

Beiträge des Instituts für Meteorologie

der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.

c/o Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin

<http://www.Berliner-Wetterkarte.de>

ISSN 0177-3984

27.7.2006

60/06

SO 21/06

Wetter und Wettervorhersage*)

Werner Wehry

Der Durchmesser der Erde beträgt am Äquator 12742 km. Mehr als 99 % unserer Lufthülle ist in einer Schicht von nur 50 km Dicke enthalten. Diese dünne Luftschicht schützt die Erde einerseits weitgehend vor zerstörender UV- sowie kosmischer Strahlung, andererseits sammelt und verteilt sie die Sonneneinstrahlung, so dass die Erde bewohnbar wird.

„Luft“ ist ein Gemisch verschiedener Gase, deren wettermäßig einflussreichstes das Wasserdampfgas ist. In der unteren Atmosphäre kann bis zu 3% der Luftmasse unsichtbarer Wasserdampf sein: Bis zu 30 Gramm pro Kilogramm Luft! Dazu kommt die in den Wolken gebundene kondensierte Wassermenge als Tröpfchen und/ oder Eis. In Gewitterwolken kann sie zusätzlich 10 Gramm pro Kubikmeter erreichen.

Wettervorhersage/ Definitionen

„Wetter“ ist ein komplexer Begriff – nahezu jeder, der Wetter definieren soll, kommt zu durchaus unterschiedlichen Beschreibungen, sei es dass das Beständige betont oder aber dass gerade der häufige Wechsel als wesentlich dargestellt wird. Wetter ist also ein Begriff, der zeitliche und räumliche Komponenten zum Inhalt hat. Zur Beschreibung mögen folgende Definitionen helfen:

Die **Wetterlage** ist die Momentaufnahme des Wetterzustandes zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem größeren Gebiet. Üblicherweise wird dies als „Wetterkarte“ dargestellt, heute meist in digitaler Form.

Wetter ist das Verhalten der atmosphärischen Wetterelemente im Verlauf einiger Tage an einem bestimmten Ort oder in einer Region. Hierzu werden also Zeit- und Ortsangaben kombiniert.

Witterung beschreibt den allgemeinen Charakter des Wetterablaufs eines Zeitraums von Wochen bis hin zu einzelnen Jahreszeiten. Diesen Begriff gibt es übrigens nur im Deutschen, in anderen Sprachen wird entweder noch von „Wetter“ gesprochen oder aber bereits von „Klima“.

Als **Klima** wird der mittlere Ablauf aller Wetterelemente an einem bestimmten Ort oder in einer bestimmten Region bezeichnet. Dabei sollten mindestens 30-jährige Mittel zu Grunde liegen, möglichst aber erheblich längere Zeiträume. Bei der Auswertung von mehr als hundertjährigen Klimareihen hat sich herausgestellt, dass „Klima“ nichts Statisches ist, dass es sich immer „im Wandel befindet“.

Der größte Nutzen der Wettervorhersage liegt in rechtzeitigen Warnungen vor Sturm, Glätte, Schnee, Hagel, Starkregen, Spätfrost usw.

Beispiel Sturmwarnung: Ein Baukran wird auf Grund der Warnung gesichert; wenn er umgefallen wäre, hätte man den Schaden genau beziffern können – dieser verhinderte Schaden kann teilweise als Nutzen der Prognose angesehen werden.

Beispiel Glätteisregen/ Reif: Rechtzeitig (z.B. am Abend zuvor) vorhergesagt, veranlasst die Prognose 1. dass gestreut wird, 2. dass viele Menschen das Auto zu Hause zu lassen oder gar selbst zu Hause bleiben – hier wird es schon schwieriger, den sicher großen Nutzen in Cent und Euro anzugeben. Eine einzige richtige Glättewarnung kann viele Mio. € Schäden verhindern.

Beispiel Freizeit: Im Sommer wird ein warmes und sonniges Wochenende vorhergesagt, was auch eintrifft: Viele Menschen nutzen dies für Freizeit-Aktivitäten. Wie beziffert man diesen Wohlfühl-Effekt in Geld? Untersuchungen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ergaben, dass **einem in die Wettervorhersage investierten Euro ein Nutzen von 40 bis 80 Euro gegenüber steht!**

*) Etwas erweiterter Artikel, der in der August-Ausgabe 2006 der Zeitschrift „Astronomie + Raumfahrt im Unterricht“ erschienen ist.

Moderne Messsysteme (einige Beispiele)



Abb. 1 (links): An circa 550 Stationen werden weltweit täglich zwei Mal **Radiosonden** (= Sondierung der Atmosphäre mittels einer Ballon-Sonde) gestartet. Bei bekannter Aufstiegs-geschwindigkeit kann die Höhe bestimmt und mit Messfühlern Temperatur, Druck und Feuchtigkeit gemessen und zugeordnet werden. Mit Radar wird die Sonde geortet, und daraus wird Windrichtung und Windgeschwindigkeit bestimmt. (Foto: K. Wehry)

