

5 DIE AUSBREITUNG VON RADIONUKLIDEN MIT SAHARASTAUB

J. Bieringer¹, A. Dalheimer², D. Zapata-Garcia³

¹Bundesamt für Strahlenschutz

Leitstelle für die Überwachung der atmosphärischen Radioaktivität (Leitstelle B)

²Deutscher Wetterdienst, Zentrale Offenbach/Main

Leitstelle für Luft und Niederschlag (Leitstelle A)

³Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Leitstelle für Aktivitätsnormale und Radionuklidaten (Leitstelle B)

Saharastaub in Deutschland

Zwischen 5- und 15-mal pro Jahr kommt es zu einem Transport von feinem Wüstensand aus der Sahara nach Deutschland. An bis zu 60 Tagen, vor allem im Frühling und im Sommer, findet sich der feine Staub in der Luft, wobei dies meistens nur mit Messgeräten nachweisbar ist.

Ursache dafür sind Wetterlagen, bei denen es in Nordafrika trocken und windig ist, so dass Staub mehrere Kilometer hoch in die Atmosphäre gewirbelt wird und zeitgleich ein Tiefdruckgebiet über Nordeuropa liegt. Diese Konstellation führt dann zu einer Verfrachtung von Luft und Staub aus Nordafrika nach Norden.

Französische Kernwaffentests in der Sahara

In den Jahren 1960 bis 1961 führte die damalige Kolonialmacht Frankreich auf dem Kernwaffentestgelände „Centre Saharien des Expérimentations Militaires (CSEM)“ in der algerischen Provinz Adrar vier oberirdische Kernwaffentests durch.

Alle vier Wolken mit radioaktivem Fallout wehten in die Richtung 300 km südwestlich bis 300 km östlich des Orts Hamoudia, einer damals fast menschenleeren Gegend der Sahara. Die radioaktiven Ablagerungen lassen sich dort bis heute messtechnisch nachweisen.

Weitere französische Kernwaffentests in Algerien wurden unterirdisch durchgeführt. Dabei kam es 1962 in am Testort Ekker zu einem Zwischenfall, bei dem die Abdichtung des Stollens der Explosion nicht standhielt und eine Wolke aus radioaktiven Gasen und Staub eine Höhe von bis zu 2600 m erreichte. Die Verfrachtung erfolgte ca. 150 km ostwärts in die Sahara, wo der radioaktive Fallout noch in einigen hundert km Entfernung gemessen werden konnte.

Saharastaubereignis 2022

Zwischen dem 11. und dem 20. März 2022 kam es zu einem außergewöhnlich starken Saharastaub-

ereignis, bei dem Staub aus der algerischen Wüste nach Mitteleuropa transportiert wurde. Mittels Flugzeug- und Ceilometermessungen konnte an der DWD-Station Hohenpeißenberg eine Maximalkonzentration an Staubpartikeln von 2,2 mg/m³ in einer Höhe von 2 km ü. N.N. gemessen werden. Das entspricht einem Faktor von 200 gegenüber den Normalwerten. Ein solch starkes Ereignis tritt nur sehr selten auf, zuletzt kam es im Mai/Juni 2008 zu einer ähnlich hohen Saharastaubkonzentration.

Verfrachtung nach Deutschland

Saharastaub-Ereignisse werden vom DWD routinemäßig mit Ausbreitungsrechnungen vorhergesagt und genau beobachtet, um z. B. Photovoltaik-Betreiber zu informieren. Für Photovoltaikanlagen ist der Saharastaub ein großes Problem. Solange er den Himmel verdunkelt, sinkt die Stromerzeugung um zehn bis 20 %. Ein weiteres Problem ist die Verschmutzung der Anlagen durch die Ablagerung von Staub.

Zur Verifizierung der Ausbreitungsrechnungen des DWD werden üblicherweise Messungen mit bodengestützten Ceilometern vorgenommen. Im März 2022 wurde zusätzlich eine begleitende Flugzeugmesskampagne durchgeführt, die ein genaues Höhenprofil der Staubpartikelverteilung ermöglichte.

Die Herkunft von Staubpartikeln in der Luft lässt sich durch Messungen der Aerosolpartikeleigenschaften bestimmen. Dazu gehören die Partikelmassenkonzentration, die Partikelanzahlkonzentration, Strahlungseigenschaften der Partikel (Absorptions-, Streu-, Extinktionskoeffizient) und der Radioaktivität, sowohl in der Luft als auch im Regenwasser.

