

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN

SERIE 8 · NUMMER 14 · 1983

FILM C 1360

**Horizontalkomponenten der Seewind-
zirkulation in Eulerscher und
Lagrangescher Darstellung
Numerische Simulation**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch oder engl.), 16 mm, farbig, 67 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. Ch. ZICK, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Dr. H.-K. GALLE), Dr. G. GLATZER; Kamera und Schnitt: Ch. ZICK; Zeichentrickherstellung: I. ERPEL, E. RATEITSCHAK; Computergrafik: Dr. R.A. PIELKE, University of Virginia.

Zitierform:

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.

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 PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

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. (0551) 202202

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

CHRISTIAN ZICK, GÜNTER WARNECKE, Berlin, und INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM, Göttingen:

Film C 1360

Horizontalkomponenten der Seewindzirkulation in Eulerscher und Lagrangescher Darstellung – Numerische Simulation

Verfasser der Publikation: CHRISTIAN ZICK und GÜNTER WARNECKE

Mit 6 Abbildungen

Inhalt des Films:

Horizontalkomponenten der Seewindzirkulation in Eulerscher und Lagrangescher Darstellung – Numerische Simulation. In einer Computer-Simulation von R.A. PIELKE werden die bodennahen Strömungsverhältnisse von Seewindbedingungen über Südflorida in der Eulerschen und Lagrangeschen Darstellung gezeigt. Die großräumige Strömung kommt aus 270° mit 6 m/s. Konvergenz- und Divergenzzonen werden im Detail erläutert.

Summary of the Film:

Eulerian and Lagrangian Representation of Horizontal Flow – Numerical Simulation of Sea Breeze Circulation. The basic material for this film are computer-generated plots of the air motions under sea breeze conditions over South Florida (numerical simulation by R.A. PIELKE). Both Eulerian and Lagrangian motions show the general and detailed features of the sea breeze development during the day. The difference between Eulerian and Lagrangian motions is shown and applied to tracking air particles.

Résumé du Film:

Composantes horizontales de la circulation du vent de mer dans la représentation d'Euler et de Lagrange. Simulation numérique. La nature des courants proches du sol du vent de mer audessus de la Floride méridionale est montrée dans la représentation d'Euler et de Lagrange, à l'aide d'une simulation par ordinateur de R.A. PIELKE. Le courant de grande envergure arrive à 270° , à raison de 6 m/s. Les zones de convergence et de divergence sont expliquées en détail.

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.