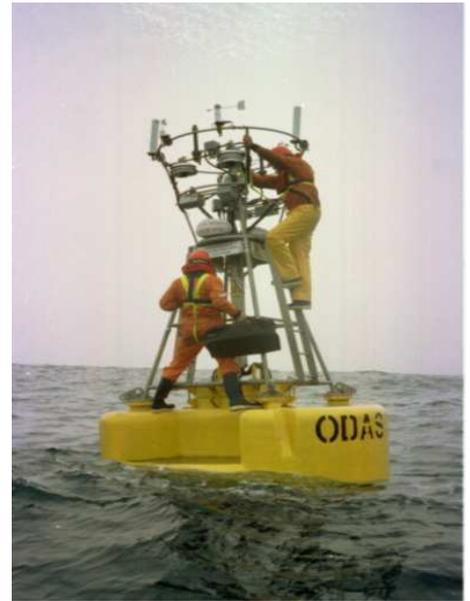
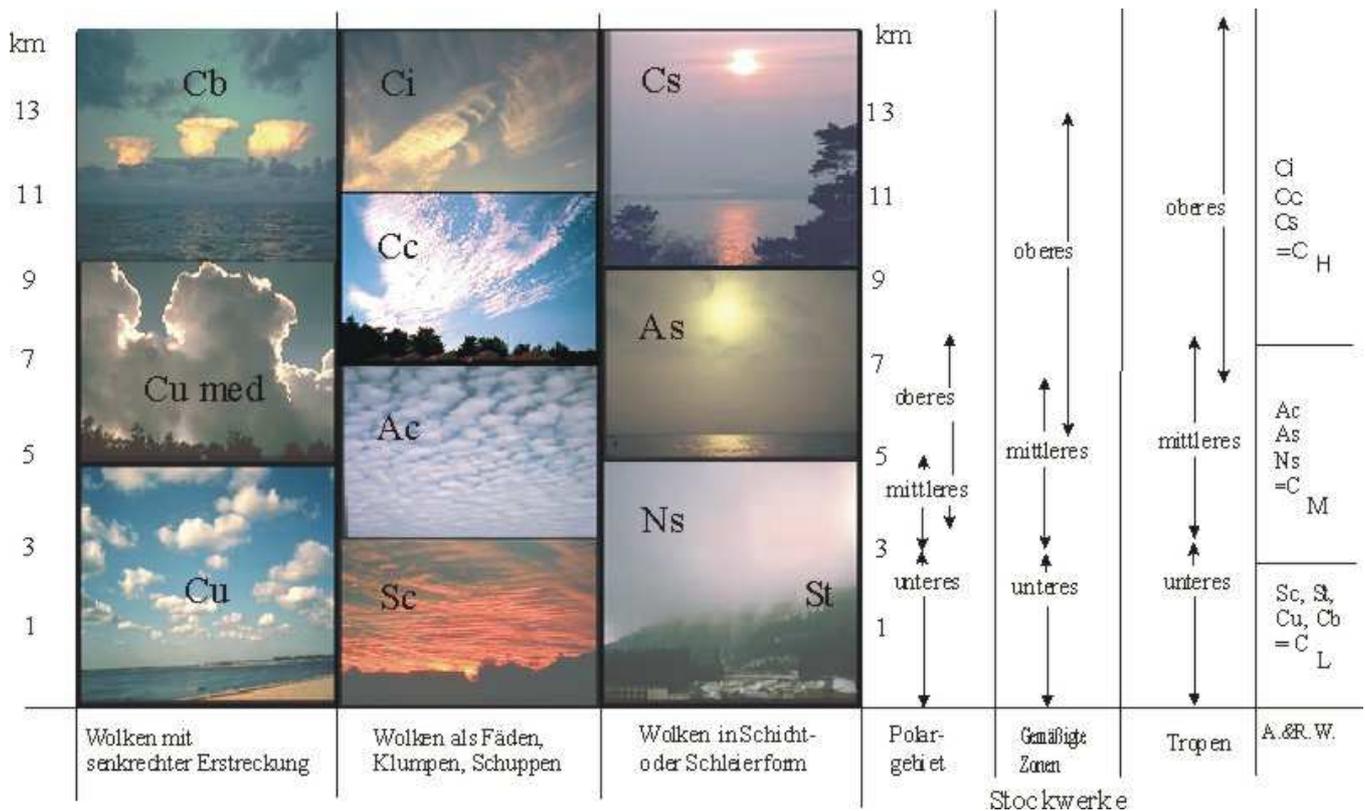


Abb. 2 (rechts): Etwa 2000 derartiger und ähnlicher **Bojen** schwimmen auf den Meeren. Sie messen die meteorologischen Größen, aber auch die Wassereigenschaften bis 2000 m Tiefe.

Bild aus: <http://www.eumetnet.eu.org/eucos.html>



(Wolken-Darstellung von R. u. A. Wehry, Fotos: Fritz Krüger)

Abb. 3: Sehr wichtig sind von Menschen vorgenommene „Augenbeobachtungen“. Daher müssen die das Wetter kennzeichnenden Wolken und deren verschiedene Arten weiterhin von ausgebildeten Beobachtern bestimmt werden, Messgeräte können dies noch nicht. Dagegen können Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit, Strahlung usw. sehr gut von Geräten gemessen werden. Neuerdings sind mit ausgeklügelter Optik betriebene Messgeräte sogar in der Lage, sehr genau festzustellen, ob es regnet, schneit, nieselt oder graupelt.

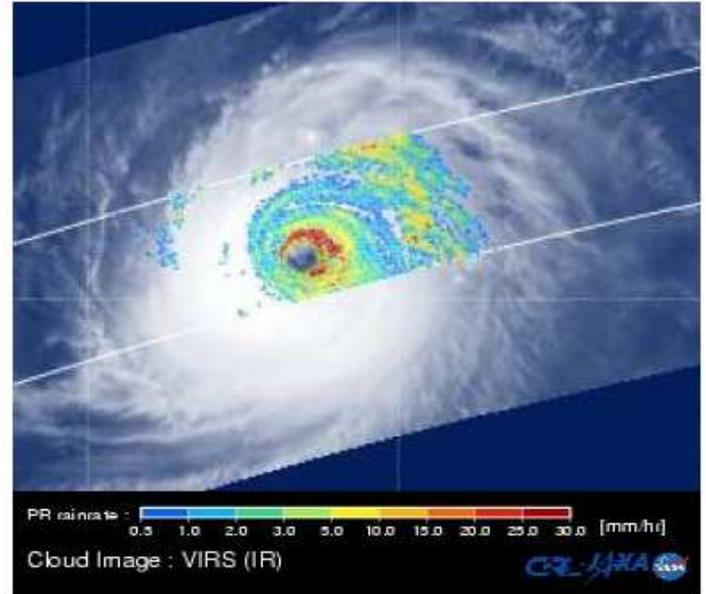
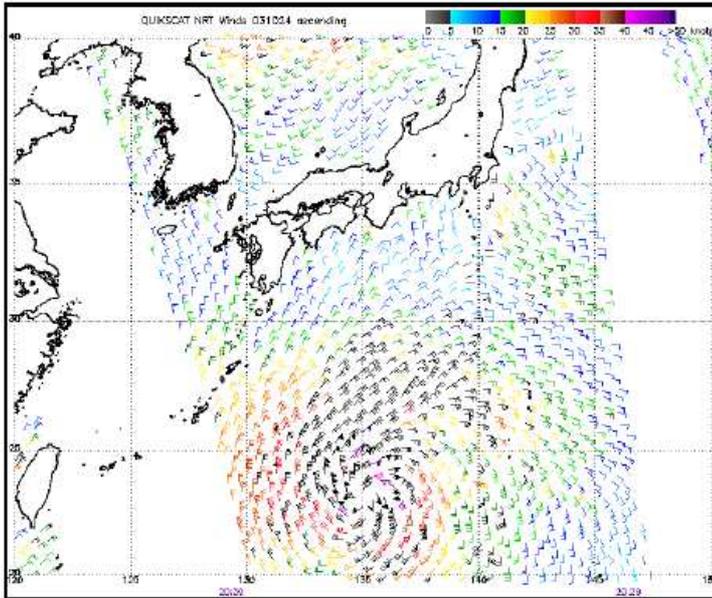


