

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
**TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN**

SERIE 8 · NUMMER 16 · 1983

FILM C 1373

**Vertikale Bewegungsfelder
in der Seewindzirkulation
Numerische Simulation**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch oder engl.), 16 mm, farbig, 69 m, 6¹/₂ min (24 B/s). Hergestellt 1979, veröffentlicht 1980.

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt.

Veröffentlichung aus dem Institut für Geophysikalische Wissenschaften der Freien Universität Berlin, Prof. Dr. G. WARNECKE, dem Hochschulfilmreferat (Prof. Dr. W. DEWITZ), Dipl.-Met. B. CARUS, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Dr. H.-K. GALLE), Dr. G. GLATZER; Kamera und Schnitt: B. CARUS; Zeichentrickherstellung: I. ERPEL, E. RATEITSCHAK; Computergrafik: Dr. R.A. PIELKE, University of Virginia.

Zitierform:

CARUS, B., G. WARNECKE und INST. WISS. FILM: Vertikale Bewegungsfelder in der Seewindzirkulation – Numerische Simulation. Film C 1373 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 16/C 1373 (1983), 12 S.

Anschrift der Verfasser der Publikation:

Prof. Dr. G. WARNECKE, Freie Universität Berlin, Institut für Geophysikalische Wissenschaften, Thieallee 50, D-1000 Berlin 33.

Dipl.-Met. Ch. ZICK, Freie Universität Berlin, Hochschulfilmreferat, Malteserstr. 74–100, D-1000 Berlin 46.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion MEDIZIN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: E. BETZ.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 202202

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

BENNO CARUS, GÜNTER WARNECKE, Berlin, und INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM, Göttingen:

Film C 1373

Vertikale Bewegungsfelder in der Seewindzirkulation – Numerische Simulation

Verfasser der Publikation: CHRISTIAN ZICK und GÜNTER WARNECKE, Berlin

Mit 6 Abbildungen

Inhalt des Films:

Vertikale Bewegungsfelder in der Seewindzirkulation – Numerische Simulation. Ausgangsmaterial zu diesem Film sind Isoplethendarstellungen der Vertikalgeschwindigkeit in 1 220 m Höhe über Florida. Die Position und Verlagerung der Gebiete stärkster Aufwärtsbewegungen innerhalb der Seewindzirkulationszellen wird deutlich im Tagesverlauf gezeigt. Außerdem geht der Film auf die durch die Küstenform bedingten Maxima ein. Vertikalgeschwindigkeiten über 8 m/s sind weiß gekennzeichnet und deuten eine mögliche Wolkenverteilung an.

Summary of the Film:

Fields of Vertical Motion within the Sea Breeze Circulation – Numerical Simulation. The basic material for this film are computer-generated plots of the isolines of the vertical velocity in 1 220 m height over south Florida, showing the change of the vertical velocities due to the developing sea breeze circulation during the course of the day (numerical simulation by R.A. PIELKE). Intensified or weakened updrafts along the sea breeze front originate from the coastal configurations. Vertical velocities exceeding 8 m/s are shown in white, in order to suggest cloud development.

Résumé du Film:

Champs de mouvement verticaux dans la circulation du vent de mer. Simulation numérique. Le matériel de base du film est constitué par des représentations des isopléthés de la vitesse verticale à 1 220 m d'altitude, au-dessus de la Floride. La position et le déplacement au cours de la journée des zones présentant les plus forts mouvements ascensionnels à l'intérieur des cellules de circulation du vent de mer sont montrés nettement. Le film explique en outre les maxima dûs au relief de la côte. Les vitesses supérieures à 8 m/s sont marquées en blanc et annoncent une distribution possible des nuages.

Allgemeine Vorbemerkungen

Die See-Wind-Zirkulation ist nicht nur für den Meteorologen ein interessantes Studienobjekt, vielmehr ist die genauere Kenntnis der Charakteristika dieser Zirkulation auch von unmittelbarer praktischer Bedeutung bei der täglichen Vorhersage von Sonnenschein, Bewölkung, Schauern und Gewittern im Küstenbereich, die sich bei bestimmten Wetterlagen immer wieder an den gleichen Stellen ausbilden. So kann man z.B. in Florida mit großer Sicherheit vorhersagen, daß sich an sonnenscheinreichen Tagen bei allgemein vorherrschendem Südwestwind über Miami heftige Gewitter infolge der Seewindzirkulation ausbilden, während es bei vorherrschendem Südostwind nahezu wolkenlos bleibt.

