 1: SYNOPTIC INVESTIGATION
- No. 59** **Wergen, W.:** DIABATIC NONLINEAR NORMAL MODE INITIALISATION FOR A SPECTRAL MODEL WITH A HYBRID VERTICAL COORDINATE.
- No. 60** **Reed, R.J., E. Klinker and A. Hollingsworth:** AN EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE ECMWF OPERATIONAL FORECASTING SYSTEM IN ANALYSING AND FORECASTING TROPICAL EASTERLY WAVE DISTURBANCES. PART 2: SPECTRAL INVESTIGATION.

**Seminar/Workshop Proceedings**

PHYSICAL PARAMETERIZATION FOR NUMERICAL MODELS OF THE ATMOSPHERE.  
SEMINAR 9-13 SEPTEMBER 1985.

MEDIUM RANGE WEATHER FORECASTS - THE FIRST 10 YEARS.

PROCEEDINGS OF A SEMINAR TO COMMEMORATE THE 10th ANNIVERSARY OF ECMWF, 22 NOVEMBER 1985.

HIGH RESOLUTION ANALYSIS.

WORKSHOP 24-26 JUNE 1985.

The Centre continued to publish regular issues of the ECMWF Newsletter, Computer Bulletins, Forecast Reports, Meteorological Bulletins and the Operational Data Assimilation System - Daily Global Analysis

**Seminar- und Workshop-Berichte**

PHYSICAL PARAMETERIZATION FOR NUMERICAL MODELS OF THE ATMOSPHERE.  
SEMINAR 9-13 SEPTEMBER 1985.

MEDIUM RANGE WEATHER FORECASTS - THE FIRST 10 YEARS.

PROCEEDINGS OF A SEMINAR TO COMMEMORATE THE 10th ANNIVERSARY OF ECMWF, 22 NOVEMBER 1985.

HIGH RESOLUTION ANALYSIS.

WORKSHOP 24-26 JUNE 1985.

Das Zentrum hat weiter regelmässig ein EZMW-Informationsblatt, Computer-Bulletins, Vorhersageberichte über das routinemässige Datenassimilationssystem und die täglichen Globalanalysen veröffentlicht.

**Comptes rendus des séminaires et des journées de travail**

PHYSICAL PARAMETERIZATION FOR NUMERICAL MODELS OF THE ATMOSPHERE.  
SEMINAR 9-13 SEPTEMBER 1985.

MEDIUM RANGE WEATHER FORECASTS - THE FIRST 10 YEARS.

PROCEEDINGS OF A SEMINAR TO COMMEMORATE THE 10th ANNIVERSARY OF ECMWF, 22 NOVEMBER 1985.

HIGH RESOLUTION ANALYSIS.

WORKSHOP 24-26 JUNE 1985.

Le Centre continue de publier régulièrement: ECMWF Newsletter, Computer Bulletin, Forecast Report, Meteorological Bulletin et Operational Data Assimilation System - Daily Global Analyses.