Abb. 4 links: Quikscat = Quick Scatterometer zur Messung des Windes an der Ozean-Oberfläche

Abb. 4 rechts: TRMM= Tropical Rainfall Measuring Mission Satelliten-Bild

(Beide Abb. aus: THORPEX: <http://www.wmo.int/index-en.html>)

Diese beiden Bilder zeigen den Taifun PARMA (25.10.2003) südlich von Japan: Abb. 4 links repräsentiert die Windverteilung in diesem Taifun, Abb. 4 rechts zeigt die Wolken und – im Original farbig – ihre Intensität, wie sie von TRMM gewonnen wurde. Mit diesen Satelliten-Anwendungen lassen sich heute in den Tropen und Subtropen routinemäßig Wind- und Niederschlagsverteilungen gewinnen. Da aus diesen Gebieten die wesentlichen Energiemengen der Atmosphäre stammen, sind deren Kenntnis wesentliche Voraussetzung für die Berechnung des für unsere Region vorherzusagenden Wetters.

Die Wettervorhersage

Von der **Wettervorhersage** wird erwartet, dass sie Aussagen über den zukünftigen Ablauf sowohl der einzelnen Wetter-Elemente als auch des Gesamtbildes macht mit einer Zeitskala von Stunden bis maximal 10 Tage. Da nie alle Wetterelemente genau genug gemessen und beobachtet werden können, ist schon die Darstellung der Wetterlage prinzipiell fehlerhaft. Diese meist nur kleinen Ausgangsfehler vergrößern sich mit zunehmendem Vorhersagezeitraum, weil bei den Rechnungen die Fehler sich nach und nach aufschaukeln. Je nach Wetterlage sind somit die Prognosen für z.B. den 5. Folgetag manchmal sehr gut, in anderen Fällen nicht mehr brauchbar.

Für die Wettervorhersage nutzt der Meteorologe je nach vorherzusagender **Zeitskala** unterschiedliche Daten und Techniken. Für die kürzeste Zeitspanne, die von „jetzt“ bis etwa zwei Stunden reicht, wurde das Kunstwort „Nowcasting“ geprägt. Diese Prognose ist eine der wichtigsten Aufgaben des Meteorologen, fallen doch in diesen Zeitraum alle aktiv auszusprechenden Warnungen, sei es vor Sturm, Glätte, Hagel usw.. Da alle Wettergefahren große Schäden hervorrufen können, die oft nur durch eine Zusammenarbeit zahlreicher staatlicher und privater Stellen gemildert oder sogar abgewendet werden können, sind so genannte „Single-Voice-Warnungen“ von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) empfohlen und international üblich. Dies bedeutet, dass nur von einer Stelle, meist vom staatlichen Wetterdienst, die grundsätzliche Warnung herausgeht, dann jedoch von allen anderen Wetterinformationsanbietern, eventuell mit regionalen Ergänzungen, ebenfalls verbreitet wird.

Ebenfalls sehr wichtig ist der Vorhersagezeitraum bis 12 Stunden, also von „heute Morgen bis heute Abend“ oder für die kommende Nacht, sowie für „Kurzfrist“ (bis 36 Stunden). Hier wie auch beim Nowcasting ist der aktive Meteorologe unentbehrlich, da jederzeit auf Nachfragen, auch auf plötzliche Änderungen des Wetters, z.B. bei starken Gewittern, reagiert werden muss. Für diese kurzen Zeiträume ist die stets neue Kenntnis aller Wettermeldungen, sei es von Bodenstationen, von Radiosonden, Satelliten oder auch von Flugzeugen erforderlich. Dies bedeutet, dass immer große Mengen neuer Daten

eingehen und verarbeitet werden müssen. Die wesentliche Leistung dieses Systems ist, eine Extrapolation des augenblicklichen Wetterzustandes für die nächsten etwa 120 Minuten zu optimieren. Bei den modernen Systemen zur Wetter-Beobachtung und -Vorhersage nutzt der MvD (Meteorologe vom Dienst) zahlreiche Bildschirmfenster (bis zu zehn!), die ständig neue Informationen zeigen und die nach Bedarf auch geändert werden können. Die Nutzung leistungsfähiger Computer ist hierzu selbstverständlich. Man kann leicht verstehen, dass Ungeübte in der riesigen auf sie einströmenden Datenflut ertrinken können. Daher werden für diese verantwortungsvolle Tätigkeit durchweg erfahrene und geübte Meteorologen eingesetzt.

