



Neuer pc\_met-Service

## Wo steht die lange Welle?

Ein neues Wettervorhersagemodell des DWD eröffnet völlig neue Möglichkeiten zur Wellenvorhersage.

Wenn sich mit Beginn des Herbstes die Saison des thermischen Segelflugs in Mitteleuropa dem Ende neigt, richten sich die Blicke vieler Segelflieger auf die Südhalbkugel, wo der Sommer beginnt. Mancher macht sich seinen Traum wahr und flüchtet vor dem garstigen Winterwetter zu Hause nach Südafrika, Australien oder Argentinien. Doch auch die Daheimgebliebenen brauchen sich den Winter über nicht nur mit Wartungsarbeiten zu beschäftigen. In der dunklen Jahreszeit bietet der Mittelgebirgsraum dem Segelflieger neben den be-

kannten Hangfluggebieten noch eine andere Möglichkeit für interessante Flüge, die bei geschickter Planung sogar größere Streckenflüge erlaubt: den Wellenflug.

In früheren Jahrzehnten verstand man unter Wellenfliegen vor allem das Fliegen im Südföhn an der Alpennordseite. Diese reine Höhenfliegerei ist bei den Flachlandfliegern etwas in den Hintergrund getreten. Dagegen sind in den letzten Jahren Wellenflüge im Mittelgebirgsraum, die früher eher einen exotischen Touch hatten, in den Blickpunkt gerückt. Im Internet

existieren mehrere Webseiten, die sich mit dem Thema Wellenfliegen in den Mittelgebirgen beschäftigen.

Wettervorhersagen für Wellenflüge sind allerdings, im Gegensatz zu Thermikvorhersagen, eine Rarität. In pc\_met existieren zwar Vorhersagekarten, diese stammen aber aus weitmaschigen Wettervorhersagemodellen und geben nur einen sehr groben Überblick. Die Erstellung präziser Wellenvorhersagen ist bis heute nur mit aufwändiger Sichtung diversen Datenmaterials möglich. Hier schafft seit kurzem das hoch auflösende Modell LMK des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Abhilfe. Es erschließt erst mal die Möglichkeit, die Struktur und zeitliche Entwicklung von Wellensystemen routinemäßig detailliert vorherzusagen.

Die Wellenlängen von Leewellen in den Mittelgebirgen betragen rund 5 bis 15 Kilometer. Seit etwa zwei Jahrzehnten ist es möglich, Leewellen mittels numerischer Rechenmodelle zu simulieren. Das Problem dabei ist, dass die horizontale Gitterweite des

Simulationsmodells höchstens der halben Wellenlänge entsprechen darf, was enorme Anforderungen an die benötigte Rechnerleistung stellt.

Mit globalen Vorhersagemodellen wie dem DWD-Globalmodell GME (Gitterweite ca. 40 km) ist eine operationelle Wellensimulation nicht möglich. Mittlerweile existieren für Europa Lokalmmodelle wie etwa das Modell LME des DWD, das mit sieben Kilometer Maschenweite lange Wellen in den Alpen schon relativ gut simulieren kann. Entsprechende Ergebnisse wurden von Dr. Herbert Leykauf 1999 anlässlich des OSTIV-Kongresses auf der Segelflug-WM vorgestellt.

Jüngstes Glied der DWD-Modellkette ist das Lokalmmodell Kurzzeitfrist (LMK). Es wurde für die so genannte Kurzzeitfristvorhersage entwickelt, die einen Vorhersagezeitraum bis zirka 24 Stunden abdeckt. Seine Modellgitterweite beträgt 2,8 Kilometer. Abbildung 1 zeigt zwei Süd-Nord-Vertikalschnitte der Modelle GME und LMK. Die Schnittebene verläuft durch die Hohen



Abb. 3: Ist-Zustand am 21. November 2006 im Satellitenbild übereinandergelegt mit der Vorhersage im neuen Kartenbild.



Abb. 4: Ist-Zustand am Harz (5. 12. 2006) im Satellitenbild übereinandergelegt mit der Wellenvorhersage im neuen Kartenbild.

Tauern und reicht im Norden bis zum Thüringer Wald.

Die Alpen werden vom globalen GME-Modell nur durch wenige Gitterboxen repräsentiert. Damit können nicht einmal gröbere Strukturen der Orographie in den Alpen aufgelöst werden, von kleineren Mittelgebirgen ganz zu schweigen. Es ist schon rein anschaulich klar, dass mit solch grob auflösenden Modellen keine Vorhersage von kleinskaligen Phänomenen möglich sind. Dazu braucht es hoch auflösende Modelle wie LMK.

