

I V 17
1987

DEUTSCHER WETTERDIENST
ZENTRALAMT - ABTEILUNG KLIMATOLOGIE



DWD

BERICHT ÜBER EINE ARBEITSTAGUNG IN
IPHOFEN AM 03./ 04.12.1987
VON
HERIBERT FLEER

OFFENBACH AM MAIN, MAI 1988

DEUTSCHER WETTERDIENST
ZENTRALAMT - ABTEILUNG KLIMATOLOGIE

Vorwort

Die Bundesrepublik Deutschland wurde von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gebeten, im Rahmen des "Weltklimaforschungsprogramms (WCFP)" im "Weltprojekt für Niederschlagsklimatologie (WPCP)" für die Dauer von 10 Jahren die Aufgabe eines "Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZKL)" zu übernehmen. Das Zentrum soll die ab Januar 1988 über das WMO-Sekretariat verbreiteten SYNOP- und CLM-Daten prüfen und korrigieren, um ein globales Datensystem für Landflächen unter Berücksichtigung der Daten von zwei weiteren Satelliten zu erstellen. Die mittleren Werte des Niederschlags werden durch die WZKL-Meteorologen bestimmt werden. Die Entwicklung der WZKL-Klimatologie wird durch die WZKL-Meteorologen eines im Juli 1987 durch den Bundesminister für Wissenschaft und Technologie gegründeten Forschungsausschusses (FA) beauftragten Forschungsausschusses (FA) beauftragten Kreis des DWFV empfohlen. Für das Projekt die Durchführung eines internationalen Arbeitstreffens. Es sollten die zu erwerbenden Probleme, die empfohlenen Unter-

551.577: 551.501.777(26) : 551.58 : 06.05 : 061.3 | phofen "1987"
 insbesondere in Bezug auf die Abweichungen der Aufstellung der Datenlücken in Gebieten, für die keine Wetterdaten zur Verfügung stehen, diskutiert werden. Diese Arbeitstagung wurde vom 3. bis 4. Dezember 1987 in Iphofen durchgeführt.



BERICHT ÜBER EINE ARBEITSTAGUNG IN
 IPHOFEN AM 03./ 04.12.1987
 VON
 HERIBERT FLEER

OFFENBACH AM MAIN, MAI 1988

I V 17 (1987)

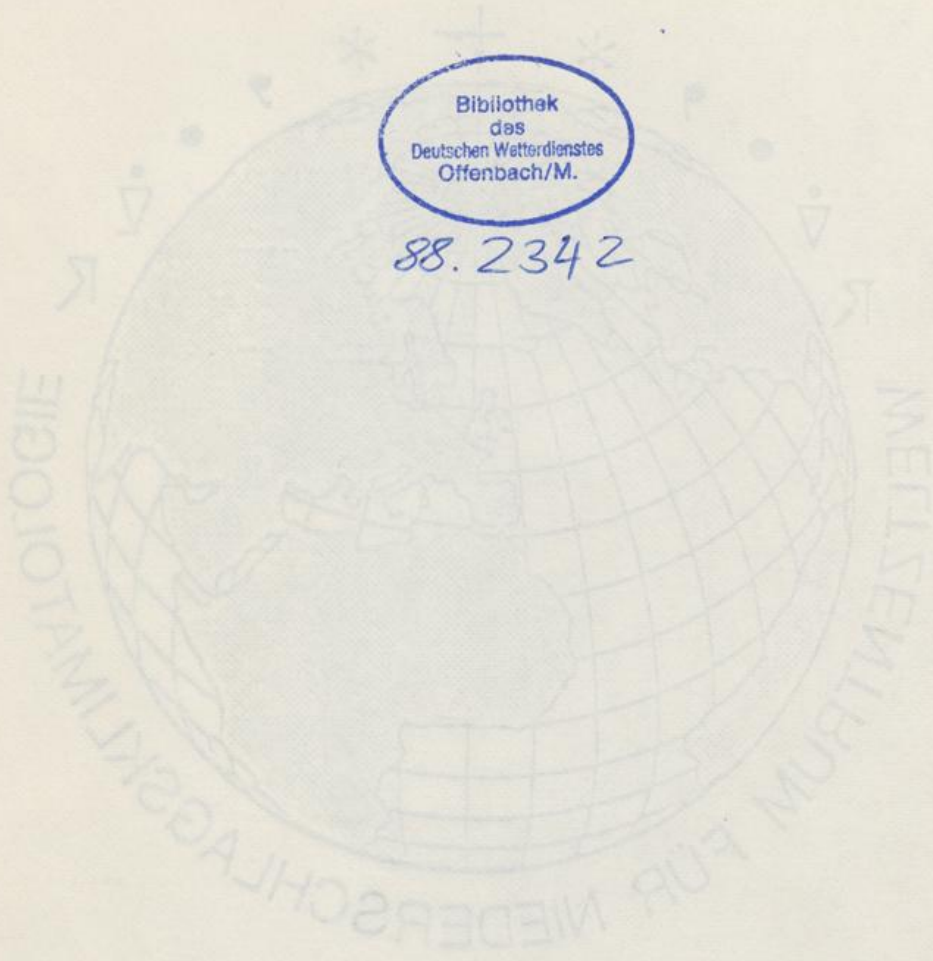
89/767

28. NOV. 88

DEUTSCHER WETTERDIENST
ZENTRALAMT - ABTEILUNG KLIMATOLOGIE

Bibliothek
des
Deutschen Wetterdienstes
Offenbach/M.

88. 2342



BERICHT ÜBER EINE ARBEITSTAGUNG IN
LEHREN AM 03. V. 04. 1987
VON
HERBERT FLECK
OFFENBACH AM MAIN, MAI 1988

Vorwort

Die Bundesrepublik Deutschland wurde von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gebeten, im Rahmen des "Weltklimaforschungsprogrammes (GCRP)" im "Weltprojekt für Niederschlagsklimatologie (GPCP)" für die Dauer von 10 Jahren die Aufgabe eines "Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (GPCC)" zu übernehmen. Das Zentrum soll die ab Januar 1986 über das globale Telekommunikationsnetz verbreiteten SYNOP- und CLIMAT-Meldungen sammeln, prüfen und korrigieren, um monatliche Gebietsmittel des Niederschlages für Landflächen zu erstellen. Routinemäßig sollen, unter Hinzunahme der Satellitenauswertung für die Ozeane, die von zwei weiteren Zentren aufbereitet werden (geostationäre Satelliten für 40° N - 40° S und polarumlaufende für die mittleren und polaren Breiten), monatliche Flächenmittel des Niederschlages für ein Raster von $2,5^{\circ} * 2,5^{\circ}$ erstellt werden, jeweils weltweit 3 Monate nach Abschluß der Messungen. Diese sollen dann an das Weltdatenzentrum für Meteorologie (WDCM) abgegeben werden.

Die Entwicklungsphase des "Weltzentrums für Niederschlagsklimatologie (WZN)" sollte am 1.1.1987 mit Unterstützung eines im Juli 1986 vom Deutschen Wetterdienst (DWD) beim Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) beantragten Forschungsvorhabens anlaufen. Der Sachverständigenkreis des BMFT empfahl als Vorbereitung für das Projekt die Durchführung eines internationalen Arbeitstreffens. Es sollten die zu erwartenden Probleme, die empfehlenswerten Untersuchungsmethoden und der voraussichtliche Arbeitsaufwand, insbesondere in Bezug auf Modellentwicklungen zur Auffüllung der Datenlücken in Gebieten, für die keine Meßdaten zur Verfügung stehen, diskutiert werden. Diese Arbeitstagung wurde vom 3. bis 4. Dezember 1987 in Iphofen durchgeführt.

Der nachfolgende Bericht beschreibt die Ergebnisse dieses Arbeitstreffens und ist die Grundlage für die erforderlichen Forschungsarbeiten im Rahmen des WZN.

An dieser Stelle sei allen Mitwirkenden des Arbeitstreffens gedankt - insbesondere Prof. Dr. Roth für seine Diskussionsleitung und Prof. Fleer, der diesen Ergebnisbericht zusammengestellt hat. Darüber hinaus gilt unser besonderer Dank auch dem IHP/OHP-Sekretariat, das eine englische Übersetzung dieses Berichtes im Interesse des Internationalen Hydrologischen Programmes der UNESCO sowie des Operationellen Hydrologischen Programmes der WMO vorgenommen hat.

d. Hoff
- H. Bartels

Arbeitstagung W Z N vom 3. - 4. Dezember 1987

Zeitplan 03.12.87

Diskussionsleitung: Prof. Dr. R. Roth

- | | | |
|---------------|--------------|--|
| 08.20 - 08.40 | Hoffmann | Begrüßung der Teilnehmer,
Bedeutung des WZN in der WMO
bzw. WCRP |
| 08.40 - 09.10 | Kaneshige | Planung der WMO zur Erhöhung des
weltweiten Datenaustausches |
| 09.25 - 09.45 | Bartels | Vorstellung des geplanten
Projektes (Datenlücken räumlich
und zeitlich) |
| 10.00 - 10.20 | | Kaffeepause |
| 10.20 - 10.50 | Sevruk | Weltweite Niederschlagsmessung
(Instrumentierung, Fehler, Kor-
rekturen) |
| 11.10 - 11.30 | Dittmann | Nutzung synoptischer Beobachtungen
für die Ermittlung monatlicher Ge-
bietsniederschläge |
| 11.50 - 12.10 | Schwarzmaier | Verfahren und Ergebnisse regio-
naler und globaler Wasserbilanzen |
| 12.30 - 12.50 | Arpe | Nutzung numerischer Modellergeb-
nisse für die Ermittlung monat-
licher Gebietsniederschläge |

13.15 - 14.30		Mittagspause
14.30 - 15.30	Arkin	Nutzung von Satelliten für die Ermittlung monatlicher Gebiets-Niederschläge und Zusammenführung von Satellitenauswertungen über Ozeanen mit den Gebietsniederschlägen über Landflächen
15.40 - 16.00	Fleer	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Projektes
16.30 - 17.00		Kaffeepause
17.00 - 19.30		Diskussion offener Fragen

Zeitplan 04.12.87

08.30 - 09.30		Zusammenstellung der offenen Fragen
09.30 - 10.00		Erörterung des erreichbaren Zieles
10.00 - 10.30		Diskussion des erforderlichen Aufwandes
10.00 - 11.20		Kaffeepause
11.20 - 13.30		Empfehlung an den BMFT

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	
	Zeitplan der Arbeitstagung	
	Inhaltsverzeichnis	
1.	Einleitung	5
2.	Bedeutung der Niederschlagsklimatologie für das Weltklimaforschungsprogramm	7
3.	Datenfluß innerhalb des Weltniederschlags- klimatologie-Projektes	8
4.	Arbeitsplan des Weltniederschlagsklimatologie- Zentrums	10
4.1	Datensammlung, -erfassung und -prüfung	10
4.2	Stationskatalog	10
4.3	Ermittlung der Meßgeräte	10
4.4	Korrektur des systematischen Niederschlags- meßfehlers	11
4.5	Vieljährige Mittel- und Extremwerte	11
4.6	Einteilung der Land- und Wasserflächen in 2,5° * 2,5° Felder	11
4.7	Schließung räumlicher und zeitlicher Lücken mit abgeleiteten Flächenwerten	12
4.7.1	Satellitendaten	12
4.7.2	Numerische Vorhersagemodelle	12
4.7.3	Abflußdaten	12
4.8	Isohyetenanalyse	13
4.9	Zusammenfügen der Niederschläge für Land- und Wasserflächen	13
4.10	Bewertung der Genauigkeit der Gebietsniederschläge der einzelnen Rasterflächen	14
4.11	Dokumentation, Archivierung und Berichtswesen	14
4.12	Datenabgabe	14

5.	Daten	15
5.1	CLIMAT-Meldungen	15
5.2	SYNOP-Meldungen	16
5.3	Stationskatalog	17
5.4	Anstrengungen der WMO zur Erhöhung der Verfügbar- keit von Niederschlagsinformationen	17
6.	Vergleichbarkeit der Niederschlagsmessungen	20
6.1	Systematischer Niederschlagsmeßfehler	20
6.2	Instrumentierung	22
6.3	Korrekturen	23
6.4	Gegenwärtiger Stand der Forschung	25
7.	Möglichkeiten zur Schließung räumlicher und zeitlicher Lücken	26
7.1	Umsetzung der synoptischen Beobachtungen W und ww in Niederschlagshöhen	26
7.2	Klimatologische Datensätze, Klimaatlantien und topographische Datenbank	28
7.3	Satellitendaten	29
7.3.1	Bestimmung der Niederschlagsrate aus IR- Satellitenbildern	29
7.3.2	Bestimmung der Niederschlagsrate aus Mikrowellen- Satellitenbildern	31
7.3.3	Bestimmung der Niederschlagsrate aus Seespiegel- schwankungen.	33
7.4	Numerische Modellergebnisse	34
7.5	Abflußdaten	37
8.	Gebietsmittel	42
	Schlußfolgerungen	
	Quellenverzeichnis	
	Anhang:	
	Tabellen	
	Abbildungen	
	Teilnehmerliste	
	Abkürzungen	

1. Einleitung

Der Wasserkreislauf ist ein wichtiger Bestandteil des Systems Erde - Atmosphäre. Zu einem großen Teil ist er es, der für die Besonderheiten des irdischen Lebensraumes verantwortlich ist. Die globalen Niederschlagsmuster bilden den signifikantesten Anteil des Klimas, das die menschlichen Aktivitäten direkt beeinflusst. Der Wasserkreislauf, dessen bedeutendster Bestandteil der Niederschlag ist, stellt aus 3 Hauptgründen eine wichtige Komponente des Klimas dar:

1. Ein großer Teil der Energie wird in Form von latenter Wärme von der Erdoberfläche an die Atmosphäre abgegeben. Die nachfolgende Freisetzung durch Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes ist eine der Hauptquellen für die Energie, die die atmosphärische Zirkulation antreibt.
2. Wasserdampf, der sich in der Atmosphäre befindet, und kondensiertes Wasser in Form von ausgedehnter Bewölkung beeinflussen stark die Strahlungsübertragung.
3. Niederschlagsvariationen liefern einen empfindlichen Indikator für Klimaänderungen.

Das Eintreten von Niederschlag ist durch eine Vielzahl von Mechanismen bestimmt, die einen weiten Bereich auf der räumlichen und zeitlichen Skala umfassen. Sie reichen von mikrophysikalischen Prozessen bis zur großräumigen Dynamik. Im Vergleich zu den komplexen mikrophysikalischen Vorgängen in Wolken ist die Formulierung des Niederschlagsprozesses in derzeitigen Wettervorhersage- und Klimamodellen allerdings drastisch vereinfacht. Generell verwendete Parametrisierungsansätze unterscheiden nur zwischen zwei Kondensationsmechanismen.

Der erste berücksichtigt die großräumigen Hebungsprozesse, die das Modell auflösen kann, und der zweite subskalige (d.h. vom Modell nicht mehr auflösbare) Konvektion. In beiden Fällen wird vorausgesetzt, daß Kondensation eintritt, wenn die Luft unter Berücksichtigung einer vorgeschriebenen Schwelle, die auf einem angepaßten Koeffizienten beruht, übersättigt ist.

Der relative Erfolg solch einfacher numerischer Modellierung deutet an, daß trotz der komplexen mikrophysikalischen Prozesse (hydrologischer Zyklus), die zur Kondensation von atmosphärischem Wasserdampf beitragen, die mittlere Niederschlagsverteilung hauptsächlich durch großräumige Dynamik der Atmosphäre und großräumige Advektion von Wasserdampf bestimmt wird. Nichtdestoweniger treten in der Niederschlagsvorhersage für die Mittleren Breiten und die Tropen signifikante systematische Fehler auf. Es ist nicht bekannt, inwieweit diese Diskrepanzen durch eine Fehlbeschreibung des großräumigen atmosphärischen Flusses oder einen unzulänglichen Parametrisierungsansatz entstehen.

Fortschritte in der Formulierung von Niederschlagsprozessen in Klimamodellen erfordern empirische Anpassungen, die nur mit einer globalen Niederschlagsstatistik erreicht werden können.

2. Bedeutung der Niederschlagsklimatologie für das Weltklimaforschungsprogramm

Das Weltklimaforschungsprogramm benötigt für ein besseres Verständnis des Klimas eine globale Beschreibung des räumlich und zeitlich gemittelten Niederschlages. Insbesondere werden globale Niederschlagsdaten benötigt für:

- a) die Initialisierung von Klimamodellen,
- b) die Verifizierung der Allgemeinen Zirkulations- und Klimamodelle,
- c) die Initialisierung von Klimavorhersagen in Verbindung mit Änderungen des Bodenfeuchtehaushaltes,
- d) die Initialisierung des divergenten Windfeldes in Verbindung mit großräumigen Vertikalbewegungen und Konvektion in den Tropen,
- e) die Bestimmung des atmosphärischen Wasserhaushaltes,
- f) die Bestimmung des Grundwasserhaushaltes,
- g) die Bestimmung des Frischwasserhaushaltes der Ozeane, der als ein wichtiger Beitrag zum Auftrieb in der thermohalinen Zirkulation in den Weltozeanen angesehen wird,
- h) ein besseres Verständnis der Beziehungen zwischen dem Niederschlag und den hauptsächlich periodischen und quasi-periodischen Antriebskräften der tropischen Atmosphäre (wie z.B. die 40 - 60 tägigen Wellen, El Niño/Südliche Oszillation und Quasi-Zweijährige Oszillation).

Diese Ziele sind wesentlich für drei Äste des Weltklimaforschungsprogramms: dem "Atmosphärischen Klimavorhersage Projekt (ACP)", dem Projekt Tropischer Ozean und Globale Atmosphäre" (TOGA) und insbesondere Punkt g) ist ein wichtiger Faktor für das "Welt Ozean Zirkulationsexperiment (WOCE)".

3. Datenfluß innerhalb des Weltniederschlagsklimatologieprojektes

Der Datenfluß für das Weltniederschlagsklimatologie-Projekt (GPCP) soll aus drei aufeinanderfolgenden Ebenen der Verarbeitung erfolgen (Abb. 1.):

- 1) Die "Meteorologischen Satelliten Informationsgewinnungszentren (MIEC)" des jeweiligen Betreibers des geostationären Satelliten produzieren Infrarot-Strahlungsdatensätze in 3-Stunden-Intervallen in verdichteter Form, z.B. als Histogramme der Helligkeitstemperatur für jedes 200 km * 200 km große Segmente des originalen Satellitenbildes.
- 2) Das "Satelliten-Niederschlagsdatenzentrum I (SPDC-I)" sammelt die Strahlungsdaten der geostationären Satellitenbetreiber und korrelierende Daten (wie z.B. gleichzeitige Niederschlagsmessungen von Landstationen und Meßplattformen in Küstengewässern) und erstellt, basierend auf einem international abgestimmten Algorithmus, räumlich gemittelte monatliche Niederschlagssummen. Dieses Zentrum trägt die Verantwortung für die Anpassung des Standard-Algorithmus an die Jahreszeiten und übernimmt die methodische Erforschung der Algorithmenentwicklung.
- 3) Das "Satelliten-Niederschlagsdatenzentrum II (SPDC-II)" soll die Mikrowellenstrahlungsdaten von den polarumlaufenden Satelliten und die korrelierenden Informationen (wie z.B. gleichzeitige Referenzmessungen, atmosphärische Temperatur- und Wasserdampf-Sondierungen, etc.) archivieren und aufbereiten. Es erstellt als ersten Schritt mit Hilfe eines international vereinbarten Algorithmus,

basierend auf der Absorption/Emission von Mikrowellen in Flüssigwasser, geschätzte Niederschlagsraten über den Ozeanen auf täglicher Basis. Es wird den Standard-Algorithmus aktualisieren und die Erforschung der Algorithmenentwicklung betreiben.

- 4) Das "Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN)" sammelt alle aus SYNOP- und CLIMAT-Meldungen verfügbaren Niederschlagsdaten, sowie die mit zumutbarem Aufwand erhältlichen zusätzlich existierenden Niederschlagsdaten von Land- und Inselstationen. Es erhält die Schätzungen des Niederschlages der Satellitenzentren I und II und soll die Verknüpfung der verschiedenen Arten der Niederschlagsdaten vornehmen, um die bestmögliche Schätzung der globalen monatlichen Verteilung des räumlich gemittelten Niederschlages zu erstellen.
- 5) Das WZN richtet ein zentrales Archiv ein, in dem zum einen alle für die Analyse erhältlichen Niederschlagsdaten und Schätzungen, und zum anderen die aus den verfügbaren Informationen abgeleiteten monatlichen Flächenmittel des Niederschlages abgespeichert werden.
- 6) Die Gebietsniederschläge für die Rasterfelder $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ werden den beiden Weltdatenzentren in Asheville und Moskau übermittelt.

4. Arbeitsplan

4.1. Datensammlung, -erfassung und -prüfung

Alle über das Globale Telekommunikationssystem (GTS) eingehenden SYNOP- UND CLIMAT-Daten werden abgespeichert, geprüft und sortiert. Auf dem Postweg eingetroffene Datensätze werden nacherfaßt und ebenfalls abgespeichert.

Mit Hilfe eines Stationskataloges werden die Daten auf Vollständigkeit geprüft und anschließend einer ersten Qualitätskontrolle unterzogen; fehlende Meldungen sind über die WMO oder direkt beim Betreiberland zu beschaffen.

Die Daten werden in ein einheitliches Datenformat gebracht und einer ausführlichen Prüfung unterzogen. Offensichtliche Plausibilitätsfehler können sofort korrigiert werden. Aufwendige Prüf- und Korrekturverfahren sind im Rahmen des Projekts zu entwickeln.

4.2 Stationskatalog

Von allen in die Berechnungen eingehenden Stationen muß ein ausführlicher Stationskatalog angelegt werden, um damit u.a. Vollständigkeitsprüfungen und Eintragungskorrekturen in Kartenvordrucken und Fehlerbetrachtungen vornehmen zu können.

4.3. Ermittlung der Meßgeräte

Um die aus den verschiedenen Ländern gesammelten Niederschlagsdaten beurteilen zu können, müssen die jeweils benutzten Meßmethoden, die Instrumentierung und die Aufstellung der Geräte bekannt sein. Eine solche Zusammenstellung ist nur in Zusammenarbeit mit der WMO möglich. Außerdem sind Informationen über die Stationslage und bestimmte örtliche Gegebenheiten erforderlich.

4.4. Korrektur des systematischen Niederschlagsmeßfehlers

Mit Hilfe des Stationskataloges und der in der Literatur angegebenen Verfahren zur Korrektur des systematischen Niederschlagsmeßfehlers sollen Korrekturfaktoren für die Monatssummen des Niederschlages von den Einzelstationen entwickelt und verwendet werden.

4.5. Sammlung und Berechnung vieljähriger Mittel- und Extremwerte

Um die Prüfprogramme entsprechend auslegen zu können und ein Hilfsmittel für Regionen mit geringer Datendichte zu gewinnen, sollen von möglichst vielen Stationen vieljährige Mittel- und Extremwerte gesammelt und ausgewertet werden. Hierfür ist es wiederum nötig, sich mit Hilfe der WMO an die einzelnen Länder zu wenden. Soweit möglich, sind Kartendarstellungen mit vieljährigen Isohyetenanalysen zu beschaffen und zu digitalisieren.

4.6. Einteilung der Land- und Wasserflächen in $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ Felder

Da die Gebietsniederschläge als Monatssummen über Flächen mit $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ zu berechnen sind, muß die ganze Erde in $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ große Gebiete eingeteilt werden. Dabei sollen die Flächen so gelegt werden, daß einerseits möglichst viele mit den hydrologischen Einzugsgebieten übereinstimmen, andererseits sollten sich zwischen Land- und Wasserflächen überlappende Flächen ergeben. Es sollte eine Abstimmung mit der vom Institut für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie der Universität München aufgebauten Datenbank für Oberflächenabflußdaten erfolgen.

4.7 Schließung zeitlicher und räumlicher Lücken mit abgeleiteten Flächenwerten

4.7.1 Satellitendaten

Die Auswertung von Satellitenbeobachtungen stellt ein weiteres wertvolles Hilfsmittel - insbesondere bei der Erfassung konvektiver Niederschläge - zur Auffüllung der Lücken auch über Landflächen dar. Die vom Satellitenzentrum in den USA gelieferten Gebietsniederschläge, sollen auch für die datenarmen Landoberflächen genutzt werden, um dort Abschätzungen der Gebietsniederschläge zu liefern. Umgekehrt können in Gebieten mit ausreichender Stationsdichte die mit Hilfe der Stationsnetze ermittelten Gebietsniederschläge zur Eichung und Verifizierung der Satellitenauswertungen herangezogen werden.

4.7.2 Numerische Vorhersagemodelle

Aus globalen numerischen Vorhersagemodellen sollen geeignete Modelldaten (z.B.tägliche Niederschlagsprognosen) monatlich aufsummiert und mittels der statistischen Modellinterpretation die Flächenwerte an die aus Beobachtungen berechneten Gebietsniederschläge angepaßt werden, um realistische Schätzungen für datenarme Gebiete zu erhalten.

4.7.3 Abflußdaten

Bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde und dem Institut für Bioklimatologie in München liegen die monatlich ermittelten Abflüsse von rund 1200 Pegelstationen weltweit vor. Diese Daten sollen in ausgewählten Gebieten mit den Gebietsniederschlagsberechnungen verglichen, ergänzt und angepaßt werden.

4.8. Isohyetenanalyse

Ausgangsfeld für eine weltweite Gebietsniederschlagsberechnung über Landflächen soll eine gesicherte Isohyetenanalyse sein. Es bietet sich zunächst folgende Vorgehensweise an:

Mit Hilfe des eingegangenen korrigierten Datenmaterials wird eine subjektiv erarbeitete Isohyetendarstellung erzeugt (Voranalyse).

In den datenarmen Gebieten bleiben zunächst wegen fehlender Kenntnisse eine Vielzahl von Feldern offen.

Die Voranalyse wird digitalisiert und die freien Flächen soweit wie möglich mit den in Kapitel 7 beschriebenen, abgeschätzten Flächenmitteln aufgefüllt.

4.9 Zusammenfügen der Gebietsniederschläge für Land- und Wasserflächen

Die monatlich in den Satellitenzentren ermittelten Gebietsniederschläge über Wasserflächen werden in die Datenbank des WZN übernommen und mit den Gebietsniederschlägen über Landflächen verknüpft. Hierfür sind entsprechende Anpassungsverfahren zu entwickeln: Da die weltweit abgeleiteten monatlichen Gebietsniederschläge für die einzelnen Rasterflächen von sehr verschiedenen Quellen (Meßmethodik, Auswertemethodik, Modellergebnisse etc.) stammen, müssen im Rahmen des Projektes Abstimmungsverfahren erarbeitet werden.

4.10 Bewertung der Genauigkeit für Gebietsniederschläge der einzelnen Rasterflächen

Um den Nutzern der vom WZN erzeugten Datensätze im Rahmen des Weltklimaforschungsprogrammes und des Nationalen Klimaforschungsprogrammes ein sinnvolles Instrumentarium für ihre Weiterverwendung an die Hand zu geben, sind Abschätzungen der Fehlereinflüsse in den verschiedenen Regionen der Erde vorzunehmen und die Datensätze eines jeden Rasterfeldes entsprechend zu kennzeichnen.

4.11 Dokumentation, Archivierung und Berichtswesen

Während des gesamten Projektes werden ausführliche Berichte über die zu entwickelnden Berechnungsverfahren, die Software-Erstellung, die auftretenden Probleme usw, erstellt. Alle eingehenden Datensätze werden als Zeitreihen von Terminwerten und Monatswerten für weitere Verwendungszwecke archiviert. Neben den monatlich berechneten Gebietsniederschlagshöhen für das Raster von $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ weltweit sind auch die über Landflächen monatlich berechneten Isohyetenverläufe in digitaler Form abzuspeichern. Regelmäßige Berichte mit Abbildungen und textlichen Erläuterungen sind zu erstellen.

4.12 Datenabgabe

Die monatlichen Gebietsniederschlagshöhen der $2,5^{\circ}$ Rasterflächen werden nach Fertigstellung an die Weltzentren für Meteorologie in Asheville und Moskau abgegeben. Die Formate und Verfahren sind in einem Data-Management-Plan der WMO festgelegt.

5. DATEN

Als Datenquellen für die Landflächen bieten sich die CLIMAT- und SYNOP-Meldungen an, die über das globale Telekommunikationssystem (GTS) der WMO verbreitet werden. Ergänzt werden sollen sie durch Datenkollektive, die außerhalb des GTS verfügbar gemacht werden können, und durch Satellitenauswertungen.