Numerische Wettervorhersage

Dies ist aber nicht alles: Die moderne rechnerische (numerische) Wettervorhersage deckt den gesamten Zeitraum von „Jetzt“ bis zu zehn Tagen ab, und man hofft, den Zeitraum weiter ausdehnen zu können. Sie unterstützt damit auch die kurzfristigen Vorhersagen als so genannte „Guidance“ = Führung, ist somit ausschlaggebend für alle Prognosen ab etwa zwei Tagen. Während also der Mensch wesentlich für die Prognosen bis zu zwei Tagen verantwortlich bleibt, ist für den folgenden Zeitraum praktisch nur noch die Maschine = numerische Wettervorhersage mit zusätzlichen Nacharbeiten erforderlich. Dieses Nacharbeiten wird oft als „Veredlung“ der rechnerischen Ergebnisse bezeichnet, weil hierzu statistische Methoden, Spezialitäten einzelner Regionen und der Vergleich verschiedener Vorhersage-Rechnungen genutzt werden.

Um eine numerische Wettervorhersage erstellen zu können, muss von einer möglichst **genauen Anfangs-Analyse der Wetterlage** ausgegangen werden, also z.B. dem Wetterzustand rund um den Globus um 00 Uhr Weltzeit UTC = Universal Time Coordinated). Üblicherweise wird zweimal täglich (mit den 00 UTC- und den 12 UTC-Daten) die numerische Prognose berechnet. Lokal, z.B. für Deutschland, wird dies ergänzt durch Zwischenrechnungen zu 18 und zu 06 UTC. Dazu muss auch genau zu diesen Zeitpunkten und wenigstens in jeder dazwischen liegenden Stunde beobachtet werden, in allen Ländern mit denselben Methoden und vergleichbaren Instrumenten – dies wird seit vielen Jahren von der WMO standardisiert.

Die genaue Anfangs-Analyse ist nur mit sehr großem Aufwand erstellbar: Alle Daten von Wetterbeobachtungen, Radiosonden, Satelliten, Bojen, Radar, Flugzeugen usw. müssen vorliegen. Dies reicht aber nicht, denn alle Beobachtungen müssen für das rechnerische Modell aufbereitet werden: Eine Wetterstation meldet Druck und Temperatur, ein Satellit misst jedoch die Strahlungsverhältnisse der Atmosphäre, was erst in Temperatur umgerechnet werden muss. Mittels Radar kann man zwar Niederschlagsgebiete orten, Feuchtigkeitswerte, und Niederschlagsraten und Windverhältnisse müssen daraus abgeleitet werden. Sehr unterschiedliche Messergebnisse sind also vergleichbar zu machen, damit mit ihnen gerechnet werden kann. Außerdem ist die Dichte der Beobachtungen und Messungen z.B. auf den Ozeanen und in bewohnten Gebieten sehr unterschiedlich – Daten aus derartigen Gebieten müssen zusätzlich noch interpoliert werden.

Heute sind einige der leistungsfähigsten Computer-Cluster der Erde in meteorologischen Zentren stationiert, um vor allem diese Vorbereitung der Anfangs-Analyse zu erledigen, das Fachwort hierfür ist „Datenassimilation“. Wenn die Anfangs-Analyse erstellt ist, kann die Berechnung des Wetterverlaufs mit diesen leistungsfähigen Computern in einer guten halben Stunde erledigt werden – die Vorbereitung der Daten kostet jedoch noch etwa 2,5 Stunden, ist also viel aufwändiger. Wenn man somit das Ende der Datensammlung 1,5 Stunden nach 00 UTC ansetzt, was der derzeit gängige Zeitraum ist, 2,5 Stunden für die Datenassimilation benötigt und eine weitere halbe Stunde für die Berechnung, kommt man auf den frühesten Zeitpunkt der Ausgabe der numerischen Prognose zu 04.30 bis 05 UTC. Auch wenn heutzutage die Verteilung dieser Ergebnisse nur noch wenig Zeit in Anspruch nimmt (nochmals ca. 30 Minuten), ist die Nutzung dieser Rechnung in Mitteleuropa für die Morgenprognose nicht möglich. Sie geht ja bei Sommerzeit erst zwischen 6.30 und 7 MESZ ein. Somit beruht in Mitteleuropa die am Morgen ausgegebene Vorhersage auf den Rechnungen des Vortages, ist also nicht ganz aktuell, wenn auch natürlich die zu Grunde liegenden neuen Beobachtungs- und Messdaten eingearbeitet sind.

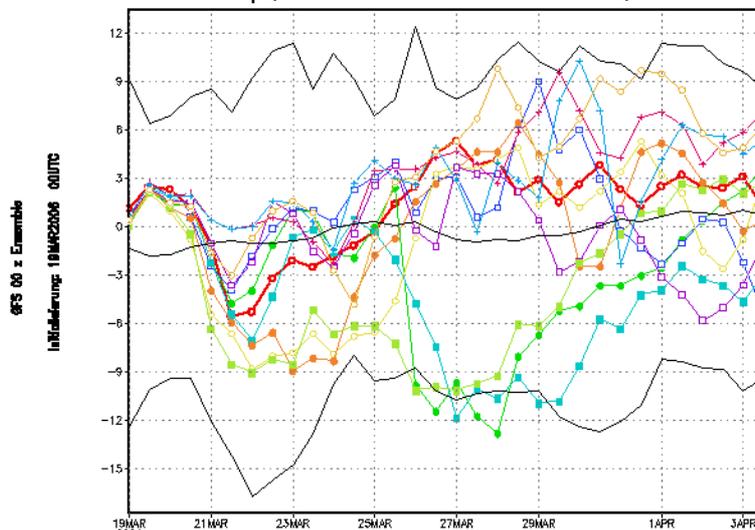
Die direkt aus dem Modell gewonnenen Vorhersagen sind jedoch als „Rohdaten“ anzusehen. Sie werden noch statistisch z. B. mit klimatologischen Daten der einzelnen Regionen überarbeitet. Dadurch ergibt sich eine deutlich bessere Prognose. Inzwischen werden Rechenergebnisse verschiedener meteorologischer Zentren (USA, England, Deutschland etc.) kombiniert. Da jede Anfangs-Analyse Fehler enthält, diese Fehler aber in den verschiedenen Zentren durchaus unterschiedlich sein können, heben sie sich oftmals auf. So ist bewiesen, dass im Mittel eine Kombination der Ergebnisse mehrerer Zentren deutlich besser ist als jedes einzelne.

