

Bodennahe Ozon auf Sylt – ein erfolgreiches Kooperationsprojekt mit dem Umweltbundesamt

S. Beilke, C. Stick, K. Uhse, M. Wallasch, A. Adolphsen und E. Hundhausen

1. Einleitung

Ozon spielt in der Erdatmosphäre eine Doppelrolle. In den oberen Luftschichten, der Stratosphäre (10 bis 50 km Höhe), befinden sich etwa 90% dieses Gases. Dort hat Ozon die lebenswichtige Funktion eines Filters gegen den schädlichen ultravioletten Anteil (UV-B und UV-C) der Sonnenstrahlung. Das hier behandelte bodennahe Ozon befindet sich dagegen in den unteren Luftschichten der Atmosphäre, wo es bei höheren Konzentrationen eine Reihe von schädlichen Eigenschaften entfalten kann.

In zwei im Rahmen des Kooperationsprojektes durchgeführten Studien (Stick et al., 1998; 2000) wurde die lufthygienische Belastung auf Sylt im Hinblick auf Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffdioxid (NO₂) sowie Ozon (O₃) untersucht. Dabei hatte sich gezeigt, daß die Konzentrationen der Verbrennungsindikatoren SO₂ und NO₂ insbesondere bei Seewind, aber auch bei Landwind wesentlich geringere Werte als im Binnenland aufwiesen. Ein völlig anderes Bild ergab sich dagegen beim Ozon. Hier lagen die mittleren Konzentrationen auf Sylt höher als an vielen Stationen des Binnenlandes. Gerade bei Seewind, also unter solchen Bedingungen, bei denen SO₂ und NO₂ die geringsten Konzentrationen aufweisen, waren die Ozonkonzentrationen konstant erhöht. Wegen der erheblichen Unterschiede werden die Besonderheiten der Ozonkonzentrationen deshalb ausführlich in einer gesonderten Arbeit veröffentlicht (Stick et al., 2001), deren Ergebnisse hier zusammen mit neueren Erkenntnissen präsentiert werden.

Die heutigen sommerlichen Ozonwerte in Deutschland liegen in einem Bereich, in dem bei Menschen, Tieren, Pflanzen und Materialien schädigende Wirkungen auftreten können (Ozon-Symp. München, 1991; Ozon-Symp. Braunschweig,

2000). Um einen ausreichenden Schutz vor den negativen Wirkungen des bodennahen Ozons zu gewährleisten, hat die EU-Kommission im Jahre 2000 folgende, auf den neuesten Erkenntnissen der Wirkungsforschung basierende Schwellenwerte für die Beurteilung der Luftqualität in bezug auf die Ozonbelastung vorgeschlagen (Lutz, 2000; EU, 2000):

Schutz der menschlichen Gesundheit:	Langfristziel:	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-h-Mittel)
	Informationsschwelle:	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Mittel)
	Alarmschwelle:	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Mittel)
Schutz der Vegetation:	Langfristziel:	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ (AOT40, von Mai bis Juli)

Tabelle 1: Ozon-Schwellenwerte zum Schutz von menschlicher Gesundheit und Vegetation

Im Folgenden soll die Ozonbelastung auf Sylt während des letzten Jahrzehnts dargelegt und mit der Situation im Binnenland verglichen werden. Von besonderem Interesse ist dabei, ab wann die in der EU-Richtlinie von 2000 definierten Ozon-Schwellenwerte (Tabelle 1) voraussichtlich eingehalten werden können. Die hier für Sylt präsentierten Ozonbelastungen wurden an der UBA-Station Westerland gemessen, deren Ergebnisse als repräsentativ für die Verhältnisse auf dieser Insel angesehen werden können (Stick et al., 1998).

2. Die Ozonbelastung auf Sylt

Um die Besonderheiten der Ozonbelastung auf Sylt herauszustellen, ist es von Vorteil, die Ozonkonzentrationen in Abhängigkeit von der Wind- und Transportrichtung darzustellen.

Die Windrichtungsabhängigkeit aller auf Sylt zwischen 1993 und 2000 gemessenen mittleren täglichen Ozonkonzentrationen ist in Abb. 1 in Form eines Polardiagramms dargestellt: Die UBA-Meßstelle Westerland befindet sich

im Zentrum der konzentrischen Kreise, die Windrichtungen sind in Grad auf dem Umfang, die Konzentrationen sind auf den Radien aufgetragen.

Deutlich sind einige Besonderheiten zu erkennen: Während bei Landwind (30-150°) vom europäischen Kontinent alle Konzentrationen von nahe null bis zu maximalen Werten durchgehend vertreten sind, fällt beim Seewindsektor (210-330°) eine weiße Fläche auf, in welcher zwischen null und etwa 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ so gut wie keine Werte beobachtet werden.

