

Zusammenhang zwischen dem bodennahen Ozon und dem Wetter

Sören Klein, 2018

Berufliche Oberschule Augsburg
Staatliche Fachoberschule und Berufsschule

Rahmenthema:	CeOeZwei
Betreuende Lehrkraft:	Herr B. Hoffmann
Abgabe:	15.01.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Gefährdung durch hohe Ozonwerte	3
2	Eigenschaften von Ozon	4
2.1	Chemischer Aufbau und resultierende Eigenschaften	4
2.2	Auswirkungen auf den menschlichen Körper	4
3	Forschungsstand	5
4	Hypothese	6
4.1	Ozon ist Abhängig vom Wetter	6
4.2	Ozon kann über Wetterprognosen vorhergesagt werden	6
5	Konzeption und Methode	7
5.1	Operationalisierung	7
5.1.1	Daten des Umweltbundesamtes	7
5.1.2	Daten des Deutschen Wetterdienstes	7
5.1.2.1	Abkürzungen des DWD	8
5.2	Durchführung	8
5.2.1	Lokale Datenbank	8
5.2.2	Vorbereitung	9
5.2.3	Trainieren des neuronalen Netzwerkes	9
5.2.4	Testen des neuronalen Netzwerkes	9
5.2.5	Visualisierung	9
6	Ergebnisse	10
7	Zusammenfassung	11
8	Quellen	12
8.1	Literatur	12
8.2	Internetquellen	12
8.3	Bilder	12
9	Erklärung des Fachoberschülers	13

1 Gefährdung durch hohe Ozonwerte

In unserer heutigen Gesellschaft gibt es immer mehr Menschen, welche durch Luftschadstoffe beeinträchtigt werden. Hierbei können es nicht nur ältere Personen, sondern auch Kinder, geschwächte Personen aber vor allem auch Menschen mit beeinträchtigtem Atmungssystem sein.

Die Symptome wiederum sind Schadstoffspezifisch, aber oftmals laufen sie auf ein Ergebnis hinaus: Das die Lunge weniger Leistungsfähig ist und dadurch das alltägliche Leben eingeschränkt ist. Eine normale Person mag dies zwar gut verkraften, tritt dies jedoch bei oben genannten Personen auf, kann dies nicht nur unangenehm auffallen, sondern auch gesundheitliche Konsequenzen haben.

Damit dies jedoch nicht passiert, wird mit dieser Arbeit der Zusammenhang zwischen dem bodennahem Ozon und dem Wetter untersucht, um ggf. Vorhersagemöglichkeiten zu entwickeln. Sollte letzteres funktionieren, könnten so gefährdete Personengruppen ihren Alltag besser planen und somit mögliche Beeinträchtigungen umgehen.

2 Eigenschaften von Ozon

2.1 Chemischer Aufbau und resultierende Eigenschaften

Ozon ist ein Molekül aus drei Sauerstoffatomen und wird zu den stärksten bekannten Oxidationsmitteln gezählt. Weiterhin besitzt es eine Halbwertszeit von 30 min bis 24 h (je nach atmosphärischen Bedingungen) und baut sich dadurch in der Natur selbstständig ab.

2.2 Auswirkungen auf den menschlichen Körper

Obwohl der menschliche Körper Sauerstoff als Oxidationsmittel im Stoffwechsel benötigt, führen erhöhte Konzentrationen von O_2 zu Schädigungen der Zellen, welche daraufhin absterben können oder durch Beschädigung mutieren und somit Krebs bilden können.

Somit verwundert es nicht, dass Ozon, ein stärkeres Oxidationsmittel, bereits in weniger hohen Konzentrationen schädliche Wirkungen zeigt.

3 Forschungsstand

Sowohl das UBA als auch das DLR versuchen derzeit, Ozon vorherzusagen.

So versucht das Umweltbundesamt mit ca 280 Stationen in Deutschland die Ozonkonzentration dauerhaft zu überwachen und diese Daten großflächig zu interpolieren. Dies führt jedoch zu unverlässlichen Lokalwerten, weshalb das derzeitige Model noch nicht öffentlich zugänglich ist.

Dagegen nutzt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt hochauflösende Sensordaten von Satelliten, um in einem Pilotprojekt die Vorhersage von Schadstoffen (u.a. O₃) in Bayern lokal vorherzusagen. Dies hat zwar den Vorteil der lokalen Relevanz, da alle 3 km ein Datenpunkt vorliegt, jedoch ist auch dieses Modell noch zu ungenau, da die durchschnittliche Abweichung noch 30% beträgt. Jedoch sind gezeichnete Karten ohne Vorhersagedaten in Tabellenform bereits öffentlich zugänglich¹.

Somit besteht zwar aktuell Interesse an funktionierenden Modellen, jedoch sind die verschiedenen Abhängigkeiten zur Bildung von Ozon (z.B. Bebauung, Straßenverkehr, Industrie, Wetter) noch zu umfangreich, bzw. unkalkulierbar, das aktuelle Modelle keine verlässlichen Vorhersagen treffen können.