In industriellen Ballungsgebieten am Rande großer Gewässer, kann durch die Seewindzirkulation eine gefährliche Verstärkung der Luftverschmutzung herbeigeführt werden, da die Aerosole und Schadstoffe nicht wie gewöhnlich vom Wind weit weggetragen und verteilt werden, sondern größtenteils in der Seewindzirkulation verbleiben und somit wieder in die bewohnten Gebiete zurückgeführt werden.

Ein angenehmerer Effekt des Seewindes ist es, daß er neben dem erfrischenden Wind den Badegästen an der Küste eine größere Zahl von Sonnenscheinstunden bringt als weiter landeinwärts, weil der Küstenstreifen infolge der Zirkulation frei von Bewölkung bleibt.

Die Seewindzirkulation wird durch unterschiedliche Erwärmung der benachbarten Land- und Wasserflächen verursacht. Sie ist eine direkte thermische Zirkulation.

Der physikalische Vorgang ist im Prinzip kurz folgender: Am Morgen setzt Sonneneinstrahlung auf Land- und Wasseroberflächen in gleicher Weise ein. Im Gegensatz zum Wasser erwärmt sich aber die Landoberfläche sehr viel stärker; entsprechend steigt die Lufttemperatur über Land, so daß sich in der Höhe dort die Druckflächen heben, es entsteht ein Druckgefälle in der Höhe an den Küsten (Abb. 1). Die infolgedessen dort einsetzende Massenverlagerung läßt den Druck über den Wasseroberflächen steigen und in der untersten Luftschicht eine landwärts gerichtete Strömung entstehen (Abb. 2). Durch ausgleichende Vertikalbewegungen entwickelt sich daraus die geschlossene Zelle der Seewindzirkulation.

Der Seewind als tagesperiodisches Phänomen, dessen nächtliches Pendant, der Landwind, im allgemeinen weniger prägnant in Erscheinung tritt, ist schon seit dem Altertum bekannt und seit langem als thermisch angeregte Zirkulation physikalisch erklärt (vgl. DEFANT [1]). Eine eindrucksvolle einfache Nachbildung im Labor wird in dem Lehrfilm „What makes the wind blow?“ gezeigt (s. Literatur- und Filmveröffentlichungen). Seit den späten fünfziger Jahren bemüht man sich auch, die Seewindzirkulation mit Hilfe numerisch-mathematischer Rechenmodelle zu simulieren. So hat ESTOQUE ([2]) schon wesentliche Einzelheiten in einem zweidimensionalen Modell (in einer Vertikalenebene) darstellen können. Das bisher ausführlichste und aufwendigste, dreidimensionale Rechenmodell („University of Virginia Mesoscale Model“, UVMM) ist 1974 von ROGER A. PIELKE ([3]) vorgestellt worden. PIELKE konnte zeigen, daß dieses die Seewindverhältnisse im südlichen Florida – den lokalen geographischen Bedingungen entsprechend – unter den verschiedensten Anströmungsbedingungen in weitgehenden Einzelheiten sehr realistisch wiedergibt. Charakteristische Eigenschaften der Seewindzirkulation

werden deshalb in diesen Filmgruppen unter Benutzung von PIELKES Simulationsergebnissen dargestellt.