Eine weitere „Veredlung“ ist auf einem ähnlichen Weg erreichbar: Mit der heute verfügbaren Computerkapazität kann man die Prognosen mehrfach berechnen. Dabei werden jedes Mal an einigen Stellen der Anfangs-Analyse rein zufällige kleine Änderungen von einem halben Grad oder einem halben Hektopascal vorgenommen. Mit derartigen Änderungen wird dann neu gerechnet. Diese Mehrfach-Rechnungen werden „Ensemble“ genannt. Während der US-Wetterdienst viermal täglich elf Läufe rechnet, die unter im Internet jeweils erhältlich sind unter

<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavnmgeur.html>

Abb. 5 (rechts oben: Das Ergebnis von elf derartigen „Ensemble“-Rechnungen des amerikanischen Wetterdienstes vom 19.3.2006, 00 UTC, zeigt bereits nach drei Tagen, am 22.3., ein Auseinanderdriften der einzelnen Prognosen. Dargestellt ist hier der Temperaturverlauf über Deutschland in einer Höhe von 1500 m. Er startet mit Werten knapp über 0°C und zeigt zum 22.3. eine Spanne von 9 Grad zwischen dem höchsten und tiefsten Wert. Dies bedeutet, dass große Unsicherheiten bestehen, die z.B. für die Vorhersage der Höchsttemperatur sowohl einen Wert von +9°C als auch einen von 0°C erlaubt hätte.

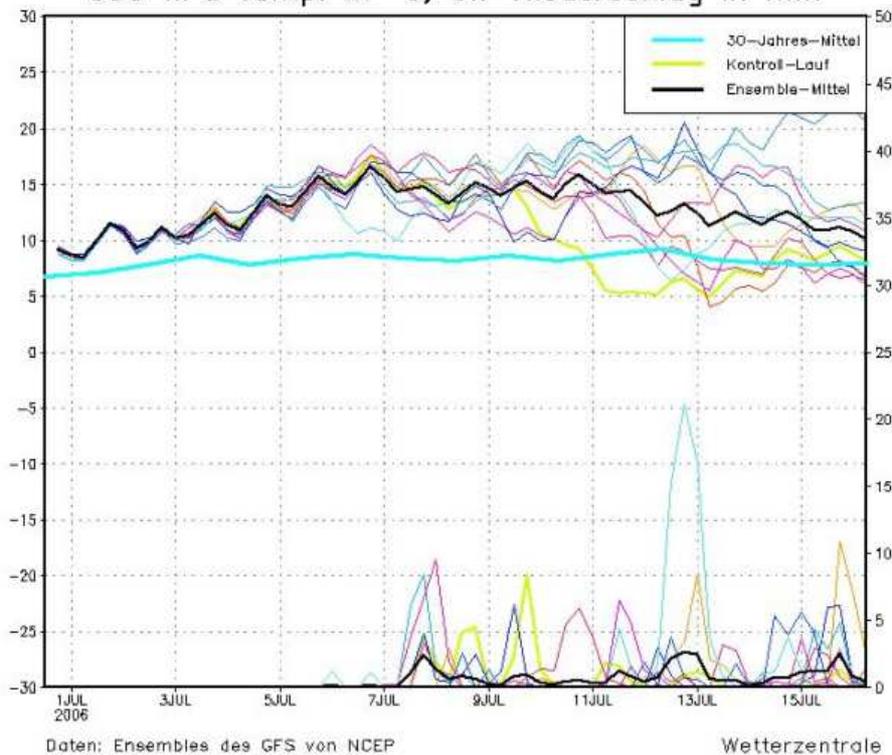
850hPa: Temp., DEUTSCHLAND 0 bis +360h, 11 Ensemble



Berlin Lat: 52 Lon: 13

Frü,30JUN2006 12Z

850 hPa Temp. in °C, 6h-Niederschlag in mm



Daten: Ensembles des GFS von NCEP

Wetterzentrale

Die wesentliche Aussage ist, dass für die Folgetage die Prognose als sehr unsicher anzusehen ist. Dieser krasse Unterschied kann etwas ausgeglichen werden, wenn die Ergebnisse anderer Modell-Rechnungen mit einbezogen werden. Übrigens zeigte zu diesem Termin das Modell des Deutschen Wetterdienstes für den 25.3. einen Schneesturm über Norddeutschland – am Tag darauf wurde jedoch mildes Wetter und Frühlingsbeginn vorhergesagt, was dann auch eintraf.

Heißer Sommer (Abbildungen 6a bis 6c, links):