¹ wdc.dlr.de/data_products/projects/promote/BY-forecast/index.php

4 Hypothese

4.1 Ozon ist Abhängig vom Wetter

Da zur Bildung von Ozon UV-Licht und Vorläufersubstanzen essentiell sind und ersters durch Wolkenbedeckung teilweise reflektiert werden kann, sollte es möglich sein, eine Abhängigkeit zur Bedeckung, bzw. zur solaren Strahlung zu setzen.

Jedoch spielen zumindest von chemischer Seite die Nox-Werte, Lufttemperatur und Radikale eine ebenso große Rolle, sodass Abweichungen unabdingbar sein müssten.

4.2 Ozon kann über Wetterprognosen vorhergesagt werden

Sollte es eine Abhängigkeit zwischen Ozon und dem Wetter geben, müsste die Veränderung des Wetters eine Änderung in der Ozon-Konzentration bewirken. Sollte dieser Zusammenhang nun noch errechnet werden können, könnte die zukünftige Ozon-Konzentration anhand des erwarteten Wetters vorhergesagt werden.

Da jedoch lokale Abhängigkeiten wie z.B. Verkehr (Erzeugung von Nox), Vegetation (Radikalfänger) und Höhe (UV-Strahlung) mit einbezogen werden müssen, werden aussagekräftige Prognosen vermutlich nur mittels vorheriger Ozonwerte möglich sein.

Eine lokale Ozon-Vorhersage für ganz Deutschland mit „nur“ 280 Messstationen aufzubauen erscheint unwahrscheinlich.

5 Konzeption und Methode

5.1 Operationalisierung

5.1.1 Daten des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt betreibt in Deutschland ein Netzwerk aus mehreren hundert Stationen, wovon 280 Ozon erfassen können. Diese Stationen sind weiterhin speziell ausgestattet, z.B. wird die Außenluft durch Glasrohre angesaugt, da Ozon mit Edelstahl reagieren und somit die Messwerte verfälschen würde. Weiterhin sind in den meisten Stationen Geräte zur Nox-Analyse enthalten, bei der die Außenluft mit künstlichem Ozon vermischt wird. Damit diese Quelle die Ozondaten nicht beeinträchtigen kann, werden diese Gase nach der Messung verbrannt, bzw. durch Aktivkohle geleitet und somit unschädlich gemacht.

Die Daten werden automatisiert sekundlich erhoben und an die Zentralrechner der jeweiligen LfU gesendet. Daraufhin werden die Daten Aufbereitet, was je nach Bundesland variieren kann, und anschließend werden stündliche Mittelwerte auf der Website des Umweltbundesamtes veröffentlicht. Sie gelten zwar nicht als gesichert, aber sie zeigen in der Regel zumindest Trends an.

Es werden Daten vom 01.01.2015 bis heute digital zur Verfügung gestellt.

■ Messgröße (ppm), 50% Datenerhebung relevant, Ausfälle

5.1.2 Daten des Deutschen Wetterdienstes

Die Daten des Deutschen Wetterdienstes werden täglich aktualisiert und werden öffentlich einsehbar auf einem FTP-Server gehostet. Die eigentlichen Daten liegen als CSV-Dateien² komprimiert in ZIP-Dateien vor und Daten einzelner Stationen reichen bis ins Jahr 1950 zurück.

Die Daten können nur nach Typ und Station sortiert werden. Weiterhin wird zwischen kürzlichen Erhebungen (die letzten 500 Tage) und den historischen Daten, letztendlich alle verbleibenden Daten, unterschieden.



Abb. 1: Glasrohr zur Luftansaugung, LfU Augsburg.

2 Allgemeines Tabellenformat, bei dem einzelne Zeilen durch Semikola getrennt sind.

5.1.2.1 Abkürzungen des DWD

Abkürzung	Bezeichnung
TT_TU	Lufttemperatur in 2m Höhe
RF_TU	relative Feuchte
V_N_I	Art der Messerhebung
V_N	Bedeckungsgrad aller Wolken
R1	stündliche Niederschlagshöhe
RS_IND	Index
WRTR	WR-Niederschlagsform
P	Luftdruck auf Meereshöhe NN
P0	Luftdruck auf Stationshöhe
V_TE002	stündliche Erdbodentemperatur in 2 cm Tiefe
V_TE005	stündliche Erdbodentemperatur in 5 cm Tiefe
V_TE010	stündliche Erdbodentemperatur in 10 cm Tiefe
V_TE020	stündliche Erdbodentemperatur in 20 cm Tiefe
V_TE050	stündliche Erdbodentemperatur in 50 cm Tiefe
V_TE100	stündliche Erdbodentemperatur in 100 cm Tiefe
ATMO_LBERG	Stundensumme der atmosphärischen Gegenstrahlung
FD_LBERG	Stundensumme der diffusen solaren Strahlung
FG_LBERG	Stundensumme der Globalstrahlung
SD_LBERG	Stundensumme der Sonnenscheindauer
ZENIT	Zenitwinkel der Sonne bei Intervallmitte
SD_SO	stündliche Sonnenscheindauer
F	mittlere Windgeschwindigkeit
D	mittlere Windrichtung