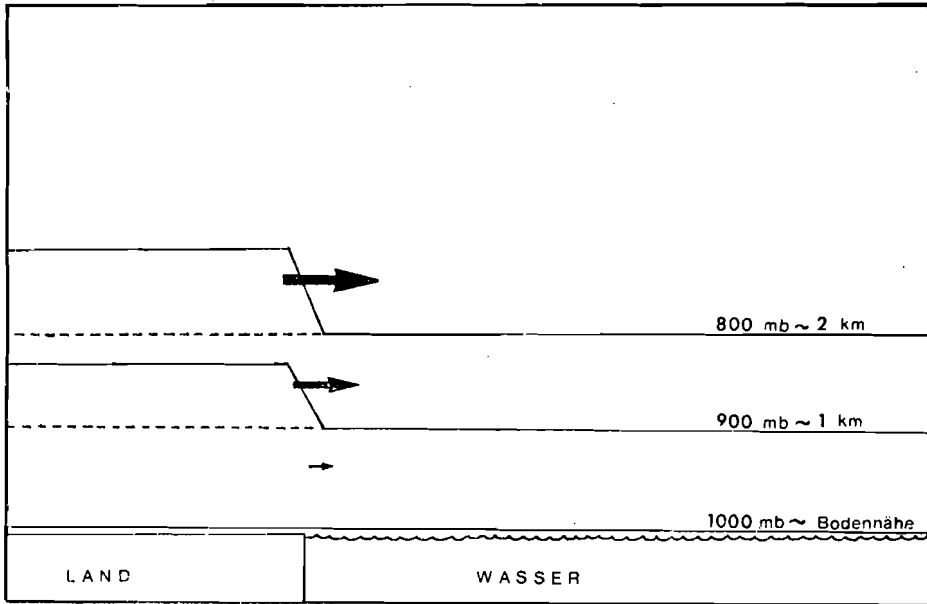


Abb. 1. Anfangsstadium einer Seewindzirkulation

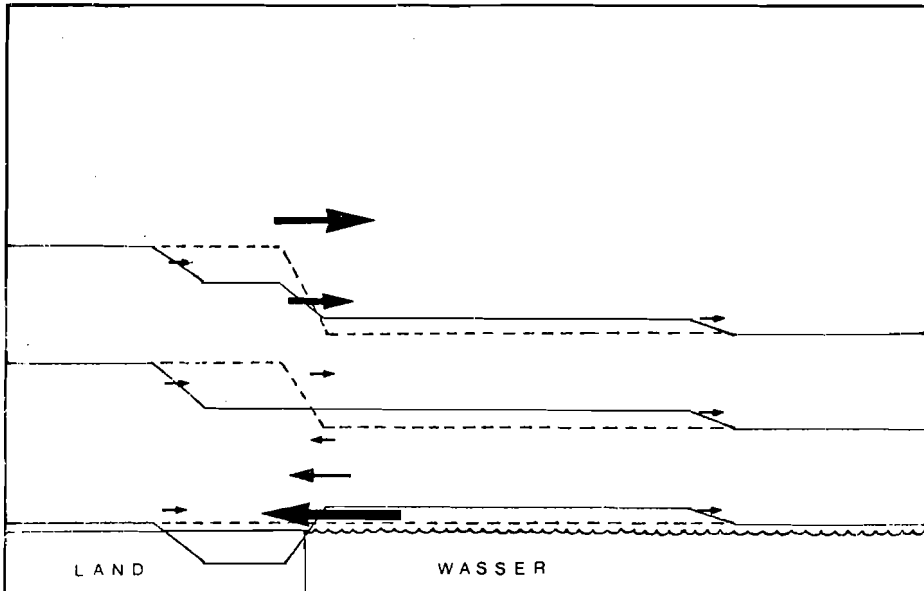


Abb. 2. Horizontale Strömungen im fortgeschrittenen Stadium der Seewindzirkulation

Dieses Modell wurde für die Simulation der Seewindzirkulation in südlicheren Breiten geschaffen. Es ist ein dreidimensionales Differenzenmodell, das die Windstruktur in ihrem zeitlichen Ablauf während eines Tages berechnet, und zwar aufgrund der Vorgabe des großräumigen Windfeldes, der Bodenrauigkeit und des Tagesganges der Bodentemperatur.

Die Maschenweite des inneren Gitters beträgt 11 km mit insgesamt 25 mal 28 Gitterpunkten. Das entspricht einem Gebiet von 260 mal 300 Kilometern. Für dieses Gebiet wurden die Werte berechnet und dargestellt, auf denen die im Film verwendeten Grafiken beruhen. Berücksichtigt werden außerdem Berechnungen aus einem weitermaschigen Berandungsgitter.

In der Vertikalen weist das Modell 8 Flächen auf und umfaßt einen Bereich vom Erdboden bis ca. 5 km Höhe.