Für die weitere Prognose

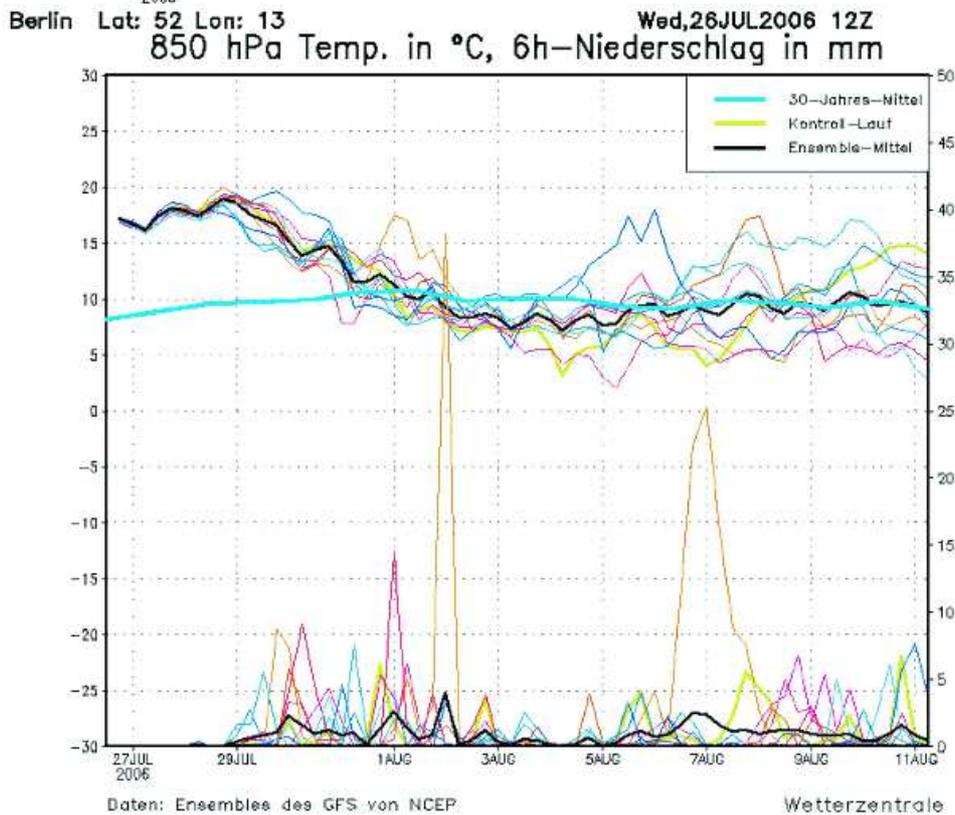
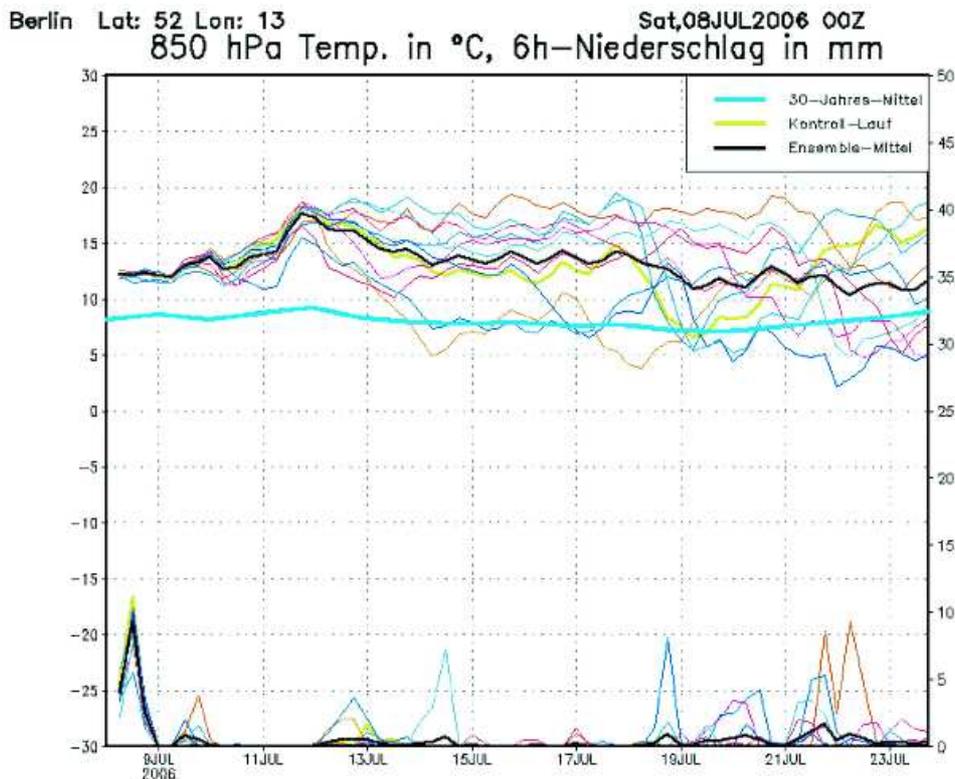


Abb. 6a – b – c (s. nebenstehenden Text)

Für die Wettervorhersage gibt es also durchaus Möglichkeiten, anzugeben wie sicher sie ist, nur wird dies bisher von der Öffentlichkeit nicht akzeptiert, weil die meisten Menschen mit einer Vorhersage, die vom Meteorologen den Zusatz „unsicher“ erhält oder für die „eine Wahrscheinlichkeit von 60%“ angegeben wird, nichts anfangen können.

Wie gut ist die Wettervorhersage?

In der Meinung und Erinnerung vieler Menschen ist die Wettervorhersage eine der unsichersten öffentlich publizierten Informationen. Vor 40 Jahren war dies durchaus richtig – in Zeitungen aus jener