5.2 Durchführung

5.2.1 Lokale Datenbank

Da die zu analysierenden Datensätze immer wieder abgerufen werden müssen, ist eine lokale Datenbank die flexibelste Lösung. Damit können nicht nur die Server des UBA's und des DWD's entlastet werden, sondern auch die Verarbeitungsgeschwindigkeit während der Analyse deutlich gesteigert werden.

Hierbei wird zunächst die Datenbank an sich erstellt, welche daraufhin mit den Daten des UBA's (ab 01.01.2015) und denen des DWD's (ab 01.01.2007) gefüllt wird. Hierbei wird vor allem auf die Integrität der Daten Wert gelegt, sodass doppelte Daten nur einfach, Messwerte unverfälscht und Nullwerte³ als echte Nullwerte importiert werden.

³ Nullwerte wie z.B. -999 zeigen an, dass ein Wert nicht erhoben werden konnte.

5.2.2 Vorbereitung

Damit neuronale Netzwerke möglichst Effizient arbeiten, müssen die Rohdaten einheitlich formatiert werden. Hierbei hat sich der Standard "Float" herausgebildet, d.h. die einzelnen Daten müssen zwischen 0 und 1 liegen.

Dies führt jedoch dazu, dass die herangezogenen Daten ein Minimum und ein Maximum aufweisen müssen, da sie sonst außerhalb dieser Grenzen liegen würden.

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

5.2.3 Trainieren des neuronalen Netzwerkes

Das neuronale Netzwerk basiert auf Tensorflow und damit Python. Somit kann mithilfe einer Funktionsbibliothek direkt auf die lokalen Datensätze via REST-API zurückgegriffen werden.

Die KI durchlief 50 Epochs, lief 12 Tage, machte ... Durchbrüche, ...

5.2.4 Testen des neuronalen Netzwerkes

Die Vorhersage von Werten macht nur dann Sinn, wenn diese mit den real erreichten Werten möglichst identisch sind.

Hierzu werden 10.000 zufällige lokale Datensätze ausgewählt, deren weiterer Verlauf bekannt ist, und werden von der KI, welche die Zukunft nicht kennt, vorhergesagt. Die statistische Abweichung beträgt nur 2%, in Einzelfällen maximal 70%.

5.2.5 Visualisierung

Sowohl gespeicherte als auch erzeugte Daten sind in ihrer Rohform - Tabellen mit mehreren Tausend Zeilen pro Stunde - nur selten auswertbar.

Hierzu werden im Folgenden die Daten mithilfe des Kriging-Algorithmus in einer Karte dargestellt:

// Deutschland-Karte

6 Ergebnisse

Die Vorhersage von bodennahen Ozonwerten mithilfe Wettervorhersagen ist mit einer künstlichen Intelligenz ...

7 Zusammenfassung

8 Quellen

8.1 Literatur

Verein Deutscher Ingenieure (1977): *Ozon und Begleitsubstanzen im photochemischen Smog*. Düsseldorf.

Lemmerich, Jost (1990): *Die Entdeckung des Ozons und die ersten 100 Jahre der Ozonforschung*. Berlin: SIGMA.

Fabian, Peter (1989): *Atmosphäre und Umwelt. 3. aktualisierte Auflage*. Berlin: Springer-Verlag.

Länderausschuß für Immissionsschutz (1994): *Die erhöhten Ozonkonzentrationen der Sommer 1991 und 1992. Synoptische Darstellung der bodennahen Ozonkonzentration in der Bundesrepublik Deutschland*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

8.2 Internetquellen

Umweltbundesamt (2017): *Aktuelle Luftdaten*. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten> [Stand: 13.09.2017].

Deutscher Wetterdienst (2017): *Climate Data Centers FTP-Server*. FTP: ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/ [Stand: 13.09.2017].

Robinson, David (2017): *Introduction to Empirical Bayes. Examples from Baseball Statistics*. URL: <https://gumroad.com/l/empirical-bayes> [Stand 09.11.2017]

Johnson, Conner (2014): *Simple Kriging in Python*. URL: <http://connor-johnson.com/2014/03/20/simple-kriging-in-python/> [Stand 09.11.2017]

ArcGis (2017): *Funktionsweisen des Werkzeugs „Kriging“*. URL: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm> [Stand 09.11.2017]

8.3 Bilder

! Bilder automatisiert beschriftet

9 Erklärung des Fachoberschülers

Hiermit erkläre ich, dass ich die Seminararbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen Hilfsmittel verwendet habe.

Sören Klein
Augsburg, den 15.01.2018