

Wie entstehen Modelle ?

sobald die Modelle erste mittelfristige Kälteeinbrüche zeigen, beginnen im Forum die Diskussionen über die Verlässlichkeit von Wettermodellen. Die meisten Laien interpretieren wahllos GKB-Prognosen, als wären es die Karten für morgen, die Profis weisen sie anschließend immer wieder darauf hin, daß diese GKB-Karten doch ohne jede Aussage wären, und man sich mit deren Interpretation zurückhalten sollte.

Nun, in beidem ist ein bißchen Wahrheit.

Die Wettermodelle basieren auf Messdaten von den zahlreichen Wetterstationen der Erde. Die Bodendaten sind dabei weniger wichtig als die leider knapp bemessenen Radiosondenmeßwerte, da die meisten bei uns ablaufenden Wetterprozesse eher in den reibungsfreien höheren Luftschichten als in der bodennahen Schicht verursacht werden. Da dort oben allerdings störende Hindernisse fehlen, sind die Temperatur- und Druckverteilungen gleichmäßiger als am Boden und lassen sich daher leichter zwischen den einzelnen Meßwerten interpolieren. Anschließend werden alle erhaltenen Meßwerte auf die in gleichmäßigem horizontalen und vertikalen Abstand verteilten Gitterpunkte des Modells interpoliert, so daß ein gleichmäßiges Datenfeld entsteht, was die ganze Erde überdeckt. Da Meßdaten vielerorts - v.a. über den Ozeanen - Mangelware sind, müssen oftmals die berechneten Werte des vorherigen Modelllaufs als Ersatz herhalten - d.h. man nimmt z.B. für den 00 z - Lauf die 6 h - Prognose des 18z-Laufs und korrigiert dieses durch die neuen Meßwerte. Bei den 6z oder 18z-Läufen des GFS liegen nur wenige Meßwerte vor - die Läufe sind daher meist den 12z oder 00 z-Läufen ähnlich, aber keineswegs schlechter. Das erstellte Datenfeld wird mangels Daten (man müßte an jedem Ort der Welt eine Meßstelle haben, und zwar für alle Höhenstufen) niemals dem realen Datenfeld exakt entsprechen - es gibt also Abweichungen. Fehlerquelle 1. Ferner ist das Gitternetz - vertikal und horizontal auch nicht unendlich klein, es gibt Abstände (horizontal bei den Globalmodellen oft ca. 100 km) - Fehlerquelle 2. Zu allem Überfluß können gemessene Werte fehlerhaft sein - zwar filtern die Modelle solche Werte heraus, aber es gibt Ausnahmen, v.a. in

Regionen mit geringer Meßwertedichte, wo Vergleichswerte fehlen - Fehlerquelle 3.

Hat man dann einmal das Datenfeld zusammen, wird mittels physikalischer Gleichungen die zeitliche Änderung der Größen berechnet - idealerweise sollte dies in unendlich kleinen Zeitschritten passieren, was aber nicht möglich ist - oftmals sind es Zeitabstände von 15 Minuten - Fehlerquelle 4. Die Differentialgleichungen sind dabei oft nicht analytisch lösbar und müssen daher schrittweise (iterativ) mit numerischen Verfahren gelöst werden und liefern dann kein exaktes Ergebnis, darin besteht möglicherweise eine fünfte Fehlerquelle.

Von den berechneten Datensätzen werden dann - im Falle von GFS - 6 stündige Intervalle ausgewählt. Damit Mensch die Zahlenreihen auch irgendwie verwerten kann, werden sie mittels eines weiteren Computerprogramms in Form von flächigen Wetterkarten oder Diagrammen dargestellt, die gibt's dann z.B. in der WZ.

Durch die oben genannten fünf Fehlerquellen folgt aber, daß die Wetterprognose unmöglich exakt sein kann. Der größte Fehler besteht wahrscheinlich darin, daß zu wenig Meßwerte, v.a. Radiosondenmessungen, verfügbar sind. Immerhin sind ganze Ozeanteile frei von jeglichen Radiosondenaufstiegen. Dadurch kommt es zu großen Abweichungen zwischen der Realität und der Analyse des Modells. Wird dann auf Basis dieser Analyse weitergerechnet, so pflanzen sich eventuelle Fehler fort und

wachsen mit zunehmendem Abstand von der Ausgangssituation an. Ein Fehler, der über dem Pazifik seinen Ausgang nimmt, kann wenige Tage später auch Europa erreicht haben. Eine kleine Abweichung in der Analyse kann z.B. dazu führen, daß das Modell 2 Tage später ein Tiefdruckgebiet entstehen lässt, was real niemals zustandekommen wird.

Die Unsicherheit in der Analyse ist - neben gewissen Abweichungen in der Berechnungsweise - in erster Linie dafür verantwortlich, daß die verschiedenen Modelle unterschiedlich Ergebnisse liefern - denn jedes Modell verwendet ein anderes Analyseverfahren und hat andere Meßdaten zur Verfügung. Selbst Unterschiede, die in der Analysekarte kaum auffallen, können markante Unterschiede in der weiteren Prognose zur Folge haben.