Im Modell werden folgende Gleichungen verwandt:

- (a) Prognostische Bewegungsgleichung,
- (b) Prognostische Temperaturgleichung,
- (c) Prognostische Gleichung für die spezifische Feuchte,
- (d) Inkompressible Kontinuitätsgleichung,
- (e) Hydrostatische Grundgleichung,
- (f) Tendenzgleichung für die Höhe der materiellen Oberfläche d. Modells.

Die turbulenten Flüsse sind durch Austauschkoeffizienten parametrisiert.

Phasenumwandlungen des Wasserdampfes gehen nicht in das Modell ein (es ist ein sog. „trockenes“ Modell). Ebenso wird die Topografie der Erdoberfläche unberücksichtigt gelassen, es wird lediglich zwischen Land und Wasser unterschieden.

HORIZONTAL VELOCITY HOUR = 8.34
USYNOP = 6.0M/SEC ANGLE = 270.
LEVEL = 0.05KM

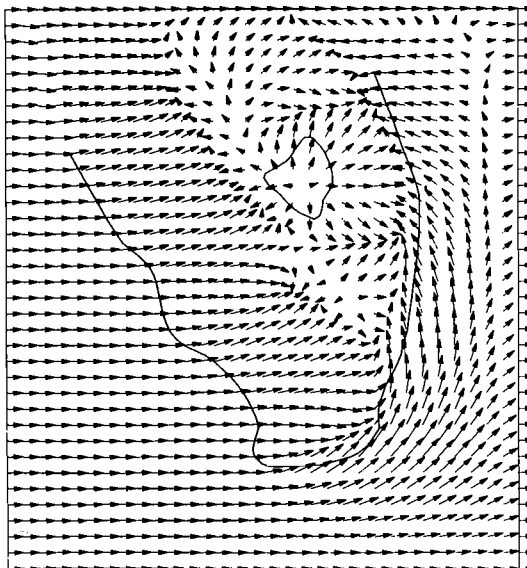


Abb. 3.

Das Modell rechnet mit einer homogenen stationären Grundströmung. Deren Richtung und Stärke können frei vorgegeben werden. Auf diese Weise können die verschiedenen Modifikationen dieser Grundströmung durch die aufgeprägte Seewindzirkulation, insbesondere die Verlagerung, Intensität und Detailstruktur der Seewindfront und der Absinkgebiete bei unterschiedlichen Anströmrichtungen berechnet und dargestellt werden: die Abbildungen 3 und 4 zeigen den berechneten Zustand des Stromfeldes in 50 m Höhe etwa acht Stunden nach Sonnenaufgang, bei zwei verschiedenen Grundstromrichtungen. In den Filmszenen kann die zeitliche Veränderung dieser Windvektoren an den festen Gitterpunkten verfolgt werden. Diese Darstellung des Stromfeldes zu jeweils festen Zeitpunkten heißt EULER'sche Darstellung.

HORIZONTAL VELOCITY HOUR = 8.33
 USYNOP = 2.5M/SEC ANGLE = 110.
 LEVEL = 0.05KM

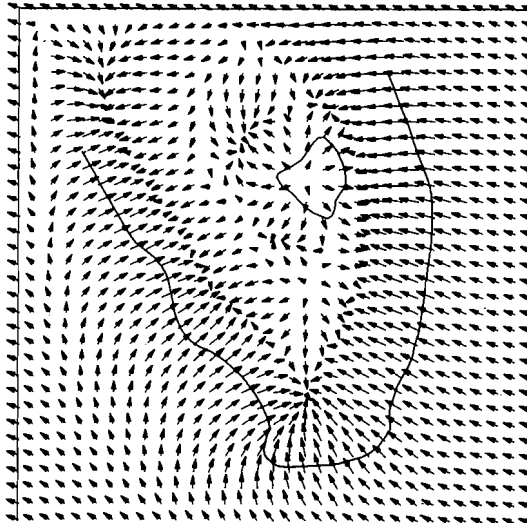


Abb. 4.

Eine andere Darstellungsform von Bewegungen ist bekanntlich die LAGRANGESche, mit der der Weg jeweils individueller Partikel während eines Zeitintervalls beschrieben wird. In der von PIELKE gewählten Version der LAGRANGESchen Darstellung werden von den Gitterpunktpositionen aus Punkte mit der Strömung verlagert. In einem Einzelbild (Abb. 5) ist u.U. die Zuordnung zu Anfangspositionen schwer möglich, in den Bewegungsszenen lassen sich so aber sehr gut Luftbahnen verfolgen.