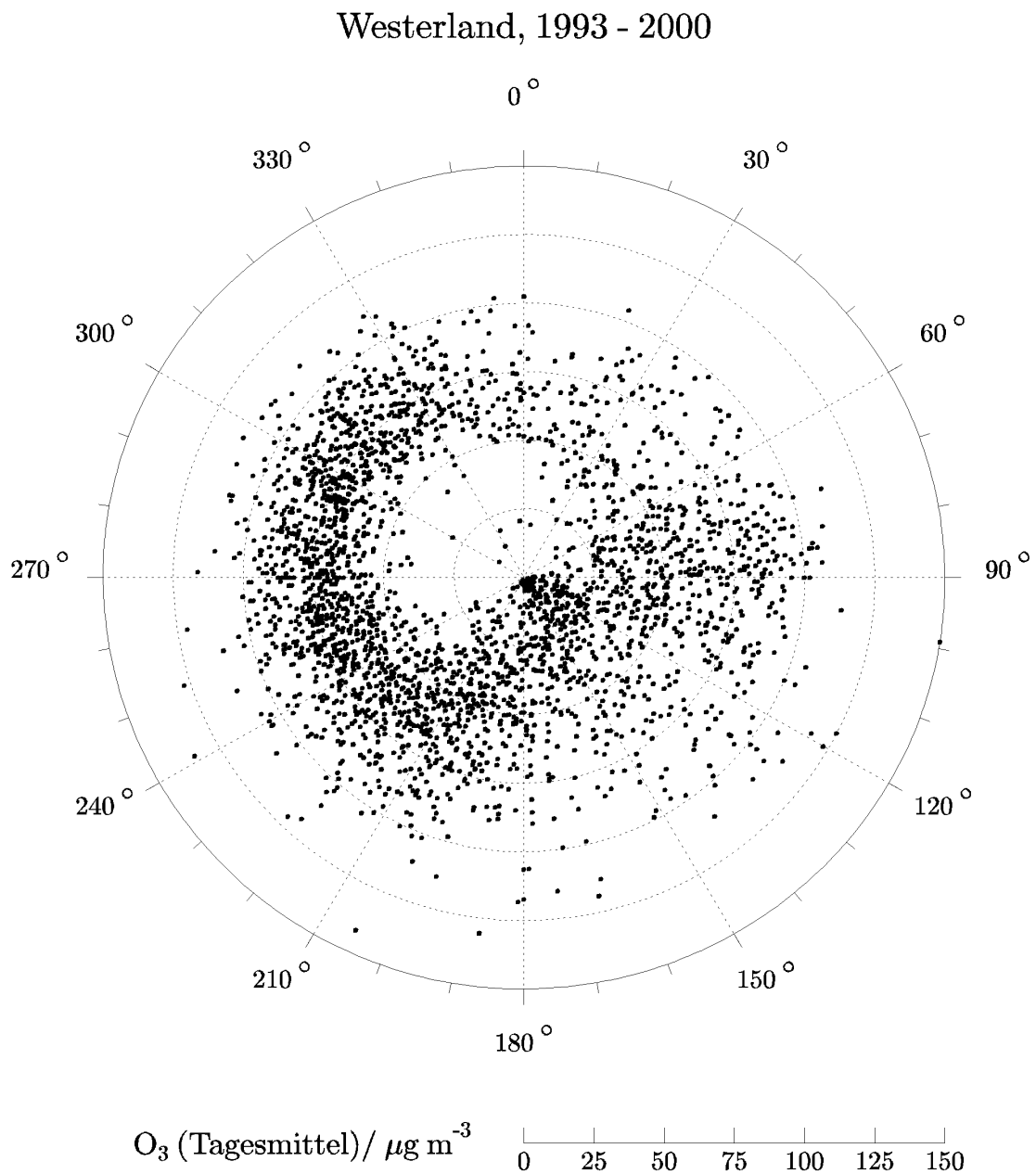


Abb. 1: An der Messstelle Westerland gemessene Ozon-Tagesmittel zwischen 1993 und 2000 in Abhängigkeit von der Windrichtung.