5.1. CLIMAT-Meldungen

Im Rahmen des weltweiten Datenaustausches ist die Einsteuerung von rund 2000 CLIMAT-Stationen mit Monatswerten von Luftdruck, Temperatur, Niederschlag usw. vorgesehen. Wie die Tabelle 1 zeigt, geht jedoch nur ein Teil der Meldungen über GTS ein. Zur Zeit stehen monatlich CLIMAT-Daten von ca. 1000 Stationen auf der Datenbank des DWD zur Verfügung. Beim DWD-Seewetteramt Hamburg gehen über Fernschreiber oder Post die Kollektive von weiteren (bis zu 1000) CLIMAT-Stationen ein, die dort erfasst und aufbereitet werden. Eine Isohyetenanalyse auf der Basis dieser Datenkollektive (Äquatormaßstab 1:72 Millionen) oder die in der Abbildung 2 dargestellten Linien gleicher Abweichungen von den vieljährigen Mittelwerten lassen deutlich erkennen, daß weite Landflächen entweder überhaupt keine Daten oder Daten mit unzureichender Datendichte aufweisen und damit für die Ermittlung von Gebietsniederschlägen der gewünschten Rasterflächengrößen noch nicht brauchbar sind. Die Stationsauswahl ist im wesentlichen auf die Nordhalbkugel beschränkt.

In Australien, Afrika und Südamerika bestehen erhebliche Datenlücken.

Die aus Satellitenmessungen berechneten Niederschlagssummen über Land in Flächen von $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ sollen von den anderen Zentren auf Magnetband bereitgestellt werden.

Inwieweit diese Daten helfen, Lücken aufzufüllen, muß abgewartet werden, da vermutlich große Qualitätsprobleme bei den quantitativen Aussagen auftreten. Hier müssen, wenn diese Daten zur Verfügung stehen, besondere Qualitätskontrollen und Korrekturverfahren entwickelt werden.

5.2. SYNOP-Meldungen

Aus vollständigen Datenreihen der SYNOP-Meldungen können Monatssummen der Niederschlagshöhe berechnet werden. Von weltweit ca. 6.000 - 8.000 Stationen liegen zu den Terminen 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, und 18 UTC (Termine mit Niederschlagsmeldungen) ca. 3.000 bis 3.500 Meldungen vor. Die daraus ableitbaren Zeitreihen zur Bildung von Monatswerten sind aber selten sowohl als Zeitreihe, als auch als Gesamtmeldung vollständig. Dies wird durch den Vergleich der beiden Abbildungen 3 und 4 deutlich erkennbar.

Der Deutsche Wetterdienst sammelt seit 1966 die SYNOP - Daten, die über Fernschreiber gesendet werden und seit 1978 alles, was über das "Globale Telekommunikationssystem" übermittelt wird.

Diese Datensätze, die zunächst für bestimmte Termine alle meldenden Stationen enthalten, werden seit 1983, als bereits 85 Millionen Beobachtungen vorlagen, die jeden Monat um weitere 500.000 Beobachtungen zunehmen, nach klimatologischen Gesichtspunkten in Zeitreihen umsortiert.

Diese Datensätze müssen aber noch hinsichtlich Lücken und Fehlmeldungen bearbeitet, sowie auf 5-Tages- und Monatssummen verdichtet werden. Um die Prüfprogramme entsprechend auslegen zu können und als Hilfsmittel für Regionen mit geringer Datendichte sollen von möglichst vielen Stationen vieljährige Mittel- und Extremwerte ausgewertet werden.

Ohne dieses Archiv, mit dem sich die Möglichkeit der Berechnung von "relativen Niederschlagshöhen" eröffnet, wäre die Durchführung des WZN - Projektes beim Deutschen Wetterdienst kaum möglich.

Für das Projekt sollten die bereits auf Magnetbändern in den Welt Datenzentren zusammengestellten Monatssummen des Niederschlags sowie alle verfügbaren Jahrbücher der Meteorologischen Dienste angefordert und ausgewertet werden. Hierfür wird es wiederum notwendig sein, sich mit Hilfe der WMO an die einzelnen Länder zu wenden.

5.3. Stationskatalog

Von allen in die Berechnung aktueller monatlicher Niederschlagshöhen eingehenden Stationen muß ein ausführlicher Stationskatalog angelegt werden, um damit Vollständigkeitsprüfungen, Eintragungskorrekturen in Kartenvordrucke und Fehlerbetrachtungen vornehmen zu können. Grundlage kann der der WMO- Katalog sein. Ein einfacher Stationskatalog (Kennziffer, geographische Lage, Höhe) von den zur Zeit eingehenden CLIMAT- und SYNOP-Meldungen liegt beim DWD vor. Diese Angaben müssen, um Informationen über Art der Meßstelle, Standortkriterien, Meßzeitraum, Lageänderungen, Instrumentierung, Korrekturverfahren, Korrekturfaktoren usw. zu erhalten, erweitert werden.

5.4 Anstrengungen der WMO zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Niederschlagsinformationen

Die WMO hat zur Erhöhung der Verfügbarkeit der auf Stationsmessungen beruhenden Niederschlagsinformationen zwei wichtige Anregungen gegeben:

1. Die "Kommission für "Basissysteme (CBS)" hat auf ihrer außerordentlichen Sitzung 1985 in Hamburg beschlossen, daß als vorläufige Maßnahme die Sektion 3 des SYNOP-Codes, die die Niederschlagsinformation enthält, in die SYNOP-Meldungen, die über das Welttelekommunikationsnetz ausgetauscht werden, aufgenommen wird.
2. Auf Anforderung der "Kommission für Klimatologie (CC1)" hat die CBS weiterhin empfohlen, daß die Verteilung der CLIMAT-Meldungen über das Welttelekommunikationsnetz so erfolgen soll, daß jedes 500km * 500km große Gebiet durch mindestens 1 und höchstens 10 Stationen vertreten ist, soweit dies die Dichte des regionalen Meßnetzes zuläßt.

Obwohl bereits viele Aufrufe verfaßt wurden, die eine Erhöhung der Verfügbarmachung von Niederschlagsmessungen zum Ziele hatten, ist den Überwachungsstatistiken der WMO nicht zu entnehmen, ob ein Anstieg in der Anzahl der Meldungen zu verzeichnen ist oder nicht. Dies liegt hauptsächlich daran, daß die Überwachungsprozeduren sich von einem Jahr zum anderen ändern.

Es ist erwähnenswert, daß einige Länder angeboten haben, Daten zur Verfügung zu stellen, die nicht über die normalen Datensammelkanäle verbreitet werden. Es ist aber noch nicht klar, inwieweit dies auf Langzeitbasis eingehalten werden kann. Die Erfahrung der Universität München mit dem Datenaustausch für das Forschungsvorhaben "Wasserabfluß von den Landoberflächen der Erde" zeigt, daß die Meldebereitschaft im Verlauf eines mehrjährigen Projektes sehr schnell nachläßt. Nach einigen Jahren meldeten nicht einmal 2/3 der Stationen im Vergleich zum Beginn des Projektes. Dieser Rückgang lag nicht an den Stationen selbst, sondern an den betreffenden Ländern, die die Daten nicht mehr ablieferten.

Es müssen erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um in Zusammenarbeit mit der WMO nicht nur einen Erhalt, sondern nach Möglichkeit sogar eine Erhöhung der regelmäßig ausgetauschten Stationsmeldungen zu erzielen.

Es wird empfohlen, bei Lücken oder Ausfall des Datenaustausches bei den betreffenden Mitgliedsstaaten direkt zu intervenieren und, soweit wie möglich, persönliche Kontakte zu den entsprechenden Dienststellen herzustellen.

Der Leiter des WZN soll zusammen mit dem Projektleiter des GPCP, Herrn Arkin und dem Repräsentanten des gemeinschaftlichen Planungsstabes des Weltklimaforschungsprogrammes (WCRP), Herrn Kaneshige eine Prozedur für die verspätet eintreffenden Daten abstimmen und die Länder ausfindig machen, aus denen zusätzliche Daten wünschenswert sind. Sie sollen klären, welche Möglichkeiten es gibt, diese Daten ohne große zeitliche Verzögerung zu erhalten.

6. Vergleichbarkeit der Niederschlagsmessungen

Niederschlagsmeßgeräte sind häufig einfache Gefäße, die über eine bestimmte Sammelzeit (i.a. 12 oder 24 Stunden) die in dieser Zeit gefallene Niederschlagshöhe auffangen.

Im Zusammenhang mit dieser einfachen Messung des Niederschlages treten bereits zwei Probleme auf:

- zum einen befindet sich die Auffangfläche des Niederschlagsmessers in einer bestimmten Höhe über Grund, so daß das bodennahe Wettergeschehen Einfluß auf die Messung ausübt,
- zum anderen kann die Erfassung der Niederschlagshöhe an den Niederschlagsmeßstationen nur punktförmig erfolgen. Es muß daher ein Algorithmus gefunden werden, der eine Übertragung dieser Punktmessung auf die Fläche ermöglicht.

Da die Niederschlagsmessung auf eine sehr lange Geschichte zurückblicken kann - die ersten Versuche gehen in das 4. Jahrhundert vor Christus z.B. in Indien zurück - sind in den Ländern der Erde keine standardisierten Meßgeräte im Einsatz. Es werden vielmehr sehr verschiedene Gerätetypen verwendet, die nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Für eine weltweite Betrachtung des Niederschlagsgeschehens ist daher die Einbeziehung und Umsetzung entsprechender Korrekturverfahren notwendig.

6.1. Systematischer Niederschlagsmeßfehler

Die Gründe für die Ungenauigkeit der Niederschlagsmessung sind systematischer Natur und liegen im wesentlichen in den folgenden physikalischen Prozessen:

Windfelddeformation über der Auffangöffnung des Niederschlagsmessers. Sie hat zur Folge, daß die leichteren Niederschlagsteilchen systematisch abgetrieben werden. Damit entsteht ein von der Windstärke und der Niederschlagsform sowie den aerodynamischen Eigenschaften des Niederschlagsmessers abhängiger Verlust.

Haftwasserverluste infolge der Benetzung der Innenwände des Niederschlagsmessers. Er hängt ab von den Abmessungen und dem Material des Niederschlagsmessers, der Anzahl der Niederschlagsereignisse und Niederschlagstage sowie der Niederschlagsform.

Verdunstungsverlust des im Sammelgefäß akkumulierten Wasservolumens oder des im Auffanggefäß gelagerten Schnees, in der Zeit vom Beginn des Regens oder Schneefalls bis zum Meßtermin. Er ist abhängig von der Windgeschwindigkeit, der Luftfeuchte, Lufttemperatur und der Strahlung.

Spritzwasser infolge des Rückpralls der Regentropfen. Die Spritzwassermenge hängt ab von der Niederschlagsintensität und der Form des Auffanggefäßes des Niederschlagsmessers.

Weil die erwähnten physikalischen Prozesse, wie Abbildung 5 zeigt, einerseits von den Instrumentenparametern und andererseits von Klimafaktoren abhängig sind, variiert die Größe des systematischen Niederschlagsmeßfehlers beträchtlich. In Deutschland ist mit rund 10% im Sommer und 20% im Winter zu rechnen, in tropischen Regionen mit weniger als 5% und in Polarregionen mit mehr als 50%.

6.2. Instrumentierung

Der systematische Niederschlagsmeßfehler ist der Grund dafür, daß nach dem Austausch der Niederschlagsmesser auf einem Meßplatz - beispielsweise im Zuge der Modernisierung der Niederschlagsmeßtechnik - Inhomogenitäten in den Niederschlagszeitreihen entstehen.

Eine weitere Folge sind die Sprünge in den Isohyeten an der Staatsgrenze von benachbarten Ländern, die unterschiedliche Typen von Niederschlagsmessern verwenden. Zur Zeit werden rund 50 verschiedene Typen von Niederschlagsmessern als nationale Standardgeräte verwendet. Dabei variiert die Größe der Auffangflächen von 6.7 cm² (Israel) bis 1000 cm² (Libyen) und die Aufstellungshöhe von 0.2 m (Australien) bis 2 m (UdSSR).

Die Formen der Niederschlagsmesser sind vielfältig. Eine kleinere Auswahl ist in Abbildung 3 dargestellt. Am stärksten verbreitet sind die Niederschlagsmesser nach TRETYAKOV, HELLMANN, SNOWDON, dann Standardinstrumente von China, Indien, USA und Frankreich ("Association"). Tabelle 2 faßt die Länder in denen diese Instrumente verwendet werden mit entsprechenden Angaben über die Aufstellungshöhen zusammen. Wie Tabelle 3 zeigt, sind weniger als ein Viertel der Instrumente mit Windschutzringen ausgerüstet. Zusätzlich wurden in den letzten 30 Jahren, wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, in mehr als 40 Ländern Änderungen der Instrumente und Meßmethoden vorgenommen, die nicht immer, aber in den meisten Fällen eine Verbesserung der Genauigkeit der Niederschlagsmessung mit sich gebracht haben.

Ein Vergleich der Niederschlagszeitreihen über Kontinenten wird durch die Vielfalt der Instrumente und Meßmethoden erheblich erschwert. Bereits kleine Änderungen in der Aufstellungshöhe können, je nach den Windverhältnissen eine Differenz der Niederschlagsmeßwerte zweier Niederschlagsmesser des gleichen Typs bis zu 10% hervorrufen. Diese Differenz ist zudem nicht konstant, sondern wie in Abbildung 7 zu erkennen ist, von der Jahreszeit abhängig.

6.3. Korrekturen

Das Vorhandensein der physikalisch begründeten Verfahren zur Korrektur des systematischen Niederschlagsmeßfehlers eröffnet - gegenüber der Doppelsummenanalyse beispielsweise - neue Wege zur Behandlung der Inhomogenitäten innerhalb einer bestimmten Niederschlagszeitreihe oder zwischen den Zeitreihen von benachbarten Stationen. Wegen des systematischen Niederschlagsmeßfehlers sind die Niederschlagsmeßwerte von verschiedenen Stationen nicht vergleichbar. Ausnahmen bilden Niederschlagsmeßwerte von Instrumenten des gleichen Typs, vorausgesetzt, daß die Expositions- und Klimabedingungen der zu vergleichenden Meßplätze gleich sind.

Da die Niederschlagsmeßwerte durch eine Anzahl von Variablen beeinflußt werden, können in einem bezüglich der Meßwerte einheitlich ausgerüsteten nationalen Niederschlagsmeßnetz auch die Meßwerte zwischen Tal- und Bergstationen, verschiedener Höhen- und Landschaftszonen etc. nicht miteinander verglichen werden. Der systematische Niederschlagsmeßfehler kann stark variieren, weil beispielsweise die Meßplätze in Waldgebieten gegenüber denjenigen in offenem Gelände i.a. besser windgeschützt sind, was kleinere Werte der Fehler zur Folge hat. Unterschiedliche Fehler ergeben sich auch dadurch, daß in tieferen Lagen Schneefall weniger oft auftritt, als in höheren.

Die Situation verschlechtert sich zusehends, wenn Niederschlagsmeßwerte auf globaler Basis zu berücksichtigen sind. Hier tritt neben dem von Land zu Land in vielen Fällen unterschiedlichen Niederschlagsmeßtyp, die geographische Breite als wichtiger klimatologischer Faktor in Erscheinung. Mit zunehmender geographischer Breite nimmt der Schneeanteil zu und der systematische Niederschlagsmeßfehler für Schnee ist wegen der hohen Windanfälligkeit wesentlich größer als für Regen.

Im weiteren wird die Niederschlagsmessung durch die Benutzung eines Windschutzringes beeinflusst. Wie aus Abbildung 8 hervorgeht, zeigt ein Tretyakov-Niederschlagsmesser zu mindest doppelt so viel Schnee wie ein Hellmann-Niederschlagsmesser. Die Differenz nimmt mit zunehmender Windgeschwindigkeit quadratisch zu. Ähnlich verhält sich die Differenz bei abnehmender Lufttemperatur, die die Schneestruktur steuert. Leider gibt es nur wenige Niederschlagsmeßtypen, für die ähnliche Beziehungen aufgestellt worden sind. (GOODISON and LOUIE 1986, SEVRUK 1986). Diese Lücke sollte mit Hilfe der laufenden internationalen Vergleichsmessungen der WMO geschlossen werden.

Bezüglich Haftwasser- und Verdunstungsverlusten gibt es mehr Angaben, als für den windbedingten Verlust. In Abbildung 9 ist eine Beziehung nach GOLUBEV (1986) dargestellt. Danach ist die Bestimmung des Haftwasserverlustes dann möglich, wenn der Quotient aus der Fläche der Innenwände und der Auffangfläche sowie das Material des Niederschlagsmessers bekannt sind. In Abbildung 10 ist wiedergegeben, wie der Verdunstungsfehler für die Niederschlagsmessertypen geschätzt werden kann (SEVRUK 1982).

6.4 Gegenwärtiger Stand der Forschung

Die Literatur über die erwähnten Probleme ist zwar umfangreich, aber nicht alles kann für die Korrektur des systematischen Niederschlagsmeßfehlers verwendet werden, weil bei den in der Vergangenheit hundertfach durchgeführten Vergleichsmessungen die wichtigsten Einflußgrößen wie Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur etc. sehr oft fehlen. Die beste Übersicht hierüber geben RODDA(1973) und SEVRUK(1981).

Den neuesten Stand des Problems der Korrektur des systematischen Niederschlagsmeßfehlers und die Bestimmungsmethoden findet man bei SEVRUK(1986); die gegenwärtig verwendeten Korrekturverfahren und deren Geschichte etc. hat SEVRUK(1982) zusammengefasst.

Eine Übersicht über die globale Verteilung der Korrekturen des systematischen Niederschlagsmeßfehlers kann Abbildung 11 entnommen werden. Diese Korrekturschätzungen basieren auf den Resultaten der von der WMO veranstalteten ersten internationalen Vergleichsmessung der nationalen Niederschlagsmeßwerte (PONCELET 1959) und vor allem auf den entsprechenden Resultaten aus der Sowjetunion (GOLUBEV 1960; STRUTZER 1971).

Die zweiten WMO Vergleichsmessungen wurden von SEVRUK (1986) veröffentlicht, die dritten laufen noch bis 1990. Bereits jetzt sind einige interessante Resultate, vor allem aus Finnland und Kanada und aus der Sowjetunion bekannt (HUOVILA et al 1987). Korrekturverfahren gibt es bisher nur für einzelne Stationen unter Berücksichtigung der Abhängigkeit von der geographischen Breite. Die von der UNESCO/WMO herausgegebenen Korrekturfaktoren beziehen sich auf Jahresmittel. Vom WZN müssen die Korrekturverfahren und -faktoren auf monatliche Basis entwickelt werden.

7. Möglichkeiten zur Schließung räumlicher und zeitlicher Lücken

Die gezeigten Abbildungen 3 und 4 machen deutlich, daß in naher Zukunft keine wesentliche Verbesserung der Datensituation zu erwarten ist. Um brauchbare Gebietsniederschläge für aktuelle Monate ableiten zu können, muß entweder eine ausreichend genaue Isohyetenanalyse vorliegen oder Wege gefunden werden, damit über Parametrisierungen oder Einsatz direkter Flächenwerte des Niederschlags eine Ergänzung möglich wird. Im Rahmen des Projektes sollen in Regionen mit geringer Datendichte alle in Frage kommenden Hilfsgrößen auf ihre Verwendung zur Niederschlagsschätzung hin geprüft werden.

7.1 Umsetzung der synoptischen Beobachtungen W und ww in Niederschlagshöhen

Es gibt eine Reihe von Stationen (derzeit rund 80% auf der Nordhemisphäre), an denen die SYNOP-Meldungen zwar abgesetzt werden, die jedoch keine Angabe zur Niederschlagshöhe enthalten. Eine vielversprechende Methode, die im Ansatz bereits getestet wurde, ist die Ableitung statistischer Zusammenhänge zwischen den synoptischen Beobachtungen W (Wetterablauf während der letzten Stunden) und ww (gegenwärtiges Wetter) zu der gefallenen Niederschlagshöhe. Dieses Verfahren erlaubt als eine unter anderen Möglichkeiten, in Gebieten mit geringer Anzahl von Niederschlagsmeldungen Abschätzungen der Niederschlagshöhe vorzunehmen.

Die beobachtete Niederschlagshöhe der synoptischen Termine 00 UTC und 12 UTC gilt für die vergangenen 6 Stunden, während der entsprechende Zeitraum für die 6 UTC und 18 UTC Termine 12 Stunden beträgt.

Eine weitere Unterteilung wurde nach Temperaturklassen im Abstand von 5 K vorgenommen. In den Abbildungen 12 - 16 sind die statistisch beobachteten Zusammenhänge zwischen der Lufttemperatur T in 2 m Höhe und der Niederschlagshöhe RR sowie analytisch formulierte Approximationskurven R(T) für die Schlüsselzahlen W = 5 (Sprühregen), 6 (Regen), 7 (Schneefall), 8 (Schauer) und 9 (Gewitter) wiedergegeben

Als gemeinsame Formel wird benutzt:

$$R(T) = a + b * \exp(g(T-T_n)^n)$$

mit den Konstanten a, b, g, n, und T_n aus Tabelle 5.

Auf analoge Weise wurden die Beziehungen zwischen den 100 Variationen von ww (0, 1, 2, ..., 99) und den gleichzeitig beobachteten Niederschlagsmengen RR untersucht:

$$R(T) = R_0 + R_1 e^{\alpha(T-T_1)} + R_2 e^{\beta(T-T_2)}$$

mit den Konstanten α , β , R_0 , R_1 , R_2 , T_1 und T_2 aus

Tabelle 6.

Abbildung 17 zeigt beispielhaft die Zusammenhänge für ww=70 (leichter Schneefall mit Unterbrechung), 72 (mäßiger Schneefall mit Unterbrechung) und 73 (mäßiger Schneefall ohne Unterbrechung).

Für das WZN sollen diese Untersuchungen mit den in den Archiven lagernden SYNOP-Meldungen von 20-25 Beobachtungsjahren, differenziert nach Klimazonen, Topographie usw. durchgeführt werden.

7.2 Klimatologische Datensätze, Klimaatlantien, Topographische Datenbank

Eine Möglichkeit zur Datenverdichtung ist die Erarbeitung mittlerer klimatologischer Beziehungen zwischen Niederschlag und Topographie, so daß mit Hilfe einer abgeleiteten Höhenabhängigkeit des Niederschlags bei nur wenig aktuell vorhandenen Stationen größere Regionen abgedeckt werden können. Im Deutschen Wetterdienst ist eine weltweite topographische Datenbank im 10'- Raster vorhanden. Die Erfahrungen mit Datenbanken in der Bundesrepublik haben jedoch gezeigt, daß solche Datenbanken einer sorgfältigen Prüfung unterzogen werden müssen.

Im Rahmen des WZN-Projektes sind daher, neben der Prüfung der topographischen Datenbank zur Charakterisierung des Niederschlagsgeschehens aus den klimatologischen Daten, zusammen mit der Topographie, regionale Niederschlagstypen zu entwickeln und bei Lücken anzuwenden. Allerdings besitzen eine Reihe heute bestehender Stationen keine langen Meßreihen. Hier können bereits erarbeitete Klimaatlantien (z.B. WMO/UNESCO 1970, 1975, 1978, 1979, 1981; JÄGER, 1976) eine Hilfe sein. Aber auch hier muß die Einschränkung gemacht werden, daß das zugrunde liegende Datenmaterial heterogen ist (d.h., daß es aus verschiedenen Zeiträumen stammt und die Reihen in sich inhomogen sind) und der verfügbare Kartenmaßstab für monatliche Verteilungen zum Teil nicht ausreichend ist.

Außerdem ist es erforderlich, Häufigkeitsverteilungen und Extremwerte zusammenzustellen, um daraus Prüfkriterien für die aktuellen Datensätze ableiten zu können.

7.3 Satellitendaten

Die Analyse von Satellitenbeobachtungen ergibt ein wertvolles Hilfsmittel - insbesondere bei der Erfassung konvektiver Niederschläge - zur Auffüllung der Lücken auch über Landflächen. Von Satelliten gemachte Beobachtungen werden seit mehr als 20 Jahren für Niederschlagsschätzungen in verschiedenen Raum- und Zeitskalen verwendet und in den letzten Jahren hat man damit begonnen, geeignete Skalen für globale Klimastudien zu verwenden.

7.3.1 Bestimmung der Niederschlagsrate aus IR-Satellitenbildern

Die Intensität von konvektivem Niederschlag steht in Zusammenhang mit der Wolkenmächtigkeit und der Höhe der Obergrenze bzw. deren Temperatur. Die beobachtete Niederschlagsrate steigt mit abnehmender Temperatur an der Wolkenobergrenze und mit zunehmender Ausdehnung von Gebieten mit niedriger Oberflächentemperatur der Wolken.

Betrachtet man einzelne Gebiete, die deutlich größer als die konvektive Skala sind, so läßt sich ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen der Niederschlagsrate und der Ausdehnung der Region mit kalter Wolkenobergrenze feststellen (RICHARDS und ARKIN, 1981).

Diese Abhängigkeiten sind die Grundlage der Algorithmen zur Abschätzung der Niederschlagsrate aus Satellitenbildern, sowohl für konvektive (GRIFFITH et al., 1981; NEGRI et al, 1984; ADLER et al 1985) als auch für die mit außertropischen Zyklonen verbundenen Niederschläge (LILJAS, 1982; NEIL, 1984; DELBEATO und BARRELL, 1985).

Grundvoraussetzung des Verfahrens ist die Vorgabe eines Kriteriums, ob aus einer Wolke Regen fällt oder nicht. I.a. wird als solche Bedingung das Überschreiten eines Schwellenwertes der Temperatur der Wolkenobergrenze verwendet.

ARKIN (1979) vergleicht den über das *GATE-B* Gebiet (Hexagon mit ca $2,5^\circ * 2,5^\circ$) über 6 Stunden aufsummierten mittleren Niederschlag mit der mittleren Wolkenbedeckung oberhalb verschiedener Schwellenwerte (mit Daten aus Infrarot-Aufnahmen eines geostationären Satelliten) für alle 3 Phasen des Experimentes (Abb. 18). Er fand hohe Korrelation für Schwellenwerttemperaturen zwischen 250 K und 225 K.

Seit Dezember 1981 werden Histogramme der Infraroten-Schwarzkörper-Helligkeitstemperatur für 8 Termine am Tag (00 UTC, 03 UTC, ..., 21 UTC) für $2,5^\circ * 2,5^\circ$ große Gebiete von den beiden amerikanischen geostationären Satelliten *GEOS-W* und *GEOS-E* aufbereitet. Dies wurde bis heute fortgesetzt, auch wenn zeitweise nur ein Satellit zur Verfügung stand.

Die Auswertung der ersten 3 Jahre (Abb. 19) ergab, daß die jährlichen, die zweijährigen und die interannuellen Variationen des tropischen und subtropischen Niederschlages gut wiedergegeben werden (ARKIN und MEISNER, 1987; MEISNER und ARKIN, 1987). 5-jährige Mittelwerte und Anomalien innerhalb eines 5-jährigen Zeitraumes zeigen die Haupteigenschaften der mittleren Niederschlagsverteilung, einschließlich des südhemisphärischen Sommermaximums über Südamerika, der Innertropische Konvergenzzone sowie der großen Variationen, die mit der Warmperiode des EL Niño/Südliche Oszillations-Ereignisses 1982/83 verbunden waren.

Vergleichsstudien mit gemessenen Regenraten ergeben eine systematische Überschätzung des Niederschlages gegenüber den Bodenmessungen, die in Abhängigkeit von der Stärke des Niederschlages und des verwendeten Schätzverfahrens zwischen 18% und 450% liegen (NEGRI und ADLER, 1984)!

Durch die gute Auflösung der Satellitendaten im infraroten Spektralbereich werden mesoskalige horizontale Strukturen gut erfaßt, die Absolutwerte der Feuchte sind aber unsicher. Auch die Wiedergabe der Felder des Flüssigwassergehaltes und der Regenrate ist so gut, daß die horizontale Struktur der frontalen Bewölkungssysteme (Bandenstruktur) sichtbar ist. Wegen der großen Fehlerbreite sind diese Daten aber bisher nur als qualitativ abgeschätzte Werte zu interpretieren.

7.3.2 Bestimmung der Niederschlagsrate aus Mikrowellenmessungen

Die quantitative Berechnung des Niederschlagswassergehaltes oder der Niederschlagsrate aus Satellitenbildern basiert auf der Strahlungsübertragungsgleichung, wobei die Helligkeitstemperatur und Transmission in Abhängigkeit von u.a. den Wasservariablen anhand eines Strahlungsmodelles ermittelt werden muß. LOVEJOY und AUSTIN (1980) geben für Messungen im 12 Stunden Abstand für eine Fläche von ca 10.000 km² einen Fehler der Niederschlagsrate von ca 90% an.

Die Bestimmung von Niederschlag über Land ist mit dem zusätzlichen Problem eines hohen, sehr variablen Bodenemissionsvermögens belastet, wobei die Schwankungsbreite des Bodenbeitrages zur Helligkeitstemperatur den Einfluß des Niederschlages übertrifft (RAO, 1980).

