

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
**TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN**

SERIE 8 · NUMMER 13 · 1983

FILM C 1359

**Einfluß der Seewindzirkulation
auf das horizontale Windvektorfeld
Numerische Simulation**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch oder engl.), 16 mm, farbig, 64 m, 6 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, Berlin, E. RATEITSCHAK; Computergrafik: Dr. R.A. PIELKE, University of Virginia.

Zitierform:

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.

Anschrift der Verfasser der Publikation:

Prof. Dr. G. WARNECKE, Freie Universität Berlin, Institut für Geophysikalische Wissenschaften, Thielallee 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) 2022 02

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

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

Film C 1359

Einfluß der Seewindzirkulation auf das horizontale Windvektorfeld – Numerische Simulation

Verfasser der Publikation: CHRISTIAN ZICK und GÜNTER WARNECKE, Berlin

Mit 6 Abbildungen

Inhalt des Films:

Einfluß der Seewindzirkulation auf das horizontale Windvektorfeld – Numerische Simulation. Über Florida wird eine sich im Tagesgang intensivierende Seewindzirkulation simuliert, die sich einer Grundströmung von 2,5 m/s aus 110° überlagert. Konvergenz- u. Divergenzzonen lassen deutlich die Positionen der Seewindzirkulationszelle im Tagesverlauf erkennen. Es wird der Einfluß von Buchten und Landzungen auf die Ausprägung der SWZ dargestellt, sowie die eigene Seewindzirkulation am Okeechobee-See.

Summary of the Film:

Effect of Sea Breeze Circulation on the Horizontal Wind Vector Field – Numerical Simulation. A sea breeze circulation is numerically simulated over the southern part of Florida. The sea breeze circulation is superimposed on a basic current of 2.5 m/s from 110° . Areas of convergence and divergence of the horizontal wind field clearly mark the position and intensity of the sea breeze circulation cell. The influence of bay and cape figures of the coast, and of Lake Okeechobee, on the development of the sea breeze circulation are explained.

Résumé du Film:

Influence de la circulation du vent de mer sur le champ vectoriel horizontal du vent. Simulation numérique. Une circulation du vent de mer qui va en s'intensifiant au cours de la journée est simulée au-dessus de la Floride; elle recouvre un courant de base à 110° , d'une vitesse de 2,5 m/s. Des zones de convergence et de divergence font apparaître nettement les positions des cellules de circulation du vent de mer au cours de la journée. L'influence des baies et des langues de terre sur l'intensité de la circulation du vent est présentée de même que la circulation propre au-dessus du lac Okeechobee.

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“, UVM) 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.