Da das Modell dreidimensional ist, können die horizontalen und vertikalen Felder verschiedener Niveaus dargestellt werden. Zur Beschreibung der Zirkulationszelle wird hier neben dem 50 m-Niveau (in dem der eigentliche Seewind und die Konvergenzerscheinungen der Seewindfront erkennbar sind) das 1220-m-Niveau betrachtet, in dem die oberen Rückstrombewegungen der Zirkulationszelle deutlich werden.

Ferner liegt für das 1220-m-Niveau eine Isoplethendarstellung der Vertikalbewegungen vor (Abb. 6). Hermit können sowohl die Vertikalanteile der Seewindzirkulationszelle dargestellt werden, als auch die allgemeinen Zusammenhänge zwischen diesen und den Konvergenzen/Divergenzen am Boden und in der Höhe.

TRAJECTORIES HOUR = 8.34
USYNOP = 6.0M/SEC ANGLE = 270.
LEVEL = 0.05KM

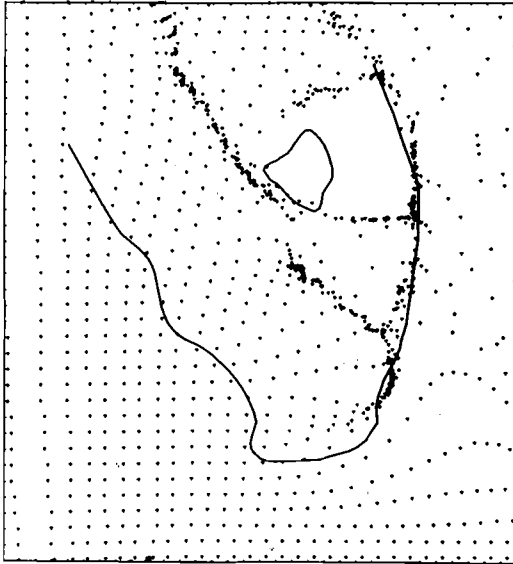


Abb. 5.

VERTICAL VELOCITY HOUR = 8.33
USYNOP = 2.5M/SEC ANGLE = 110.
LEVEL = 1.22KM CONTOUR INTERVAL = 8.00 CM/SEC



Abb. 6.

Zur Entstehung des Films

Das Rechenmodell lieferte Grafiken der Strömungsverhältnisse in Simulationsschritten von 10 Minuten; der Film wurde aus diesen einzelnen, auf Transparenten photographisch reproduzierten Computergrafiken hergestellt. Die Grafiken enthalten lediglich die reine Strömungsinformation und die Konturen von Florida. Alle anderen farbigen grafischen Informationen sind für die weitere Interpretation nachträglich hinzugefügt.

Die Computergrafiken wurden von R.A. PIELKE, University of Virginia, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.
Die Filmszenen wurden am Hochschulfilmreferat der Freien Universität Berlin mit einer Crass-Trick-Kamera hergestellt.

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars

Das von ROGER A. PIELKE entwickelte Modell rechnet in sieben Niveaus, die bei einer Überhöhung von ca. 1:60 dieses Volumen umfassen.

Für diese beiden Niveaus liegen Berechnungen der horizontalen Windvektorfelder vor, für das obere auch die Vertikalbewegungen.

Wir betrachten nun das 1 200-Meter-Niveau in der Aufsicht. Die Landkonturen sind vereinfacht eingearbeitet.

Die Vertikalbewegung ist in Isoplethen von 8 zu 8 cm/s Geschwindigkeit dargestellt. Der Bereich mit sehr geringer Aufwärtsbewegung ist grau eingefärbt. Der Bereich mit höheren Vertikalgeschwindigkeiten ist im Hinblick auf die zu erwartenden Wolkenverteilungen weiß hervorgehoben. Die überlagerte horizontale Grundströmung beträgt 2,5 m/s aus Ostsidost.

Im Tagesablauf zeigen sich bereits 1 Stunde und 40 Minuten nach Sonnenaufgang Zellen mit schwacher aufwärtsgerichteter Bewegung über der Leeseite der Halbinsel. 40 Minuten später haben sie sich zu einem ersten Band vereinigt, das der Seewindfront entspricht.