Eine quantitative Überprüfung der Resultate ist sehr schwierig, weil Bodenbeobachtungen der Niederschlagsrate stets Punktmessungen über einen längeren Zeitraum sind, im Gegensatz zum Flächenmittel der Satellitenbeobachtung für einen bestimmten Zeitpunkt. Die Aufbereitungsverfahren für die Mikrowellenmessungen befinden sich noch im Teststadium.

Wegen der großen Fehlerbreite sollte die Aussagekraft der aus Satellitendaten abgeleiteten Niederschlagshöhe über Landflächen nicht überschätzt werden, zumal die Probleme bei Messungen über Land schwerwiegend sind.

Ein wichtiger Punkt des GPCP ist die Interpretation der Beobachtung aller geostationärer Satelliten (Abb.20) und die Erstellung von 5-Tages- und Monatsschätzungen der Niederschlagssummen für die gesamte Tropenzone über einen 10-jährigen Zeitabschnitt.

Das Europäische Meteorologische Satellitenzentrum (EUMETSAT) hat zugestimmt, Infrarot-Histogramme von METEOSAT zu liefern, ebenso das Japanische Meteorologische Büro für GMS und die NOAA in den USA für GOES-E und GOES-W.

Obwohl der Indische Meteorologische Dienst die technischen Möglichkeiten zur Erzeugung von Infrarot-Histogrammen aus INSAT-Daten hat, war es dem WMO-Sekretariat nicht möglich, eine sichere Zusage zu erhalten. Daher müssen Alternativen gefunden werden, wie man Niederschlagsschätzungen über dem tropischen Indischen Ozean erhalten kann.

Zusätzlich zur Lieferung von GOES-Histogrammen haben sich die USA bereit erklärt, die Histogramme aller beteiligten geostationären Satelliten zu sammeln und einen projekangepassten Algorithmus zu entwickeln, der monatliche Niederschlagsschätzungen von 40°N - 40°S erzeugt. Zu Beginn soll der von ARKIN entwickelte "GOES-Niederschlagsindexalgorithmus" verwendet werden.

7.3.3 Bestimmung der Niederschlagsrate aus Seespiegelschwankungen

Für die besonders kritischen Zonen, in denen keine Niederschlagsmessungen vorliegen, wie z.B. in vielen ariden und semiariden Gebieten könnten die abflußlosen Seen, die von Natur aus sehr flach sind, eine wichtige Hilfe für die Niederschlagsabschätzung sein. Niederschlag erhöht die Ausweitung der Seeflächen, die vom Satelliten aus beobachtbar sind. Inwieweit sich die Beziehung zwischen Niederschlag und Ausweitung quantifizieren lassen, muß erst noch untersucht werden. Ein Mitarbeiter von Herrn Prof. Keller arbeitet in den USA derzeit an diesem Problem. Diese Ergebnisse sollen ebenfalls in das WZN eingebracht werden.

7.4 Numerische Modellergebnisse

Eine weitere Möglichkeit, Zusatzinformationen in die Untersuchungen einzubeziehen, ist die Nutzung und Weiterentwicklung der Ergebnisse der numerischen Wettervorhersage. Die möglichen Modellprodukte, sowie die dabei zu beachtenden Fehler, müssen in enger Kooperation mit den Modellierern erarbeitet werden. Globale und zeitliche Mittelwerte der Verdunstung und des Niederschlags müssen sich in der Atmosphäre die Waage halten. Für größere Vorhersagezeiträume scheint ein solches Gleichgewicht vom Modell des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) angestrebt zu werden (Abb. 21). Im Kurzfristvorhersagebereich sind die Berechnungen jedoch sehr unausgeglichen, weil Unverträglichkeiten zwischen den Analysen und dem Modell bestehen (spin up). Die Wahl des Vorhersagezeitraumes übt somit einen großen Einfluß auf die Abschätzung des Niederschlages aus.

Diese anfängliche Unausgeglichenheit hängt hauptsächlich mit dem konvektiven Niederschlag in den Tropen, besonders südlich des Äquators zusammen. Sie führt in den Vorhersagen bis zum dritten Tag zu einer Austrocknung der tropischen Troposphäre. Um die Güte der mittleren Kurzfristvorhersagen zu überprüfen, besitzt das *ECMWF* zur Zeit - als einzige leicht verfügbare Datenquelle in den Tropen - Abschätzungen des Niederschlages aufgrund von Satellitenmessungen der von der Wolkenobergrenze emittierten langwelligen Strahlung (*OLR*). In Abbildung 22 und 23 werden solche Abschätzungen aus der *OLR* für Januar 1986 und Januar 1987 mit den Vorhersagedaten für den Tag 0 bis 1 und 1 bis 2 verglichen. Wegen Unsicherheiten bei der Abschätzung aus *OLR*-Messungen sollten Gebiete nördlich von 20° N und südlich von 30° S unberücksichtigt bleiben.

Gemeinsamkeiten zwischen diesen Abschätzungen und den entsprechenden Modelldaten sind offensichtlich, aber nur eine qualitative Beschreibung zulässig, da auch die *OLR*-Abschätzungen ungenau sind. Die Variabilität von Jahr zu Jahr wird von beiden Datensätzen ähnlich wiedergegeben: Januar 1987 fällt in eine El Niño Episode und weist den stärksten tropischen Niederschlag bei 180° auf, während Januar 1986 nicht von El Niño beeinflusst wurde und deshalb den Hauptniederschlag über Indonesien aufweist. Die Entscheidung, welche der beiden gezeigten Vorhersageschritte (Tag 0 und Tag 1) der Abschätzung aus *OLR* Daten am nächsten kommt, bedarf weiterer Untersuchungen. Mehrere Aspekte sprechen für den kürzeren Vorhersagezeitraum und dies stimmt auch mit der Vorstellung überein, daß Modelldaten, die unmittelbar mit Analysen gekoppelt sind, der Wahrheit am nächsten kommen sollten. Wegen des spin ups sind dieser Vorstellung jedoch Schranken gesetzt.

Die Güte der Niederschlagsvorhersagen in mittleren Breiten wird mittels SYNOP-Meldungen verifiziert. In Abbildung 24 und 25 werden die Monatsmittel für Januar und August aus den Beobachtungen mit den Werten des Vorhersagebereiches 0-1 Tage verglichen. Dazu werden alle Beobachtungsdaten, die zu einem Gitterpunkt von der Größe $2,25^\circ \times 2,23^\circ$ gehören, gemittelt und als Zahlenwert in der oberen Darstellung wiedergegeben. Gitterpunkte ohne Beobachtungsdaten sind durch Sterne gekennzeichnet. In der mittleren Darstellung sind die entsprechenden Werte der Vorhersage, die sich aus dem Mittel über 4 Modellgitterpunkte ergeben, wiedergegeben und unten ist der Unterschied zwischen beiden Datensätzen dargestellt.

Wie schon in den Tropen findet man auch hier Ähnlichkeiten zwischen der Niederschlagsverteilung in der Kurzfristvorhersage und der Abschätzung aus Beobachtungsdaten, z.B. verstärkter Niederschlag entlang des skandinavischen Gebirges, über dem nördlichen Mittelmeer und den Alpen, während die Ostsee mit geringerem Niederschlag charakterisiert wird. Man erkennt auch große Fehler, Werte von 1-2 mm pro Tag sind in der unteren Darstellung weit verbreitet. Im Mittelmeerbereich treten besonders große Fehler auf. Systematisch an der Fehlerverteilung ist, daß auf der windzugewandten Seite der Hauptgebirge im Modell zu viel und im Lee zu wenig Niederschlag vorhergesagt wird. Im August 1987 (Abb. 25) zeigt sich eine überwiegende Unterschätzung des Niederschlags durch das Modell, besonders über Großbritannien. Die Fehler im Mittelmeerraum sind im August wesentlich kleiner als im Januar. Dies hängt mit den sehr geringen Niederschlägen im August zusammen. Die Dipolstruktur mit zu viel Niederschlag westlich des Alpenzentrums und zu wenig östlich davon spiegelt die gleiche Systematik wie im Januar wieder. In den Abbildungen 26 - 29 werden die Zeitreihen des beobachteten und des vorhergesagten Niederschlages für

einzelne Modellgitterflächen ($1,125^{\circ} \times 1,1213^{\circ}$) wiedergegeben, um die Fehler der Modelle im Monatsmittel zu analysieren. Abbildung 26 zeigt den Niederschlag im Januar 1987 für den Gitterpunkt *Berlin*. In der oberen Abbildung werden die mittleren Beobachtungswerte mit den Vorhersagedaten verglichen, die untere zeigt den Verlauf an 5 Stationen innerhalb dieser Gitterfläche und deren Mittelwert.

Das Auftreten von Niederschlägen wird im Modell gut wiedergegeben, jedoch ergeben sich Abweichungen in der Intensität an mehreren Terminen. Die Entscheidung, ob es sich hier um systematische Fehler bei verschiedenen synoptischen Situationen handelt, bedarf einer eingehenden Studie. In Abbildung 27 ist der Niederschlagsverlauf für einen Punkt in der *südlichen Schweiz* dargestellt. Dieser Gitterpunkt ist extrem sowohl bezüglich der Anzahl der Beobachtungen, als auch bezüglich der Orographie. Der Gebirgseinfluß zeigt sich in der großen Schwankung von Station zu Station. Das Modell gibt auch hier die täglichen Schwankungen zwischen viel und wenig Niederschlag wieder, die Intensität wird jedoch durchweg unterschätzt.

Die Abbildungen 28 und 29 zeigen Niederschlagszeitreihen für den August 1987 für die Gitterpunkte *Berlin* und *südliche Schweiz*. Die Vorhersagegüte ist im Vergleich zum Januar geringer, aber auch die Variabilität bei den Beobachtungen innerhalb einer Gitterfläche ist erhöht, was auf den schwerer vorherzusagenden konvektiven Niederschlag hindeutet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das *ECMWF* -Modell eine Imbalance zwischen Verdunstung und Niederschlag am Anfang der Vorhersage aufweist, die alleine schon eine direkte Nutzung von Modelldaten für die Erstellung von Niederschlagsmonatsmitteln ausschließt. Besonders betroffen davon sind die Tropen. Auf der anderen Seite ist das Modell in den Kurzfristvorhersagen durchaus in der Lage, räumliche

und zeitliche Variationen des Niederschlages für verschiedene Skalen realistisch wiederzugeben. (MOLTENI und TIBALDI, 1985) Das gilt sowohl für die Tropen, als auch für die mittleren Breiten. Systematische Abweichungen zwischen Beobachtungen und Vorhersagen aus den bisher untersuchten Daten sind erkennbar, besonders im Zusammenhang mit Gebirgen. Große Fehler im Monatsmittel scheinen häufig mit einzelnen Zyklonenentwicklungen zusammenzuhängen, die bereits in der Kurzfristvorhersage vom Modell nicht richtig erfasst werden. Der Vergleich zwischen den beiden untersuchten Monaten läßt eine Jahreszeitenabhängigkeit der Vorhersagegüte für mittlere Breiten erkennen.

Die Modellergebnisse können wertvolle Informationen für die Erstellung der Monatsniederschlagsmittelwerte geben, sie sollten jedoch nur im Zusammenhang mit anderen Daten benutzt werden. Durch eine nachträgliche Berücksichtigung der bekannten systematischen Fehler der Modelle mit Hilfe der statistischen Modellinterpretation kann möglicherweise eine weitere Verbesserung erzielt werden. Auch dies stellt einen Schwerpunkt im geplanten WZN Projekt dar.

7.5 Abflußdaten

Der Wasserhaushalt einer Fläche an der Erdoberfläche oder eines Volumens der Atmosphäre bzw. des Erdbodens wird von quantitativen Wasserumsätzen bestimmt. Der Saldo der Wasserzu- und -abflüsse bildet zusammen mit den Speicheränderungen die Wasserbilanz. Die Wasserbilanz ist ein Ausdruck für die Massenerhaltung des Mediums Wasser. Die Hauptterme für die Wasserumsätze sind die Niederschlagshöhe, die Abflußhöhe, die Verdunstungshöhe und die Speicherhöhe von Wasser, z.B. als Oberflächen-, Boden-, Grundwasser oder Gletschereis.

Im Wasserhaushalt über Landflächen ist die Niederschlagshöhe die treibende Kraft der Wasserumsätze. Abfluß und Verdunstung sind abhängige Variablen; im Langzeitmittel wird die Speicherhöhe von Wasser vernachlässigt. Die Bedingung der Hauptbilanz ist die Gleichheit von Niederschlag mit Verdunstung und Wasserabfluß. Der Wasserabfluß setzt sich aus dem Oberflächenwasser und dem Grundwasserstrom zusammen. Der Betrag des Wasserabflusses ist eine Schlüsselgröße für die Kontrolle der Wasserbilanzen; er ist z.B. bei BAUMGARTNER und REICHEL (1975) $40 \times 10^3 \text{ km}^3$, bei KURZUNOV (1978) $47 \times 10^3 \text{ km}^3$.

Kenntnisse des Wasserdurchflusses an verschiedenen Orten im Flußgebiet werden als Basisinformation für alle Arten hydrologischer Forschung und Anwendung benötigt. Für Anwendungen werden normalerweise Langzeitmessungen des Abflusses mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung gefordert. Sie sind deshalb in einer geographischen Region meist auf bestimmte Flußgebiete beschränkt.

Die Klimaforschung braucht aber zur Schließung des Grundwasserhaushaltes monatliche Abflußinformationen auf kontinentaler Basis, mit einer räumlichen Auflösung von $200\text{km} \times 200\text{km}$. Zusammen mit den globalen Niederschlagsdaten sollen die globalen Abflußdaten diagnostische und prognostische Modellierung des hydrologischen Kreislaufes unterstützen, Vergleiche der vorhandenen Wasservorräte im Zusammenhang mit klimatologischen Ereignissen ermöglichen und für Abschätzungen zukünftiger klimatologischer Trends unter Berücksichtigung der globalen Wasserbilanz dienen.

Der Plan zur Sammlung von Abflußdaten in Form von Durchflußmessungen in ausgesuchten Flußgebieten wurde vorbereitet für das "Erste Experiment im globalen Programm zur Erforschung der Atmosphäre (FGGE)" für die Jahre 1978 bis 1980.

Die Planung und aktuelle Sammlung der Daten wird von der WMO, Abteilung für Hydrologie und Wasserressourcen, betrieben.

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Wasserabfluß von den Landoberflächen der Erde" wurden von der WMO aus ca. 1200 Einzugsgebieten in 70 Ländern die täglichen Abflußwerte zur Verfügung gestellt. Der Datensatz umfaßt die täglichen Abflußwerte für den Zeitraum 1978 bis 1980. Die Weltdatenbank für Abflußwerte wurde bereits am Lehrstuhl für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie der Universität München errichtet. Die Sammlung der Abflußdaten für die Folgejahre wird bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz fortgesetzt. Dort liegen die Daten erst vereinzelt bis 1984 vor (Stand Ende 1987). Die Einbeziehung monatlicher Abflußdaten als Hinweis auf gefallene Niederschläge zur Ergänzung räumlicher Lücken soll ebenfalls überprüft werden.

Eine Hauptaufgabe der Zentren für Niederschlagsklimatologie (WZN) und für den Wasserabfluß von den Landoberflächen der Erde ist eine Intensivierung des Datenaustausches mit allen Ländern. Mit dem bisher zur Verfügung stehenden Material läßt sich der angestrebte Wasserabfluß von den Landoberflächen der Erde im Raster $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ nicht abschätzen.

In Abbildung 30 sind die Länder wiedergegeben, die in den Jahren 1978, 1979 und 1980 Daten zur Verfügung gestellt haben. Die regionale Verteilung der Stationen ist sehr unregelmäßig.

Der überwiegende Teil der meldenden Abflußpegel ist in sehr kleinen Einzugsgebieten (zwischen 1.000 und 3.000 km²) und in bergigem Gelände angesiedelt. Es gibt z.B. viele Daten von der West- und Ostküste der Vereinigten Staaten von Amerika, aber nur wenige aus dem Zentrum und überhaupt keine aus China.

Zum anderen reichen Zeitreihen von 3 oder 6 Beobachtungsjahren für Bilanzstudien nicht aus. Hierfür sind 10 Jahre oder mehr notwendig (Tab.7). Das Material ist aber nützlich, um mit statistischen Verfahren - wie z.B. Mehrkanal-Filtermodellen - Gebietsniederschläge für einzelne Testgebiete zu generieren. Besonders in den gebirgigen Regionen, wo die Flächenniederschläge selten durch ausreichende Stationsbelegung abgedeckt sind, könnte die rekursive Niederschlagsberechnung mit Hilfe der Abflußdaten hilfreich sein. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz hat auf diesem Gebiet bereits Erfahrungen sammeln können und wird in Zusammenarbeit mit dem WZN die Verfahren weiterentwickeln. Das grundsätzliche Problem für die Transformierung der Abflußwerte in Gitterpunktwerte besteht in den unterschiedlichen Bezugssystemen der Klimatologie und Hydrologie:

- Gitterflächen in der Klimatologie und
- Einzugsgebiete in der Hydrologie.

Ein Ansatz zur Ermittlung von Übertragungsfunktionen sieht vereinfacht folgendermaßen aus:

- a) Durchführung einer Regionalisierung.
Hierbei werden Einzugsgebiete, die etwa dem gleichen Abflußmuster folgen, zu einer Raumeinheit zusammengefaßt.
- b) Quantifizierung der Einflußfaktoren.
Hier werden die die Abflußstruktur bestimmenden Faktoren wie Niederschlag, Topographie, Geländeparameter etc. hinsichtlich ihrer abflußsteuernden Funktion bestimmt.
- c) Bestimmung von flächendeckenden Abflußwerten.
Zur Durchführung dieses Schrittes müssen die als entscheidend für das Abflußgeschehen ermittelten Parameter für Gebiete ohne gegebene Abflußwerte bestimmt werden.

Damit kann anhand der ermittelten Beziehungen eine Übertragung der Abflußwerte zu Gitterpunktwerten durchgeführt werden. Eine Überprüfung dieses Verfahrens kann anhand der monatlichen Abflußwerte großer Einzugsgebiete, wie sie seit einigen Jahren von der UNESCO vorliegen, durchgeführt werden. Es ist von fundamentaler Bedeutung, die beiden Datenbanken (Niederschlag und Abfluß) zur Bearbeitung der verwendeten Datenbanksysteme aufeinander abzustimmen. Es wird nicht möglich sein, von exakt denselben Pegelmeßstellen bzw. von Meßstellen innerhalb der Einzugsgebiete von denen die Abflußwerte vorliegen, Niederschlagsdaten zu erhalten. Es müssen Verfahren zu den herkömmlichen Methoden (Quadrantenmethode, Charakteristikenmethode (abhängig von der Zeitreihe)) entwickelt werden, um den Gebietsniederschlag für die Einzugsgebiete berechnen zu können. Besonders in orographisch stark gegliedertem Gelände, das sich gerade durch kleinräumig stark differenzierte Parameteränderungen bezüglich des Wasserhaushaltes auszeichnet, sind erhebliche Schwierigkeiten bei der Verwendung von herkömmlichen Methoden zu erwarten.

Im WZN Projekt sollen u.a. auch die veröffentlichten klimatologischen monatlichen Wasserbilanzen (z.B. UNESCO, 1978) digitalisiert werden und als Hintergrundinformation für die Aneicherung der Gebietsniederschläge in datenarmen Gebieten herangezogen werden. Es ist zu prüfen, in welchen Gegenden das Verfahren anwendbar ist und in welchen nicht.

8. GEBIETSMITTEL

Zur Lösung des Problemkreises der Übertragung punktförmiger Meßergebnisse auf die Fläche wurden seit etwa 1900 zahlreiche Berechnungsverfahren entwickelt. Bei der Bildung von Gebietsmittelwerten des Niederschlages wird nach subjektiven Methoden, die von der persönlichen Auffassung und Erfahrung des Bearbeiters abhängen, und nach objektiven Methoden, die auf rein mathematischen bzw. maschinellen Bestimmungen basieren, unterschieden.

Zu den subjektiven Methoden zählen:

- die Flächenzuordnung mit Hilfe repräsentativer Stationenm,
- die Isohyeten-Methode,
(eine sehr genaue Methode, die aber einen großen manuellen Aufwand erfordert).

Zu den objektiven Methoden gehören u. a.:

- die arithmetische Mittelung,
(jeder Station wird der gleiche Einfluß zugebilligt),
- die Polygon-Methode,
(ist durch Flächenwichtung in der Lage, auch sehr ungleichmäßig verteilte Stationskonfigurationen zu erfassen; orographische Einflüsse können durch die Einführung von Relativwerten, d.h. Verhältnis des aktuellen Monatswertes zum vieljährigen Mittel berücksichtigt werden),
- die Dreieck-Methode,
(flächengewichtetes Verfahren, das gut geeignet ist, wenn Stationen im Randbereich des betrachteten Gebietes liegen; orographische Einflüsse lassen sich nicht einbeziehen),

- Zwei-Achsen-Methode,
(die Ermittlung der Stationseinflüsse erfolgt mit einer Winkelgewichtung),
- Kriging-Methode,
(ein statistisches Verfahren, das mit Hilfe von Variogrammen die Stationswichtung so optimiert, daß die Fehlervarianz ein Minimum erreicht),
- die Rasterpunkt-Methode,
(die Niederschlagshöhen werden an den Rasterpunkten des orthogonalen Rasternetzes bestimmt),
- die mathematischen Verfahren,
(mit einer vorgegebenen Funktion $h=h(x,y)$ werden die Niederschlagshöhen h' an den Meßstellen (x'/y') möglichst genau angenähert. Angesetzt werden z.B. multiple Regression, bikubische Splinefunktion, Polynome, Fourier-Ansätze und Finite-Elemente-Methoden).

Für eine Gebietsniederschlagsberechnung auf globaler Basis sind die rein rechnerischen Verfahren (Übersicht bei GIESECKE, SCHMITT und MEYER, 1983) aufgrund der gegebenen Datensituation ungeeignet. Voraussichtlich kommt nur die Rasterpunkt-Methode (MENDEL, 1977; DEISENHOFER et al, 1982), bzw. das Gitterpunktsverfahren in Frage. Grundlage hierfür ist eine sorgfältige Isohyetenanalyse. Es bietet sich zunächst folgende Vorgehensweise an:

Mit Hilfe des eingegangenen korrigierten Datenmaterials wird - wie bereits für die Erstellung des Berichtes "Witterung in Übersee" für Landflächen bislang praktiziert - eine subjektiv erarbeitete Isohyetendarstellung erzeugt (Voranalyse).

Diese manuell erstellte Isohyetenanalyse hat den Vorteil, daß die klimatologischen Erfahrungen über das Verhalten des Niederschlagsgeschehens - z.B. an Küsten und Gebirgszügen - in die Analyse einfließen können und daher ein grobmaschiges Meßnetz durch empirische Erfahrungswerte verfeinert werden kann. In datenarmen und in einem Teil der ariden und polaren Bereiche werden voraussichtlich wegen fehlender Informationen einige Felder offen bleiben müssen.

Für die objektivierte und räumlich verdichtete Endanalyse der monatlichen Niederschlagsverteilung wird vom DWD ein interaktives graphisches System angeschafft. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind dann folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Digitalisierung der subjektiv erarbeiteten Voranalyse.
- Abgleich und Überprüfung der Messungen anhand der klimatologischen Unterlagen (Mittelwerte, Extremwerte, prozentuale Abweichungen).
- Ergänzung der Lücken durch entwickelte charakteristische Niederschlagstypen (Jahresgang) in den verschiedenen Klimaregionen anhand des klimatologischen Grundlagenmaterials.
- Auffüllen der Monatswerte in datenarmen Gebieten anhand von entwickelten Beziehungen die den Zusammenhang von Niederschlag und Topographie im vieljährigen Mittel beschreiben.
- Ergänzen der leeren Niederschlagsflächen mit Hilfe der aus Satellitendaten, Numerischen Modellen und Abflußdaten abgeleiteten Gebietsmittel.

Die reizvollste Aufgabe und zugleich das größte Problem für das WZN wird die Zusammenführung der Beobachtungen und Schätzungen aus den vielen unterschiedlichen Quellen zu einer bestmöglichen Analyse der monatlichen Niederschlagssummen auf globaler Basis, d.h. über den Land- und den Ozeanflächen sein.

Schlußfolgerungen

Bei zukünftigen Klimaänderungen resultieren die Impactprobleme vor allem aus der Änderung des Niederschlagregimes. Im Rahmen des Weltklimaforschungsprogrammes (WCRP) soll daher ein Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie (WZN) eingerichtet werden und die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hat den Deutschen Wetterdienst (DWD) gebeten, diese Aufgabe zu übernehmen. Dieses Zentrum soll folgendes leisten:

Für die Jahre 1986 - 1995 soll für jeden einzelnen Monat global ein $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ Raster für Gebietsmittel des Niederschlags entsprechend den Genauigkeitsanforderungen der WMO (1 - 3 cm/mon) berechnet werden und nach jeweils 3 Monaten den Weltdatenzentren in Washington und Moskau sowie anderen Interessenten zur Verfügung gestellt werden. Die Gebietsniederschläge für Meeresoberflächen werden für die globalen Datensätze in den USA (NOAA/CAC) bearbeitet und vom WZN übernommen. Für die Landoberflächen werden die Daten vom WZN erarbeitet und mit den Satellitenauswertungen zu einem Weltdatensatz verknüpft.

Für die Landoberflächendaten ergab eine grobe Abschätzung, daß für etwa 50% der Landoberfläche die geforderten Gebietsmittel ohne allzu großen Forschungsaufwand aus den Bodenmessungen der nationalen Dienste abgeleitet werden können. Die andere Hälfte der Flächen (u.a. datenarme Gebiete, aride Gebiete, Gebiete in hohen Breiten und solche mit hohem Gebirgsanteil) erfordert nach Meinung der Teilnehmer des Arbeitstreffens gezielte Forschungsarbeit, um unter Verwendung von Satellitendaten (z.B. auch von EUMETSAT), SYNOP-

Daten und Klimadaten sowie unter Einbeziehung von Produkten anderer Weltzentren, Niederschlagswerte abzuleiten. Besonders wurde darauf hingewiesen, daß die derzeit bereits vorliegenden Erkenntnisse über systematische Fehler der Niederschlagsmessung es gestatten, die Messungen hinsichtlich dieser Fehler zu korrigieren und daß dies für diesen Datensatz auch geschehen soll.

Der DWD hat im Arbeitstreffen seine Eigenleistung einschließlich der Vorleistungen sowie seine für die 3-jährige Anlaufphase benötigten Personal- und Sachmittel (ca DM 2 Mio.) dargelegt und begründet.

Weiterhin wurde besonders herausgestellt, daß die vom WZN erzeugten Datensätze im Rahmen des nationalen Klimaforschungsprogrammes u.a. für die gerade in der Bundesrepublik Deutschland mit großem Forschungsaufwand entwickelten gekoppelten Ozean/Atmosphäre- Klimamodelle für die Verifikation des hydrologischen Zyklus und des Wasserkreislaufes dringend benötigt werden.

Es ist erkennbar, daß wissenschaftliche Detailprobleme im Zusammenhang mit dem WZN auch von anderen Institutionen (z.B. Hochschulen) aufgegriffen werden. Als solche Themen wurden konkret genannt:

- Verifizierung von Satellitenniederschlagsdaten über Land
- Statistische Parameter von Niederschlagsdatensätzen vor und nach der Korrektur der Meßwerte
- Schätzung monatlicher Gebietsniederschläge in Gebieten mit großem Schneeanteil
- Nutzung von Abflußdaten für die Schätzung aktueller Gebietsniederschläge.

Die Teilnehmer der Arbeitstagung befürworteten, das WZN beim DWD einzurichten und empfehlen dem BMFT, die zusätzlichen Kosten für die Anlaufphase, die einen erheblichen Forschungsanteil aufweist, zu bewilligen und einen alsbaldigen Beginn der Arbeiten zu ermöglichen. Bei dieser Empfehlung wurde das Votum des Sachverständigenkreises vom Juli 1986 ausdrücklich berücksichtigt. Für die gesamte Laufzeit - Initialisierungs- und Routinebetriebsphase - soll das Vorhaben von einer Gruppe von 5 Wissenschaftlern begleitet werden, wofür die Herren Kaneshige (WMO), Sevruck (WMO-Rapporteur), Graßl, Liebscher und Roth (ff) benannt wurden.

Quellenverzeichnis

ADLER, R.F. ; M.J.MARCUS and D.D.FENN, 1985

Detection of severe midwest thunderstorms using
geosynchronous satellite data

Mon. Wea. Rev. 113, 769-781

ARKIN, P.A., 1979

The relationship between fractional coverage of high cloud
and rainfall accumulations during GATE over the B-scale
array.