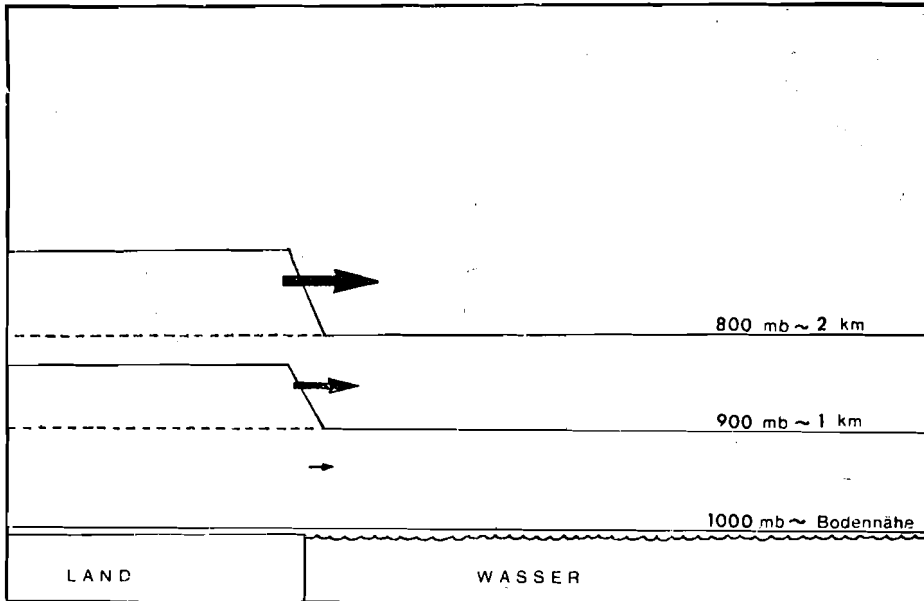


Abb. 1. Anfangsstadium einer Seewindzirkulation

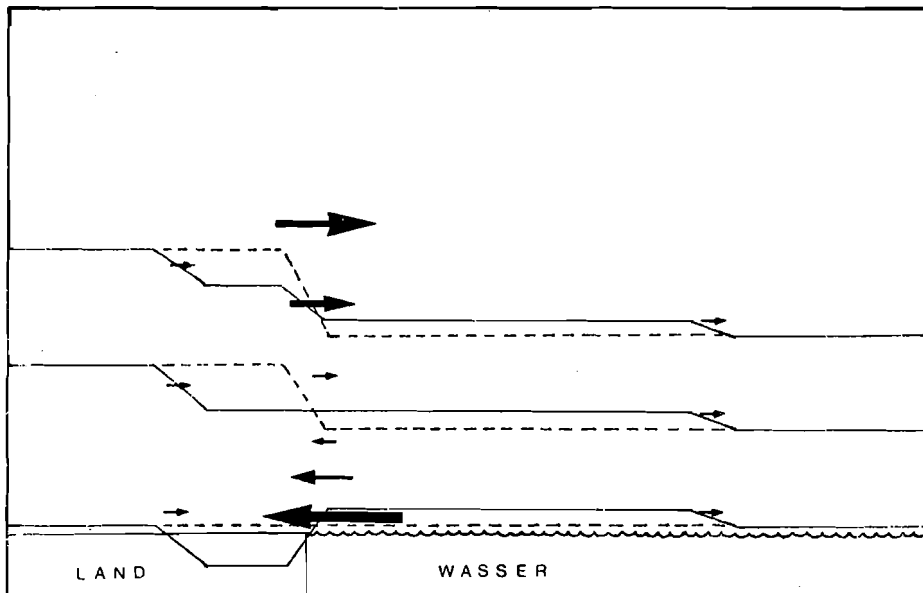


Abb. 2. Horizontale Strömungen im fortgeschrittenen Stadium der Seewindzirkulation

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

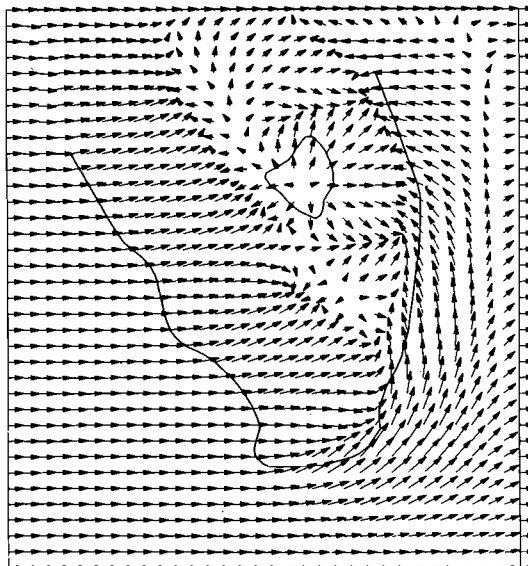


Abb. 3.

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

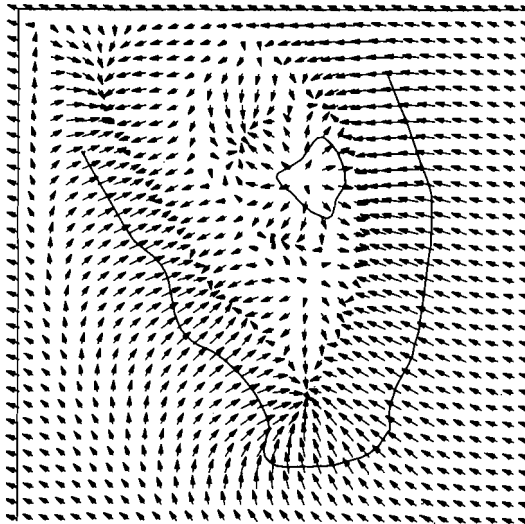


Abb. 4.

