

Beilage zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.
zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft

c/o Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin, C.-H.-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin
http://www.Berliner-Wetterkarte.de

34/09

ISSN 0177-3984

SO 17/09

Der Wochengang des Staubgehalts in Berlin

8.5.2009

Zur lokalen anthropogenen Verursachung

Walter Fett, Berlin *)

Das zunehmende Macht- wie Schuldbewusstsein der Gesellschaft sucht demzufolge auch nach Beweisen ihres Wirkens in der Natur, so auch in der Atmosphäre. Unbestritten gilt die Erscheinung eines Wochenganges in einem meteorologischen Element als Ausdruck rein menschlicher Aktivitäten.

Es sind zahlreiche gesicherte Wochengänge bekannt geworden. Diese beschränken sich nicht nur auf die üblichen meteorologischen Größen, sondern beziehen beispielsweise auch den Ozongehalt, den ionosphärischen Elektronengehalt, das magnetosphärische Rauschen im VLF-Bereich (zitiert in [1]) oder die Tornadosequenz in den USA [2] usw. ein. Kürzlich machte das Forschungszentrum Karlsruhe in den *Mitteilungen 02/2007* [3], s.a. [4], auf die Weiträumigkeit der anthropogenen Einwirkung auf meteorologische Parameter aufmerksam, die sich in den Wochengängen verdeutlicht. Dabei wird das Interesse auf die Wechselwirkung insbesondere des atmosphärischen Aerosols mit anderen Parametern verwiesen. Denn solche Wochengänge könnten als analytisches Werkzeug bei der Klimamodellierung dienen. Allerdings ist eine direkte quantitative Verknüpfung mit einer anthropogenen Verursachungsgröße meist kaum möglich.

Das erinnerte den Autor in dieser Beziehung an die außergewöhnlichen Konstellation, die in Berlin(West) vorlag und er bereits vor einem halben Jahrhundert analytisch genutzt hat. Dank der bereits seinerzeit installierten kontinuierlichen Erfassung der Staubmassenkonzentration (als solche damals ziemlich einmalig!) können über den anthropogenen Staubanteil in Berlin allerdings auch quantitative Rückschlüsse gezogen werden. Denn einerseits liegt der Wochengang des Staubgehalts s , gemessen am Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin in Berlin-Dahlem für die Jahre 1964-67 vor (Abb. 1: Dominantes Absinken der Staubkonzentration am Wochenende). Andererseits ließ sich der Wochengang der im Westteil der Stadt Berlin in etwa verbrauchten elektrischen Energie e über den von den Elektrizitätswerken erzeugten Strom für die Jahre 1959-61 ermitteln. Schließlich bezog das auch hinsichtlich der Stromversorgung von der Bundesrepublik durch eine politisch bedingte Blockade zwangsweise abgekoppelte Berlin(West) diese Energie seinerzeit ja ausschließlich lokal von den eigenen Kraftwerken. Damit konnte hinreichend auf eine relativ ortsbezogene Bindung zwischen Energielieferung und menschlicher Aktivität (Gewerbe, Produktion, Verkehr, privater Verbrauch, Heizung usw.) gesetzt werden, und das für einen großstädtischen Bereich mit immerhin ca. zwei Millionen Bewohnern!

Die angestrebten Interpretationen setzen sich zum Ziel, dadurch Aussagen über den anthropogenen Emissionsanteil zu gewinnen. Eindeutigkeiten sind dabei natürlich nicht zu erwarten, jedoch immerhin Eingrenzungen und Abschätzungen.