Mon. Wea. Rev. 115, 1382-1387

ARKIN, P.A. and MEISNER, B.N., 1987

The relationship between convective rainfall and cold cloud
over the Western Hemisphere during 1982-84.

Mon. Wea. Rev. 115, 51-74

BAUMGARTNER, A. und E.REICHEL, 1975

Die Weltwasserbilanz.

Oldenbourg, München und Wien Verlag

Gidrometeoizdat, Leningrad 1978

DEISENHOFER, H.E., KUMM H. und WOLLKOPF H., 1982

Berechnung von monatlichen Gebietsniederschlagshöhen mit dem
Sammelgebietsverfahren.

Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. Main

DELBEATU, R. and S.L.BARREL, 1985

Rain estimation in extratropical cyclones using GMS imagery.

Mon. Wea. Rev. 113, 747-755

GIESECKE, J.; P.SCHMITT und H.MEYER, 1983

Vergleich von Rechenmethoden für Gebietsniederschläge

Wasserwirtschaft 73, 1

GOLUBEV, V.S., 1960

Niederschlagsmessungen mit verschiedenen Niederschlagsmessern.

Trudy GGI (Staatliches Hydrologisches Institut, Leningrad) No.81,1-17

GOLUBEV, V.S., 1986

Random and systematic errors of precipitation measurements by network instruments.

In: B.Sevruk(Ed): Corrections of precipitation measurements, Zürcher Geogr. Schriften
ETH Zürich, 23, 131-140

GOODISON, B.E. and P.Y.T.LOUIE, 1986

Canadian methods for precipitation measurement and correction.

In B.Sevruk(Ed): Correction of precipitation measurements. Zürcher Geogr. Schriften, 23,141-145

GRIFFITH, C.G.; J.A.AUGUSTINE and W.L.WOODLEY, 1981

Satellite rain estimation in the US high plains.

J.Appl.Meteor. 20, 53-66

HOUVILA, S.E.; E.ELOMAA; K.LEMINEN; B.TAMMELIN and A.TUOMINEN, 1987

Comparison of snow gauges used in Nordic countries.

Contribution of Finland to WMO solid precipitation measurement intercomparison, Part I. System description, Finish Meteorological Institute, Helsinki, 50s.

JÄGER, L., 1976

Monatskarten des Niederschlags für die ganze Erde

Berichte des DWD Offenbach 18, 139

KORZUNOV, 1978

World Weather Balance and Water Resources of the Earth
UNESCO Paris

LILJAS, E., 1982

Automated techniques for the analysis of satellite cloud imagery.

In Browning, L.A. (Ed): Nowcasting London Academic Press Inc. Ld., 167-176

LOVEJOY, S. and G.L.AUSTIN, 1980

The estimation of rain from satellite borne microwave radiometers.

Quart. J. Roy. Met. Soc., 106, 255-276

MEISNER, B.N. and ARKIN, P.A., 1987

Spatial and annual variations in the diurnal cycle of large-scale tropical convective cloudiness and precipitation.

Mon. Wea. Rev. 115, 2009-2032

MENDEL, H.G., 1977

Die Berechnung von Gebietsniederschlägen.

Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 21

MOLTENI, F. and S.TIBALDI, 1985

Climatology and systematic Error of Rainfall Forecasts at ECMWF. ECMWF Tech. Report No. 51

NEGRI, A.J. and R.F.ADLER, 1984

A new technique to infer convective rainfall from satellite infrared cloud observations.

Proceed. Conf. Satellite/ Remote sensing and Applications Clearwater Beach, Fla, 25-29 June 1984

Publ. Amer. Meteor. Soc., Boston, Mass., 58-63

NEGRI, A.J.; R.F.ADLER and P.J.WETZEL, 1984

Rain estimation from satellite: An examination of the Griffith-Woodley technique.

J. Clim. Appl. Meteor., 23, 102-116

NEIL, L.K., 1984

Estimating precipitation areas over the eastern pacific
using GOES satellite imagery.
Proceed. Conf. Satellite/ Remote Sensing and Applications
Clearwater Beach, Fla, 25-29 June, 1984
Publ. Amer. Meteor. Soc., Boston, Mass., 121-126

PONCELET, L., 1959

Sur le comportement des pluviometres
Inst. Meteorl. Belg. Publ. Ser. A, No 10, 3-58

RAO, U.S.V., 1984

Retrieval of world wide precipitation and allied parameters
from satellite microvave observations.
Adv. Geophys., 26, 257-336

RICHARD, F. and P. ARKIN, 1981

On the relationship between observed cloud cover and
precipitation.
Mon. Wea. Rev., 109, 1081-1093

RODDA, J.C., 1973

Annotated bibliography on precipitation measurement
instruments.
World Meteorological Organisation, WMO No. 343, 278p, Genf

SEVRUK, B., 1981

Methodische Untersuchungen der systematischen Meßfehler der
Hellmann - Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie
ETH Zürich, Mitt. 52, 296s

SEVRUK, B., 1982

Methods of correction for systematic error in point
precipitation measurement for operational use.
World Meteorological Organisation, WMO No. 589, 91p, Geneve

SEVRUK, B. (Ed), 1986 a

Correction of precipitation measurements. Proc. ETH/WMO/IAMS, International Workshop on the Correction of Precipitation Measurements. 1-3 April 1985, Zürich ETH
Zürcher geogr. Schriften, ETHZ, No.23, 289p

SEVRUK, B., 1986 b

Effect of wind and intensity of rain on the rain catch: International comparison of national precipitation ganges with a reference pit gange (Evaluation stations).
In: B. Sevruc (Ed): Proc., ETH/WMO/IAMS International Workshop on the Correction of Precipitation Measurements, 1-3 April, Zürich ETH, Zürcher Geogr. Schriften, ETHZ, 23, 251-256

STRUTZER, L.R., 1971

Probability analysis of rain gauge international comparison test results.
Trans. Voyeykov Main Geophy. Observ., 260, 77-94

UNESCO, 1978

World Weather Balance and Weather Resources of the Earth.
Unesco Ser.: Studies and Reports in Hydrologie,
No 25, 663p, Paris 1978

WMO, 1984

Scientific Plan for the World Climate Research Programme.
WCRP Publ. Ser. No.2, WMO/TD No.6

WMO, 1985

First Plan for the World Climate Research Programme.
WCRP Pub. Ser. No.5, WMO/TD No. 80

WMO/UNESCO, 1970

Climatic Atlas of Europe I
WMO/UNESCO Cartographic

WMO/UNESCO, 1975

Climatic Atlas of South America I

WMO/UNESCO Cartographics

WMO/UNESCO, 1978

Klimaatlas von Afrika Teil 2

Leningrad

WMO/UNESCO, 1979

Climatic Atlas of North and Central America I

WMO/UNESCO Cartographics

WMO/UNESCO, 1981

Climatic Atlas of Asia I

WMO/UNESCO/USSR/UNEP

Tabellen

- Tab. 1 : Regionale Verteilung der CLIMAT-Meldungen
- Tab. 2 : Verzeichnis der Länder mit den meistbenutzten Niederschlagsmesser-Typen
- Tab. 3 : Verzeichnis der Länder, in denen Windschutzringe verwendet werden
- Tab. 4 : Verzeichnis der Länder, in denen in den letzten 30 Jahren Änderungen in der Niederschlagsmeßmethode und -instrumentierung vorgenommen wurden
- Tab. 5 : Konstantenmatrix a, b, g, T_n, μ in Abhängigkeit vom vorhergehenden Wetter in den letzten 3 Stunden
- Tab. 6 : Konstantenmatrix $R_0, R_1, R_2, \alpha, \beta, T_1$ und T_2 in Abhängigkeit vom Wetter zum Beobachtungstermin
- Tab. 7 : Anforderungen der WMO an klimatologische Datensätze

Abbildungen

- Abb. 1 : Der globale Niederschlagsdatenfluß
- Abb. 2 : Globale Niederschlagsanomalien im März 1986
- Abb. 3 : Über das globale Telekommunikationsnetz im April 1984 verbreitete SYNOP-Meldung
- Abb. 4 : Über GTS über 12 Monate (April 1983 - April 1984) verbreitete vollständige SYNOP-Meldungen
- Abb. 5 : Entstehungsmechanismus des systematischen Niederschlagsmeßfehlers und die wichtigsten instrumentellen und klimatischen Faktoren nach SEVRUK(1981)
- Abb. 6 : Niederschlagsmesser verschiedener Herkunft von links, oben: finnischer Wild, CSSR, USA; mitte: Fisher und Porter (Kanada, USA), Belfort (Kanada, USA), Frankreich ("Association"), Hellmann (Deutschland, Schweiz etc.), darunter befindet sich die ungarische Modifikation; unten: Tretyakov (UdSSR etc.), SMHI ohne Windschutzring (Schweden), Niederlande, Snowdown (England etc.), Belgien, ohne Windschutzring nach SEVRUK (1982)
- Abb. 7 : Abnahme der Niederschlagsmeßwerte mit zunehmender Aufstellungshöhe (links) und ihr Jahresgang (rechts), nach SEVRUK (1981)
- Abb. 8 : Umrechnungsfaktor k in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit in der Aufstellungshöhe des Niederschlagsmessers und des Strukturparameters N für Regen (a) und Lufttemperatur t für Schnee (b), nach UNESCO (1978), 1 Hellmann, 2 Tretyakov

- Abb. 9 : Haftwasserverlust in Abhängigkeit vom Verhältnis der Fläche der Innenwände des Niederschlagsmessers und seiner Auffangfläche für verschiedene Materialien, nach GOLUBEV (1986). 1 verzinktes Blech, 2 eingebrannter Lack und 3 poliertes Metall, Glas
- Abb.10 : Verdunstungsintensität aus dem Sammelgefäß des N-Messers in Abhängigkeit vom Produkt aus Sättigungsdefizit und Windgeschwindigkeit, nach GOLUBEV (1986), 1 Tretyakov, 2 Hellmann, 3 Nipher
- Abb.11 : Karte der Basis- (Kreise) und Brechungsstationen (Quadrate) und die Korrekturfaktoren in % für den kontinentalen jährlichen Niederschlag
- Abb.12 : Beobachteter (00z + 12z -...-, 06z + 18z) und analytisch formulierter (00z + 12z _____, 06z + 18z - - -) Zusammenhang zwischen Temperatur T und gemessenem Niederschlag für W=5 : Sprühregen
- Abb.13 : analog Abb. 12 für W=6 : Regen
- Abb.14 : analog Abb. 12 für W=7 : Schneefall
- Abb.15 : analog Abb. 12 für W=8 : Schauer
- Abb.16 : analog Abb. 12 für W=9 : Gewitter
- Abb.17 : Abhängigkeit der Niederschlagsmenge von der Lufttemperatur für verschiedenes gegenwärtiges Wetter, Legende wie in Abb. 12
- Abb.18 : Korrelation zwischen Bedeckungsgrad, Wolkenhöhe und Regenrate (aus ARKIN, 1977)

- Abb.19 : Mittlerer 3 jähriger GOES-Niederschlagsindex für DJF (a), MAM (b), JJA (c) und SUN (d), nach ARKIN und MEISNER (1987)
- Abb.20 : Das globale Wettersatellitensystem
- Abb.21 : Mittlere globale Verdunstung und globaler Niederschlag des ECMW Modelles in Abhängigkeit von der Vorhersagezeit
- Abb.22 : Globale Niederschlagsverteilung für Januar 1986 abgeleitet aus Satellitendaten sowie dem 1. und 2. Vorhersagetag des ECMW-Modelles
- Abb.23 : Globale Niederschlagsverteilung für Januar 1987 abgeleitet aus Satellitendaten sowie dem 1. und 2. Vorhersagetag des ECMW-Modelles
- Abb.24 : Beobachtete (a) und vorhergesagte (b) Niederschlagssummen für Januar 1987, sowie die Differenz zwischen Beobachtung und Vorhersage (c)
- Abb.25 : Beobachtete (a) und vorhergesagte (b) Niederschlagssummen für August 1987, sowie die Differenz zwischen Beobachtung und Vorhersage (c)
- Abb.26 : Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im Januar 1987 für den Gitterpunkt "Berlin" (a) und für die fünf Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)
- Abb.27 : Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im Januar 1987 für den Gitterpunkt "südliche Schweiz" (a) und für die Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)
- Abb.28 : Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im August 1987 für den Gitterpunkt "Berlin" (a) und für die 5 Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)

Abb.29 : Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlags im August 1987 für den Gitterpunkt "südliche Schweiz" (a) und für die 9 Stationen innerhalb der Gitterfläche

Abb.30 : Kartierung der Länder, die in den Jahren 1978, 1979 und 1980 Abflußdaten zur Verfügung gestellt haben

AN H A N G

	Region	angefordert	erhalten	nicht erhalten
Afrika	I	168	61 (36%)	107
Asien	II	331	269 (81%)	62
Südamerika	III	253	113 (45%)	140
Mittel- u. Südamerika	IV	172	114 (66%)	58
Südwestafrika	V	185	129 (70%)	56
Europa	VI	258	236 (92%)	22
	total	1366	965 (71%)	401

Tab. 1: Impulsivverteilung der CLMST-Belegungen

Abb. 29 : Zeitreihe des Meeresspiegels und vorhergesagtes
Niederschlags im August 1947 für den Ozeanpunkt
"südliche Spitze" (a) und für die 9 Stationen
innerhalb des Ozeanpunks

ANHANG

Abb. 30 : Kartiermappe der Ozeanp. für die Jahre 1974, 1979
und 1980. Die Karte ist zur Verfügung gestellt haben

	Region	angefordert	erhalten	nicht erhalten
Afrika	I	168	61 (36%)	107
Asien	II	331	269 (81%)	62
Südamerika	III	253	153 (60%)	100
Nord- u. Südamerika	IV	172	114 (66%)	58
Südwestpazifik	V	184	129 (70%)	55
Europa	VI	258	239 (93%)	19
	total	1366	965 (71%)	401

Tab. 1: Regionale verteilung der CLIMAT-Meldungen

Таблица 1. Результаты работы по созданию базы данных

Этап	№	Содержание	Дата	Сроки	Средства	Результаты
1	1	Создание базы данных	1988	10.01-10.31	БД	10
2	2	Создание таблиц	1988	11.01-11.31	БД	20
3	3	Создание индексов	1988	12.01-12.31	БД	20
4	4	Создание процедур	1989	01.01-01.31	БД	20
5	5	Создание функций	1989	02.01-02.31	БД	20
6	6	Создание триггеров	1989	03.01-03.31	БД	20
7	7	Создание пакетов	1989	04.01-04.31	БД	20
8	8	Создание роли	1989	05.01-05.31	БД	20
9	9	Создание пользователей	1989	06.01-06.31	БД	20
10	10	Создание документации	1989	07.01-07.31	БД	20
11	11	Создание тестов	1989	08.01-08.31	БД	20
12	12	Создание резервных копий	1989	09.01-09.31	БД	20
13	13	Создание отчетов	1989	10.01-10.31	БД	20
14	14	Создание дашбордов	1989	11.01-11.31	БД	20
15	15	Создание API	1989	12.01-12.31	БД	20
16	16	Создание интеграции	1990	01.01-01.31	БД	20
17	17	Создание миграции	1990	02.01-02.31	БД	20
18	18	Создание мониторинга	1990	03.01-03.31	БД	20
19	19	Создание логирования	1990	04.01-04.31	БД	20
20	20	Создание аудита	1990	05.01-05.31	БД	20
21	21	Создание безопасности	1990	06.01-06.31	БД	20
22	22	Создание резервного копирования	1990	07.01-07.31	БД	20
23	23	Создание восстановления	1990	08.01-08.31	БД	20
24	24	Создание оптимизации	1990	09.01-09.31	БД	20
25	25	Создание масштабирования	1990	10.01-10.31	БД	20
26	26	Создание отказоустойчивости	1990	11.01-11.31	БД	20
27	27	Создание безопасности	1990	12.01-12.31	БД	20
28	28	Создание документации	1991	01.01-01.31	БД	20
29	29	Создание тестов	1991	02.01-02.31	БД	20
30	30	Создание резервных копий	1991	03.01-03.31	БД	20
31	31	Создание восстановления	1991	04.01-04.31	БД	20
32	32	Создание оптимизации	1991	05.01-05.31	БД	20
33	33	Создание масштабирования	1991	06.01-06.31	БД	20
34	34	Создание отказоустойчивости	1991	07.01-07.31	БД	20
35	35	Создание безопасности	1991	08.01-08.31	БД	20
36	36	Создание резервного копирования	1991	09.01-09.31	БД	20
37	37	Создание восстановления	1991	10.01-10.31	БД	20
38	38	Создание оптимизации	1991	11.01-11.31	БД	20
39	39	Создание масштабирования	1991	12.01-12.31	БД	20
40	40	Создание отказоустойчивости	1992	01.01-01.31	БД	20
41	41	Создание безопасности	1992	02.01-02.31	БД	20
42	42	Создание резервного копирования	1992	03.01-03.31	БД	20
43	43	Создание восстановления	1992	04.01-04.31	БД	20
44	44	Создание оптимизации	1992	05.01-05.31	БД	20
45	45	Создание масштабирования	1992	06.01-06.31	БД	20
46	46	Создание отказоустойчивости	1992	07.01-07.31	БД	20
47	47	Создание безопасности	1992	08.01-08.31	БД	20
48	48	Создание резервного копирования	1992	09.01-09.31	БД	20
49	49	Создание восстановления	1992	10.01-10.31	БД	20
50	50	Создание оптимизации	1992	11.01-11.31	БД	20
51	51	Создание масштабирования	1992	12.01-12.31	БД	20
52	52	Создание отказоустойчивости	1993	01.01-01.31	БД	20
53	53	Создание безопасности	1993	02.01-02.31	БД	20
54	54	Создание резервного копирования	1993	03.01-03.31	БД	20
55	55	Создание восстановления	1993	04.01-04.31	БД	20
56	56	Создание оптимизации	1993	05.01-05.31	БД	20
57	57	Создание масштабирования	1993	06.01-06.31	БД	20
58	58	Создание отказоустойчивости	1993	07.01-07.31	БД	20
59	59	Создание безопасности	1993	08.01-08.31	БД	20
60	60	Создание резервного копирования	1993	09.01-09.31	БД	20
61	61	Создание восстановления	1993	10.01-10.31	БД	20
62	62	Создание оптимизации	1993	11.01-11.31	БД	20
63	63	Создание масштабирования	1993	12.01-12.31	БД	20
64	64	Создание отказоустойчивости	1994	01.01-01.31	БД	20
65	65	Создание безопасности	1994	02.01-02.31	БД	20
66	66	Создание резервного копирования	1994	03.01-03.31	БД	20
67	67	Создание восстановления	1994	04.01-04.31	БД	20
68	68	Создание оптимизации	1994	05.01-05.31	БД	20
69	69	Создание масштабирования	1994	06.01-06.31	БД	20
70	70	Создание отказоустойчивости	1994	07.01-07.31	БД	20
71	71	Создание безопасности	1994	08.01-08.31	БД	20
72	72	Создание резервного копирования	1994	09.01-09.31	БД	20
73	73	Создание восстановления	1994	10.01-10.31	БД	20
74	74	Создание оптимизации	1994	11.01-11.31	БД	20
75	75	Создание масштабирования	1994	12.01-12.31	БД	20
76	76	Создание отказоустойчивости	1995	01.01-01.31	БД	20
77	77	Создание безопасности	1995	02.01-02.31	БД	20
78	78	Создание резервного копирования	1995	03.01-03.31	БД	20
79	79	Создание восстановления	1995	04.01-04.31	БД	20
80	80	Создание оптимизации	1995	05.01-05.31	БД	20
81	81	Создание масштабирования	1995	06.01-06.31	БД	20
82	82	Создание отказоустойчивости	1995	07.01-07.31	БД	20
83	83	Создание безопасности	1995	08.01-08.31	БД	20
84	84	Создание резервного копирования	1995	09.01-09.31	БД	20
85	85	Создание восстановления	1995	10.01-10.31	БД	20
86	86	Создание оптимизации	1995	11.01-11.31	БД	20
87	87	Создание масштабирования	1995	12.01-12.31	БД	20
88	88	Создание отказоустойчивости	1996	01.01-01.31	БД	20
89	89	Создание безопасности	1996	02.01-02.31	БД	20
90	90	Создание резервного копирования	1996	03.01-03.31	БД	20
91	91	Создание восстановления	1996	04.01-04.31	БД	20
92	92	Создание оптимизации	1996	05.01-05.31	БД	20
93	93	Создание масштабирования	1996	06.01-06.31	БД	20
94	94	Создание отказоустойчивости	1996	07.01-07.31	БД	20
95	95	Создание безопасности	1996	08.01-08.31	БД	20
96	96	Создание резервного копирования	1996	09.01-09.31	БД	20
97	97	Создание восстановления	1996	10.01-10.31	БД	20
98	98	Создание оптимизации	1996	11.01-11.31	БД	20
99	99	Создание масштабирования	1996	12.01-12.31	БД	20
100	100	Создание отказоустойчивости	1997	01.01-01.31	БД	20

Verzeichnis der Länder mit den meistbenutzten Niederschlagsmesser-Typen: 1987

Niederschlags- messer	Aufstellungs- höhe in (m)	Land
Hellmann	0.6	Burundy, Syrien
	0.8-1.0	Österreich
	1.0	DDR, BR, Ungarn, Israel, Luxemburg, Marokko
		Turkei, Jugoslawien
	1.0-1.2	Kolumbien
	1.0-1.5	Polen
	1.5	Argentinien, Chile, Kosterika, Denemark, Domini- kanische Rep., El Salvador, Guatemala, Guinea- Bissau, Honduras, Portugal, Schweiz, Urugvei
Snowdon	0.2	Bahrein
	0.3	Abu Dhaby, Burma, Fidji, Ghana, Hong Kong, Irland, Jamaika, Kenia, Malaysia, Malediven, Neuseeland, Oman, Pakistan, Tansania, Trinidad, Togo, Vereinigten Königreich
	0.5	Sri lanka
	0.6	Brunei
	0.8	Malawi, Seychellen
	0.8-1.0	Zimbabwe
	1.0	Sudan
	1.3	Guiana
Tretyakov	0.4	Afganistan (ohne Windschutzring)
	1.5	Finland, Guinea-Bissau (neben dem Hellmann) Vietnam (ohne Windschutzring), Nordkorea (ohne Windschutzring)
	2.0	Mongolei, Sowjetunion
Association	1.5	Burkina Faso, Frankreich, Gabon, Guinea, Kamerun, Kongo, Madagaskar, Neukaledonien, Reunion, Togo, Tunesien, Zentralafrika
SPIEA	1.0	Brasilien, Djibuty, Frankreich, Kamerun, Libanon, Mali, Mauritius, Neukaledonien, Reunion, Tschad
U.S. Weather B.	0.8	Bahamas, Thailand
	1.0	Saudiarabien, U.S.A., ev. Äthiopien

Resultate einer noch nicht abgeschlossenen WMO-Umfrage

Tab. 2: Verzeichnis der Länder mit den meistbenutzten Niederschlags-
messer-Typen

Verzeichnis der Länder, in denen Windschutzringe verwendet werden
Stand Dezember, 1987

Typ des Windschutzringes	Land	Bemerkung
Nipher und seine Modifikationen	Österreich	nur im Gebirge
	Belgien	
	Bulgarien	nur im Gebirge
	DDR	nur im Gebirge
	Island	
	Kanada	nur an dem Nipher-N-Messer (350)
	Norwegen	
Alter	Schweden	
	Schweiz	nur im Gebirge
Tretyakov	Kanada	nur am Fisher-Porter-N-Messer
	USA	nicht systematisch
Woelfle	Afganistan	
	CSSR	nur im Gebirge
	Finland	
	Guinea Bissau	
	Mongolei	
Zylindrisch	UdSSR	
	Marokko	nicht systematisch
	Japan	im Norden

Resultate einer noch nicht abgeschlossenen WMO-Umfrage

Tab. 3: Verzeichnis der Länder, in denen Windschutzringe verwendet werden

Land	Gegenstand	Vorher	Jetzt	Seit.....
Australien	Einheit	inch	mm	Januar 1974
Bahamas	N-Messer	Mk2	U.S. W.B.	
Burundy	N-Messer	400 cm ²	Hellmann ₂	
Äthiopien	Auffangfläche	verschieden	314.2 cm ²	
	Messglas	Stechpegel	Messglas	
Chile	N-Messer	U.S.W.B.	Hellmann	
China	Höhe	0.7 - 2.0	0.7 m	1956 - 1960
Dominikanische R.	N-Messer	330 cm ²	Hellmann	1970
	Höhe	0.5 m	1.5 m	
Egypt	N-Messer	Hellmann	registrierend	
DDR	Höhe	1.0-1.4 m	1.0 m	
Finland	N-Messer	Wild	Tretyakov	1982
Frankreich	N-Messer	Association	SPIEA	
	Höhe	1.5	1.0	fortlaufend
Gabon	N-Messer	Association	Association	
			Chinäsischer N-Messer	
Quadelup	N-Messer	Association	SPIEA	
	Höhe	1.5 m	1.0 m	
Guijana	N-Messer	324 cm ²	125 cm ²	1967
	Höhe	0.3 m	1.0 m	
	Einheit	inch	mm	1980
Haiti	N-Messer	U.S.W.B. + Hellmann + SIAP + kanad. N-Messer	SMHI	
	Höhe	1.0 m	1.5 m	
Honduras	Höhe	1.0 m	1.5 m	
India	N-Messer	Mk2	Fiberglas	1969
Iran	Höhe	0.7 m ²	1.0 m ²	1984
Israel	Auffangfläche	200 cm ²	200 cm ² 100 cm ² 7 cm ²	1984
Japan	N-Messer	manuel	automatisch	Januar 1986
Jordanien	N-Messer	englischer N-Schreiber	Hellmann N-Schreiber	
Kamerun	N-Messer	Association	Association + SPIEA	
Kanada		verschiedene	Niederschlagsmesser im Betrieb	
Libanon	N-Messer	N-Schreiber	SPIEA	1982
		SPIEA		
Malawi	Einheit	inch	mm	1980
Mali	N-Messer	Association	Association	1980
			SPIEA	
Martinique	N-Messer	Association	SPIEA	
	Höhe	1.5 m	1.0 m	
Mauritius	N-Messer	importiert	einheimisch	
	Höhe		kleiner	
Marokko	N-Messer	Association	Hellmann	1975
	Höhe	1.5 m	1.0 m	
Neukaledonien	N-Messer	Association	SPIEA	
	Höhe	1.5 m	1.0 m	
Fortsetzung				

Tab. 4: Verzeichnis der Länder, in denen in den letzten 30 Jahren Änderungen in der Niederschlagsmeßmethode und - instrumentierung vorgenommen wurden

Land	Gegenstand	Vorher	Jetzt	Seit
Neuseeland	Einheit	inch	mm	Juli 1972
Norwegen	N-Messer	einheimisch	SMHI	gegenwärtig
Polynesien	N-Messer	Association	SPIEA	
	Höhe	1.5 m	1.0 m	
Pakistan	Einheit			
Panama	N-Messer	U.S.W.B.	Hellmann	
	Höhe	0.9 m	1.5 m	
Reunion	N-Messer	Association	Association + SPIEA	
Schweiz	N-Messer	Hellmann	Hellmann + automatisch	1980
Tanzania	Einheit	inch	mm	1962
Tschad	N-Messer	Association	SPIEA	
Vietnam	N-Messer	Association	Tretyakov (nur im Südvietnam)	1976
Zimbabwe	N-Messer	Kupfer ₂ 126	Eisen 200 cm ²	
Zypern	N-Messer	126 cm ²	200 cm ²	

Bemerkung: For mehr als 30 Jahren wurden Änderungen der Messtechnik in den Niederlanden (1950), UdSSR (1953) und Schweden (1956) vorgenommen.

Fortsetzung Tab. 4

W	z	a	b	g	T _n	n	
5	00	0.159	0.810	0.890	+10.0	1.	Sprüh- regen
5	06	0.0	0.674	-0.0069	+10.0	2.	
6	00	0.0	3.0	0.36	+12.5	1.	Regen
6	06	0.0	1.8	-0.006	+10.0	2.	
7	00	-0.5	1.8	0.003	- 5.0	1.	Schnee
7	06	0.0	1.0	0.13	0.0	1.	
8	00	-0.6	3.0	0.025	+17.5	1.	Schauer
8	06	0.0	1.0	-0.005	+10.0	2.	
9	00	0.0	6.0	-0.0014	+12.5	2.	Gewitter
9	06	0.0	2.0	-0.003	+10.0	2.	