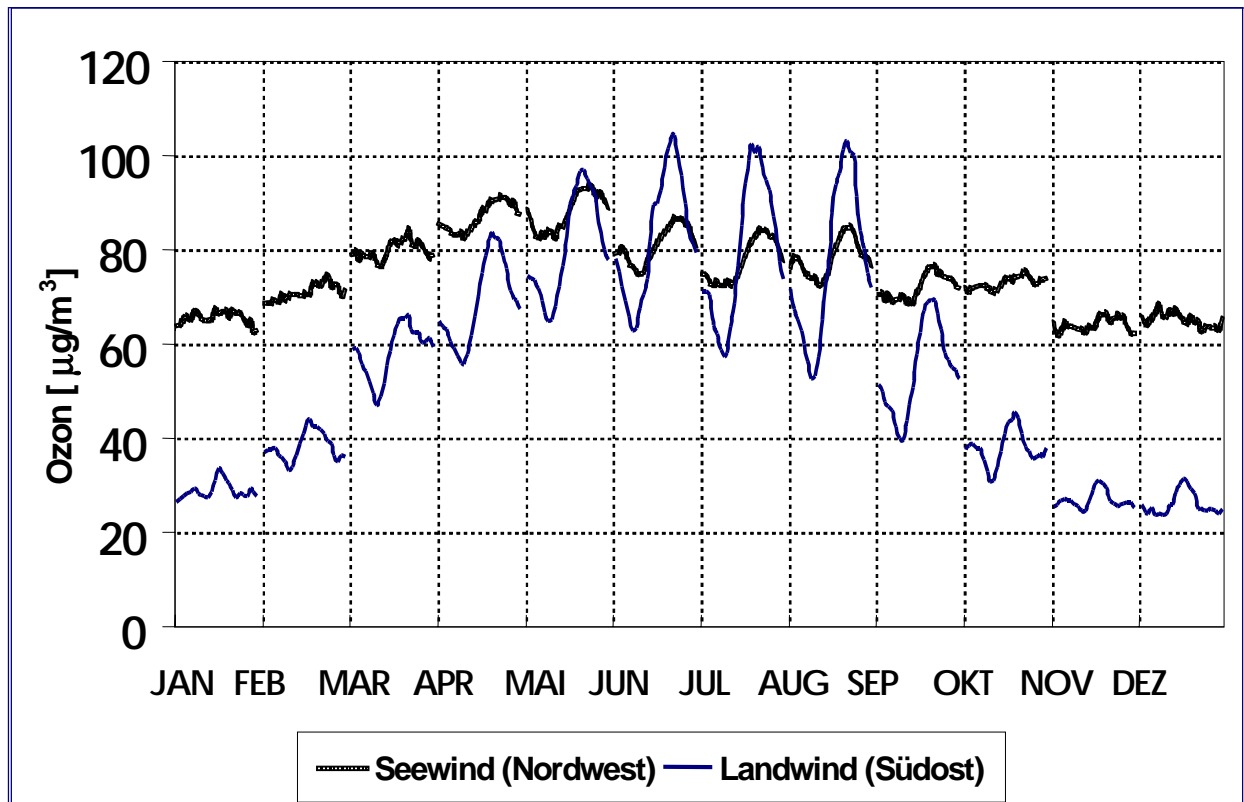


Abb. 2: Mittlere monatliche Tagesgänge von Ozon in Westerland für 1992 bis 2000 für Land- und Seewind.

Die Besonderheiten beim Ozon auf Sylt werden noch deutlicher in Abb. 2. In dieser Abbildung sind mittlere monatliche Ozon-Tagesgänge für die Windrichtungen aus zwei entgegengesetzten Sektoren, nämlich die Windrichtungen aus dem Sektor Nordwest (Seewind, Antransport von Ozon über den Atlantik und die Nordsee nach Sylt) zum einen und die Richtungen aus dem Sektor Südost (Landwind, Antransport von Ozon vom europäischen Kontinent) zum anderen, dargestellt. Während die Ozonkonzentrationen bei Seewind nur geringe Schwankungen auf einem vergleichsweise hohen Niveau (60 bis 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zeigen, sind die Änderungen bei Landwind sowohl im Tages, als auch im Jahresverlauf (20 bis 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) stärker. Das Verhalten der Konzentrationen bei Landwind ähnelt dem Muster, welches auch im europäischen Binnenland beobachtet wird (Stick et al., 1998).

Die in Abb. 1 und Abb. 2 gezeigten Zusammenhänge zwischen Ozonwerten und lokaler Windrichtung an der Meßstelle Westerland erlauben streng genommen keine Aussage über die weiträumige Herkunft der Luftmassen, weil der Luftmassentransport in der Regel auf gekrümmten Bahnen erfolgt. Um Aussagen über die Herkunft der Ozonbelastung auf Sylt machen zu können, wurden anhand sogenannter Rückwärtstrajektorien die Zugbahnen der Luftmassen über einen Zeitraum von zwei Tagen vor Eintreffen auf Sylt zurückverfolgt (Stick et al., 2001; Olson et al., 1978). Die Trajektorienanalyse bestätigt weitgehend die in Abb. 1 und Abb.2 aufgrund der lokalen Windrichtungen nur vermuteten Zusammenhänge zwischen Ozonbelastung und deren Herkunft. Danach zeigt sich, daß auf Sylt ungewöhnlich hohe (Stundenmittel über $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als auch sehr geringe Ozonkonzentrationen (1-h-Mittel unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in Luftmassen gemessen wurden, welche zuvor dichtbesiedelte Gebiete des europäischen Festlandes oder der britischen Inseln überquert haben. Andererseits treten in maritimen Luftmassen, die keinen Kontakt zum Land hatten, gehäuft Ozonwerte zwischen 70 und $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Einen Überblick über die maximalen und mittleren Ozonkonzentrationen auf Sylt im Vergleich zum Binnenland gibt Abb. 3, in der die jährlichen Ozonmaxima (1-Stunden-Mittel) zusammen mit den Jahresmittelwerten zwischen 1992 und 2000 dargestellt sind. Während bei den Ozonmaxima auf Sylt erheblich niedrigere Konzentrationen als an einigen Stationen im Binnenland beobachtet werden, liegen die Jahresmittelwerte höher als die Mittelwerte aller Ozonstationen im Binnenland.