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

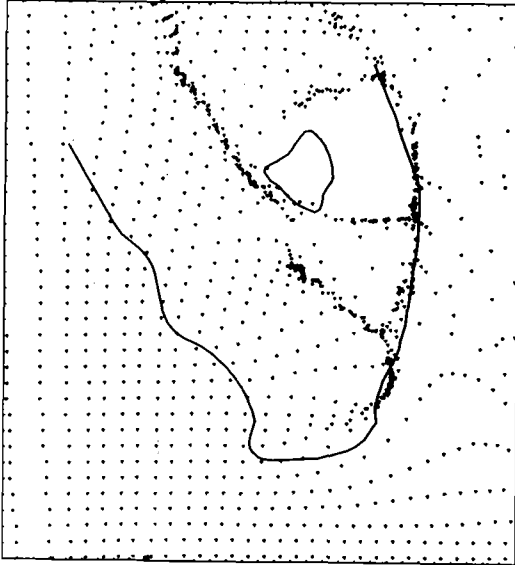


Abb. 5.

VERTICAL VELOCITY HOUR = 8.33
USYNOP = 2.5M/SEC ANGLE = 110.
LEVEL = 1.22KM CDNTOUR 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

Strömungen lassen sich mathematisch auf zwei Arten darstellen und miteinander vergleichen.

Diese Szene zeigt den Einfluß der Seewindzirkulation auf das Windfeld über Südflorida in der Lagrangeschen Darstellung.

Hier dieselbe Entwicklung in Eulerscher Darstellung. Beiden Simulationen liegt eine großräumige westliche Strömung von 6 m/s zugrunde.

Mit dieser großräumigen Strömung wandert die Westküstenkonvergenz im Laufe von ca. 10 Stunden 100 km weit ins Landinnere. Währenddessen bleibt die Konvergenz an der Leeseite Floridas über der Küste liegen.

An der Südküste wird die Konvergenz sogar stellenweise aufs Meer abgedrängt.

Die Konvergenz um den Okeechobee-See erscheint an dessen Nord- und Südseite am stärksten ausgeprägt.

Die zugehörige Divergenz über dem See wird durch den starken großräumigen Westwind etwas nach Osten verschoben. Die geringere Intensität der Westküstenfront, die von dieser Bucht herrührt, ist während der gesamten Dauer des Vorgangs deutlich erkennbar. Am Nachmittag, zur Zeit der stärksten Ausprägung, ergibt sich also insgesamt dieses Konvergenzbild.

Wir wählen jetzt die Lagrangesche Darstellungsart: In unserem Fall werden Luftpartikel von den Gitterpunkten aus unter den sich verändernden Windbedingungen verfolgt.

Die Entwicklung, Verlagerung und Intensität der Seewindfront wird dadurch noch stärker sichtbar, daß bei dieser Darstellung die Vertikalkomponenten nicht berücksichtigt sind.

Daher treten in den Konvergenzgebieten die Teilchen dichter, in den Divergenzgebieten verdünnt auf.

Wir sehen zum Beispiel wieder deutlich, daß hinter der Bucht infolge der divergenter Strömung die Konvergenz wenig ausgeprägt ist.

Diese Betrachtungsweise bietet sich u.a. zur Darstellung der Verlagerung von Luftbeimengungen an.

Nehmen wir an, an der Ost- und an der Westküste befände sich jeweils eine Kette von Schadstoffquellen.

Wir verfolgen jetzt den Weg der Partikel: Von der Westküste werden sie mit dem auflandigen Wind und der einsetzenden Seewindzirkulation rasch landeinwärts verfrachtet und gelangen in die Seewindkonvergenz, wo sie (hier allerdings nicht erkennbar) nach oben abtransportiert werden.