**Journals**

**Zeitschriften**

**Revue**

- Arpe, K., C. Brankovic, E. Oriol and P. Speth, 1986:* Variability in time and space of energetics from a long series of atmospheric data produced by ECMWF. *Beitr.Phys.Atmos.*, 59, 321-355.
- Arpe, K., and E. Klinker, 1986:* Systematic errors of the ECMWF operational forecasting model in mid-latitudes. *Quart.J.Roy.Meteor.Soc.*, 112, 181-202.
- Bengtsson, L., 1986:* ECMWF – Ten years of European meteorological co-operation. *Meteor.Mag.*, 115, 150-157.
- Betts, A.K., 1986:* A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J.Roy.Meteor.Soc.*, 112, 677-691.
- Betts, A.K., and M.J. Miller, 1986:* A new convective adjustment scheme: Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX and arctic air-mass data sets. *Quart.J.Roy.Meteor.Soc.*, 112, 693-709.
- Chen, S.J., and L. Dell'Osso, 1986:* The effect of the Qinghai-Tibet Plateau forcing on the mesoscale rain-bearing circulation over Eastern China during presummer. *J.Meteor.Soc.Japan*, 64, 53-63.
- Chen, S.J., and L. Dell'Osso, 1986:* Numerical experiments on the sensitivity of the monsoon circulation to the differential heating. *Quart.J.Roy.Meteor.Soc.*, 112, 93-112.
- Daley, R., W. Wergen, and G. Cats, 1986:* The objective analysis of planetary-scale flow. *Mon.Wea.Rev.*, 114, 1892-1908.
- Dell'Osso, L., and S.J. Chen, 1986:* Numerical experiments on the genesis of vortices over Qinghai-Tibet Plateau. *Tellus*, 38A, 236-250.
- Hollingsworth, A., 1986:* Storm hunting with fractals. *Nature*, 319, 11-12.
- Hollingsworth, A. and P. Lönnberg, 1986:* The statistical structure of short-range forecast errors as determined from radiosonde data. Part 1: The wind field. *Tellus*, 38A,, 111-136.
- Hollingsworth, A., A.V.R.K. Rao, and R.K. Datta, 1985:* An evaluation of ECMWF analyses and forecasts for three typical synoptic weather situations over Indian subcontinent. *Vayu Mandal Indian Meteor. Soc.*, 15, 149-153.
- Hollingsworth, A., D.B. Shaw, P. Lönnberg, L. Illari, K. Arpe and A.J. Simmons, 1986:* Monitoring of observation and analysis quality by a data assimilation system. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 861-879.
- Klinker, E., and M. Capaldo, 1986:* Systematic errors in the baroclinic waves of the ECMWF model. *Tellus*, 38A, 215-235.
- Lönnberg, P., and A. Hollingsworth, 1986:* The statistical structure of short-range forecast errors as determined from radiosonde data. Part 2: The covariance of height and wind errors. *Tellus*, 38A, 137-161.
- McIntyre, M.M., and T.N. Palmer, 1986:* A note on the general concept of wave breaking for Rossby and gravity waves. *Pure & Appl.Gophys.*, 123, 964-975.
- Murphy, J., and T.N. Palmer, 1986:* A real time extended-range forecast by an ensemble of numerical integrations. *Met.Mag.*, 115, 337-348.
- Redelsperger, J.L., and G. Sommeria, 1986:* Three-dimensional simulation of a convective storm: sensitivity studies on subgrid parameterization and spatial resolution. *J.Atmos.Sc.*, 43, 2619-2635.

**Books**

**Bücher**

**Livres**

- Simmons, A.J., 1986:* Numerical prediction: Some results from operational forecasting at ECMWF. *Advances in Geophysics*, Vol. 29, 305-338.
- Tibaldi, S., 1986:* Envelope orography and maintenance of the quasi-stationary circulation in the ECMWF global models. *Advances in Geophysics*, Vol. 29, 339-374.

**Proceedings/Reports**

**Konferenzberichte**

**Comptes rendus/rapports**

- Arpe, K., 1986:* The assimilation of the final level IIB data set at ECMWF. National Conference Scientific Results of the First GARP Global Experiment, Jan.14-17 1986, Miami, Fl. America.Meteor.Soc., Boston, Mass., 30-31.
- Bengtsson, L., 1986:* Four dimensional data assimilation. WMO/ICSU GARP Publ.Series No. 26.
- Bengtsson, L., 1986:* The role of GARP in numerical weather prediction. National Conference Scientific Results of the first GARP Global Experiment, Jan.14-17 1986, Miami, Fl. Americ.Meteor.Soc., Boston, Mass., 58-61.
- Cubasch, U., S. Tibaldi, and F. Molteni, 1986:* Deterministic extended range forecast experiments using the global spectral model. Proceedings of the First WMO Workshop on the Diagnosis and Prediction of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe, College Park, USA. 29 July-2 August 1985. WMO Long-Range Forecasting Research Rep.Ser.No.6, Vol.2, WMO/TD No. 87, 581-589.
- Gibson, J.K., 1986:* Current and planned meteorological applications systems at ECMWF. Proceedings of Second International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology of the American Meteorological Society, Miami, Fl., Jan. 13-17, 1986. Americ.Meteor.Soc., Boston, Mass., 16-22.
- Heckley, W.A., 1986:* Performance of the ECMWF forecasting models in tropical prediction. National Conference Scientific Results of the First GARP Global Experiment, Jan. 14-17 1986, Miami, Fl. Americ.Meteor.Soc., Boston, Mass., 30-31.
- Hennessy, J.T., 1986:* MARS – the ECMWF Meteorological Archive and Retrieval System. Proceedings of Second International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology of the American Meteorological Society, Miami, Fl., Jan. 13-17, 1986. Americ.Meteor.Soc., Boston, Mass.