Bei Ensemble-Prognosen macht man sich diese Tatsache zu Nutze - man nimmt das gleiche Modell, aber rechnet jedesmal mit leicht veränderten Ausgangsbedingungen, um herauszufinden, wie empfindlich die weitere Prognose darauf reagiert. Anfangs sind die Prognosen dabei fast identisch, je weiter die Prognose in die Zukunft reicht, desto mehr streuen die Prognosen. Das Ausmaß der Streuung ist dabei ein Maß für die Prognosesicherheit.

Es gilt also, daß sich die Prognose - je weiter sie in die Zukunft reicht - immer mehr von der dann tatsächlich eintretenden Situation - entfernt. Anders betrachtet nimmt mit zunehmendem Prognosezeitraum auch das Ausmaß der Fehler zu. D.h. eine Prognose, die nur einen Tag in die Zukunft reicht, wird im groben sicherlich der eintretenden Realität entsprechen, im Detail kann es aber schon Unterschiede geben. Eine 10 Tages-Prognose dürfte dagegen nur noch im ganz groben Wetterlagenmuster eine Ähnlichkeit mit der eintretenden Realität haben. Wenn man also eine Prognose erstellt, kann man im ersten Tag noch ziemlich ins Detail gehen, mit jedem weiteren Tag in die Zukunft muß man die prognostizierten Details ignorieren und darf nur noch die großräumige Entwicklung vorhersagen. So sagt man z.B. für einen Tag in der Zukunft "nachmittags starker Regen im Norden Schleswig-Holsteins" , für 7 Tage in der Zukunft "in Deutschland feuchtkühl" voraus.

Wie weit man mit welcher Genauigkeit vorhersagen darf, ist aber von den Bedingungen abhängig. Eine ruhige Wetterlage mit schwach ausgeprägter Höhenströmung und großen stabilen Druckgebilden ändert sich im Verlauf nur langsam und ohne große Unsicherheitsfaktoren, eine aktive Wetterlage mit rasch entstehenden, aber kleinräumigen Sturmtiefs und ständiger Temperaturänderung beinhaltet dagegen große Unsicherheitsfaktoren. Es gilt, daß die Prognoseverlässlichkeit umso größer ist, umso langsamer die Strömung und umso größer die wetterbestimmenden Druckgebilde sind. Kleine Sturmtiefs sind besonders schlecht vorhersehbar und erlauben oftmals bereits nach 2 Tagen nur noch eine grobe Prognose.

Zur Bestimmung der Sicherheit einer Prognose empfiehlt es sich immer, verschiedene Modelle miteinander zu vergleichen - sind sich die Prognosen ähnlich, darf man detailliert vorhersagen, gibt es Abweichungen, so muß man auf Details verzichten und darf nur noch die Inhalte vorhersagen, die allen Modellen ähnlich sind. Weicht allerdings ein Modell deutlich von den - ansonsten recht ähnlichen - Prognosen der anderen Modelle ab, so empfiehlt es sich, dieses Modell erstmal als Ausreißer zu betrachten und folglich zu ignorieren.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß Details - im Sinne von "morgen zieht eine Kaltfront von West nach Ost über Deutschland hinweg" - je nach Stabilität 72 bis 120 h (in der

Regel 96 h) vorhersagbar sind, Wetterlagen - "in der zweiten Wochenhälfte erwarten wir eine Ostlage" je nach Stabilität 120 bis 192 h (in der Regel 144 h) vorhersagbar sind. Weiter zeigt die Erfahrung, daß bestimmte Modelle immer wieder in gleicher Weise von der realen Entwicklung abweichen. So gelten die Modelle UKMO und GME als Blockademodelle, die bevorzugt meridionale Höhenströmungsverläufe und geringe Druck- und Potentialgradienten prognostizieren und mögliche Westlagen unzureichend erfassen. Das Modell NOGAPS hat genau die gegenteilige Eigenschaft und zeigt meist viel zu große Druck- und Potentialgradienten und prognostiziert bevorzugt Westwetterlagen. Die Modelle ECMWF und GFS sind da verhältnismäßig ausgeglichen, wobei GFS etwa westlastig ist, ECMWF trifft noch eher die goldene Mitte. Man muß dies allerdings mit den vergangenen Entwicklungen abgleichen - zeigt sich z.B., daß die Modelle UKMO und GME mit ihren Blockaden immer wieder richtig lagen, sollte man sich bevorzugt nach diesen Modellen richten. Es ist eben abhängig davon, ob die momentan herrschende Wetterlage mehr zu starkgradientigen, zonalen Strömungen oder mehr zu ruhigen Blockadewetterlagen tendiert.

Eine gute Prognose ergibt sich daher immer aus dem richtigen Umgang mit Prognosemodellen und dem Einbringen von Erfahrung. Die Erfahrung sagt einem, ob eine prognostizierte Wetterlage realistisch ist oder nicht, sie ermöglicht es, Niederschlagsprognosen zu korrigieren, wenn man weiß, wo und wie stark der Niederschlag bei der vorhergesagten Wetterlage üblicherweise fällt usw. usw. Aufgrund mangelnder Auflösung versagen Wettermodelle besonders gerne bei lokalen, also kleinräumigen und bodennahen Entwicklungen wie z.B. Alpenföhn, Lake Effect, Seewind, Hochnebel, Nebel etc. - hier ist die Prognoseerfahrung bisweilen wichtiger als das Modell.