Tab. 5: Konstantenmatrix a,b,g,T_n, n in Abhängigkeit vom vorhergehenden Wetter in den letzten 3 Stunden

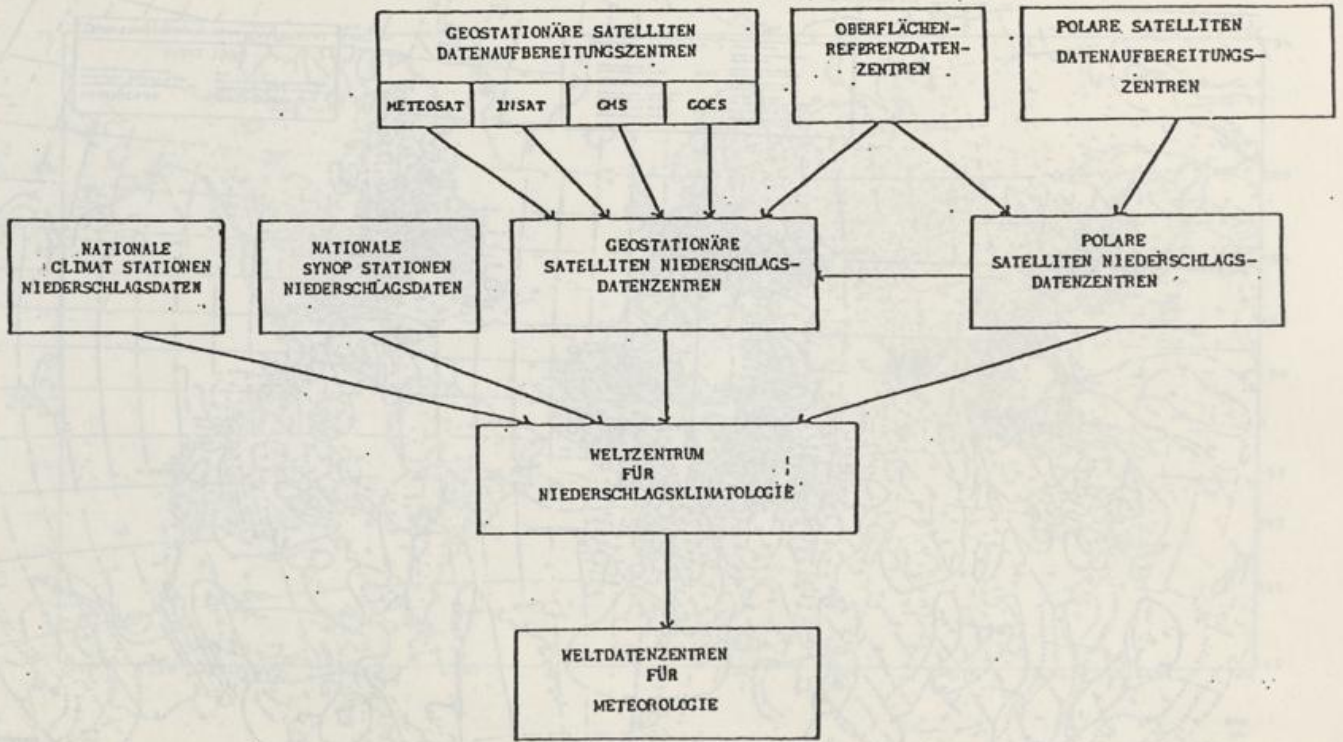
WW	R ₀	R ₁	R ₂	α	β	T ₁ = T ₂
15	0.	7,72	0.	.112	0.	- 5.
16	0.	11.4	0.	.1022	0.	- 5.
22	0.	9.	2.	.0657	.2023	- 5.
24	0.	3.	.5	.1466	.2891	-10.
26	0.	5.	3.	.0693	.0916	-10.
27	0.	5.	3.	.1751	.1962	- 5.
56	0.	8.	0.	.08109	0.	- 5.
57	0.	16.	0.	.08109	0.	- 5.
66	0.	12.	2.	.1622	.1833	- 5.
67	0.	15.5	2.	.1629	.1833	- 5.
70	0.	6.5	4.5	.04308	.04418	-10.
71	4.	7.	2.7	.08267	.07115	-10.
72	4.	14.	7.	.04055	.02513	-10.
73	5.	21.6	6.5	.03773	.06378	-10.
74	17.405	2.875	3.035	.2142	.1473	- 5.
75	34.81	5.75	6.07	.2142	.1473	- 5.
76	0.	1.5	0.	.05986	0.	-22.5
77	0.	5.3	0.	.07302	0.	-10.
78	14.5	17.2	2.6	.1081	.06639	-10.
79	0.	22.5	0.	.09808	0.	-10.
85	0.	12.9	0.	.04479	0.	- 5.
86	0.	11.25	0.	.05227	0.	-20.
87	0.	20.	0.	.07985	0.	0.
88	0.	42.	0.	.10295	0.	0.
95	0.	110.	0.	.10415	0.	0.
97	0.	110.	0.	.10415	0.	0.

Tab. 6: Konstantenmatrix für R₀, R₁, R₂, a, β, T₁ und T₂ in Abhängigkeit vom Wetter zum Beobachtungstermin

Anwendungen der Klimamodelle					
Verwendungszweck	Räumliche Auflösung (km ²)	Zeitliche Auflösung	Räumliche Bedeckung	Genauigkeit (cm/mon)	Zeitspanne (Jahre)
im Mittel	200 * 200	monatlich	regional/global	1 - 3	10
Anomalien	200 * 200	monatlich	regional/global	1 - 3	10
Verifikation des Grundwasserhaushaltes	200 * 200	2 wöchentl./monatlich	global	?	10
Initialisierung der Bodenfeuchte	5 km		global über Land	?	10
Initialisierung der div. Komp. des Windes in glob. Analysen	200 * 200	täglich	global	?	10

Tab. 7: Anforderungen der WMO an klimatologische Datensätze

Abb. 1: Der globale Niederschlagsdatenfluß



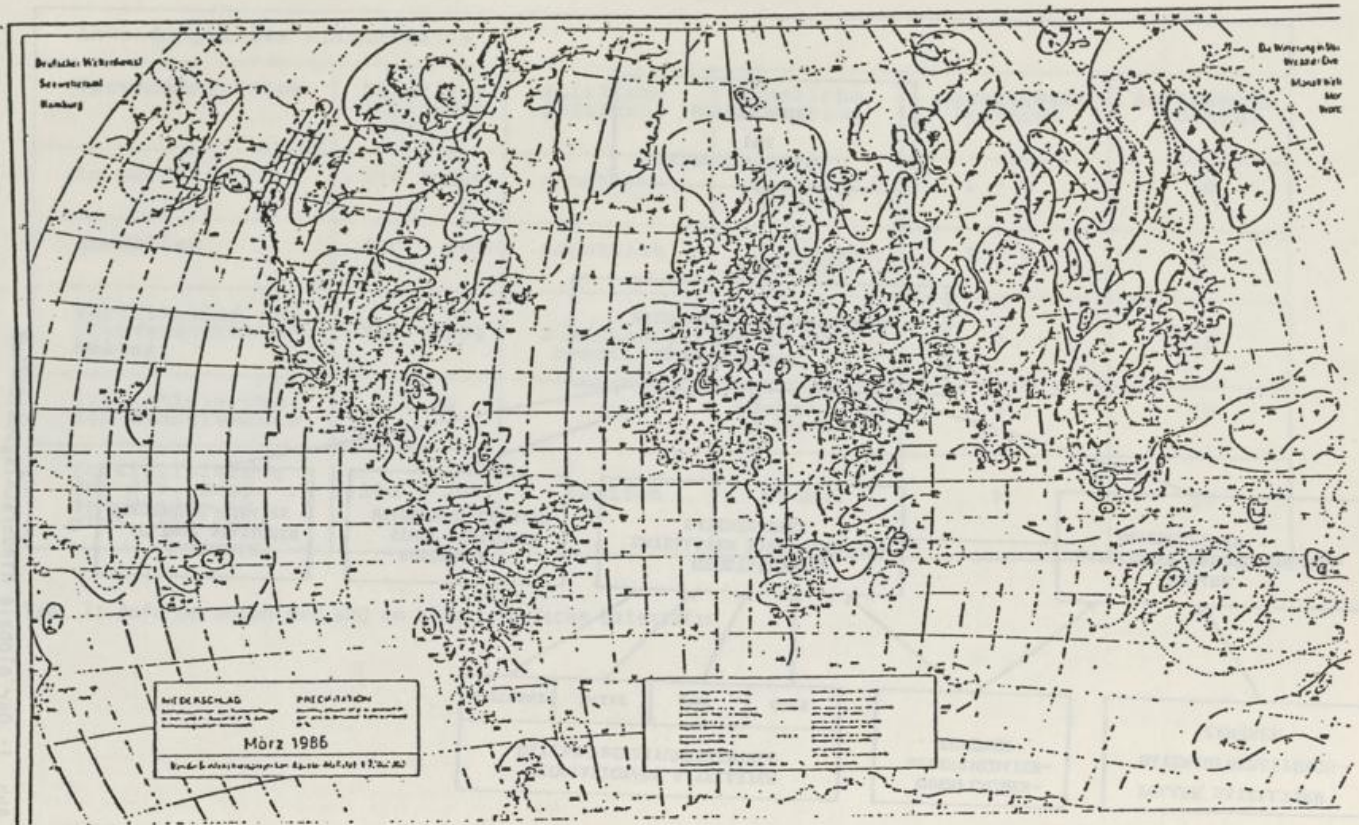


Abb. 2: Globale Niederschlagsanomalien im März 1986 (Analyse des Seewetteramtes Hamburg)

Abb. 3: Über das globale Telekommunikationssystem im April 1984 verbreitete SYNOP-Meldungen

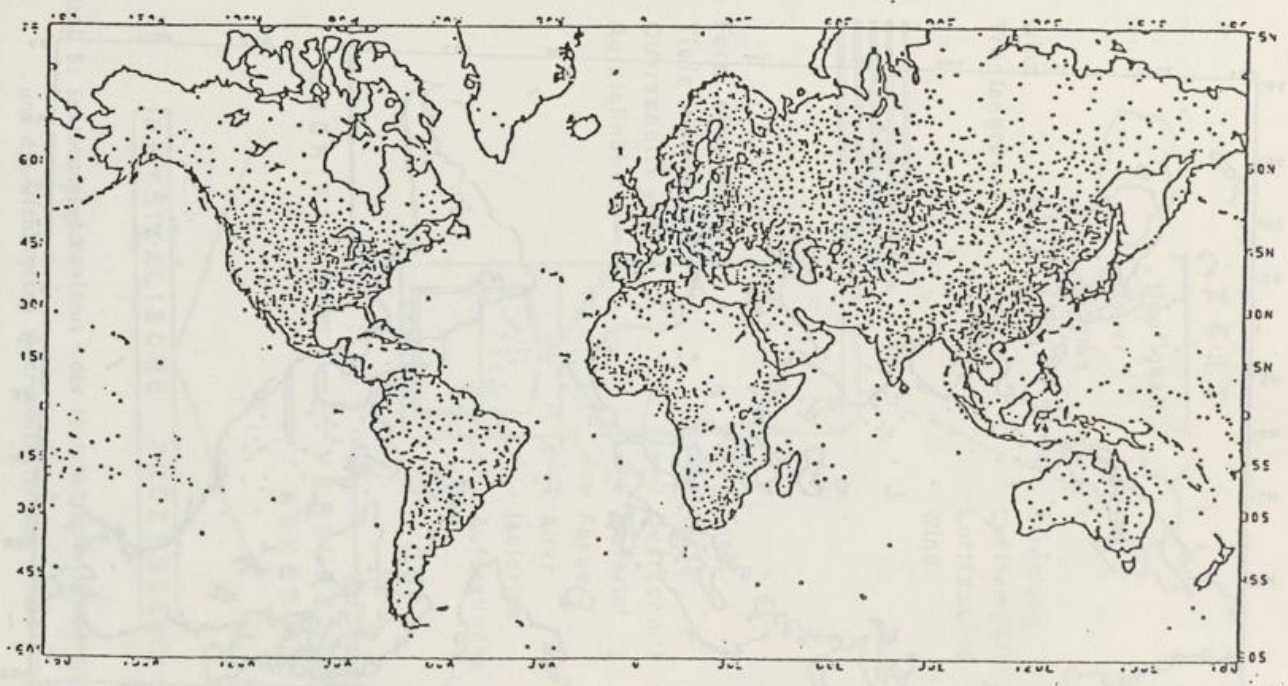


Abb. 4: Ober GTS über 12 Monate (April 1983 - April 1984)
verbreitete vollständige SYNOP-Meldungen

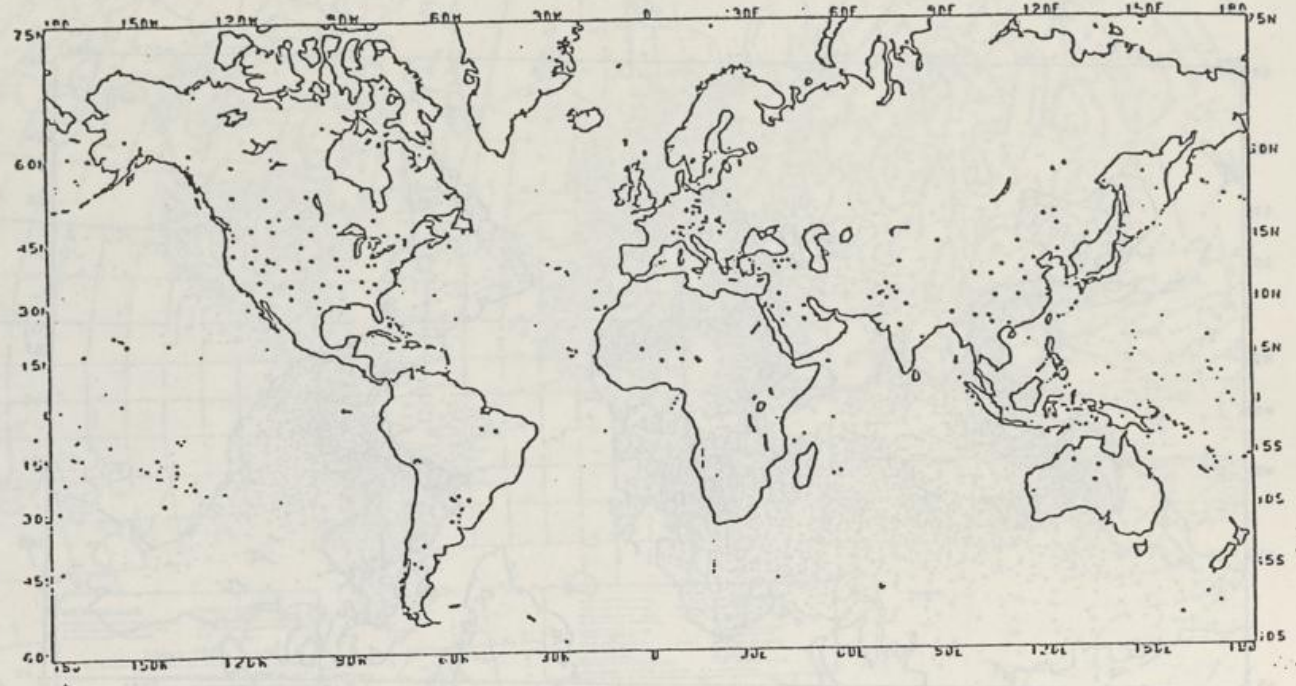


Abb. 3: Globale Niederschlagsanomalien im März 1986 (Analyse des Spezialerwartetes Hamburg)

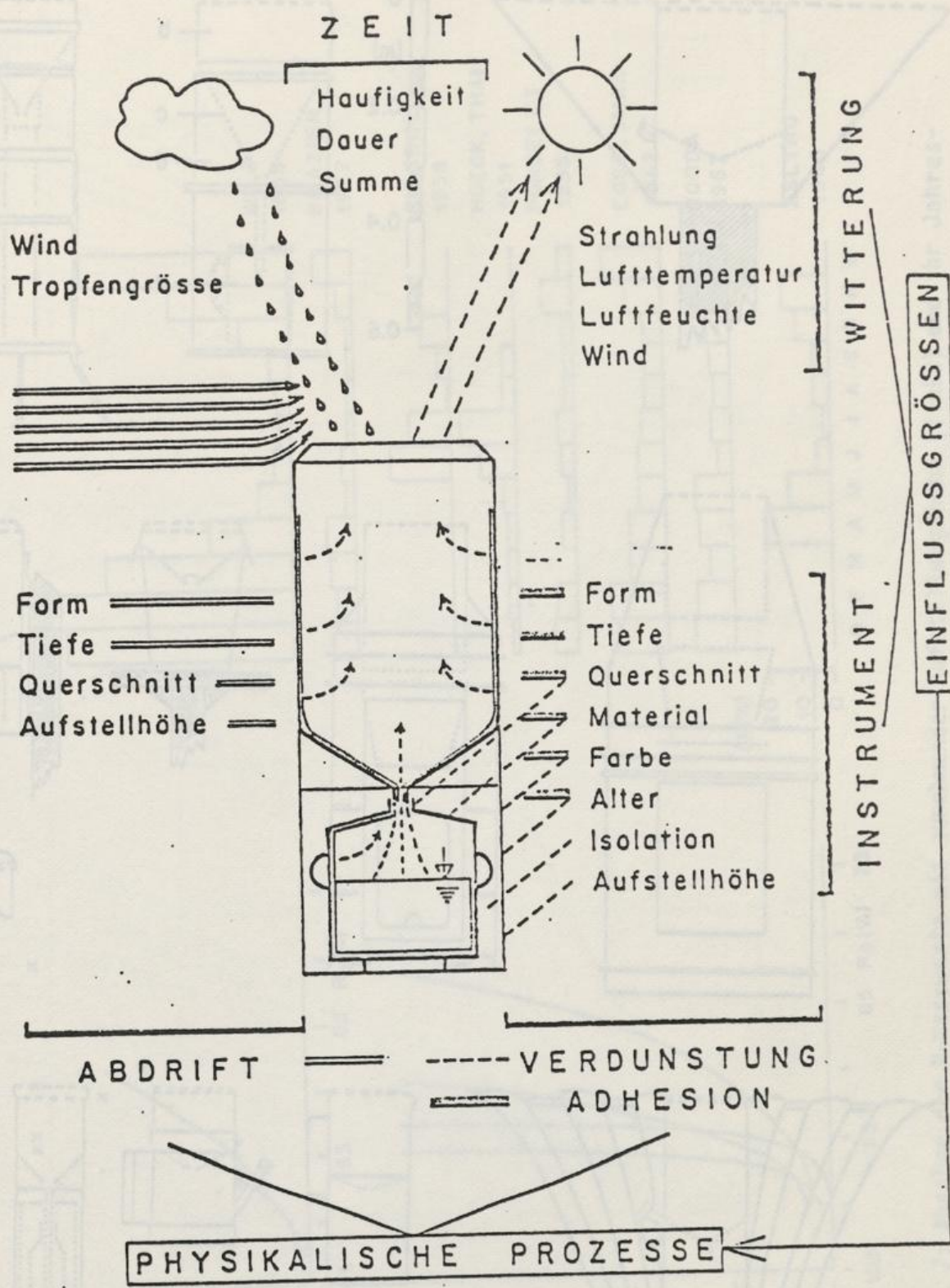


Abb. 5: Entstehungsmechanismus des systematischen Niederschlagsmessfehlers und die wichtigsten instrumentellen und klimatischen Faktoren, nach SEVRUK (1981)

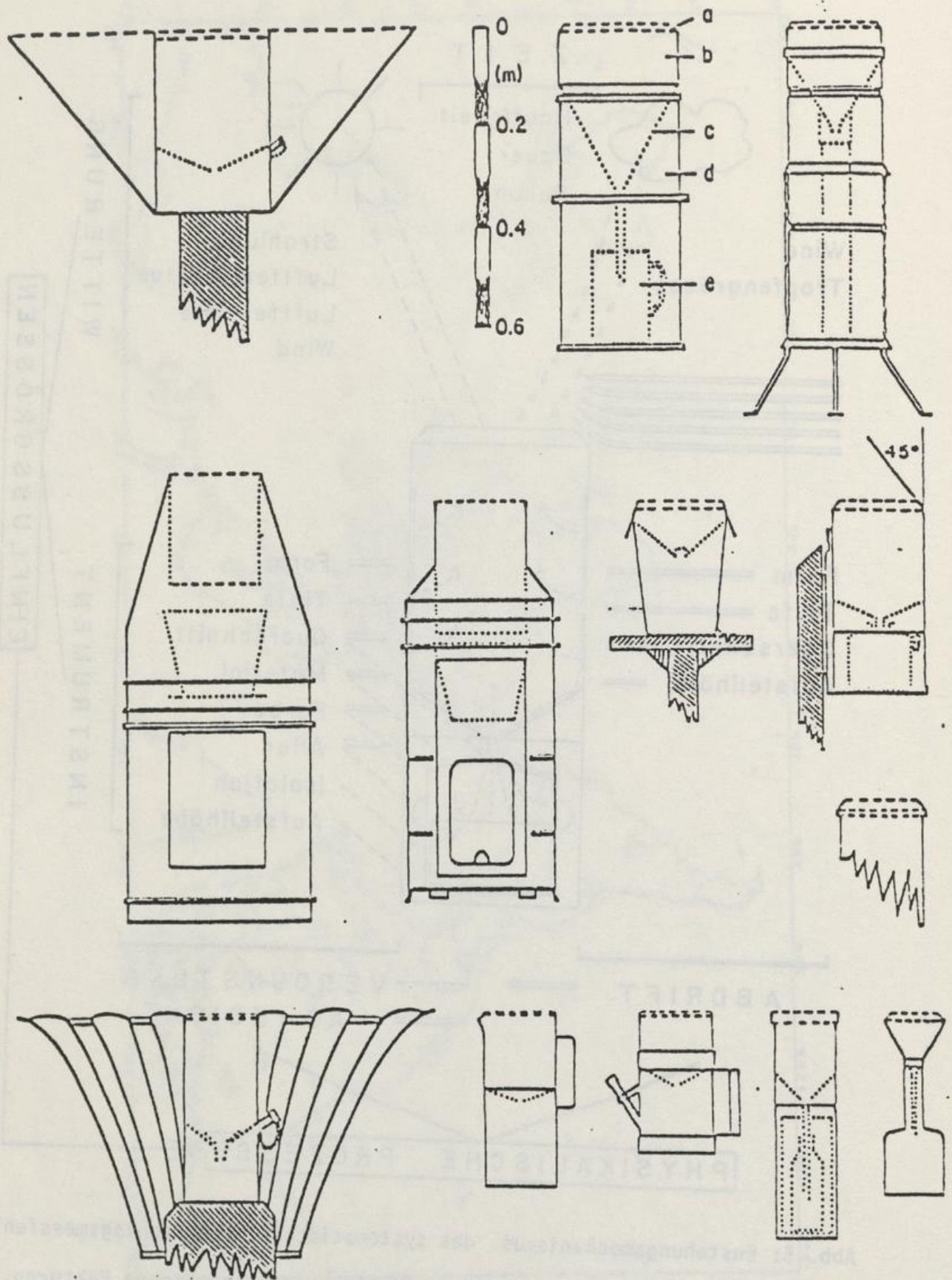


Abb. 6: Niederschlagsmesser verschiedener Herkunft von links, oben: finnischer Wild, CSSR, USA; mitte: Fisher und Porter (Kanada, USA), Belfort (Kanada, USA), Frankreich ("Association"), Hellmann (Deutschland, Schweiz etc), darunter befindet sich die ungarische Modifikation; unten: Tretyakov (UDSSR etc.), SMHI ohne Windschutzring (Schweden), Niederlande, Snowdon (England (etc.)), Belgien, ohne Windschutzring, nach SEVRUK (1982)

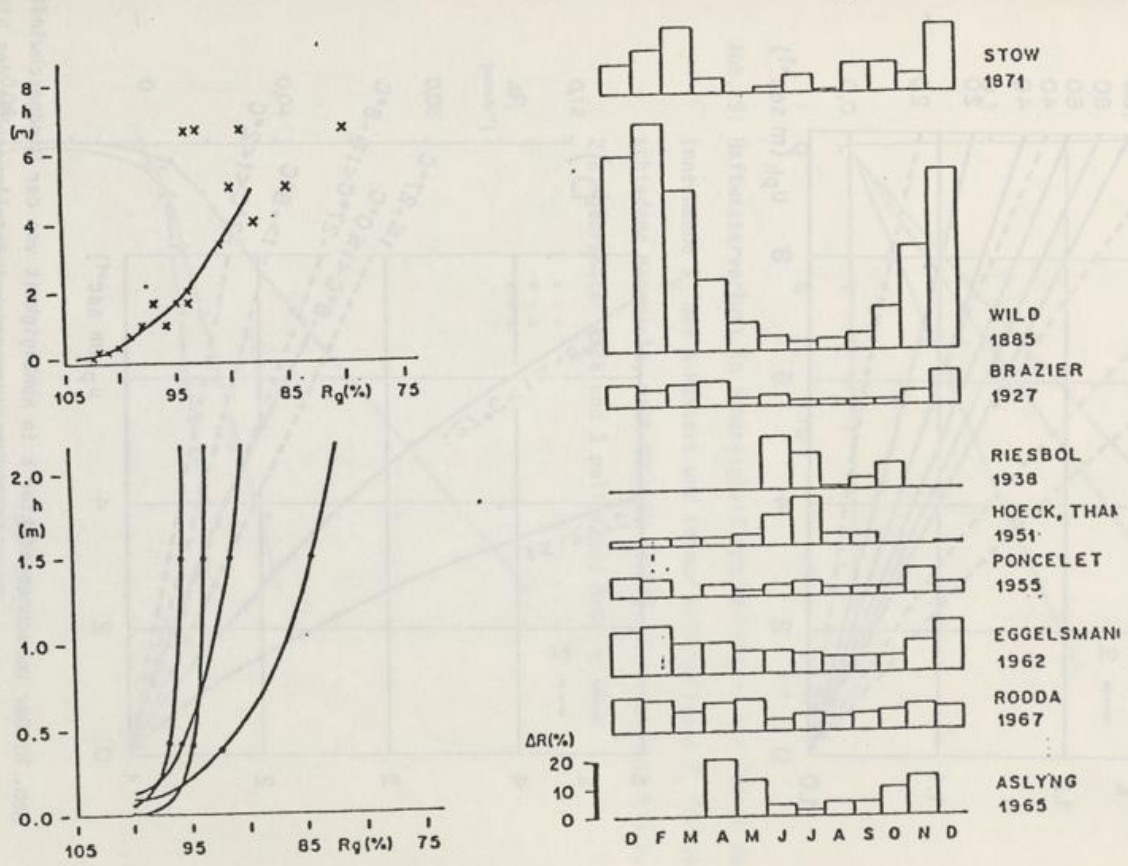


Abb. 7: Abnahme der N-Messwerte mit zunehmender Aufstellungshöhe (links) und ihr Jahresgang (rechts) nach Sevruck (1981)