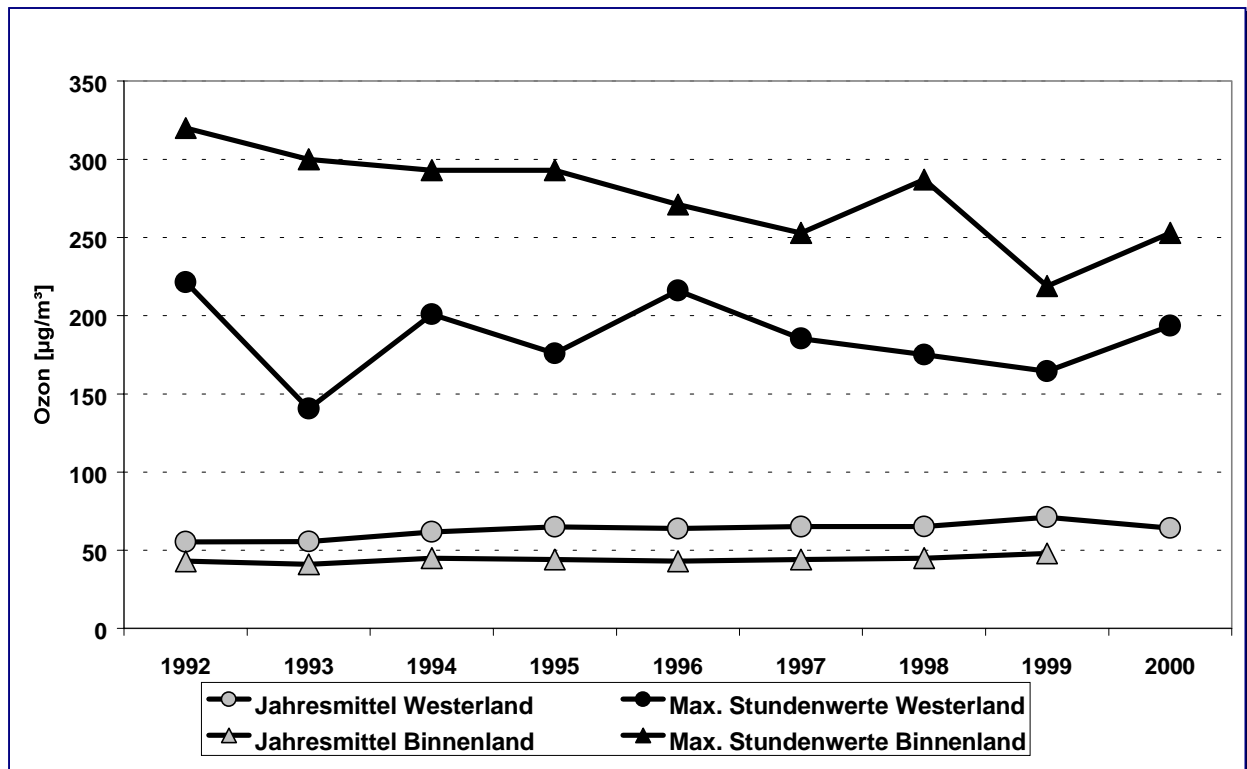


Abb. 3: Maximale jährliche 1-Stunden-Mittel und Jahresmittelwerte von Ozon von 1992 bis 2000 in Westerland und im Binnenland. Die Jahresmittelwerte im Binnenland sind Mittelwerte aller deutschen Stationen.

Die in Abb. 1 bis Abb. 3 gezeigten sowie die mittels Trajektorienanalysen gewonnenen Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

Ozon ist ein sekundärer Schadstoff, der in Bodennähe über komplizierte photochemische Reaktionen aus Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, Volatile Organic Compounds) erst innerhalb der Atmosphäre gebildet wird. Bei Seewind wird der Ozongehalt auf Sylt von der nordhemisphärischen Hintergrundkonzentration (engl. NHMLB, Northern Hemisphere Mid-Latitude Background) geprägt. Der nordhemisphärische Hintergrund setzt sich aus einem natürlichen und einem anthropogenen Anteil zusammen. Von den etwa 70 bis 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die im Frühling und Sommer bei Seewind beobachtet werden, entfallen etwa 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf einen Beitrag aus der Stratosphäre und etwa 50 bis 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf photochemisch gebildetes troposphärisches Ozon (Beilke und Wallasch, 2000). Das photoche-

mische Ozon wird aus den in den Industrieländern Amerikas, Asiens und Europas überwiegend anthropogen emittierten Ozonvorläufern NO_x und VOC gebildet. Eine Minderung der Ozonbelastung auf Sylt bei Seewind erfordert demnach vor allem Emissionsminderungen in den Industrieländern auf den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel, wobei Reduktionen in Deutschland nur einen geringen Einfluß auf das nordhemisphärische Hintergrundozon haben.

Im Gegensatz dazu wirken sich im europäischen Binnenland auch die lokalen bis regionalen Emissionen der Ozonvorläufer stark auf die Ozon-Konzentrationsverteilung aus. Durch ozonbildende und -abbauende chemische Reaktionen dieser Vorläufer können die Ozonkonzentrationen gegenüber dem Ozonhintergrund sowohl erhöht als auch erniedrigt werden. Diese ozon-aufbauenden und -abbauenden Prozesse, die im Binnenland lokal bis regional wirksam sind, spielen auf Sylt selbst nur eine untergeordnete Rolle. Die auf dieser Insel gemessenen Ozonkonzentrationen sind im Wesentlichen auf den Ferntransport entweder vom europäischen Binnenland oder aus Richtung Atlantik und Nordsee zurückzuführen. Dagegen haben die geringen lokalen Vorläuferemissionen (z.B. durch den Autoverkehr) so gut wie keinen Einfluß auf die auf Sylt gemessenen Ozonkonzentrationen.

3. Überschreitung von Ozon-Schwellenwerten

3.1. Schutz der menschlichen Gesundheit

In Tabelle 1 ist die Anzahl der Stunden pro Jahr mit Überschreitungen der EU-Schwellenwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 240 bzw. 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Mittel) auf Sylt für den Zeitraum von 1990 bis 2000 aufgelistet. Ebenfalls enthalten ist die Zahl der Tage mit Überschreitungen von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-h-Mittel).