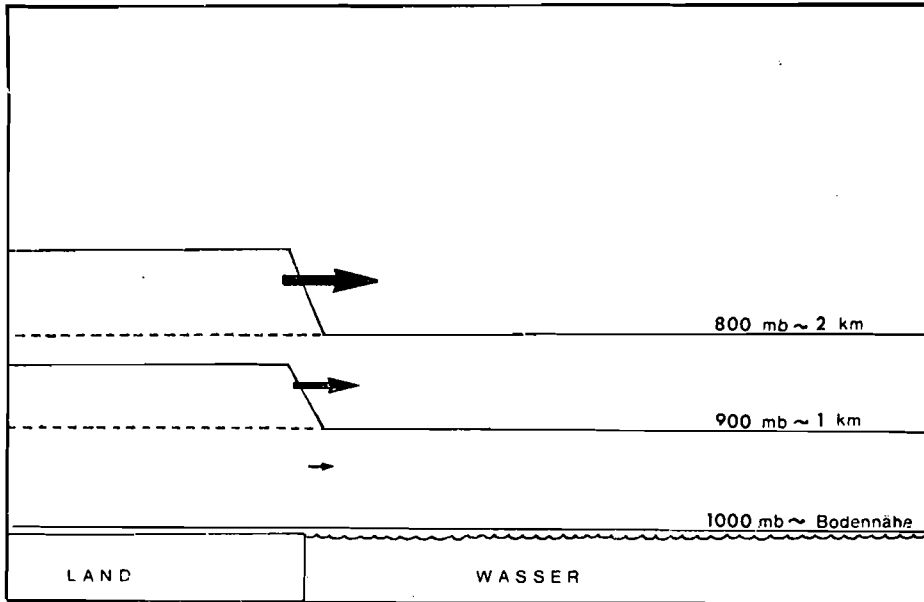


Abb. 1. Anfangsstadium einer Seewindzirkulation

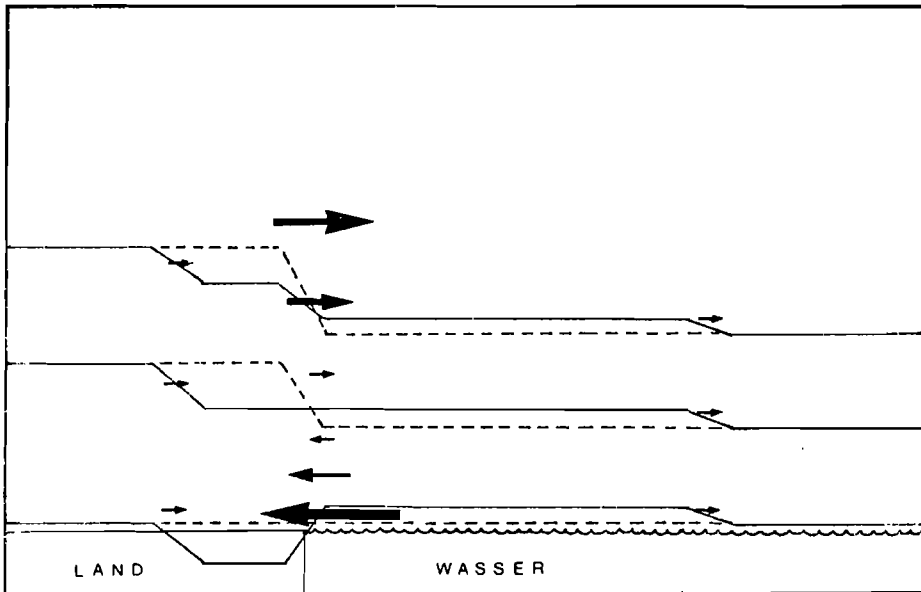


Abb. 2. Horizontale Strömungen im fortgeschrittenen Stadium der Seewindzirkulation

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

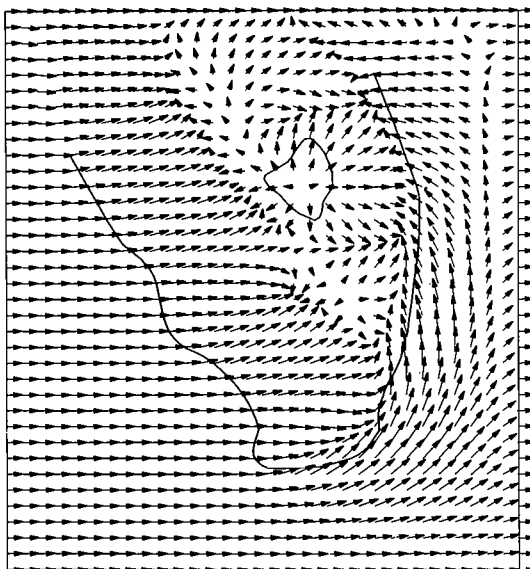


Abb. 3.

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

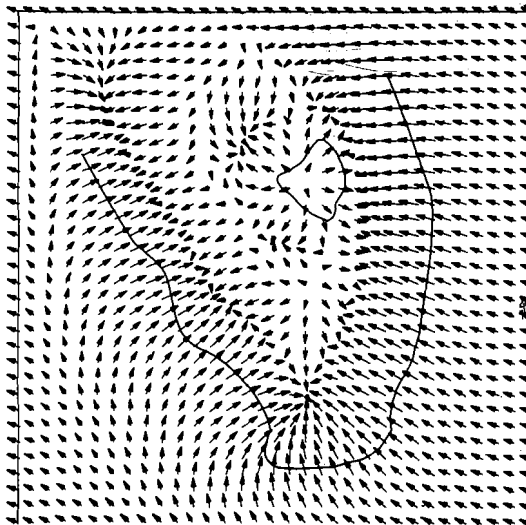


Abb. 4.

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

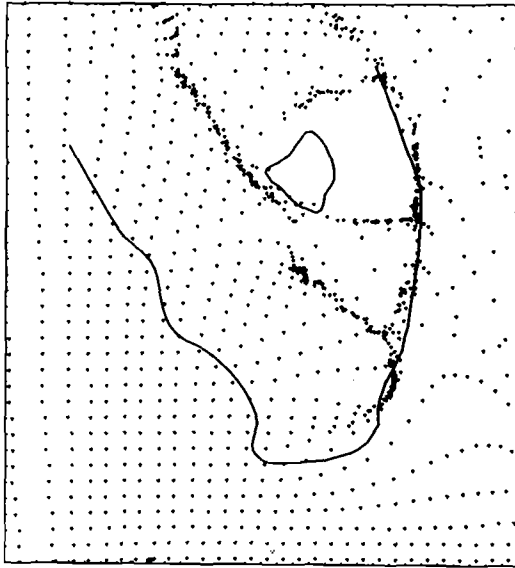


Abb. 5.

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

Für die Halbinsel Florida hat ROGER A. PIELKE ein numerisches Modell zur Simulation der Seewindzirkulation entwickelt. Darin werden sieben Höhenflächen berücksichtigt, die von 50 m bis ungefähr 5 000 m Höhe reichen.

Diese Darstellung ist im Maßstab 1:60 überhöht.