Obwohl auch eine Modellauflösung von 2,8 Kilometern noch eine starke Abstraktion der wahren Verhältnisse bedeutet, werden damit die Strukturen schon relativ realistisch abgebildet. Die Vorhersage einzelner Wellensysteme in den Alpen und Mittelgebirgen rückt in den Bereich des Realistischen. Das LMK befindet sich seit dem Spätsommer 2006 in der präoperationellen Testphase, die weitgehend dem ab Mai 2007 geplanten voll operationellen Betrieb entspricht.

Mit den Ergebnissen solcher

Prototypen in die Öffentlichkeit zu gehen, ist problematisch. Die ersten Erfahrungen mit LMK-Vorhersagen bei Wellenwetterlagen waren aber so überzeugend, dass der DWD sich entschlossen hat, seinen Kunden im pc\_met-Internetservice Karten der Vertikalgeschwindigkeit als experimentelles Produkt zur Verfügung zu stellen. Im pc\_met-Internetservice findet man die Vorhersagen unter Wetterkarten Allgemeine Luftfahrt/Segelflug/LMK-Leewellen. Die Karten werden turnusmäßig alle drei Stunden aktualisiert, der Vorhersagezeitraum beträgt 21 Stunden. Die Vorhersagen liegen im Dreistundenabstand für die Höhen 1500 und 3000 Meter NN vor.

### Der beste Wellentag im Rückblick

Einer der besten Wellentage des vergangenen Herbstes war der 26. Oktober. An diesem Tag wurden in den Mittelgebirgen vom Sauerland bis zum Riesengebirge zahlreiche Wellenflüge durchgeführt. Die höchsten erfliegen Höhen lagen über 4000 Meter. Abbildung 2 zeigt die von LMK berechnete Vertikalgeschwindigkeit für 12 Uhr UTC in 3000 Metern NN. Es handelt sich um eine sechsstündige Vorhersage des Modellaufes mit dem Starttermin 6 Uhr UTC. Die aufsteigende Luftbewegung ist rot, die absteigende blau eingefärbt. Die Einheit der Vertikalbewegung ist Meter pro Sekunde. Zusätzlich ist der Luftdruck in Form von Isolinien eingezeichnet.

Über den norddeutschen Mit-

telgebirgen sind großflächig hintereinander liegende Steig- und Sinkgebiete, erkennbar an dem typischen Waschbrettmuster, zu finden. Die Steig- und Sinkgebiete liegen senkrecht zur Strömung, die in etwa isobarenparallel ist, wobei die Drängung der Isobaren ein Maß für die Windgeschwindigkeit ist. Je größer die Isobarendrängung, desto höher die Windgeschwindigkeit. Gebirgszüge mit besonders starker Wellenbildung (Harz, Thüringer Wald) erzeugen charakteristische, zyklonale Ausbeulungen der Isobaren über den Gebirgskämmen. Verursacht werden sie durch die höhere Windgeschwindigkeit über den Gebirgen und der damit verbundenen Druckabnahme (Bernoulli-Effekt).

Die organisierten Waschbrettmuster der Vertikalgeschwindigkeit sind das Hauptindiz für Wellenbildung und mit etwas Erfahrung auch für meteorologische Laien leicht zu finden. Dabei muss aber bedacht werden, dass starke Konvektion und Fronten unter Umständen ähnliche Strukturen hervorrufen können. Um Verwechslungen zu vermeiden, muss deshalb immer die gesamte Wetterlage in die Beurteilung mit einbezogen werden.

Die größten Vertikalbewegungen finden sich an den hohen Mittelgebirgen Harz, Thüringer Wald und Riesengebirge. Die Auswertung mehrerer Flüge aus dem aerokurier Online Contest ergab, dass die Ausrichtung der Steiggebiete gut getroffen wurde. Die erfliegenen Steigwerte waren

## Segelflugzeuge von DG Erfolg der uns verpflichtet



Passion, Power + Performance

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>DG-1000 S</b> | <i>Der Doppelsitzer für Vereine, Ausbildung und Wettbewerb</i>                           |
| <b>DG1000 T</b>  | <i>Der Allrounder mit Heimkehrhilfe und DEI-NT</i>                                       |
| <b>DG-808 C</b>  | <i>Weltweit meist verkaufte eigenstartfähige Einsitzer, auf Wunsch mit NOAH</i>          |
| <b>LS8s /st</b>  | <i>Erfolgreich in der Standard und 18m Klasse, auf Wunsch mit NOAH Serie ab 2007:</i>    |
| <b>LS10s</b>     | <i>Neueste Technologie für die Renn und 18m Klasse, auf Wunsch mit NOAH</i>              |
| <b>LS10st</b>    | <i>Heimkehrhilfe und DEI-NT kombiniert mit neuester Aerodynamik, auf Wunsch mit NOAH</i> |