Man erkennt deutlich, daß Ozon-Spitzenkonzentrationen auf Sylt – im Gegensatz zum Binnenland – so gut wie nicht vorkommen. So kamen beispiels-

weise während des letzten Jahrzehnts keine Überschreitungen des EU-Alarmwertes von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor, in fünf von elf Jahren auch keine Überschreitungen des EU-Informationswertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In den übrigen Jahren lag die Zahl der Überschreitungen nur zwischen zwei und acht Stunden pro Jahr. Die Zahl der Tage mit Überschreitungen von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gleitende 8-Stunden-Mittel) lag mit durchschnittlich zehn Tagen pro Jahr zwischen 1990 und 2000 ebenfalls deutlich unter der durchschnittlichen Zahl von Überschreitungen von etwa 25 Tagen pro Jahr im Mittel über alle Meßstellen im UBA-Meßnetz im Binnenland.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anzahl	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
240	Std.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	Std.	2	0	7	0	4	0	8	2	0	0	5
120	Tage	6	1	9	4	17	12	14	18	9	17	7

Tabelle 2: Anzahl der Stunden pro Jahr mit Überschreitungen der EU-Schwellenwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 1-h-Mittel) auf Sylt. Ebenfalls angegeben ist die Zahl der Tage mit Überschreitungen von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-h-Mittel)

3.2. Schutz der Vegetation

Als Maß für die Schädigung von Pflanzen werden oft sogenannte AOT40-Werte angegeben (AOT40: Accumulated Exposure Over a Threshold of 40 ppb). Zur Bestimmung dieses Wertes werden alle Überschreitungen eines Stundenmittels von 40 ppb (entspricht $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) während der Hauptwachstumsphase summiert. Bezüglich des EU-Langfristziels von $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ (entspricht $3000 \text{ ppb} \cdot \text{h}$, AOT40, Lutz, 2000; EU, 2000) für den Schutz der Vegetation (landwirtschaftliche Nutzpflanzen) ist festzustellen, daß dieser Wert in Deutschland großräumig und zum Teil um ein Mehrfaches überschritten wird.

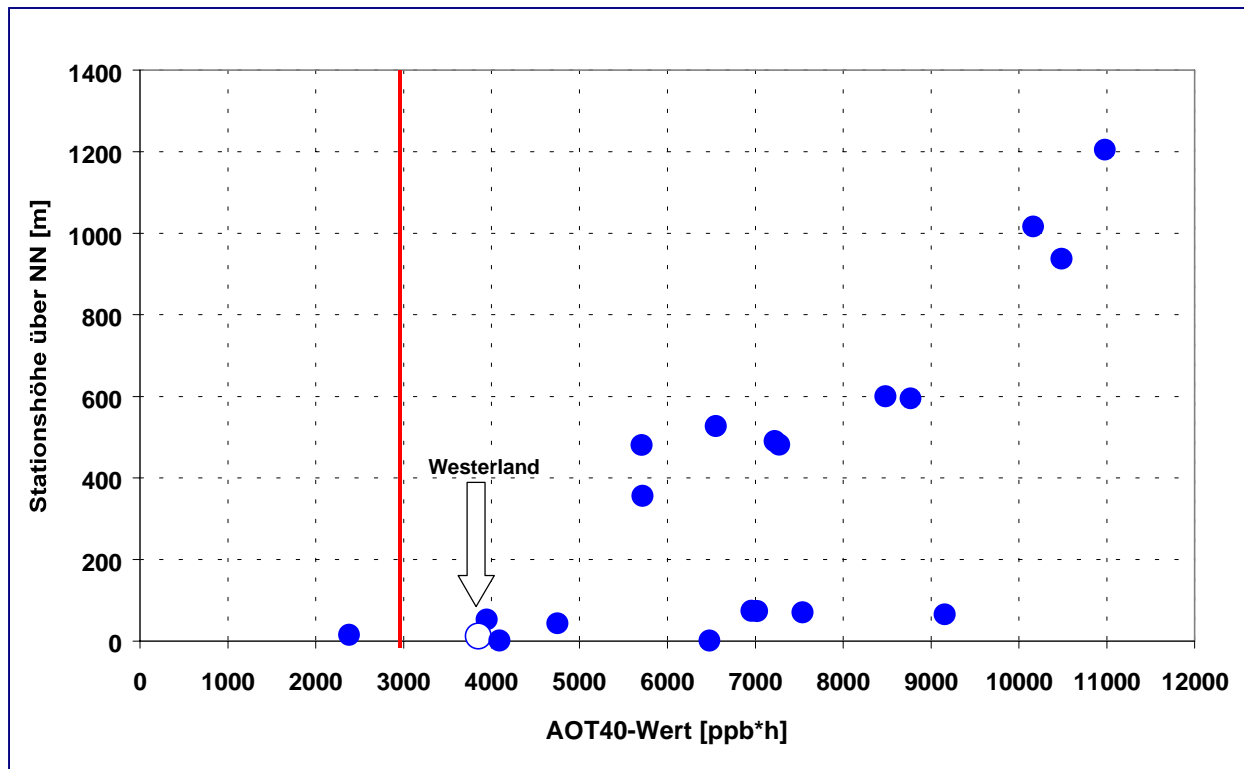


Abb. 4: AOT40-Werte für landwirtschaftliche Nutzpflanzen für das Jahr 2000 an den Ozon-Meßstellen im Meßnetz des Umweltbundesamtes.

Abb. 4 zeigt beispielhaft die AOT40-Werte für die Ozonstationen im Meßnetz des Umweltbundesamtes für das Jahr 2000. Man erkennt eine deutliche Zunahme der AOT40-Werte mit zunehmender Stationshöhe sowie eine z.T. erhebliche Überschreitung des EU-Langfristzielwertes von $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ($3000 \text{ ppb}\cdot\text{h}$) auch an der Station Westerland.