Knapp 4 Stunden nach Sonnenaufgang hat sich ein für die Seewindzirkulation typisches Muster der Vertikalbewegungen ausgebildet. An der Südspitze der Halbinsel, wo auf Grund der konvexen Landform die stärkste Konvergenz erwartet wird, tritt tatsächlich zuerst Aufwärtsbewegung von mehr als 8 cm pro Sekunde auf. Die Westküstenform spiegelt sich deutlich wider in der Verteilung der Minima und Maxima der Aufwärtsbewegung.

Neuneinhalb Stunden nach Sonnenaufgang erreicht die Vertikalbewegung mit 48 und 32 cm/s ihren Höhepunkt. Das Modell liefert relativ niedrige Höchstwerte der Vertikalbewegung, da es über jeweils 11 mal 11 km große Gittersegmente mittelt. In den wesentlich kleineren natürlichen Querschnitten intensiver Aufwärtsbewegungen wurden dagegen bis zu 100fach höhere Vertikalgeschwindigkeiten beobachtet.

Der Okeechobee-See zeigt auch in diesem Modell ein eigenes Zirkulationssystem. Über dem See und seinen Uferregionen herrscht Absinken, umgeben von einem Ring von Aufwärtsbewegungen.

Östlich des Sees erscheinen die Aufwindfelder seiner Seewindzirkulation und die des Küstenseewindes nicht voneinander getrennt. Infolge ihrer Überlagerung zeigt sich hier zuerst eine stärkere Aufwärtsbewegung. Das Aufwindgebiet verlagert sich mit der Grundströmung. Über dem See schwächt es sich dabei ab.

Zunächst umgibt den See ein geschlossenes Aufwindband. Es entwickelt im weiteren Verlauf des Tages deutliche Maxima und Minima. Sie entsprechen der Uferform.

Von den stärker ausgebildeten Konvektionszellen löst sich die südliche allmählich auf. Ursache hierfür scheint dieses Absinkgebiet zu sein, das sich im Winkel zwischen den

immer weiter nordwärts zusammenwachsenden Seewindfronten der Ost- und Westküste bildet.

Zusätzlich zu den bisher gezeigten Einzelphänomenen bewirkt die überlagerte horizontale Grundströmung, daß die Strukturen der Vertikalbewegungen unterschiedlich weit ins Land hinein verlagert werden. An der Luvküste sind es 60 Kilometer, an der Leeküste 30 km.

English Version of the Spoken Commentary

The numerical model developed by ROGER A. PIELKE does its computations at 7 horizontal levels making up this volume with the vertical scale exaggerated 60 times.

At these two levels, computed fields of horizontal wind vectors were printed, for the upper one also the derived vertical motions.

Let us look now at the 1220 m level from the top. The land contours were somewhat smoothed.

Vertical motions are displayed by isotachs in steps of 8 centimeters per second. Areas of very small upward motions are shown in gray. Areas of significant upward motions are shown in white, suggesting clouds. The superimposed horizontal large-scale flow is 2.5 meters per second from the east-south-east.

Already 1 hour and 40 minutes after sunrise, we notice first cells of weak upward motion over the lee-side of the Peninsula. 40 minutes later, they have organized themselves in a small band, a first indication of the sea-breeze-front.

Almost 4 hours after sunrise, a vertical motion pattern, typical for the sea breeze circulation, has formed. Over the southern tip of Florida, where – due to the convex coast configuration – the strongest convergence should be expected, in fact we can observe the first occurrence of upward motions stronger than 8 centimeters per second. The configuration of the Gulf coast is distinctly reflected in the vertical motion pattern by its characteristic locations of maxima and minima of upward motion.

9 1/2 hours after sunrise, upward motions reach their highest values of 48 and 32 cm/sec. These values appear rather small if compared with cumulus updrafts. However, the model provides average values for eleven by eleven kilometer squares, while updrafts within convective clouds – though observed a hundred times stronger – are only of relatively small horizontal extent.

Lake Okeechobee also in these data exhibits its own pattern: The Lake shows subsidence surrounded by an annulus of upward motion.