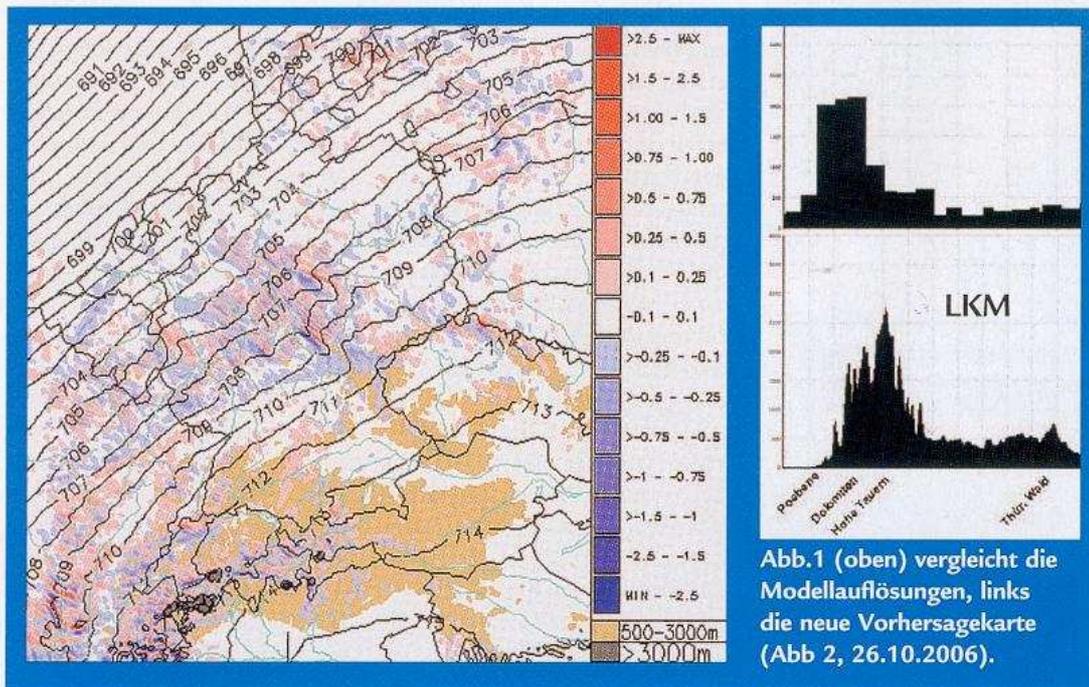


Abb.1 (oben) vergleicht die Modellauflösungen, links die neue Vorhersagekarte (Abb 2, 26.10.2006).

allerdings höher als die berechneten. Dies ist ein bekannter Effekt, der dadurch verursacht wird, dass die berechneten Werte immer räumliche Mittelwerte über eine Modellgitterbox sind. Dadurch simuliert das Modell breitere Steig- und Sinkgebiete, als sie in der Realität angetroffen werden. Die Spitzenwerte sind dementsprechend abgeschwächt.

### Der 21. November: Vorhersage und Realität

Wie realistisch sind solche Vorhersagen? Dazu seien die Verhältnisse am Riesengebirge am 21. November vergangenen Jahres um 12 Uhr UTC in der Abbildung 3 gezeigt. Auf diesem Bild ist die von LMK vorhergesagte Vertikalgeschwindigkeit in 3000 Metern NN von einem Satellitenbild überlagert. Zusätzlich sind noch Bodenbeobachtungen eingezeichnet. Auf der Schneekoppe herrscht ein Wind aus 220 Grad mit 47 Knoten, Jelenia Gora (Hirschberg) nördlich des Riesengebirges meldet Schauer. Über dem Kamm des Gebirges wird Sinken (blau) simuliert, das Steiggebiet der Riesengebirgswelle (rotbraun) liegt nördlich des Gebirgskammes. Das stärkste Steigen findet sich im Lee der höchsten Erhebungen um die 1602 Meter hohe Schneekoppe. Nördlich der ersten Welle ist andeutungsweise eine Se-

kundärwelle erkennbar. Die für die Riesengebirgswelle typische Lenticulariswolke, die berühmte Moazagotl, war während dem ganzen Tages ortsfest im Satellitenbild zu sehen. Im Bild ist es die weiße Wolke nördlich des Steiggebietes. Das Satellitenbild stammt vom geostationären MSG-Satelliten (MSG = Meteosat Second Generation). Dieser steht über dem Äquator und sieht die mittleren Breiten nicht direkt von oben, sondern in einem flachen Winkel. Dadurch ergibt sich ein Parallaxenfehler, durch den Wolken je nach Höhe um einige Kilometer nach Norden versetzt erscheinen. Berücksichtigt man diesen Fehler, so stimmt die Position der Wolke, die ein Indikator für aufsteigende Luftmassen ist, nahezu perfekt mit dem simulierten Steiggebiet überein.