Abb. 5 zeigt den jährlichen Verlauf der AOT40-Werte auf Sylt zwischen 1992 und 2000 sowie die windrichtungsabhängigen Beiträge zu jedem einzelnen AOT40-Jahreswert. Bemerkenswert ist der hohe Beitrag bei Seewind (N-W) mit durchschnittlich 40% an den gesamten AOT40-Werten. Bezogen auf den EU-Langfristzielwert von $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ($3000 \text{ ppb}\cdot\text{h}$) beträgt der Beitrag aus dem Seewindsektor im Mittel sogar 50%.

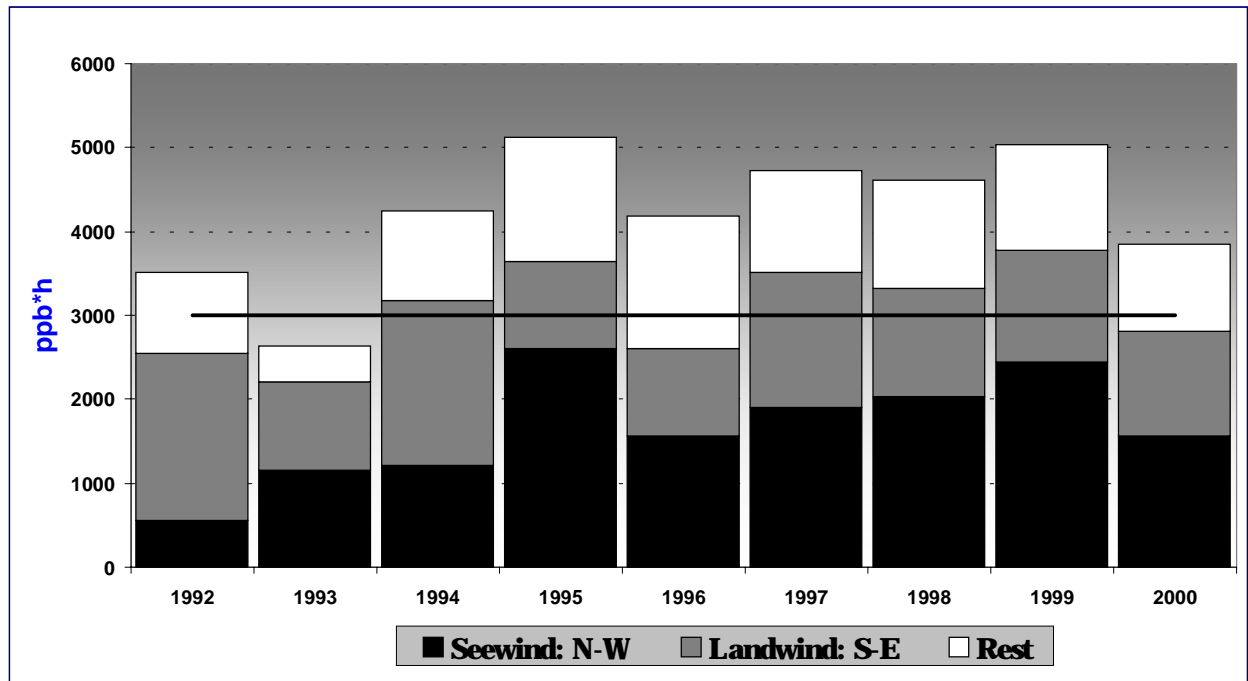


Abb. 5: Ozonanteile am AOT40-Wert für Land- und Seewind in Westerland für den Zeitraum 1992 bis 2000.

4. Zukünftige Entwicklung der Ozonbelastung auf Sylt

Wie sich die Ozonkonzentrationen auf Sylt in der Zukunft entwickeln werden, hängt von der Entwicklung der Emissionen der Ozonvorläufer in Deutschland, Europa und den außereuropäischen Industrieländern auf den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel ab. In Deutschland haben die Emissionen zwischen 1990 und 1999 um etwa 40% (NO_x) bzw. 48% (VOC) abgenommen (UBA, 2000 a), bis zum Jahr 2010 werden die mittelfristigen Emissionsminderungen bei 60% (NO_x) bzw. 69% (VOC) liegen (Basisjahr 1990, UBA, 2000 b).

Bezüglich der Entwicklung in Europa ist das Emissionsziel der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa eine etwa 40%ige Reduzierung beider Vorläufer in den europäischen ECE-Staaten bis zum Jahre 2010 (Basisjahr 1990, UBA, 2000 b).

Dagegen werden die Vorläuferemissionen in Nordamerika in den kommenden zehn Jahren nur leicht abnehmen, die Emissionen in Asien hingegen sogar

erheblich zunehmen (Lelieveld and Thompson, 1998; US-EPA, 1996). Entsprechend der sehr unterschiedlichen Emissionsentwicklung in Deutschland, Europa sowie den außereuropäischen Industrieländern auf den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel wird sich die Ozonbelastung auf Sylt – abhängig von der Wind- und Transportrichtung – ebenfalls unterschiedlich entwickeln:

- Bezüglich der Konzentrationen bei Seewind wird es in den kommenden Jahrzehnten keine merklichen Änderungen geben.
- Dagegen werden sich die Ozonkonzentrationen bei Landwind ähnlich entwickeln wie im Binnenland, wenn auch weniger stark ausgeprägt. Im Binnenland werden sehr niedrige Ozonwerte und sehr hohe Werte bis 2010 insgesamt seltener auftreten. Der scheinbar paradoxe Sachverhalt einer Verschiebung der hohen und der niedrigen Ozonwerte hin zu mittleren Werten ist durch die Beteiligung der Stickoxide sowohl bei der Bildung als auch beim Abbau von Ozon erklärbar. Durch die Reduzierung der Emissionen der Ozonvorläufer wird die photochemische Ozonproduktion geringer, wodurch Spitzenwerte seltener auftreten. Andererseits führen geringere NO-Konzentrationen in Emittentennähe zu einem weniger effektiven Abbau von O₃ durch NO (Titrationseffekt), wodurch die niedrigen Werte ansteigen (Beilke und Wallasch, 2000).