- Källberg, P., and F. Delsol, 1986: Systematic biases in cloud track wind data from jet-stream regions. WMO/IUGG International Symposium on Short and Medium Range Numerical Weather Prediction. WMO/TD No. 114, 15-18.
- Lange, A., 1986: NAVAID vertical sounding system. International Conference on the Results of the Global Weather Experiment and their implications for the World Weather Watch, Geneva, 1985, Vol. 1. WMO, GARP Publ.Series No. 26, WMO/TD No. 107, 157-175.
- Lange, A., and E. Tokkola, 1984: Results of the WMO/CAS NWP data study and intercomparison project for forecasts for the Northern Hemisphere in 1985. WMO, PSMP, WWW Tech.Rep.No. 3, WMO/TD No.155, Geneva, 80pp.
- Molteni, F., U. Cubasch, and S. Tibaldi, 1986: Experimental monthly forecast experiments using the lagged-averaged forecasting technique. Proceedings of the first WMO Workshop on the Diagnosis and Prediction of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe, College Park, USA, 29 July-2 August 1985. WMO Long-Range Forecasting Research Rep.Ser.No. 6, Vo. 2, WMO/TD No. 87, 598-607.
- Molteni, F. and S. Tibaldi, 1986: A lagged-average 60-day forecast experiment during the 1982/83 El Nino period. Workshop on Comparison of Simulations by Numerical Models of the Sensitivity of the Atmospheric Circulation to Sea Surface Temperature Anomalies, NCAR, Boulder, Colo., 9-12 Dec. 1985. WMO WCP-121, WMO/TD No. 138, 117-123.
- Söderman, D., 1986: Dissemination of ECMWF products. Second International Conference Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology, Miami, Fl. 14-17 January 1986. Americ.Meteor.Soc., Boston, Mass., 275-278.
- Sommeria, G., J. Slingo, and M. Tiedtke, 1986: Parameterization of the cloud-topped boundary layer in a global forecast model. Report of the JSC/CAS Workshop on Modelling of Cloud-Topped Boundary Layer. WMO/WCP No. 106, Appendix M, 20 pp.
- Speranza, A., A. Buzzi, S. Tibaldi, and E. Tosi, 1986: The mechanisms of orographic cyclogenesis. Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX), Workshop Venice, 28 Oct.-1 Nov. 1985, WMO GARP Publ.Ser.No. 27, WMO/TD No. 108, 175-186.
- Steppeler, J., 1986: Energy conserving finite element schemes for numerical weather prediction. 6th International Symposium on Finite Element Methods in Flow Problems, Antibes, 16-20 June 1986, 359-364.
- Steppeler, J., 1986: A Galerkin cubic spline method for vertical discretization. Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling, 3.13-3.14.
- Tibaldi, S, 1986: Weather regimes and mountain effects in general circulation models: implications for extended range weather forecasts. Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX), Workshop Venice, 28 Oct.-1 Nov. 1985, WMO GARP Publ.Ser.No.27, WMO/TD No. 108, 341-358.
- Tibaldi, S., and L. Dell'Osso, 1986: Representation of pressure drag effects in numerical modelling of Alpine cyclogenesis. Scientific Results of the Alpine Experiment (ALPEX), Workshop Venice, 28 Oct.-1 Nov. 1985, WMO GARP Publ.Ser.No. 27, WMO/TD No. 108, 207-214.
- Uppala, S., 1986: The assimilation of the final level Iib data set at ECMWF. Part I. National Conference Scientific Results of the First GARP Global Experiment, Jan.14-17 1986, Miami, Fl. Americ.Meteor.Soc. Boston, Mass., 30-31.