Was hat es nun mit dem legendären Glaskugelbereich der Modelle auf sich. Bisher steht den Nutzern der WZ ja nur der Glaskugelbereich des GFS-Modells zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um die Prognose, die noch über den für die Wetterlagenprognose verlässlichen Bereich hinausgeht, also mehr als etwa eine Woche im voraus. Sind diese Prognosekarten überflüssig ? Nun, es empfiehlt sich nicht, auf Basis dieser Wetterkarten irgendeine Prognose zu erstellen - auch wenn man nur die Wetterlage vorhersagt - Fehlprognosen sind dann vorprogrammiert. Dennoch, überflüssig sind die Prognosen nicht. Die Erfahrung zeigt, daß sich die Höhenströmung im GKB tendenziell meist abschwächt und oftmals nur noch geringe Änderungen der zu Beginn des GKB-Zeitraumes prognostizierten Wetterlage auftreten. Das modellierte Wettergeschehen scheint also zu erlahmen. Schon das sollte Zweifel wecken - sagt ein Modell eine über längere Zeit (im Groben) unveränderte und gradientarme, Wetterlage voraus, wird es in der Realität meist anders kommen - auch schon vor beginn des eigentlichen GKB-Zeitraumes. Der GKB ist also wertlos, wenn er die zuletzt prognostizierte Wetterlage in erlahmender Form immer weiter in die Zukunft fortsetzt. Anders ist es allerdings, wenn der GKB eine markante Umstellung der Wetterlage zeigt. Taucht diese markante Umstellung nur ein einziges Mal im GKB auf, und verschwindet anschließend wieder, so ist auch dies zunächst ohne Aussage. Anders ist es, wenn die gleiche Art von Umstellung immer wieder im GKB erscheint - auch wenn es im Detail und im Zeitraum jedesmal anders aussieht. Dann darf man davon ausgehen, daß es zwischen der aktuell herrschenden Großwetterlage und der im GKB gezeigten, neuen Wetterlage einen direkten Zusammenhang gibt, der so stark ist, daß es - egal wie sich die aktuelle Lage

zunächst weiterentwickelt - zwingend irgendwann zu der Umstellung kommen muß. D.h. trotz aller Prognoseunsicherheit ist die Umstellung der Großwetterlage vorbestimmt. Taucht so eine Umstellung bei 3 unterschiedlichen Läufen im GKB auf, auch zwischenzeitig unterbrochen, so sollte man diese Andeutung ernst nehmen. Die Aussage besteht dann darin, daß es in der nächsten Zeit zu einer Umstellung der Großwetterlage in entsprechender Art kommen wird - wie diese dann genau aussehen wird, und wann die Umstellung tatsächlich stattfindet, ist dagegen unbekannt. Oftmals verweilt eine solche Umstellung längere Zeit im hinteren Bereich des GKB, um dann übergangslos in den vorderen GKB-Bereich zu springen. Erfahrungsgemäß wird sich die Umstellung dann alsbald in den verlässlichen Bereich der Mittelfristprognose verschieben und darf dann als gesichert bezeichnet werden. Einzelne extreme Wetterereignisse, z.B. ein Sturm, oder ein Kaltluftvorstoß, die im GKB gezeigt werden, sind dagegen zu ignorieren. Allein markante Umstellungen der Großwetterlage sind von Interesse. Die Vergangenheit hat gezeigt, daß diese Umstellungen, sofern sie mindestens zweimal im GKB erschienen sind, spätestens 2 Wochen danach auch wirklich eingetreten sind.

Die Wettermodelle sind also weitaus besser als ihr Ruf. Meine Erfahrung mit der Prognose hat gezeigt, daß detaillierte Wetterprognosen bis zu 4 Tage voraus oftmals genauso verlässlich sind wie die Prognose für den nächsten Tag, sofern man von der Ausnahme des kleinräumigen Sturmtiefs absieht. Ja, die Gewitterlagen des Sommers sind oft 4 Tage vorher schon relativ detailgenau absehbar ! Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß eine für 144 h voraus angekündigte, neue Wetterlage fast immer auch eingetreten ist, sofern alle Modelle diese Prognose gestützt haben. Das Detail kann dann natürlich bereits deutlich abweichen, die Frage, ob z.B. die Warmluft den Norden erreicht, oder nicht, muß dann meist ungeklärt bleiben - die Erfahrung kann allerdings helfen, solche Fragen bereits im Voraus zu beantworten. Einige Wetterlagen lassen Warmluft immer bis in den Norden vorstoßen, andere niemals. Und der GKB hat auch seinen Nutzen - man darf sich nur nicht davon hinreißen lassen, auf Basis von GKB-Karten Wetterprognosen zu erstellen. Stattdessen nutze man den GKB, um eine Umstellung der Großwetterlage schon lange im Voraus abzusehen.

Michael