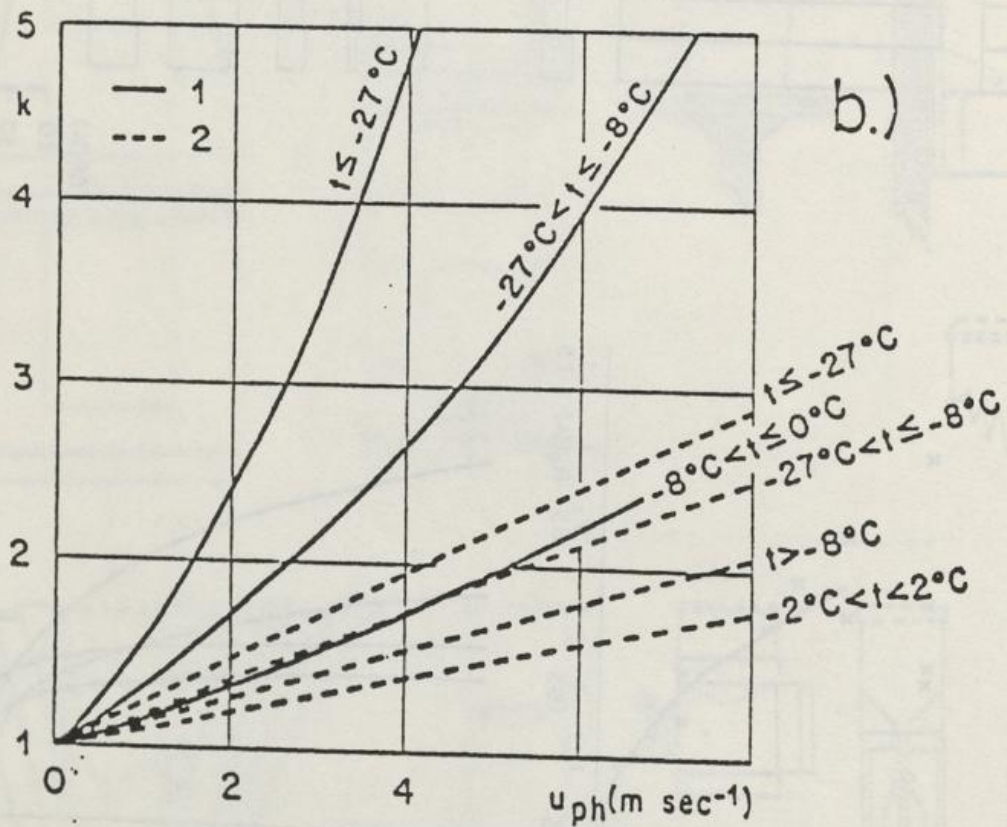
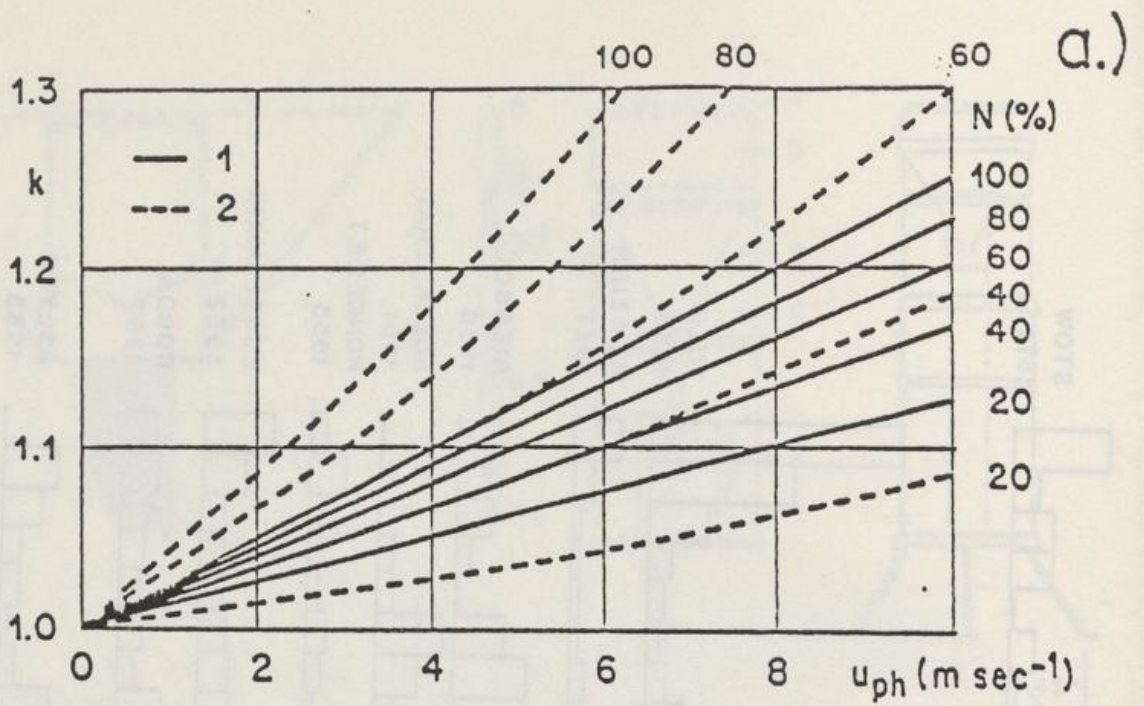


Abb. 8: Der Umrechnungsfaktor k in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit u_{ph} während des Niederschlages in der Aufstellungshöhe des Niederschlagsmessers und des Strukturparameters N für Regen (a) und Lufttemperatur t für Schnee (b), nach UNESCO (1978)
 1 Hellmann N-Messer, 2 Tretyakov N-Messer

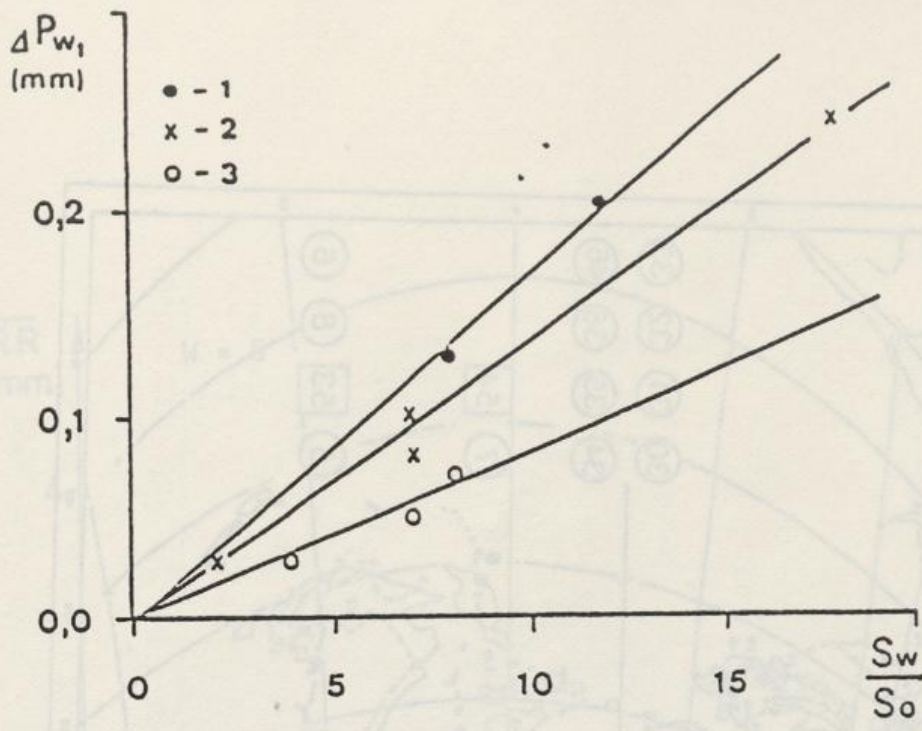


Abb. 9: Haftwasserverlust in Abhängigkeit vom Verhältnis der Fläche der Innenwände S_w des N-Messers und seiner Auffangfläche S_0 für verschiedene Materialien, nach GOLUBEV (1986). 1 verzinktes Blech, 2 eingebrannter Lack und 3 poliertes Metall, Glas

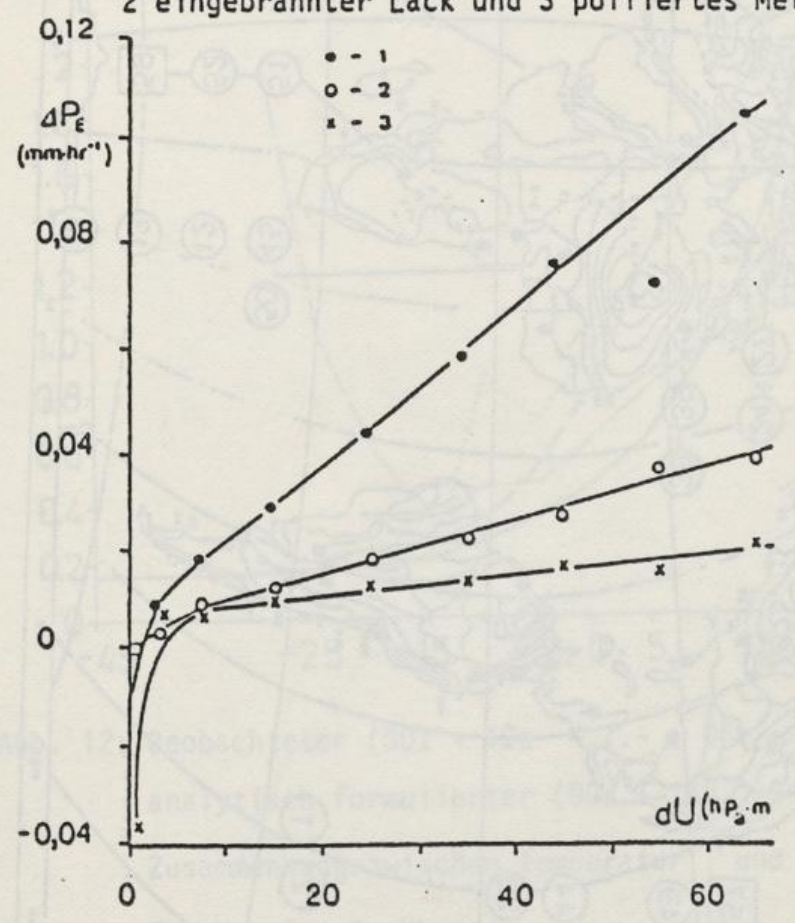


Abb. 10: Die Verdunstungsintensität aus dem Sammelgefäß des N-Messers in Abhängigkeit von dem Produkt aus Sättigungsdefizit und Windgeschwindigkeit, nach GOLUBEV (1986). 1 Tretyakov, 2 Hellmann, 3 Nipher

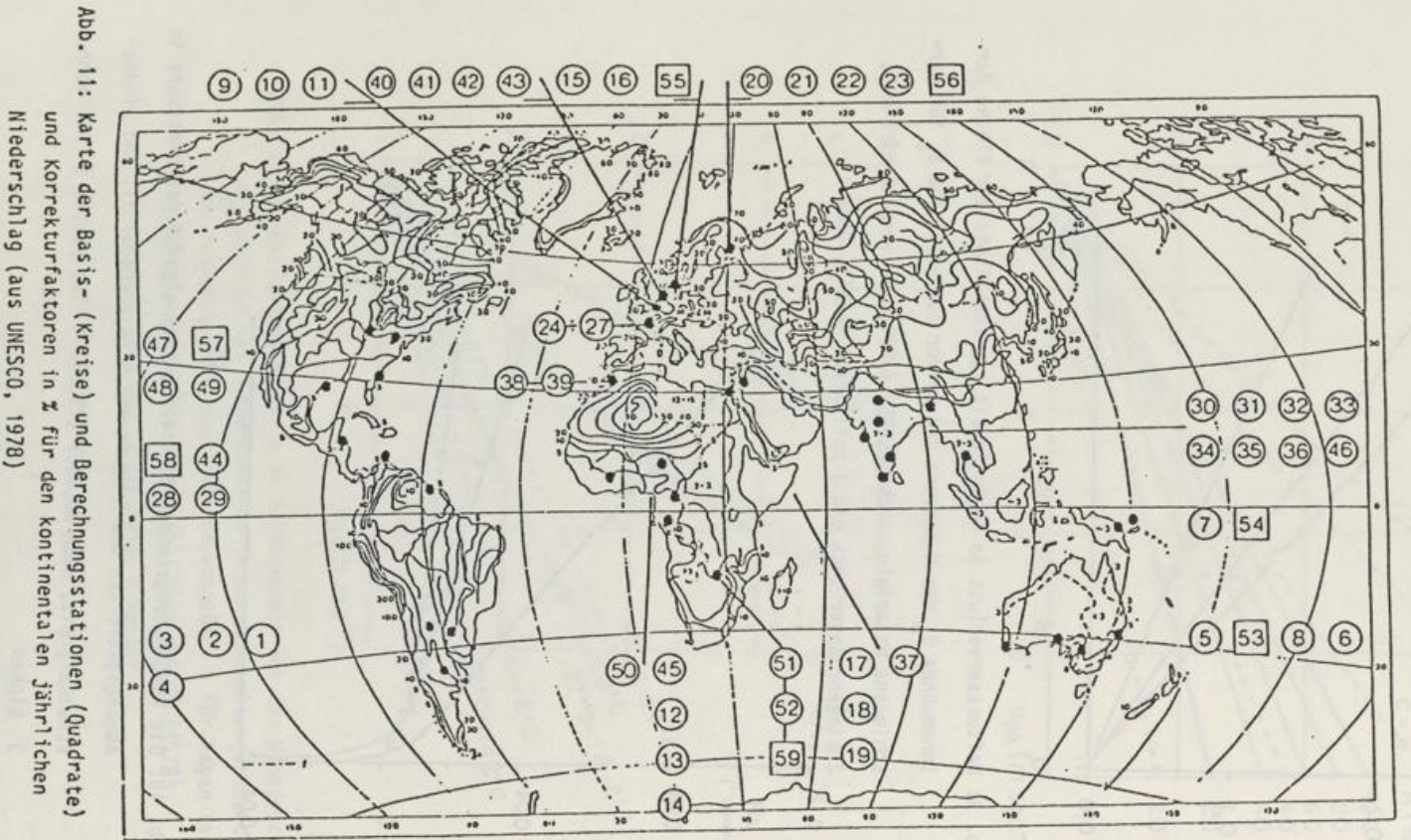


Abb. 11: Karte der Basis- (Kreise) und Berechnungsstationen (Quadrate) und Korrekturfaktoren in % für den kontinentalen jährlichen Niederschlag (aus UNESCO, 1978)

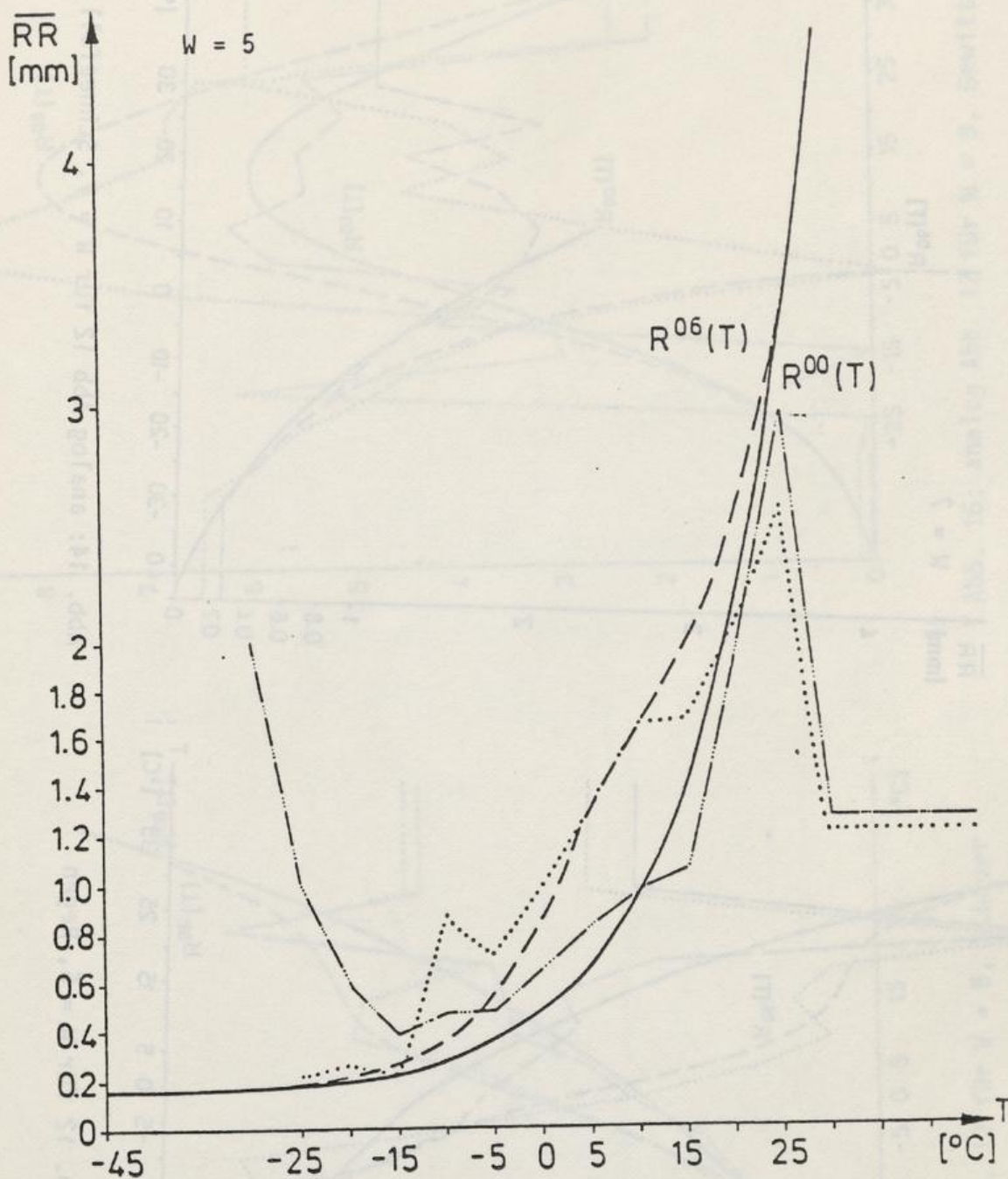


Abb. 12: Beobachteter (00z + 12z -...-, 06z + 18z) und
analytisch formulierter (00z + 12z —, 06z + 18z - - - -)
Zusammenhang zwischen Temperatur T und gemessenem Niederschlag
für $W = 5$: Sprühregen

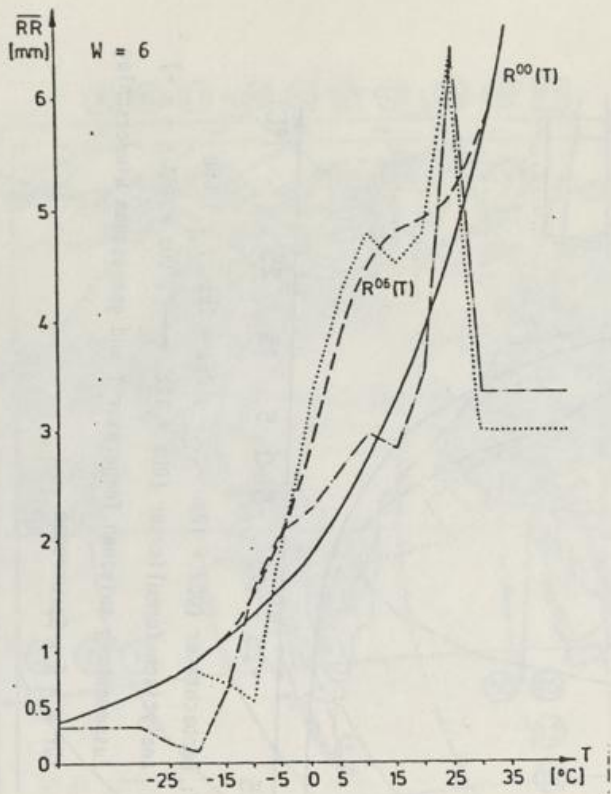


Abb. 13: analog Abb. 12 für $W = 6$, Regen

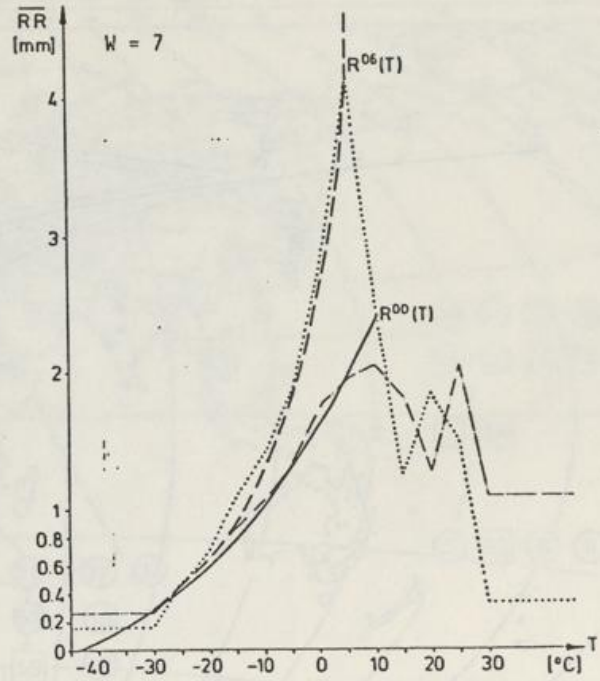


Abb. 14: analog Abb. 12 für $W = 7$, Schneefall

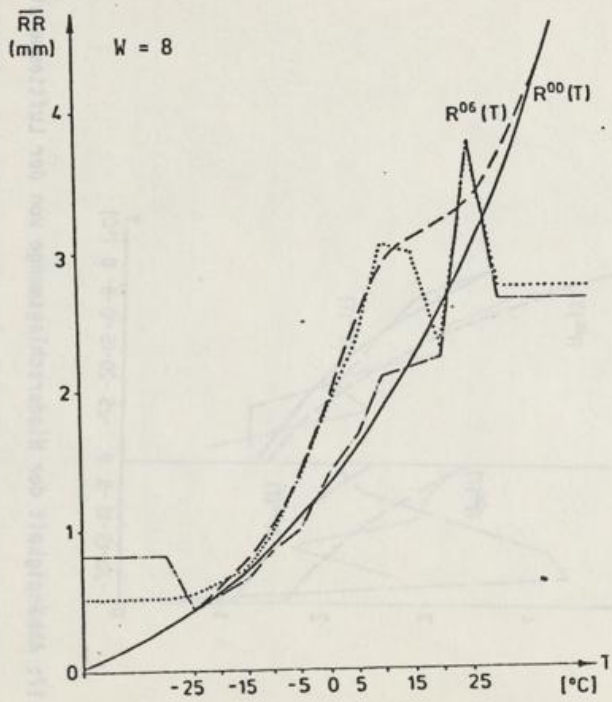


Abb. 15: analog Abb. 12 für $W = 8$, Schauer

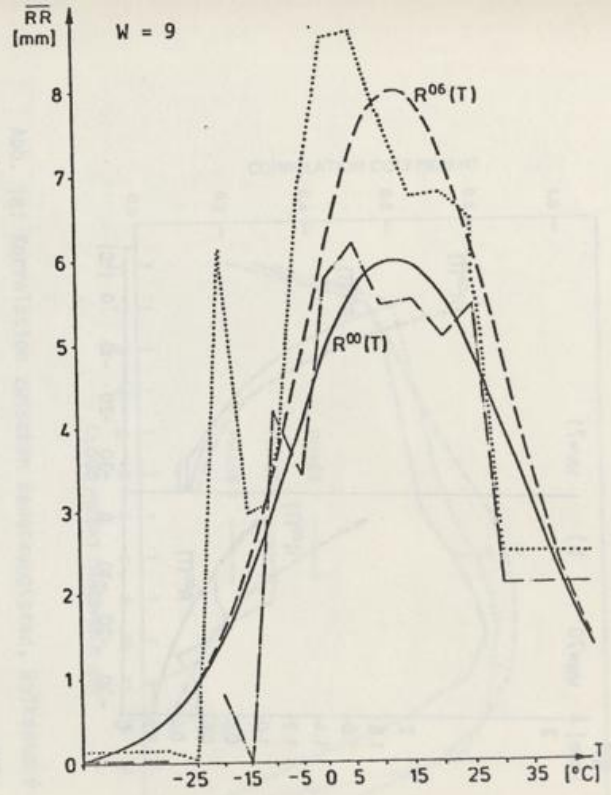


Abb. 16: analog Abb. 12 für $W = 9$, Gewitter

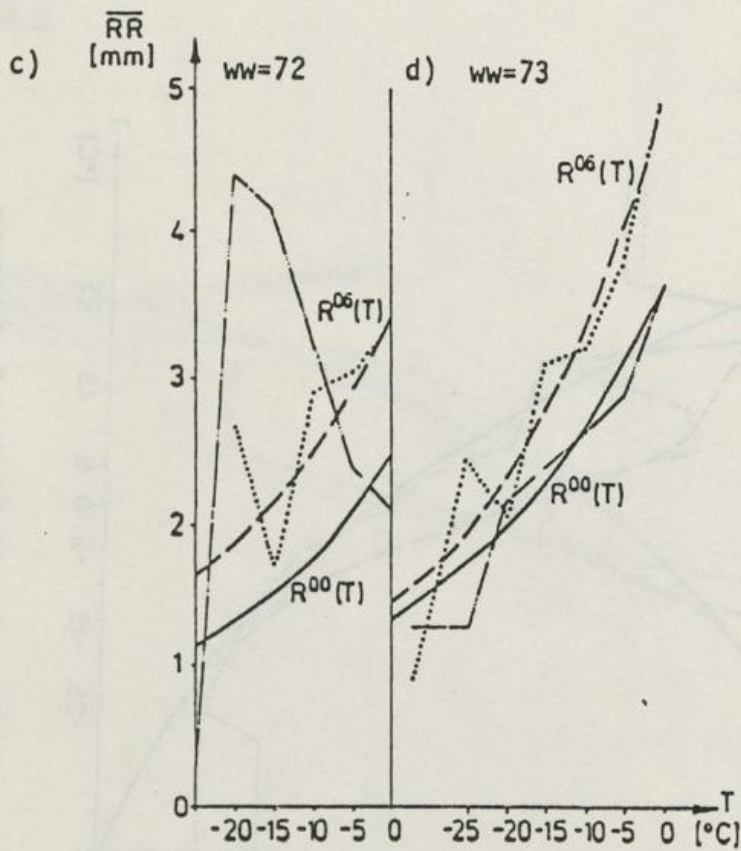
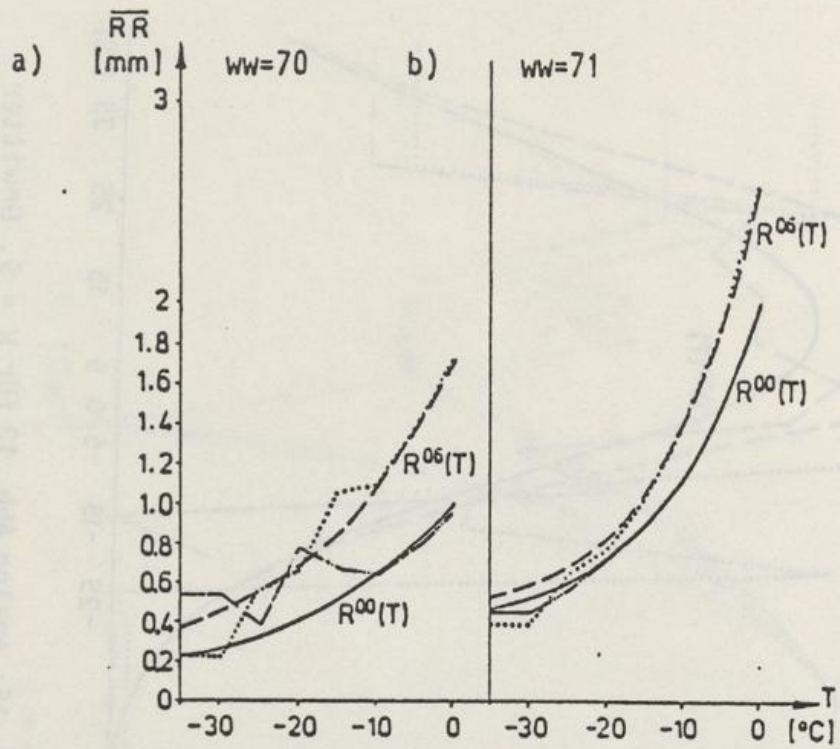


Abb. 17: Abhängigkeit der Niederschlagsmenge von der Lufttemperatur für verschiedenes gegenwärtiges Wetter. Legende wie in Abb. 12

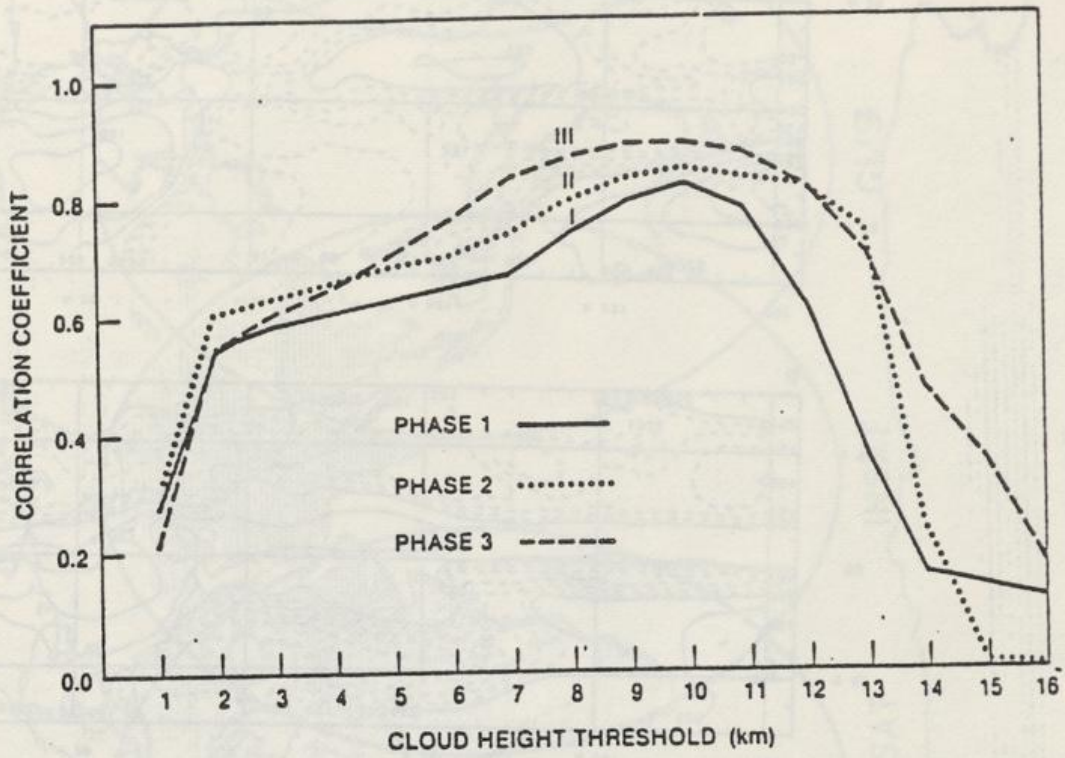


Abb. 18: Korrelation zwischen Bedeckungsgrad, Wolkenhöhe und Regenrate (aus ARKIN, 1977)