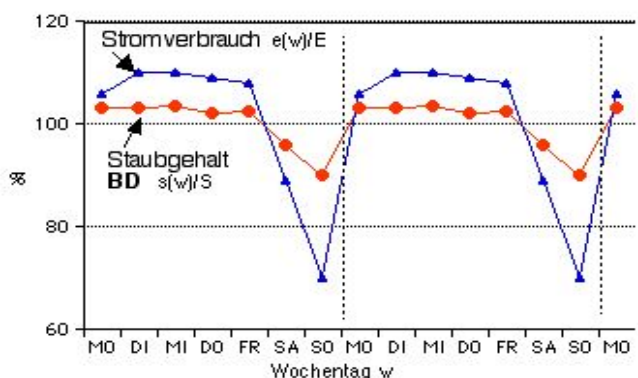


Abb. 1: Wochengang von Staubgehalt $s(w)$ in Berlin-Dahlem 1964/67 und Stromverbrauch $e(w)$ in Berlin (West) 1959/61, dargestellt in Relation zum Wochenmittel S bzw. E

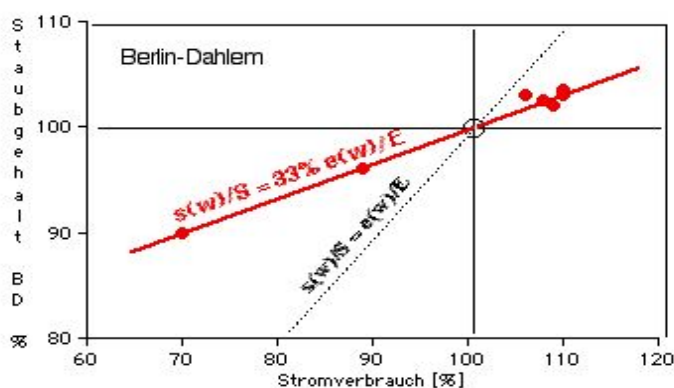


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Staubgehalt $s(w)$ in Berlin-Dahlem und Stromverbrauch $e(w)$ in Berlin (West) je nach Wochentag w , dargestellt in Relation zum Wochenmittel S bzw. E

*) Dir. u. Prof. a. D. im Inst. f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene des chem. Bundesgesundheitsamtes in Berlin; ehem. apl. Prof. an der FU Berlin

Abb. 2 verdeutlicht den nach dem Wochentag w diskriminierten Zusammenhang zwischen Staubgehalt $s(w)$ und Energieerzeugung $e(w)$, jeweils prozentual ausgedrückt in Bezug auf den Mittelwert. Er lässt sich in hinreichender Annäherung durch die lineare Relation $s(w)/S = 33\% e(w)/E$ beschreiben.

Der hier - wie analog in den weiteren Abbildungen - gestrichelte Verlauf ergäbe sich, wenn der Stromverbrauch den Wochengang des Staubgehalts 100%ig beschreiben würde. Nur zur Orientierung kennzeichnete dieses den Grenzfall, dass der Staubgehalt allein lokal anthropogen bedingt wäre.

Unter der berechtigten Annahme, dass nur der anthropogen bedingte Staubgehalt einem Wochengang unterliegt, lässt sich damit ableiten, dass dieser mindestens ein Drittel des Gesamtstaubgehalts beträgt. Mindestens; denn auch das keinem Wochengang unterworfenen Zweidrittel des Staubgehalts ist durch den anthropogenen Basisanteil mitbestimmt, der ebenfalls kaum einem Wochengang unterliegt, etwa infolge Heizung und alltägliche Aktivitäten. Nimmt man diesen - lediglich zu schätzenden - Zuschlag willkürlich zu einem Viertel an, so führt die Addition der anthropogenen Anteile zur Aussage: *Etwa die Hälfte des in Berlin-Dahlem gemessenen Staubgehalts wird 1964/67 lokal anthropogen bedingt gewesen sein!*

Das bedeutet absolut betrachtet, dass seinerzeit 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ von insgesamt 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Staubgehalt durch den Wochengang geprägt und damit mit Bestimmtheit lokal anthropogenen Ursprungs sind. Einschließlich des geschätzten wochentagsunabhängigen Anteils werden es über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sein.