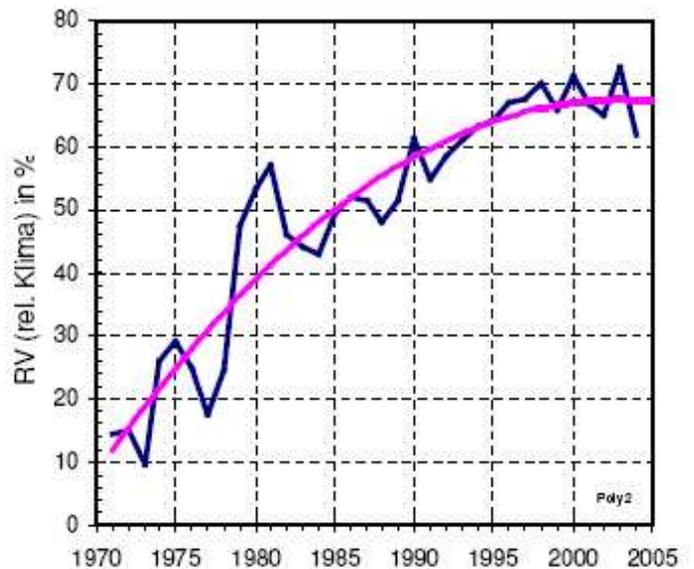
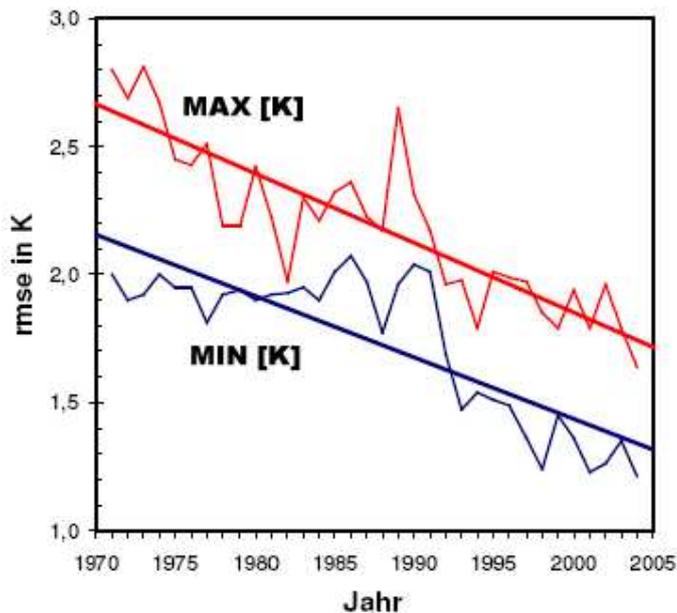
der seit Juni bestehenden sehr warmen Sommer-Witterung in Mitteleuropa zeigten sich diese Ensembles als sehr hilfreich.

So zeichnete sich die ungewöhnlich stabile Wetterlage in den Ensembles vom 30. Juni ab (S. 5 Abb. 6a), die für die nächsten 8 Tage einen kontinuierlichen Temperaturanstieg der 850hPa-Fläche zeigten, was Temperaturwerten in Bodennähe von mehr als 30°C entsprach. Erst danach wurde die Prognose mit den auseinander laufenden Werten unsicher.

Am 8. Juli (Abb. 6b, links oben) wurde für den 12. Juli der Höhepunkt der Hitze prognostiziert. Abb. 6c, nebenstehend vom 26.7., 12 UTC, zeigt den „Anschluss“ der Prognosen: Die Temperatur blieb bis zu diesem Termin meist über 15°C, und noch bis zum 29. Juli wurden Werte über 15°C vorhergesagt, bis zum 1. August noch um 10°C erwartet. Dies bedeutet, dass zum Monatswechsel die Maxima der Temperatur immer noch zwischen 24 und 27°C liegen werden.

Zeit konnte man für den Erscheinungstag eine Vorhersage lesen, die ja dann schon 24 Stunden alt war. Sie beruhte auf grafischen Extrapolationen. Die meist noch erwähnten „weiteren Aussichten“ waren immer nur lakonisch kurz, z.B. „unbeständig“, „weiterhin kalt“ usw.. Längere Zeiträume als etwa 36 Stunden konnte man damals nicht vorhersagen.

Mit dem Einsatz von Computern, die ab Ende der 1960er Jahre die Arbeit der Meteorologen erleichterten, konnten auf mathematisch-physikalischer Basis mit den vorliegenden Messwerten und den Ausgangs-Analysen plötzlich Drei-Tage-Prognosen erstellt werden, die am 3. Vorhersagetag etwa dieselbe Güte hatten, wie zuvor die grafisch erstellten für 36 Stunden.



(Beide Abb.: Mit freundlicher Genehmigung, Deutscher Wetterdienst, M. Göber, 2006)

Abb. 7a, links zeigt den mittleren Fehler (K) der Potsdamer Vorhersagen der täglichen MIN- und MAX-Temperatur. Typischer Fehler bei MAX um 1970 war 2.67 K, 35 Jahre später 1.7K. Oder anders ausgedrückt: Betrug das Risiko eines >5K großen Fehlers vor 35 Jahren 6.1%, so sank es inzwischen auf 0.3%, d.h. statt 22 Mal, ist jetzt nur noch einmal im Jahr mit solch einem extremen Fehler zu rechnen!