Wir beschränken uns im folgenden auf das 50-m-Niveau, um die Winde in Bodennähe darzustellen.

Die Grundfläche beträgt 260 x 300 km.

Die Verteilung von Land und Wasser ist im Modell vereinfacht.

Die einzelnen Gitterpunkte haben einen Abstand von 11 km.

Für jeden dieser Punkte wird der zeitlich variable Wind vektoriell dargestellt.

Der Modellrechnung liegt den ganzen Tag über eine großräumige Strömung von 2,5 m/s aus Südost zugrunde.

Am Morgen wird über der Halbinsel ein homogenes Windfeld angenommen.

Nach Einsetzen der Landerwärmung bilden sich in diesem Windfeld Zonen intensiver Konvergenz aus. Sie markieren die Lage der Seewindfronten. Sie verlagern sich im Verlauf des Tages ins Landesinnere. Der gegen Abend erkennbare unterschiedliche Abstand dieser Zonen von den Küsten ist auf das überlagerte Windfeld zurückzuführen.

Über der Westküste Floridas stellt sich zunächst ein küstenparalleler Wind ein, was über dem Meer Divergenz und über dem Land Konvergenz in der Strömung zur Folge hat. In der weiteren Entwicklung dreht der Wind und weht schließlich auf die Küste und die Konvergenzlinie zu.

Die Intensität der Konvergenz wird durch die Küstenform geprägt. Hier verursacht sie eine Verstärkung der Konvergenz, hier eine Abschwächung.

An der Südspitze ist die Verstärkung besonders ausgeprägt, eine Folge der Addition der Konvergenzen beider Küsten. An der Ostküste, wo der Wind von vornherein von See weht, zeichnet sich anfangs über dem Meer eine deutliche Geschwindigkeitsdivergenz ab, über dem Land dagegen eine Geschwindigkeitskonvergenz.

Erst später dreht der Wind und weht schließlich der ursprünglichen Strömung entgegen. Der Okeechobee-See verursacht eine eigene Zirkulation: Erster markanter Effekt ist die Divergenz über dem See. An seiner Ostseite, wo die Meeresküste relativ nahe ist, verschmelzen die Konvergenzen von See und Meer. In dem Augenblick, in dem diese gemeinsame Seewindfront in den Bereich der Absinkzone des Sees gerät, schwächt sie sich so stark ab, daß sie hier unterbrochen erscheint. Die Uferform des Sees bewirkt die Bildung zweier Konvergenzschwerpunkte: der südlichere davon beginnt sich nach acht Stunden zu isolieren und dabei abzuschwächen.

Das detaillierte räumliche und zeitliche Erscheinungsbild der Seewindkonvergenz wird also weitgehend strukturiert durch die großräumige Strömung, durch die Küstenform und durch Überlagerungen.

English Version of the Spoken Commentary

ROGER A. PIELKE developed a numerical model to simulate the sea breeze circulation over the Florida peninsula.

It considers seven height levels from 50 m to approximately 5 km altitude.

In this model view, the vertical scale is exaggerated by a factor of 60.

In the following, we shall concentrate on the 50 m level in order to consider the wind field near the surface.

The area size is 260 by 300 km.

The coast configuration in the model is slightly simplified. The grid distance is 11 km.

At every grid point the wind vector will be exhibited, variable in time.

The large-scale wind is held constant at 2.5 m/s from the southeast.

The initial wind field in the morning is homogeneous.

When heating of the land surface starts, zones of pronounced wind convergence begin to form. They mark the location of the sea breeze fronts. These move inland during the day.

The different distances from the coast, reached in the evening, result from the direction and speed of the large-scale flow.

At the Gulf coast of Florida, the wind turns parallel to the coast, in the beginning, resulting in offshore divergence and convergence over land. Further development turns the coastal wind onshore, intensifying the sea breeze convergence over land. The intensity of the convergence depends on the coast configuration. Here it intensifies the convergence, here it causes a weakening.

At the southern tip, the intensification is particularly strong, due to the merging of east and west-coast convergences. At the Atlantic coast, under large-scale onshore flow conditions, the first noticeable effect is an obvious offshore divergence in wind speed and convergence of wind speed on land. Finally, wind direction changes and turns even antiparallel to the onshore flow.

Lake Okeechobee causes its own circulation system.

Outstanding effect is the pronounced divergence over this lake. On its eastside where the Atlantic coast is relatively close, the lakeshore and seashore convergences merge in the earlier stage. During the day, when the Atlantic coast convergence moves further inland, its interference with the Lake divergence results in an apparent break over Lake Okeechobee. In addition, the detailed lakeshore configuration favours the formation of two convergence maxima; the southern one starts to become isolated after 8 simulation hours, and weakens.

We may conclude: The details of the spatial and temporal appearance of the sea breeze convergence are largely dependent on the direction and intensity of the large-scale flow, on the coast configuration, and on the interference patterns of local and regional effects.

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.