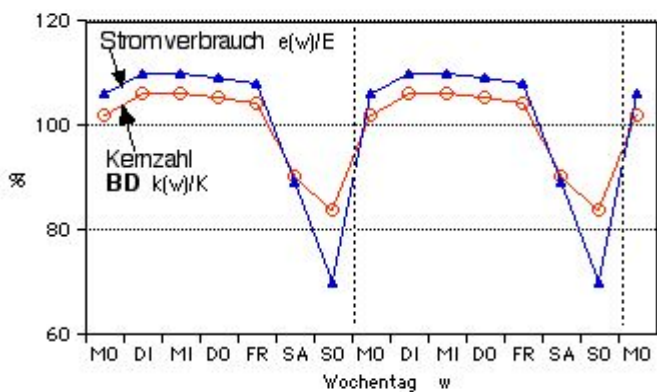


Abb. 3: Wochengang von Kondensationskernkonzentration $k(w)$ in Berlin-Dahlem 1979/80 und Stromverbrauch $e(w)$ in Berlin (West) 1959/61, dargestellt in Relation zum Wochenmittel K bzw. E .

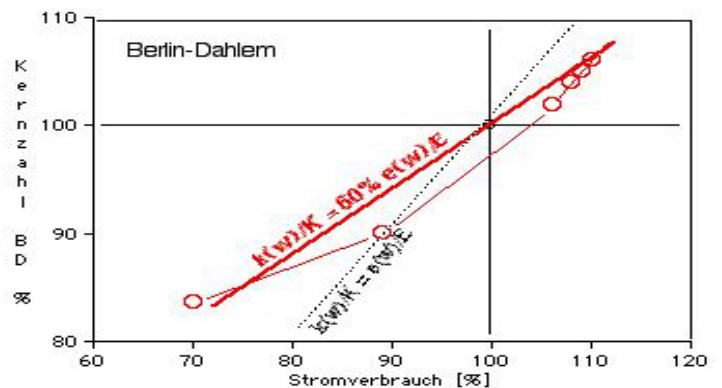


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Kondensationskernkonzentration $k(w)$ in Berlin-Dahlem und Stromverbrauch $e(w)$ in Berlin (West) je nach Wochentag w , dargestellt in Relation zum Wochenmittel K bzw. E .

Diese Erkenntnisse wurden später gestützt durch zwei weitere Beobachtungsreihen:

1. Am gleichen Ort, aber rund 15 Jahre später¹, ist auch die Konzentration der Kondensationskerne $k(w)$ gemessen und in Relation zum Wochentag gestellt worden [5] (Abb. 3). Es ergab sich eine zum Staubgehalt analoge Proportion, nur macht der vom Wochengang diktierte Anteil jetzt 60% von der Gesamtkernzahl aus (Abb. 4). Damit dürfte - einschließlich des geschätzten wochengangsfreien Zuschlags - der lokale anthropogen bedingte Anteil bei 70%, also fast bei Dreiviertel aller Kerne liegen. Der prägende Ursprungsbereich dieser Kerne ist für Berlin-Dahlem also als wesentlich kleiner als der des Staubes anzunehmen. Dieser Unterschied zwischen Staubmenge und Kernanzahl sollte einer zukünftigen näheren Betrachtung wert sein.

2. Mit Einrichtung des BLUME-Messnetzes des Landes Berlins liegen auch Staubgehaltswerte von 11 Stationen vor, die das Land Berlin (West) überdecken und (mit 6 Messstellen) überwiegend industrie- und verkehrsnaher Bereiche, aber auch Wohngebiete (3 Messstellen) und Waldgebiete (2 Messstellen) erfassen [6]. Für die Mittelwerte aus den Jahren 1984/86 ist die Relation nicht ganz so klar strukturiert wie beim Staubgehalt und bei den Kondensationskernen in Berlin-Dahlem (Abb. 5); der vom Wochengang diktierte Anteil ist mit 64% hingegen ein ähnlicher (Abb. 6). Zusammen mit dem vom Wochengang unabhängigen Anteil wird auch für das Gesamtgebiet von Berlin (West) zu 73%, also fast Dreiviertel die menschliche Aktivität den Staubgehalt verursachen.

Dass demgegenüber der anthropogene Anteil am Institut für Meteorologie wesentlich geringer ist, leuchtet wegen der Stationslage in einem weiträumigen Villengebiet, zudem überwiegend in Luvlage der City gelegen, unmittelbar ein. Die Staubbelastung ist dort etwa zur Hälfte auf Ferntransport zurückzuführen.