East of the lake, the updrafts of the lake breeze and the Atlantic sea breeze cannot be distinguished. Due to their superposition, the first stronger upward motion occurs in this location. The updraft region becomes shifted by the large-scale flow. It weakens when arriving over the lake. The band of upward motion initially surrounding Lake Okeechobee, during further development exhibits distinct cells of stronger and weaker upward motion, according to the shore configuration. Later in the day, the southernmost of these cells dissipates. Obviously it is overcome by this area of strong subsidence which is caused by superposition at the approaching merging point of the east-coast and west-coast sea-breeze fronts.

Besides the phenomena discussed, the distinct effect of the superimposed large-scale flow
Besides the phenomena discussed, the distinct effect of the superposed large-scale flow
on the sea breeze structures should be noticed: the characteristic sea breeze updraft
patterns at the windward east and southeast coast are moving inland by 60 km, different
from the leeside coast, where they move inland only half this distance.

Literatur

- [1] DEFANT, F.: „Local Winds“ in Compendium of Meteorology. Amer. Met. Soc. (1951), 655–673.
- [2] ESTOQUE, M.A.: „The Sea Breeze as a Function of the Prevailing Synoptic Situation“, Journ. of the Atm. Sc., Col. 19, 3 (1962), 244–250.
- [3] PIELKE, R.A.: „A Three-Dimensional Numerical Model of the Sea Breeze over South Florida“. Month. Weath Rev., 102 (1974), 115–139.

Filmveröffentlichungen

- [4] CARUS, B., G. WARNECKE und INST. WISS. FILM: Einfluß der Seewindzirkulation auf das horizontale Windvektorfeld – Numerische Simulation. Film C 1359 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 13/C 1359 (1983), 11 S.
- [5] CARUS, B., G. WARNECKE und INST. WISS. FILM: Vertikale Bewegungsfelder in der Seewindzirkulation – Numerische Simulation. Film C 1373 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 16/C 1373 (1983), 12 S.
- [6] SHELTON, J.S., and H. NEUBERGER: What Makes the Wind Blow? Film W 1032 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Washington 1965.
- [7] WARNECKE, G., B. CARUS und INST. WISS. FILM: Horizontale und vertikale Bewegungsfelder in der Seewindzirkulation – Numerische Simulation. Film C 1408 des IWF, Göttingen 1981. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 17/C 1408 (1983), 11 S.
- [8] ZICK, Ch.: Ein einfaches physikalisches Modell der Seewindzirkulation – Teil 1. Film W 1721 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1975/76.
- [9] ZICK, Ch.: Ein einfaches physikalisches Modell der Seewindzirkulation – Teil 2. Film W 1722 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1975/76.
- [10] ZICK, Ch.: Die Seewindzirkulation, fotografiert vom ATS-III-Satelliten – 18. November 1967. Film W 1723 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1974/75.
- [11] ZICK, Ch.: Die Seewindzirkulation, fotografiert vom ATS-III-Satelliten – 19. November 1967. Film W 1724 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1974/75.
- [12] ZICK, Ch.: Die Entwicklung der Zirkulation unter großräumig aufländiger bzw. abländiger Strömung – Ein Vergleich. Film W 1725 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1974/75.
- [13] ZICK, Ch.: Die Seewindzirkulation an den Küsten von Florida –ATS 3. Film W 1726 im Sonderarchiv des IWF, Göttingen. Berlin 1975/76.

- [14] ZICK, Ch., G. WARNECKE und INST. WISS. FILM: Horizontalkomponenten der Seewindzirkulation in Eulerscher und Lagrangescher Darstellung – Numerische Simulation. Film C 1360 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn.Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 14 C/ 1360 (1983), 12 S.
- [15] ZICK, Ch., G. WARNECKE und INST. WISS. FILM: Verformung von Partikelformationen unter Seewindbedingungen – Numerische Simulation. Film C 1372 des IWF, Göttingen 1980. Publikation von Ch. ZICK und G. WARNECKE, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 8, Nr. 15/C 1372 (1983), 12 S.

Anm.: Dieser Film ist Teil einer Filmgruppe, die sich mit dem Thema Seewindzirkulation insgesamt beschäftigt. Alle Filme sind jedoch so konzipiert, daß jeder einzelne davon unabhängig oder in beliebiger Verbindung mit den anderen Filmen eingesetzt werden kann.

Abbildungsnachweis

Abb. 1–6: Ch. ZICK.