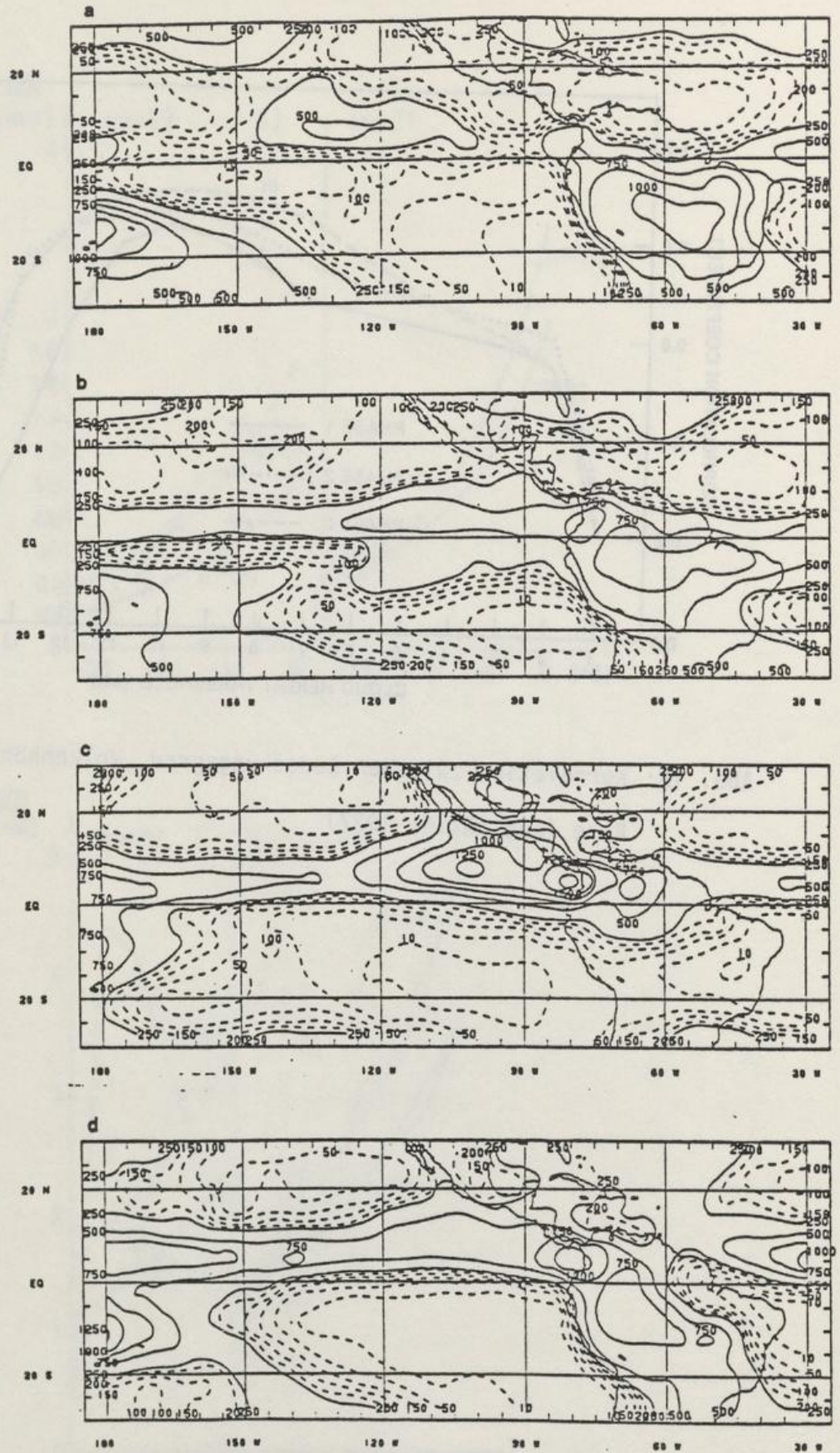
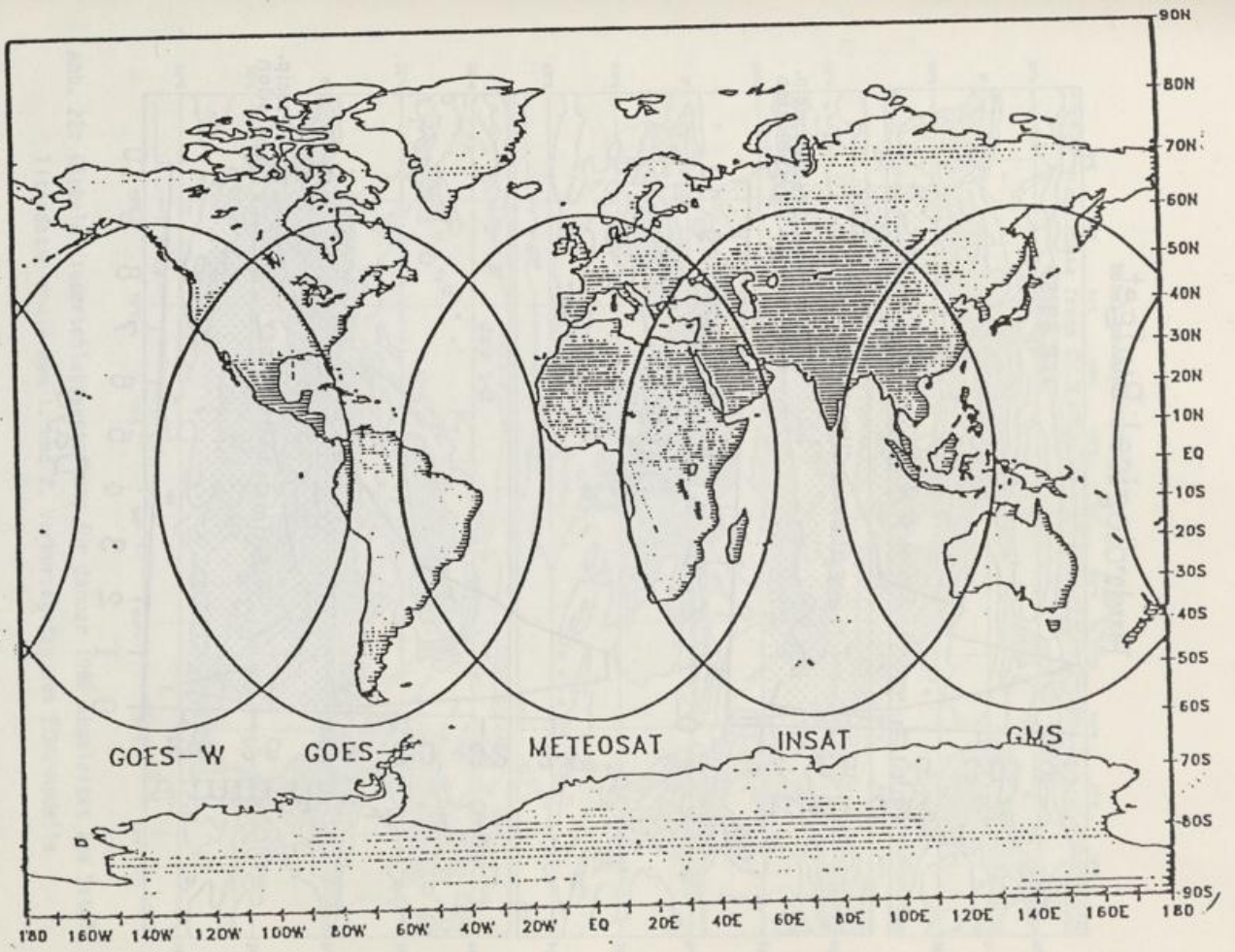


Abb. 19: Mittlerer 3 jähriger GOES - Niederschlagsindex für DJF (a), MAM (b), JJA (c) und SON (d) , nach ARKIN und MEISNER (1987)

Abb. 20: Das globale Wettersatelliten-System



Hydrological Budget

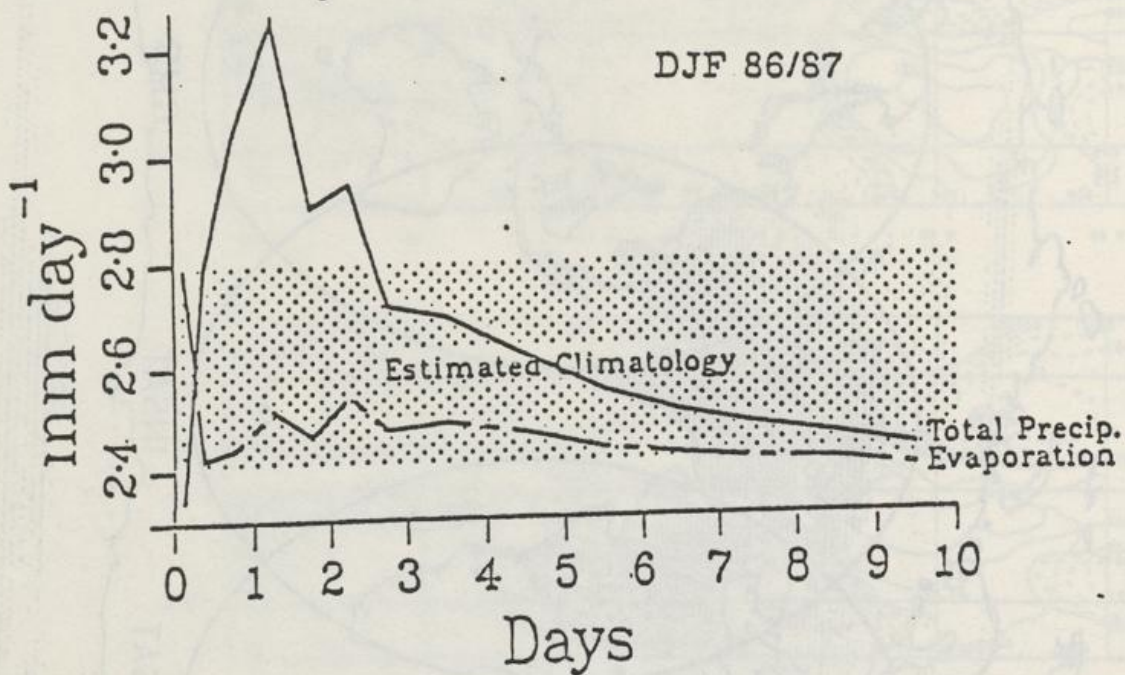


Abb. 21: Mittlere globale Verdunstung und globaler Niederschlag des ECMW-Modells in Abhängigkeit von der Vorhersagezeit

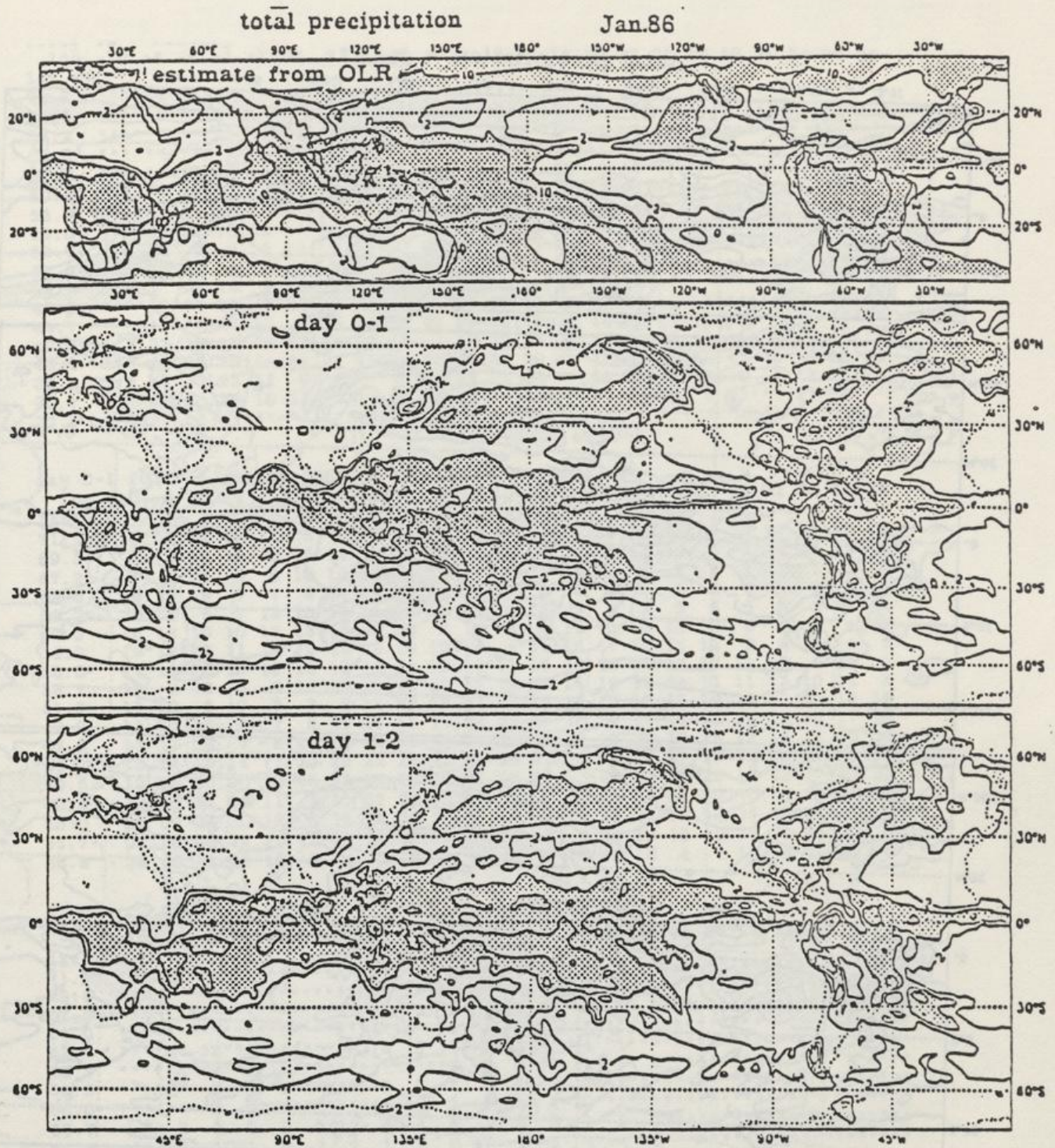


Abb. 22: Globale Niederschlagsverteilung für Januar 1986 abgeleitet aus Satellitendaten sowie dem 1. und 2. Vorhersagetag des ECMW-Modells

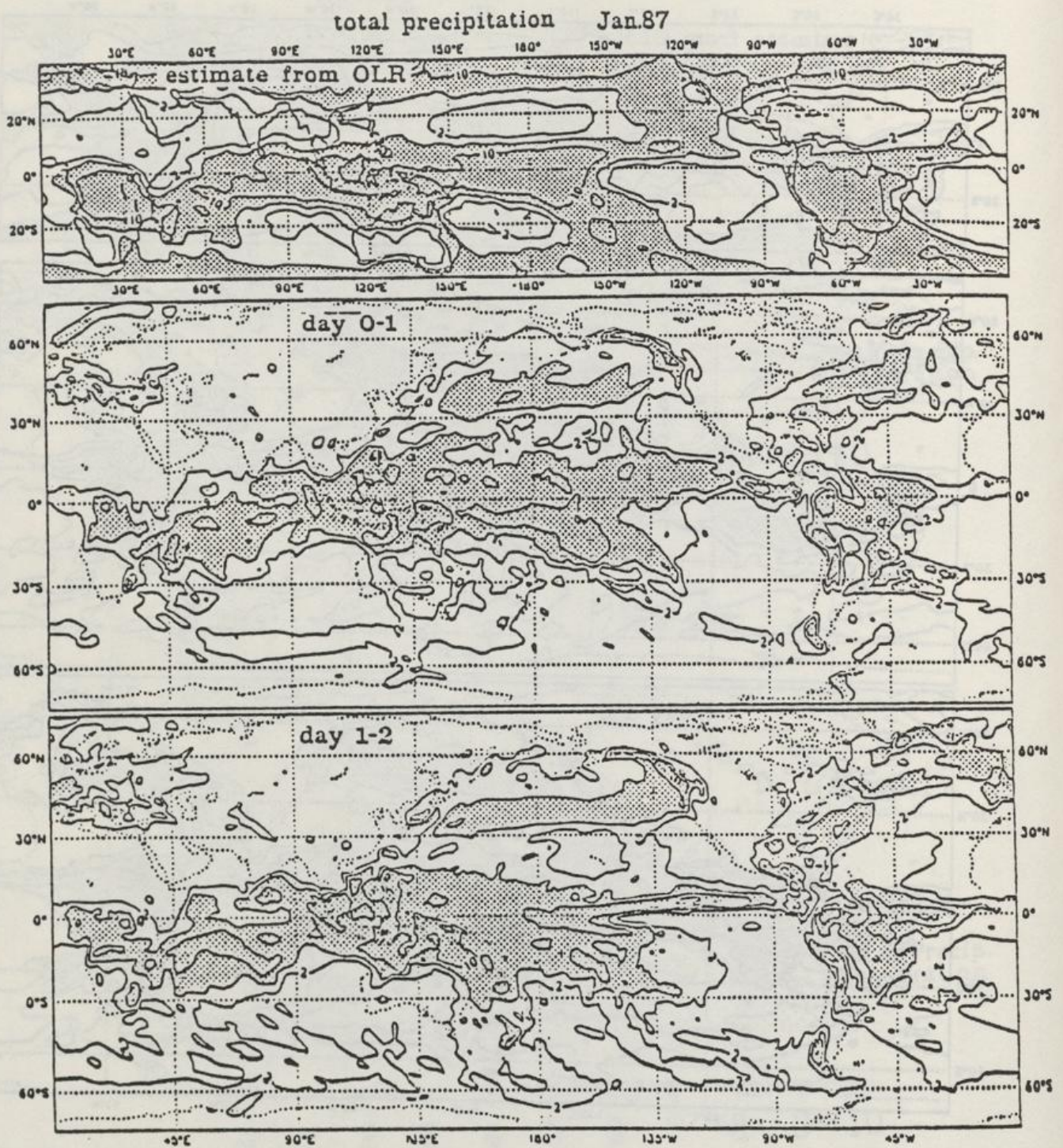


Abb. 23: Globale Niederschlagsverteilung für Januar 1987 abgeleitet aus Satellitendaten sowie dem 1. und 2. Vorhersagetag des ECMW-Modells

a)

lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38	
lat																								
71.7	24															20		19						
69.5															28									
67.2														32		2	2	1						
65.0										20		16	19											
62.7		29								13	29	24	22	7	10	3								
60.5		18	30										6	4	9	5								
58.2		18	16	15						23	10	5	7	6	12	13								
56.0		15	16	12						14	7	7	10	12	89									
53.7	18	11	9	8	5	10	9	13	13	12	14	9	13	16	10	7								
51.5	25	23	9	5	4	8	7	12	19	25	31	24	23	11	17	7								
49.2		7	12	9	15	7	9	11	15	16	22	20	19	26	12									
47.0			11	7	10	8	14	20	16	24	27	25	21	27	17	12	6							
44.7				13	9	9	14	23	22	32	36	40	37	40	36	17	10	8						
42.5	33	25	18	29	20	14	30	41	54	40	30	40	30	41	59	39	15				40			
40.2	25	25		24	41	41	33	60		37	29	13				8	19	47	32		25	26		
38.0	41	33	23	11	9				60	28	21	24					38	27	17		34	11		
35.7	60	37	16	21	42	14	22	18	10						3		27	29	14	9	23		27	
33.5	58								13															21

b)

day 0-1 FCST	January 1987																							1/10 mm/day	
lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38		
lat																									
71.7	10	13	16	16	11	8	8	8	9	12	14	17	18	22	28	36	39	32	27	25	25	21			
69.5	7	8	12	12	8	6	11	18	16	12	13	21	34	35	22	12	6	5	7	1	1	1	2	4	
67.2	7	6	5	5	6	10	16	20	18	17	27	44	31	6	2	2	2	2	1	1	1	1	2	4	
65.0	9	10	9	7	7	9	14	17	23	32	35	30	8	4	3	3	2	3	3	2	2	3	3		
62.7	9	8	8	7	13	18	19	32	40	35	15	6	5	5	4	5	5	5	5	3	3	4	4		
60.5	16	12	10	10	13	15	15	32	20	3	6	3	4	11	11	9	10	10	8	7	5	4	3		
58.2	19	19	17	11	10	12	17	19	16	13	8	8	12	16	17	13	11	11	9	8	6	4	5		
56.0	17	19	20	15	18	18	19	19	14	10	10	11	15	19	18	13	13	13	11	10	8	8	5		
53.7	12	9	8	8	9	15	15	22	19	15	18	13	15	16	11	12	11	11	13	10	11	8			
51.5	11	12	8	7	3	3	9	14	22	26	23	25	18	16	13	13	13	12	13	13	14	15	16		
49.2	12	17	13	7	7	8	11	15	15	17	28	25	23	28	27	17	12	13	14	14	16	17	18		
47.0	11	11	9	7	6	13	15	22	26	18	25	19	19	22	25	13	15	12	15	12	20	32			
44.7	18	14	13	14	11	23	22	22	25	21	22	25	37	38	19	22	17	13	19	18	19	23	52		
42.5	13	26	30	20	29	26	22	22	38	30	38	30	24	37	21	23	22	22	19	23	17	17	34		
40.2	17	30	31	18	11	7	11	27	29	19	26	29	19	22	34	31	39	41	38	27	35	33			
38.0	28	30	34	30	12	8	15	25	30	25	16	18	10	20	33	21	14	16	35	12	21	45	58		
35.7	31	30	36	22	20	18	14	10	12	2	7	12	5	7	20	16	10	15	9	23	38	26			
33.5	25	39	38	12	12	9	4	3	2	1	2	7	7	5	10	10	4	7	15	16	17	13	0		

c)

day 0-1 FCST-error	January 1987																							1/10 mm/day	
lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38		
lat																									
71.7	-11															15		19							
69.5																									
67.2																									
65.0																									
62.7																									
60.5																									
58.2																									
56.0																									
53.7																									
51.5																									
49.2																									
47.0																									
44.7																									
42.5																									
40.2																									
38.0																									
35.7																									
33.5																									

Abb. 24 : Beobachtete (a) und vorhergesagte (b) Niederschlagssummen für Januar 1987 und die Differenz zwischen Beobachtung und Vorhersage (c)

Observed August 1987

lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38		
lat																									
71.7	...	9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	20	...	10	...	...	...	...	...	...	...
69.5	15	...	...	6	...	...	...	...	...	...	...
67.2	33	35	...	39	...	...	...	...	...	...
65.0	
62.7	...	32	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	30	33	...	...	...	...	...	...	...	...
60.5	...	25	21	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	26	29	...	34	...	27	...	...	...	...
58.2	...	26	17	18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56.0	...	34	33	29	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	26	19	16	20	4	3	...	...	...	...
53.7	32	9	28	24	23	25	38	15	23	20	17	30	22	25	25	19	...	...	...	...	...	...	...	...
51.5	21	20	16	12	12	23	17	28	24	25	24	26	37	21	25	17	...	...	...	...	...	...	...	...
49.2	...	11	10	9	19	31	21	23	24	22	23	24	21	22	24	...	...	...	...	...	...	...	...	...
47.0	8	12	14	13	23	28	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
44.7	9	18	15	33	18	30	26	28	33	16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
42.5	...	8	17	9	10	13	37	10	11	8	15	32	10	18	16	13	11	...	...	...	...	...	...	...
40.2	...	27	1	4	1	5	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	9	1	...	8	8	
38.0	...	6	18	6	2	0	0	12	0	11	...	2	2	1	0	8	0	13
35.7
33.5	...	28	0

day 0-1 FCST August 1987

lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38	
lat																								
71.7	3	2	3	4	6	6	4	2	1	1	1	1	1	1	3	7	11	11	11	12	14	11	...	...
69.5	1	2	4	6	5	3	2	3	3	2	2	4	8	10	10	13	20	22	23	20	15	8	4	...
67.2	1	3	3	4	4	3	4	6	7	8	11	14	20	21	22	23	24	29	28	19	10	11	15	...
65.0	7	5	5	4	5	7	10	10	9	11	18	24	32	32	21	13	14	17	21	24	27	2	17	...
62.7	11	11	10	7	7	10	12	16	31	29	41	46	47	24	20	31	36	29	28	41	27	2	18	...
60.5	21	18	14	11	15	18	17	32	31	41	30	28	17	16	20	20	40	44	47	20	23	19	...	...
58.2	11	9	17	16	14	19	23	30	39	28	17	18	14	8	14	25	5	22	51	27	25	18	...	...
56.0	8	12	18	14	13	22	32	24	15	14	15	17	12	17	26	40	30	19	30	57	32	18	...	...
53.7	15	17	6	10	28	31	28	13	13	14	11	17	15	17	11	22	24	14	27	17	32	21	...	...
51.5	10	8	13	13	16	11	24	21	19	21	14	18	16	11	11	8	13	10	25	21	13	11	...	...
49.2	4	4	4	3	3	8	20	23	26	24	28	20	16	16	28	32	20	15	10	5	4	7	...	...
47.0	1	3	3	2	12	11	12	40	41	32	38	33	20	4	3	11	15	13	10	6	1	2	...	...
44.7	2	2	3	4	7	11	37	57	30	16	10	6	5	11	8	3	4	13	10	3	2	7	...	...
42.5	0	4	8	14	12	13	4	0	0	0	3	2	0	6	10	7	4	13	9	11	14	9	...	...
40.2	4	7	15	20	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	5	0	7	7	7	6	8	...	...
38.0	3	18	35	18	2	0	6	2	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	1	1	0	0	...	...
35.7	0	2	18	13	4	12	25	15	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...
33.5	0	0	3	7	2	10	5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	...	...

day 0-1 FCST-error August 1987

lon	-10	-8	-6	-4	-1	0	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36	38	
lat																								
71.7	...	-8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	-16	...	1	...	...	...	...	...	...
69.5
67.2	3	...	...	...	...	...	...	...	...	...
65.0	-11	-12	...	-10	...	...	...	...	...
62.7
60.5	...	-11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
58.2	...	-8	0	-4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
56.0
53.7	-17	-7	-22	-14	-3	6	-9	-3	-9	-6	-6	-2	-6	-8	-4	3	...	...	...	...	...	...	...
51.5	-10	-1	-3	0	3	13	-15	-6	-5	-3	-9	-7	-20	-9	12	-8	...	...	...	...	...	...	...
49.2	...	-7	-7	-6	11	-10	2	2	-7	1	4	-3	-5	-3	4	...	...	...	...	...	...	...	...
47.0	-3	0	7	-3	17	12	16	-5	11	-22	-23	8	-9	-7	...	...	...	...	...	...	...
44.7
42.5	...	-1	-9	4	-7	-7	-8	10	-9	11	-5	12	-32	-4	-8	-8	...	...	...	...	...	...	...
40.2	...	-2	13	15	4	-4	0	0	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
38.0	...	12	16	12	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
35.7
33.5	...	-2	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Abb. 25: Beobachtete (a) und vorhergesagte (b) Niederschlagssummen für August 1987 und die Differenz zwischen Beobachtung und Vorhersage (c)