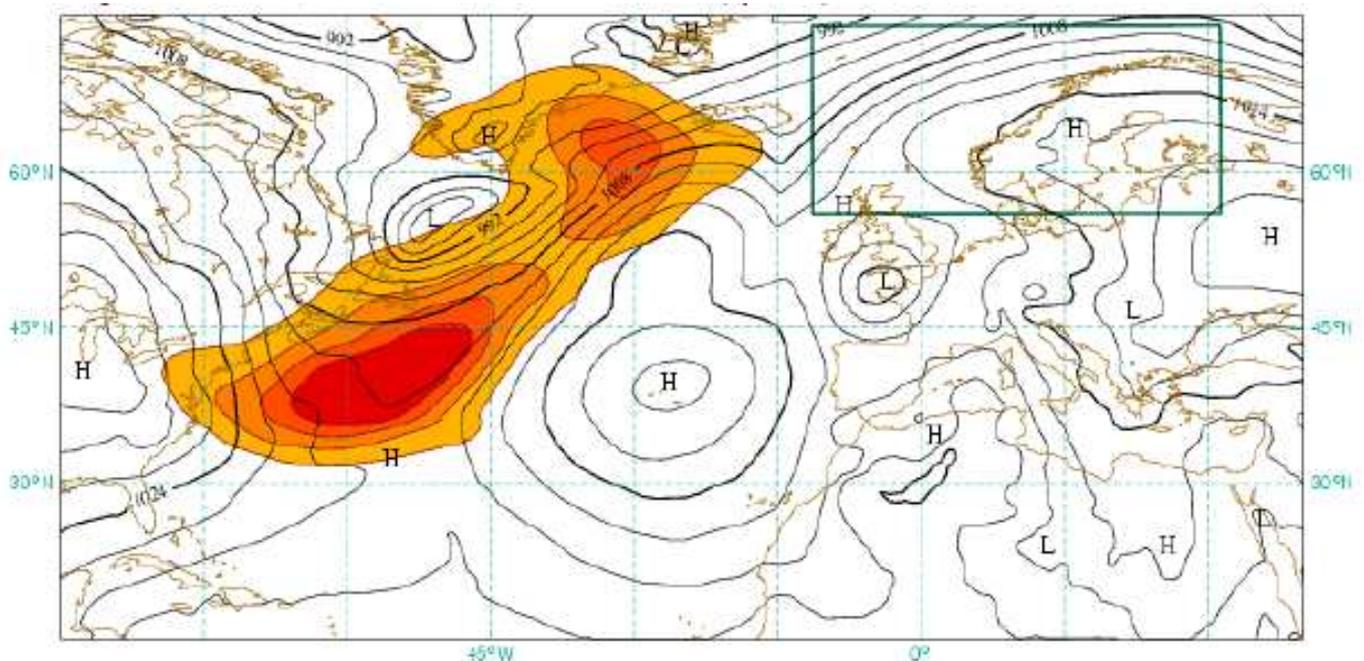
Abb. 7b, rechts stellt die Entwicklung der wissenschaftlichen Vorhersageleistung bei der Vorhersage der täglichen Maximumtemperatur für Potsdam für den 2. bis 4. Folgetag dar (der 0. Tag ist der Ausgabetag der Prognose). Hierzu setzt man die Abweichungen der Klimavorhersage von den Beobachtungen und die Abweichungen der wirklichen Vorhersagen von den Beobachtungen zueinander ins Verhältnis. Erkennbar ist, dass 1970 der Meteorologe nur geringfügig bessere Prognosen erstellen konnte, als dem Klimawert entsprach, sich dies bis heute auf fast 70% verbessert hat. 100% entspräche der perfekten Prognose, die natürlich nicht erreicht werden kann. So war es vor 35 Jahren noch nicht möglich, über 72 Stunden hinaus zu sehen! Spannend bleibt die noch ungeklärte Frage nach der maximal möglichen Vorhersageleistung; liegt sie bei 90 oder bei nur 80%, da sich die Kurve in Abb. 7b in den letzten Jahren sehr abflacht?

Das Großprojekt THORPEX der Weltorganisation für Meteorologie (WMO)

Ein System zur Verbesserung der Wetterprognose wird derzeit im Großprojekt THORPEX der WMO erprobt. THORPEX bedeutet: „**T**he **O**bserving System **R**esearch and **P**redictability **E**Xperiment“ = „Experiment zur Systemforschung und Vorhersagbarkeit des Weltwetters“ mit dem Ziel, eine rasche Verbesserung der Genauigkeit von eintägigen bis zu zweiwöchigen Wettervorhersagen und deren Auswirkungen auf die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Umwelt zu ermöglichen.

Im Folgenden wird ein Beispiel gegeben, wie in einer Kampagne (eine Forschungs-Messserie) vorgegangen wird und zukünftig routinemäßig gearbeitet werden soll. Mit Hilfe von speziellen Rechenverfahren kann man z.B. herausfinden, in welchen Gebieten potenzielle Unsicherheiten für die

Prognose bestehen, insbesondere wenn nicht genügend genaue Messwerte vorliegen. Derartiges wurde für dieses Experiment vorgenommen, die Messungen durchgeführt und die Ergebnisse ausgewertet mit dem Ergebnis, dass ein großer Teil der Prognose-Unsicherheit durch die besseren und umfangreicheren Messungen beseitigt worden ist.



(aus: THORPEX: <http://www.wmo.int/index-en.html>)

Abb. 8: Analyse der Bodenwetterkarte am 3.12.2003, 00 UTC: Für den 4.12.2003, 18 UTC, also die 42-stündige Vorhersage, wurde für Nordeuropa (Kasten) die Ankunft des derzeit südlich von Grönland liegenden Tiefdruckgebietes erwartet. In den verschiedenen Prognose-Varianten ergaben sich jedoch erhebliche Unterschiede sowohl in der Stärke als auch der Lage des Tiefdruckwirbels. Eine spezielle Untersuchung zeigte, dass in den schattiert dargestellten Gebieten Unsicherheiten existierten, die auf mangelnde Messwerte zurückzuführen waren. Im Rahmen des THORPEX-Experimentes der WMO wurden am Nachmittag des 3.12.03 auf Island und auf Neufundland stationierte Flugzeuge gestartet, die zahlreiche zusätzliche Messwerte einbrachten. Die Rechnung mit diesen zusätzlichen Werten beseitigte die Unsicherheit, und die Prognose wurde richtig.

Es ist geplant, zukünftig in solchen wetter-sensiblen Gebieten wie Neufundland, Aleuten und Japan Flugzeuge bereit zu halten, die bei entsprechenden unsicheren Wetterlagen zusätzlich messen sollen. Damit kann ein Teil der in Abb. 5 gezeigten Prognosen-Ausreißer auf erheblich spätere Zeitpunkte verschoben werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in Mitteleuropa Vorhersagen bis zu acht Tagen deutliche Leistungen der Meteorologen zeigen. Zu beachten ist allerdings, dass die einzelnen Wetterelemente unterschiedlich gut vorhergesagt werden können: So endet z.B. die Prognosemöglichkeit für den Beginn von Niederschlag, also ob er morgens oder nachmittags einsetzen wird, am 3. Tag, während der Temperaturtrend meist noch bis zum 8. Tag erfolgreich ermittelt werden kann.

Literatur:

Konrad Balzer, Wolfgang Enke, Werner Wehry: „Wettervorhersage – Wetter und Computer, Daten und Modelle“, Springer 1998

Martin Göber: „Wie gut sind unsere Wetterprognosen?“ Deutscher Wetterdienst, 2006

Manuskript abgeschlossen: 26.7.2006