Die Partikel von der Ostküste starten dagegen zwar morgens in Richtung aufs Meer hinaus, werden aber durch den einsetzenden Seewind bald abgebremst und im Bogen

wieder zur Küste zurücktransportiert! Wo sie ankommen, addieren sich also die lokal produzierten und die herantransportierten Schadstoffmengen.

Die stark divergenten Bewegungen über dem Lake Okeechobee bewirken, daß ab 12 Uhr ins Lee des Sees aus den bodennahen Schichten überhaupt keine Partikel gelangen, die aus der Umgebung stammen. Vielmehr wird die Luft hier von oben zugeführt.

Im Gegensatz zu diesen Trajektorien, die wir aus der Lagrangeschen Bewegungsdarstellung gewinnen, stellt eine Stromlinienanalyse eine Momentaufnahme des Bewegungsfeldes dar.

In unserem Falle könnte sie leicht zu dem falschen Schluß führen, daß der Ostküste vom Meer her Frischluft zugeführt wird. In Wirklichkeit kehren aber in diesem Fall nur die Partikel zurück, die aus den Schadstoffquellen an der Küste stammen.

Fassen wir zusammen:

Trajektorien beschreiben die Wege einzelner Teilchen in einem bestimmten Zeitraum.

Das Stromfeld, bzw. die Stromlinien stellen dagegen lediglich die Bewegungstendenz im gesamten Feld in einem einzigen Zeitpunkt dar.

Nur wenn wir die Bewegung in einem infinitesimal kleinen Zeitintervall betrachten, sind beide Darstellungen identisch.

English Version of the Spoken Commentary

Motion fields can mathematically be described and also visually be presented in two principally different ways.

This scene shows the influence of the sea breeze circulation system on the large-scale flow pattern over southern Florida in LAGRANGIAN presentation. This is the same scene in EULERIAN presentation. In both cases, the large-scale wind speed is 6 m/s from the west.

Due to this basic flow, the west coast convergence migrates 100 km inland within 10 hours.

Within the same period, the lee side convergence stays close to the coast line.

At the southeast coast it even becomes partly displaced toward the ocean.

The convergence around Lake Okeechobee appears most intense along its northern and southern shores. The concurrent divergence over the Lake has been shifted somewhat toward the east, due to the large-scale flow.

The relatively weak intensity of the west coast sea breeze front, due to this bay, can be observed throughout the entire simulation period.

In the afternoon, when the sea breeze effects are at their maximum, this convergence pattern results.

We now choose the LAGRANGIAN presentation:

it has been done in a way that air parcels, initially located at grid point positions, are tracked according to the variations of the mesoscale wind field.

The development, displacement, and intensity of the sea breeze front become particularly obvious by neglecting vertical motions.

This is why the dots accumulate in convergences and rarify in divergence zones.

Again we recognize that – due to the divergent meso-scale flow – the sea breeze convergence is weakly developed in bay areas.

This form of presentation appears best suited for tracing „air pollutants“.

Let us assume chains of pollution sources along the west and east coasts, for example.

We trace polluted air parcels: At the west coast, due to the onshore basic flow and the developing sea breeze, the pollutants rapidly drift inland and reach the sea breeze convergence where they actually move upward. At the east coast, in the morning, pollutants drift within the basic flow across the coast toward the ocean; but with the developing sea breeze, the polluted air slows down and, finally, starts to move back toward the source region, where it will cause additional impact of pollution. The strongly divergent flow due to Lake Okeechobee causes, downwind of the lake, from 12^h on a completely clean area.

Here surface air becomes totally replaced by air from above.

In contrast to the trajectories exhibited by the LAGRANGIAN presentation, the streamlines represent a snapshot of the motion field.

In our case, the streamline presentation might suggest an erroneous conclusion in that the sea breeze might carry clean oceanic air toward the east coast. In reality, as we saw, rather already polluted air returns, at least for an appreciable time of the day.

In summary:

Trajectories describe the paths of individual air parcels during a certain period of time.

The vector or streamline pattern represents the momentary tendency for the entire motion field.

Both presentations become, however, identical, if motions within an infinitesimal period of time are considered.

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., Vol. 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.