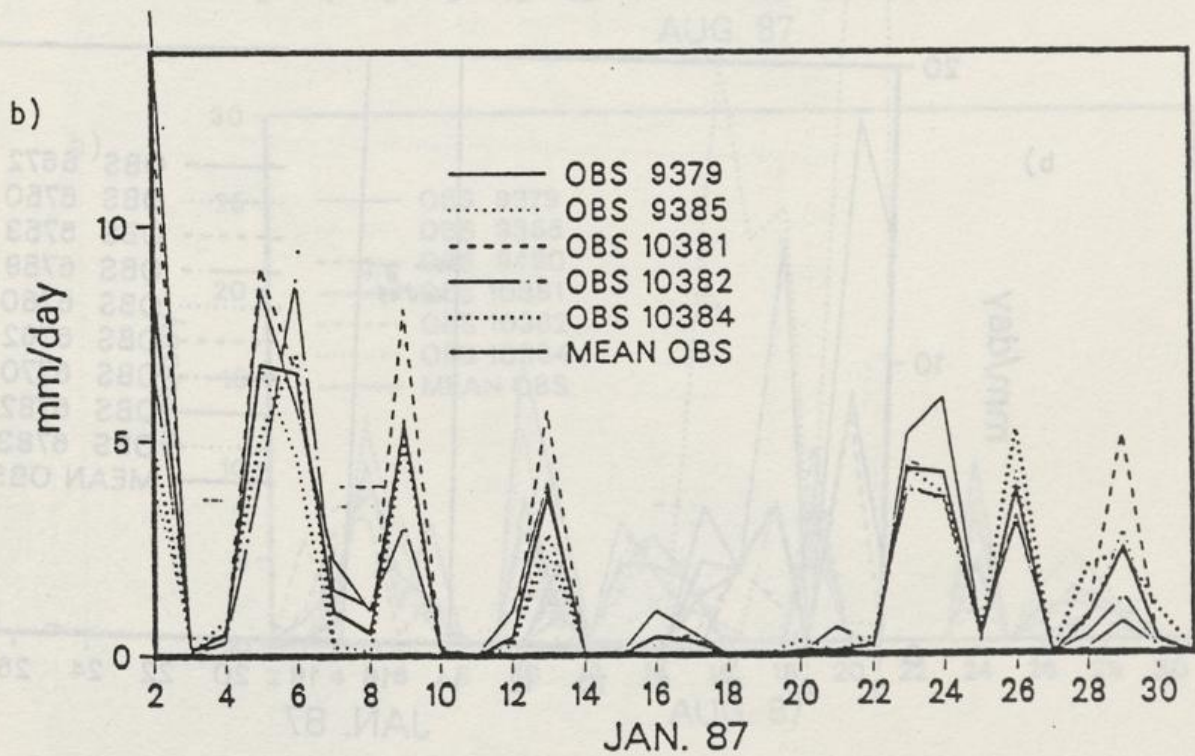
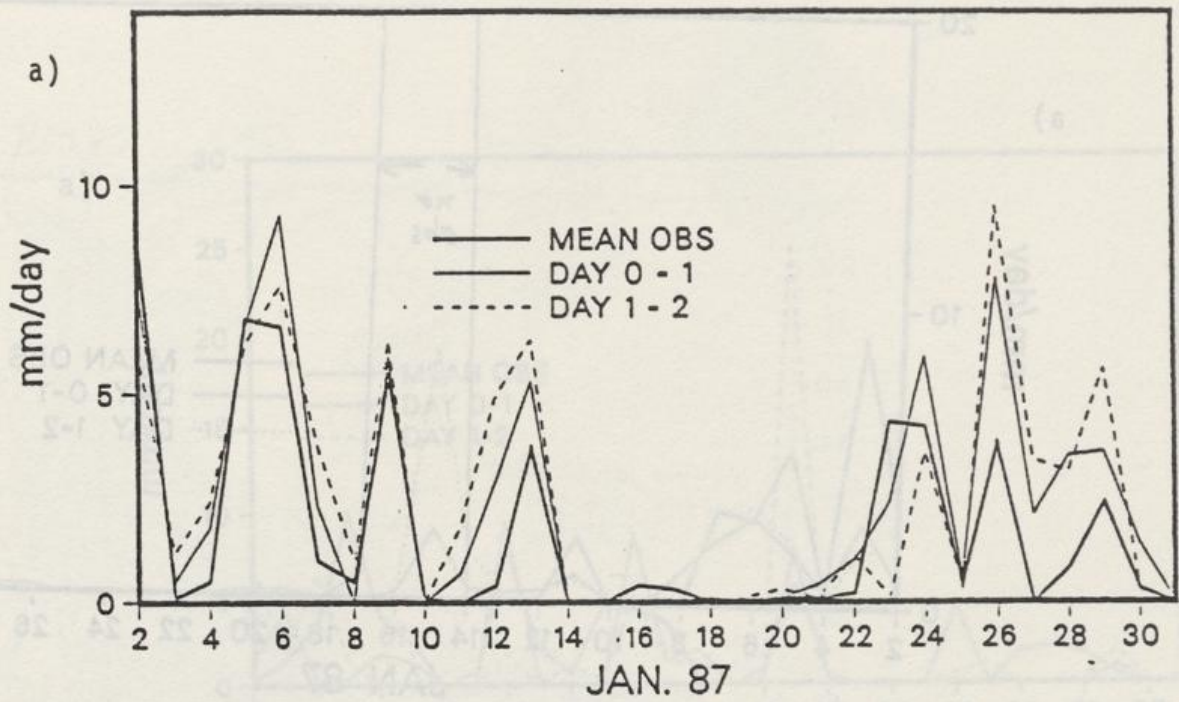


Abb. 26 : Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages
 im Januar 1987 für den Gitterpunkt Berlin (a) und für die
 5 Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)

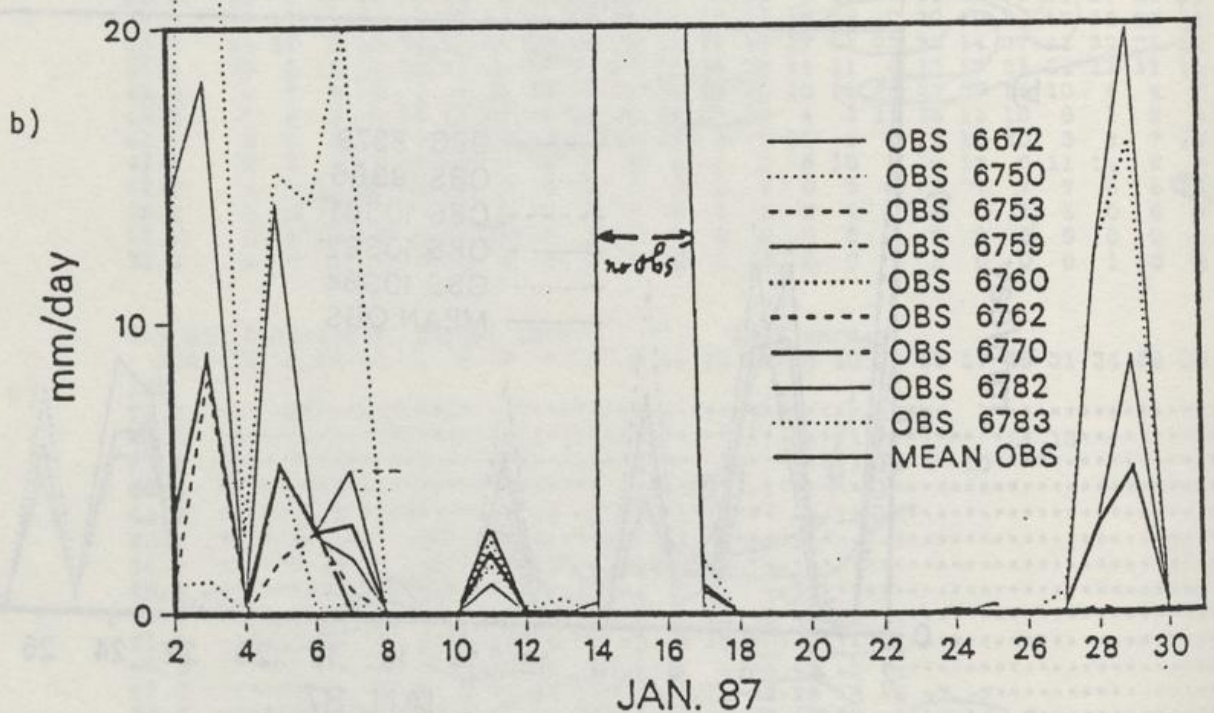
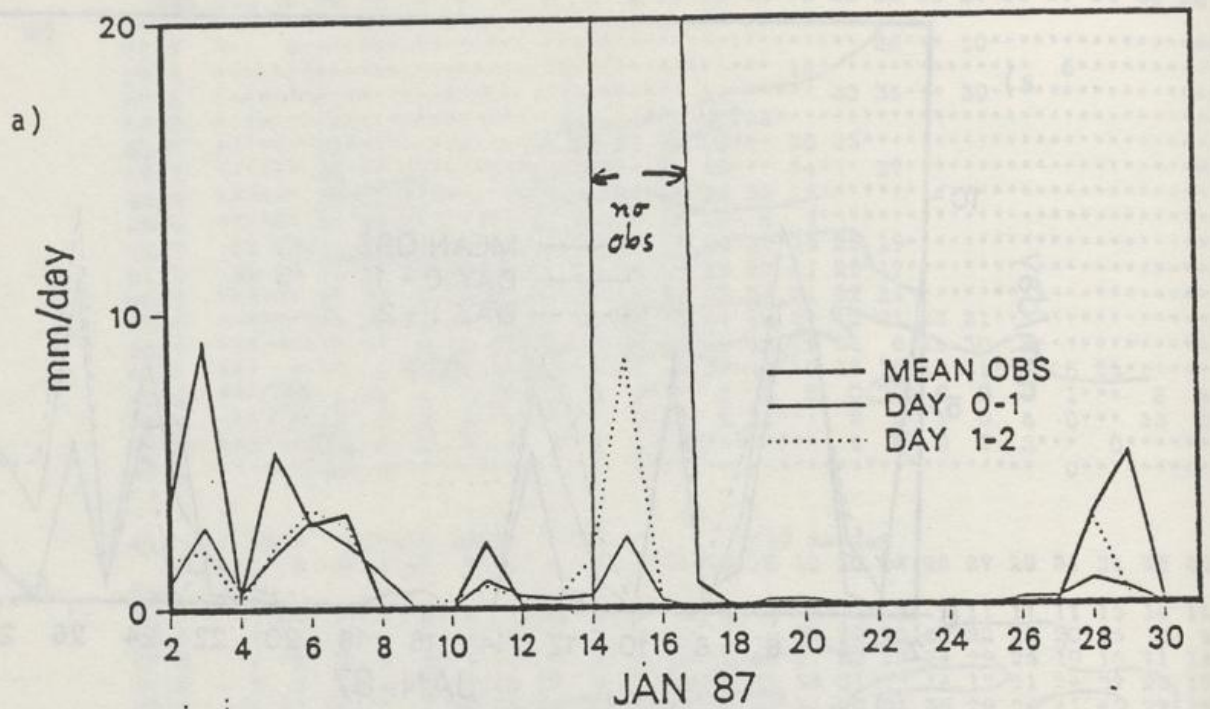


Abb. 27: Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im Januar 1987 für den Gitterpunkt "südliche Schweiz" (a) und für die Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)

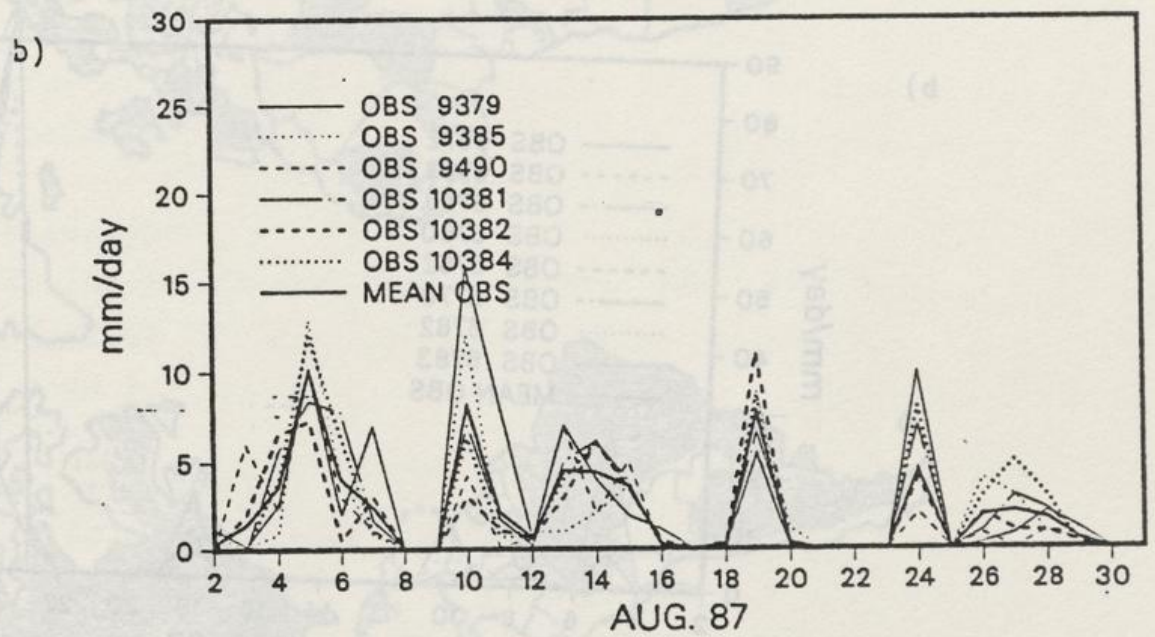
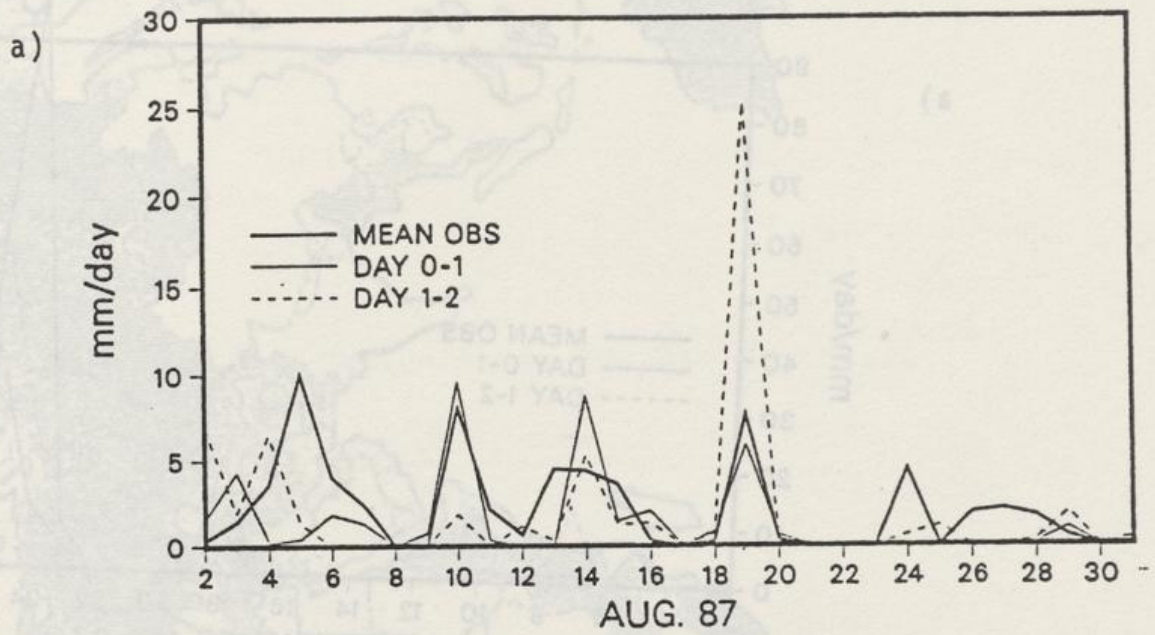


Abb. 28: Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im August 1987 für den Gitterpunkt "Berlin" (a) und für die 5 Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)

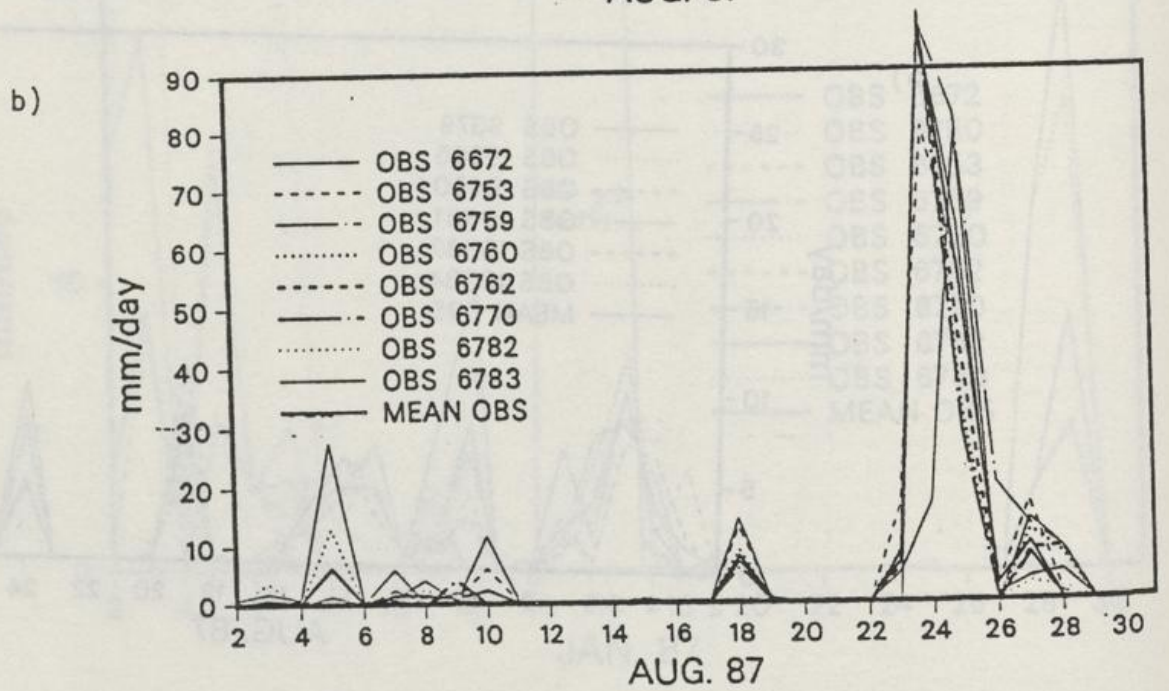
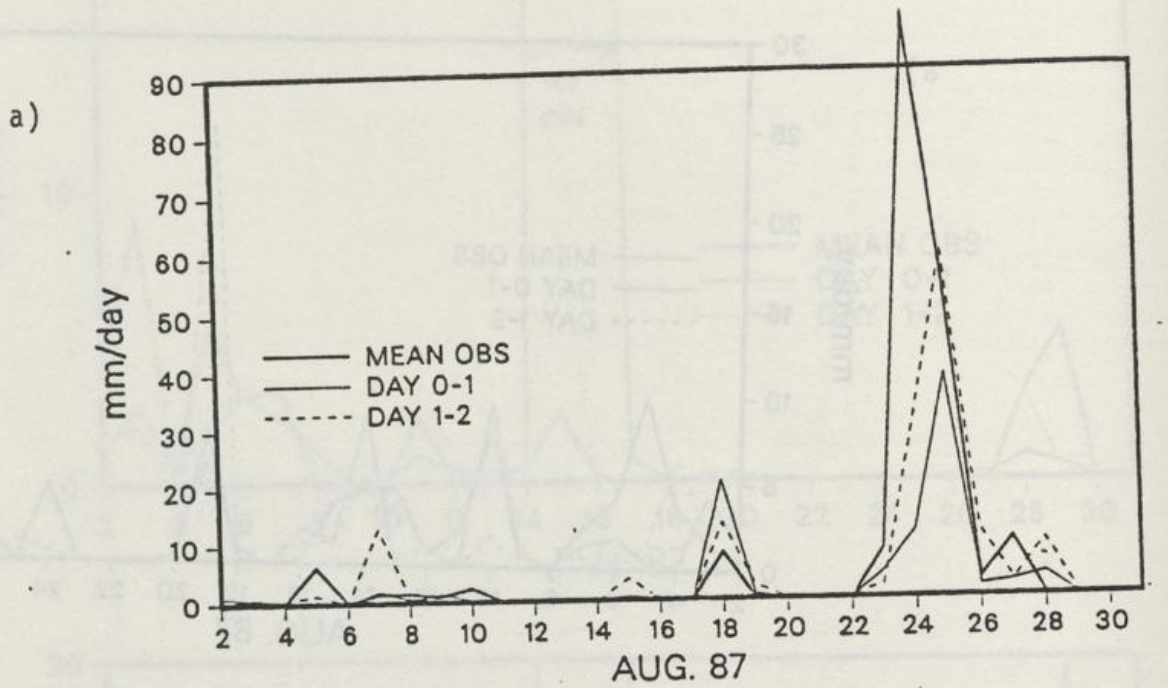


Abb. 29: Zeitreihe des beobachteten und vorhergesagten Niederschlages im August 1987 für den Gitterpunkt "südliche Schweiz" (a) und für die 9 Stationen innerhalb der Gitterfläche (b)



Abb. 30: Kartierung der Länder, die in den Jahren 1978, 1979 und 1980 der WMO Abflubdaten zur Verfügung gestellt haben



Abb. 30: Kartierung der Länder, die in den Jahren 1950, 1970 und 1992 der UNO Mitgliedschaft zur Verfügung gestellt haben

(a) zeigt die Vegetation im Jahr 1950
 (b) zeigt die Vegetation im Jahr 1970

Teilnehmerliste

P. A. Arkin
NOAA/ Climate Analysis Center /NMC
W/NMC 52
Washington, D.C. 20233
USA

Dr. K. Arpe
European Centre for Medium Range Weather Forecasts
Shinfield Park
Reading
Berkshire RG 2, 9AX
England

H. Bartels
Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str. 135
6050 Offenbach a.M.

B. Brumme-Bothe
Bundesministerium für Verkehr - Ref. LR - 14-
Kennedyallee 72
5300 Bonn 3

Dr. E. Dittmann
Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str.135
6050 Offenbach a.M.

Prof. Dr. H. Fleer

Institut für Meteorologie der TH Darmstadt
Hochschulstr. 1
6100 Darmstadt

Prof. Dr. H. Graßl

GKSS - Forschungszentrum Geesthacht
Institut für Physik
Max-Planck-Straße
2054 Geesthacht

Dr. L. Hoffmann

Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str. 135
6050 Offenbach a.M.

T. Kaneshige

WMO, C.P.5
1211 Geneva 20

Prof. Dr. R. Keller

Institut für Physische Geographie der
der Universität Freiburg
Werderring 4
7800 Freiburg

Prof. Dr. H.-J. Liebscher

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17
5400 Koblenz

K. Ludwig

Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und
Landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover
Appelstr. 9a
3000 Hannover

Dr. L. Oedekoven

Gesellschaft für Strahlen- und
Umweltforschung mbH
Projektträgerschaften
Ingolstädter Landstraße 1
8042 Neuherberg

G. Paul

Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str. 135
6050 Offenbach a.M.

Prof. Dr. R. Roth

Institut für Meteorologie und Klimatologie
der Universität Hannover
Herrenhäuser Str. 2
3000 Hannover 21

G. Schwarzmäier

Lehrstuhl für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie
der Universität München
Amalienstr. 52
8000 München 40

Dr. B. Sevrük

Geographisches Institut der ETH
Winterthurer Str. 190
CH-8057 Zürich

A. Turpeinen
EUMETSAT
Am Elfengrund 45
6100 Darmstadt - Eberstadt

V. Vent-Schmidt
Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str. 135
6050 Offenbach a.M.

2014 Gieseler

Dr. L. Hoffmann

Deutscher Wetterdienst - Zentralamt
Frankfurter Str. 135
6050 Offenbach a.M.

T. Kanamitsu

5. P. C. O. W.

1212

Prof. Dr. R. R. R.

Institut für Meteorologie und Klimatologie
der Universität Hannover
Herrnholer Str. 2
3000 Hannover 21

Lehrstuhl für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie

Prof. Dr. R. R. R.

Institut für Bioklimatologie und angewandte Meteorologie
Kaiserin-Auguste-Str. 1
8000 München

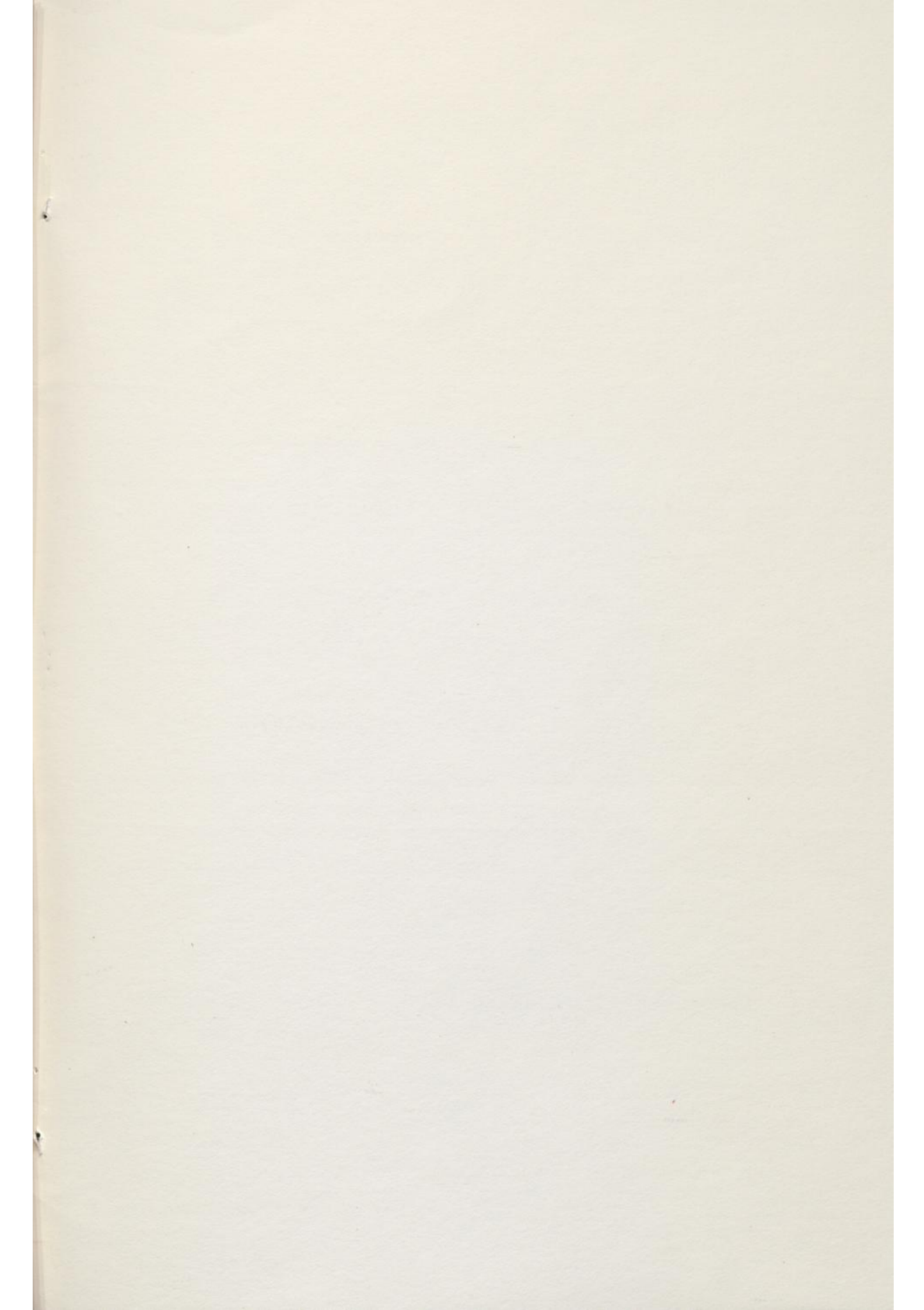
Dr. R. R. R.

Geographisches Institut der RWTH
Wingener Str. 128
CH-5057 Essen

Abkürzungen

a, α	Konstanten für die analytisch formulierte Approximationskurve der Niederschlagshöhe in Abhängigkeit von der Temperatur
ACP	Atmospheric Climatology Project
b, β	Konstanten für die analytisch formulierte Approximationskurve der Niederschlagshöhe in Abhängigkeit von der Temperatur
BMFT	Bundesminister für Forschung und Technologie
CAC	Climate Analysis Center
CBS	Commision for Basic Systems
CCl	Commission for Climatology
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECMWF	European Centre for Medium Range Weather Forecasts
ESA	European Space Agency
EUMETSAT	European Meteorological Satellite Organisation
FGGE	First GARP Global Experiment
g	Konstante für die analytisch formulierte Approximationskurve der Niederschlagshöhe in Abhängigkeit von der Temperatur
GARP	Global Atmospheric Research Programme
GATE	GARP Atlantic Tropical Experiment
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GPCP	Global Precipitation Climatology Project

T_1 , T_2 und T_n	Konstanten für die analytisch formulierte Approximationskurve der Niederschlagshöhe in Abhängigkeit von der Temperatur
TOGA	Tropical Ocean and Global Atmosphere
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTC	Universal Time Coordinated
W	Wetterablauf während der letzten Stunden
WDCM	World Data Centre for Meteorology
WMO	World Meteorological Organisation
WOCE	World Ocean Circulation Experiment
WW	Wetter zum Termin
WZN	Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie





Deutscher Wetterdienst