Bezüglich der Überschreitung der Ozon-Schwellenwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit läßt sich zusammenfassend feststellen, daß Episoden mit hohen Ozonkonzentrationen, die zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können, auf Sylt im Gegensatz zum Binnenland so gut wie nicht vorkommen. Wenn auch die Ozon-Spitzenwerte im Binnenland heute noch höher liegen als auf Sylt, so ist trotzdem festzustellen, daß diese Spitzenwerte (>180 µg/m³) im Binnenland während des letzten Jahrzehnts als Folge der

Emissionsreduzierung von VOC und NO_x deutlich zurückgegangen sind (Beilke und Wallasch, 2000).

Die gegenüber dem Binnenland ohnehin schon sehr geringe Zahl an Überschreitungen des EU-Schwellenwertes von 180 µg/m³ (1-h-Mittel) wird während der kommenden Jahre weiter zurückgehen, so daß spätestens ab 2010 auch diese Konzentrationen auf Sylt nicht mehr erreicht werden. Die für Sylt typischen mittleren Konzentrationen zwischen 50 und 100 µg/m³ liegen aber deutlich unter den strengen EU-Zielwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit und sind damit gesundheitlich unbedenklich.

Im Gegensatz zu der erfreulichen Entwicklung der gesundheitsrelevanten Ozon-Spitzenwerte werden die dosisbezogenen Schwellenwerte wie beispielsweise der AOT40-Wert für den Pflanzenschutz (landwirtschaftliche Nutzpflanzen) im kommenden Jahrzehnt auch auf Sylt kaum zurückgehen, da diese Ozon-Schwellenwerte vor allem durch die mittleren Konzentrationen bestimmt werden und nicht durch die Spitzenwerte (UBA, 1998). Die mittleren Ozonkonzentrationen werden aber zum überwiegenden Teil durch das nordhemisphärische Hintergrundozon (NHMLB) bestimmt, dessen Konzentration in den kommenden Jahrzehnten kaum zurückgehen wird.

Aufgrund ihrer geographischen Lage ist die Station Westerland von allen deutschen Ozon-Meßstationen am besten geeignet, den nordhemisphärischen Ozon-Hintergrund zu bestimmen. Da die Kenntnis dieses Hintergrundes für die Beurteilung der Wirksamkeit von ozonmindernden Maßnahmen wichtig ist, kommt den Ozonmessungen auf Sylt eine besondere umweltpolitische Bedeutung zu.

5. Lufthygienische Beurteilung

Hinsichtlich der lufthygienischen Beurteilung der auf Sylt gefundenen Ozonkonzentrationen ist zu berücksichtigen, daß die zitierten Schwellenwerte zum Schutze der menschlichen Gesundheit (Lutz, 2000; EU, 2000) im wesentlichen aus Studien abgeleitet wurden, welche die gesundheitlichen Effekte von Sommersmogepisoden untersuchten. Naturgemäß ist die lufthygienische Situation dabei völlig anders als an der See. Während bei sommerlichen Smogepisoden im Binnenland stets ein Gemisch von emittierten Schadstoffen und Stäuben vorliegt und zudem typischerweise thermisch-klimatische Belastungen des Organismus auftreten, sind die im Durchschnitt erhöhten Ozonkonzentrationen an der See, wie ausgeführt wurde, durch die nordhemisphärische Hintergrundkonzentration bedingt, also durch die Ozonwerte, die in der freien Atmosphäre vorherrschen. Diese Luft aber zeichnet sich gerade dadurch aus, daß sie die geringsten Schadstoffkonzentrationen auf der Nordhemisphäre aufweist und von direkten Emissionen völlig unbelastet ist.

Hinzu kommt, daß sich die nordhemisphärische Hintergrundkonzentration bevorzugt dann auf die Ozonkonzentration in Westerland auswirkt, wenn Seewind herrscht. Diese Wetterlagen sind jedoch typischerweise durch frischen Wind und ausgeglichene Temperaturen gekennzeichnet. Klimaphysiologisch bedeutet dies, daß thermische Belastungen des Organismus in diesen Situationen so gut wie nie vorkommen. Wärme- und Hitzebelastungen, die zu den stärksten Streßfaktoren des Herz- Kreislaufsystems zählen, charakterisieren umgekehrt aber gerade die Smogepisoden im Binnenland.

Vor diesem Hintergrund erscheint die Ozonkonzentration als alleiniges Maß, d.h. ohne Kenntnis der übrigen Situation, zur Charakterisierung der Luftqualität wenig geeignet (Stick et al., im Druck). Auch wenn man den strengen Maßstab der EU-Schwellenwerte anlegt, ist festzustellen, daß die für Seewind typischen Ozonkonzentrationen den empfohlenen Bereich nur etwa zur Hälfte bis

höchstens $\frac{2}{3}$ ausschöpfen. Negative gesundheitliche Auswirkungen sind also keineswegs zu erwarten. Die im Vergleich zum Binnenland im Mittel erhöhten Ozonkonzentrationen sind umgekehrt geradezu Ausdruck für eine geringe Luftbelastung. Denn die Konzentrationen an Schadstoffen, welche in Ballungsräumen bei Abwesenheit intensiver kurzweiliger Sonnenstrahlung den Abbau von Ozon fördern, sind an der See so gering, daß ozonabbauende Prozesse in wesentlich geringerem Maße ablaufen. Insgesamt kann die Qualität der Seeluft somit unter gesundheitlichen Aspekten nach wie vor als exzellent bezeichnet werden.