Übrigens führte eine auf transportstatistischer Analyse beruhende - und vom Wochengang unabhängige! - Modellrechnung, die sich auf die SO_2 -Messungen des BLUME-Messnetzes in Berlin(West) bezieht, zu dem Schluss, dass auch der Schwefeldioxydgehalt 1976-1980 ebenfalls etwa zur Hälfte auf die Quellen des Gebietes von Berlin (West) zurückzuführen ist [7], also vergleichbar mit dem Anteilswert für Berlin-Dahlem.

¹ Dass die Zeiträume differieren, ist von geringem Belang, da sich die wochentagabhängige Aktivitätsstruktur inzwischen kaum geändert haben dürfte.

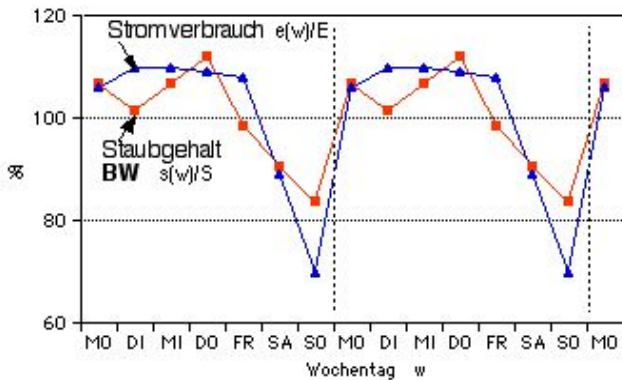


Abb. 5: Wochengang von Staubgehalt $s(w)$ des Messnetzes in Berlin(West) 1979/80 und Stromverbrauch $e(w)$ in Berlin (West) 1984, dargestellt in Relation zum Wochenmittel S bzw. E

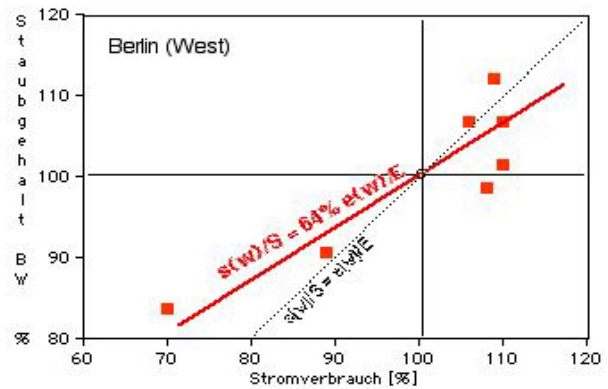


Abb. 6: Relation zwischen Staubgehalts S in Berlin (West) und Stromverbrauchs E in Berlin (West) je nach Wochentag, dargestellt in Relation zum Wochenmittel

Seit den Zeiten der hier zugrundeliegenden Messungen haben sich allerdings die Emissionsverhältnisse, insbesondere in geographischer und qualitativer Hinsicht, in und um Berlin markant verändert. Es ist daher eine quantitative Veränderung der Relationen anzunehmen, was sich in möglichen Befunden aus späteren Jahren niederschlagen sollte.

In der auf Seite 4 folgenden Tabelle sind sowohl die relativen als auch die absoluten Schätzwerte zusammengestellt. In Hinsicht auf vergleichende Schlussfolgerungen sollten nicht nur die Stationslagen, sondern auch die unterschiedlichen Messperioden beachtet werden.

Kritische Einwände: Auf dem Umweg über den anthropogenen Einfluss auf das Wetter mag grundsätzlich auch die natürliche Staubimmission ebenso wie die Grundbelastung durch Ferntransport einem Wochengang unterliegen. Relativ zur menschenbedingten Variation der lokalen Staubemission wird dieser Beitrag jedoch vernachlässigbar gering sein.