Am 21. November wurden von Klix aus Wellenflüge nach Osten durchgeführt, die im OLC dokumentiert sind. Die maximale Wertungsstrecke war 459 Kilometer. Ein Vergleich mit den Simulationsergebnissen ergab ebenfalls, dass die Position der Steiggebiete von den Modellrechnungen sehr gut getroffen wurde. Im Verlauf der letzten Monate waren für alle Tage, an denen Wellenflüge in den Mittelgebirgen durchgeführt wurden, eindeutige Signale für Wellenbildung in den Modellergebnissen

zu finden. Neben den Leewellen werden auch Wellenbildungen an Inversionen mit Windscherung (so genannte Kelvin-Helmholtz-Wellen) erfasst.

Bei der meteorologischen Flugvorbereitung mit den neuen Vorhersagen sollte man sich auch die Gefahren der Wellenfliegerei bewusst machen. Oft sind Wetterlagen mit starkem Wind, wie sie für das Wellenfiegen gebraucht werden, ausgesprochene Schlechtwetterlagen, und die meteorologischen Bedingungen bei guten Wellenlagen können fliegerisch grenzwertig sein. Besonders wichtig ist deshalb die Antwort auf die Frage: Ist überhaupt Sichtflug möglich, und welche Gefahren gehen von der Wetterlage aus?

### Die Wetterrisiken verlangen Vorbereitung

Bei feuchten Wetterlagen besteht immer die Gefahr des plötzlichen Schließens der Wolkendecke, auch die Turbulenz in Rotoren ist nicht zu unterschätzen.

Der Wellenstreckenflug in den Mittelgebirgen bietet ein reizvolles Betätigungsfeld für Pilotinnen und Piloten mit echtem Forschergeist. Mit den neuen Modellvorhersagen steht jetzt ein mächtiges Werkzeug zur Vorhersage und Analyse der Möglichkeiten zur Verfügung. Vielleicht

ist damit auch möglich, unbekannte Wellensysteme zu entdecken und die Piloten auf deren Fahrte zu setzen.

Am 4. und 5. Dezember vergangenen Jahres war auf den Satellitenbildern in einer heftigen Südwestströmung eine ortsfeste Lenticulariswolke zu erkennen, die sich über 120 Kilometer vom Harz bis in die Leipziger Gegend erstreckte. Nach Westen vorgelagert waren mehrere stationäre Wellensysteme bis hin zum Rhein zu erkennen. Die LMK-Vorhersage erfasste auch diese Situation sehr gut, wie aus der Abbildung 4 hervorgeht, in der wiederum Satellitenbild und LMK-Vertikalgeschwindigkeit überlagert sind. Sowohl die lange Welle als auch die vorgelagerten Systeme waren in der Vorhersage enthalten, und auch die Wellenlänge von zirka 15 Kilometern wurde genau getroffen.

Das Beispiel zeigt, welches Nutzungspotenzial der meteorologischen Bedingungen hier noch schlummert.

Ein Wellenstreckenflug vom Rhein ins Norddeutsche Tiefland im Herbst oder Winter rückt in den Bereich des Möglichen. Er wird zwar keine spektakuläre Streckenleistung bringen, das Erlebnis dürfte aber umso beeindruckender sein.

In der nahen Zukunft besteht noch großer Validierungsbedarf für die neuen Vorhersagen. Wellenträchtige Hochdrucklagen mit Ostwind waren bis Redaktionsschluss noch nicht aufgetreten, und auch alpine Föhnlagen fehlen noch.

Eine Aufgabe für die Zukunft ist es, den Vorhersageprozess weiter zu vereinfachen. Notwendig sind einfache Verfahren, die eine integrierte Gesamtschau mit wenig Aufwand auch für meteorologische Laien ermöglichen. In Form von Toptherm/ Toptask existieren sie schon für den Thermikflug und ab Frühjahr 2007 auch für den Hangflug. Die LMK-Vorhersagen sollten deshalb in diese Produkte integriert werden. Damit wäre neben Thermik und Hangwind dann auch die dritte Aufwindart berücksichtigt.

de

RalfTheos