6. Literatur

Beilke S, Wallasch M. (2000). Die Ozonbelastung in Deutschland seit 1990 und Prognose der zukünftigen Entwicklung. Immissionschutz 5, Heft 4, S. 149–155.

EU (2000), EU-ENV/00/86, Brüssel

Lelieveld J, Thompson A M, (1998). Tropospheric Ozone and Related Processes Chapter 8 in: Scientific Assessment of Ozone Depletion in 1998. WMO-Report 44.

Lutz M, (2000). Europäische Ozonminderungsstrategie und Ozon-Tochterrichtlinie, Tagungsband: Symposium Troposphärisches Ozon, Braunschweig, 8.–10. Februar 2000. Schriftenreihe der KRdL im VDI und DIN, Band 32, S. 281–298.

Olson M P, Oikawa K K, Macafee A W. (1978)

A trajectory model applied to the long-range transport of air pollutants: a technical description and some model intercomparisons. Tech.Rep. LRTAP 78 - 4, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, Canada.

Ozon-Symposium München, 2.–4. Juli 1991.

Herausgeber: TÜV-Akademie Bayern/Hessen GmbH, München, S. 1–45.

- Stick C, Beilke S, Adolphsen A, Hundhausen E, Pielke L, Uhse K. (1998)
Die lufthygienische Charakterisierung des Seeklimas an der Deutschen Nordseeküste im Vergleich zum Binnenland. Phys. Rehab. Kur Med. 8, S. 75–83
- Stick C, Beilke S, Uhse K, Adolphsen A, Hundhausen E, Wallasch M. (2000).
Die lufthygienische Situation an der deutschen Nordseeküste im Hinblick auf SO₂ und NO₂. Phys. Rehab. Kur Med. 10, S. 176–183.
- Stick C, Beilke S, Uhse K, Adolphsen A, Hundhausen E, Wallasch M. (2001)
Ist Ozon ein geeignetes Maß, die Luftqualität zu charakterisieren? Analyse der Ozonkonzentrationen an der deutschen Nordseeküste in Abhängigkeit von Jahreszeit, Windrichtung und Luftmassenherkunft. Eingereicht zur Veröffentl. in Phys. Rehab. Kur Med.
- Symposium Troposphärisches Ozon, Braunschweig, 8.–10. Feb. 2000.
Schriftenreihe der KRdL im VDI und DIN, Band 32, S. 93–248.
- UBA (1998). Jahresbericht 1998 aus dem Meßnetz des Umweltbundesamtes, Texte 66/99
- UBA (2000 a). Emissionen nach Emittentengruppen in Deutschland 1990 bis 1999, Berlin, Dezember 2000.
- UBA (2000 b). Hintergrundinformation Sommersmog, Berlin, Juni 2000.
- US-EPA (1996). National air quality and emission trend report. EPA-454/R-005.
Res. Triangle Park, N.C.



Foto: C. Stick

Sand auf Sylt

J. Newig

Einführung

Wenn es etwas massenhaft gibt, dann ist es der „Sand am Meer“, und glücklicherweise hat Sylt genug davon, denn ohne Sand keine Insel, und ohne Insel keine Menschen in dieser Gegend, schon gar keine Gäste – und die können vom Sand gar nicht genug bekommen, auch wenn sie ihn nur mit Füßen treten oder sich auf ihm niederlegen. Tatsächlich ist das Bekenntnis zum Sylter Sand eine Abstimmung mit den Füßen, und wer sich im Oktober und November den Strand anschaut, der kann sich dem Eindruck nicht entziehen, den Tausende von Fußgängern ihm vermitteln: hier bin ich Mensch, hier darf ich wandern. Unvergeßlich ist dem Verfasser das Erlebnis, als der bekannte Münchener Sozialgeograph Karl Ruppert die Insel Sylt erstmals besuchte, und zwar im Oktober, und bei der Brandenburger Straße an den Strand ging. Fassungslos tat er, angesichts der Menschenmassen am Strand, die nach seiner Meinung eigentlich nur zur Sommerszeit hierher gehörten, den Satz: „Was wollen bloß alle diese Menschen hier?“ Die Betroffenen wissen es genau, und bei Befragungen äußern sie: „Auftanken, die Seele baumeln lassen, mal wieder Auslauf haben, auf das weite Meer blicken, mal wieder tief durchatmen, sich den Wind um die Nase wehen lassen, mal wieder Sand unter den Füßen haben.“ Der Sand macht es eben, aber auch die Luft und das Wasser. Diese drei Ingredienzien gehören für den Gast zusammen.

Als Massenerscheinung, angehäuft an der Küste, nennen wir die Ansammlung des Sandes „Strand“. Der Strand ist der niedrige Grenzraum zwischen Meer und Land, der aus Lockergestein, sprich: zumeist Sand oder Kies, aufgebaut ist. Es darf sich also nicht jeder beliebige Küstenstreifen Strand nennen – immerhin gibt es auch die Kliffe oder Kliffs, die ebenfalls dicht am Meer liegen, aber kein Strand sind.