Die Aussagen können dadurch eingegrenzt werden, dass das Betrachtungsgebiet von Berlin (West) auch dem unmittelbar angrenzenden Berlin (Ost) mit ca. einer Millionen Bewohnern ausgesetzt ist. Zum einen liegt es jedoch überwiegend im Lee. Zum anderen arbeiten die dort versorgenden Kraftwerke im landweiten Netzverbund. Sie werden somit nur einen geringeren lokal bedingten Wochengang aufweisen. Sie tragen damit mehr zum Basisanteil bei. Im Übrigen wird auch dort die Aktivitätsstruktur einen ähnlichen Wochengang prägen.

Wäre auch der ferntransportierte Staubgehalt durch eine markante Wochenendsenke geprägt, so sollte dieses in Berlin zumindest noch auf den Montagswert durchschlagen. Dies ist jedoch kaum, für Berlin-Dahlem gar nicht erkennbar.

Mithin scheint es erlaubt, aus der Wochengangabhängigkeit hinreichend auf das lokale Geschehen zu schließen.

Literaturhinweise:

- [1] zit. in Umschau in Wiss. u. Technik 77 (1977) Heft 17, S. 558
- [2] Isaacs, J., J. Stork, d. Goldstein, G. Wick (1975): Nature 253, 254
- [3] Referat des Forschungszentrum Karlsruhe; Mitteilungen der DMG 02/2007; news S.10
- [4] Bäumer, D., Vogel, B. (2007): An unexpected pattern of distinct weekly periodicities in climatological variables in Germany – Geophys. Res. Letters, Vol. 34, L03819
- [5] Rajewski, A. (1981): Über die Kondensationskernkonzentration in Berlin-Dahlem – Beilage zur Berliner Wetterkarte SO 22/81
- [6] Senator für Gesundheit und Umweltschutz: Luftreinhalteplan für das Belastungsgebiet Berlin – 1984-1986
- [7] Fett, W. (1984): Einfluss externer Quellen auf die SO₂-Immission in Berlin(West) – Schr.-Reihe Verein Wa-BoLu 59, 145-164

Beimengung	Staubgehalt	Staubgehalt	Kond.kernzahl	Schwefeldioxyd
Geogr.Ort	Berlin-Dahlem	Berlin (West)	Berlin-Dahlem	Berlin (West)
Messgebiet	Meteor. Inst.	Flächenraster	Meteor. Inst.	Flächengrenze
Messstellenanzahl	1	11	1	-
Erfassungszeit	1964-67	1984-86	1979-80	1976-80
Wochenganganteil				
anthropogen lokalbedingt	33%	64%	60%	-
Basisanteil	67%	36%	40%	-
Anthropogener Basisanteil = 25% gesetzt	17%	9%	10%	-
Prozentualer Background	50%	27%	30%	-
Wochengang+Basis anthropogen lokalbedingt	50%	73%	70%	- 50%
Gesamtgehalt	140 [µg/m3]	105 [µg/m3]	24 000 [Kerne/cm3]	102 [µg/m3]
Gesamtgehalt anthropogen lokalbedingt	70 [µg/m3]	77 [µg/m3]	16 800 [Kerne/cm3]	- 51 [µg/m3]
Gesamtgehalt Background	70 [µg/m3]	28 [µg/m3]	7 200 [Kerne/cm3]	51 [µg/m3]

Tabelle: Abschätzung der lokal-anthropogenen Beimengungsanteile in Berlin, je nach Luftbeimengung, Gebiet und Zeitraum. Stromabgabe der BEWAG an Berlin (West) von 1959-61. **Erläuterung der Anteile:** Der aus Messungen abgeleitete *Wochengangsanteil* kennzeichnet die anthropogen lokalbedingte Immission. Vom verbleibenden *Basisanteil*, der keinen Wochengang aufweist, wird ein Viertel ebenfalls als lokal-anthropogen bedingter Anteil angenommen. Der Restanteil kann als außerstädtisch bedingter *Background* gedeutet werden. Übrig bleibt als Komplementäranteil die Summe der anthropogen lokalbedingten Anteile, die mit 50% bis 73% des gesamten Staubgehalts bzw. der Kondensationskernzahl die städtische Atmosphäre kennzeichnen.