Die Analyse der Streuparameter und der Partikelgrößenverteilung belegten eindeutig eine Verfrachtung aus der Sahara für den o. g. Zeitraum.

Die Ausbreitung der Saharastaubwolke im März 2022 ist in Abbildung 5.1 zu sehen.

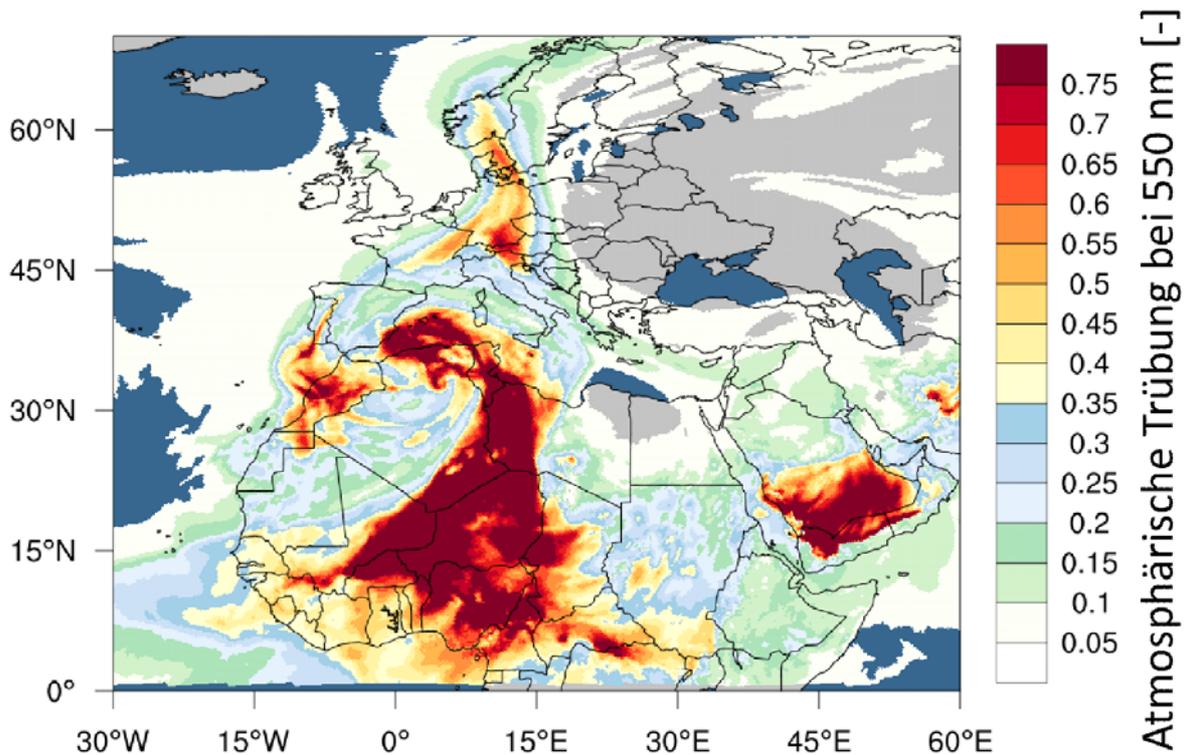


Abbildung 5.1
Saharastaubwolke am 17.03.2022 12:00 UTC berechnet mit dem ICON-ART Modell des DWD. Die Atmosphärische Trübung ist eine meteorologische Größe ohne Einheit.

Messwerte des DWD

Die Sahara hat eine Fläche von über 9 Mio. km² und ist damit etwa 26-mal so groß wie Deutschland. Für eine genauere Analyse der Herkunft des Staubes müssen also weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Insbesondere die Bestimmung der Radioaktivität im Staub erlaubt den Rückschluss auf die Herkunft der Staubpartikel aus den mit radioaktivem Fallout belasteten Gebieten der Sahara.

Der DWD betreibt auf der Zugspitze eine Messstelle, an der sowohl wöchentlich als auch täglich Aerosolfilter beaufschlagt und anschließend gammaspektrometrisch gemessen werden. Aus dem Verlauf der Cs-137-Aktivität auf den Tagesfiltern lassen sich Rückschlüsse auf die Herkunft der Staubmassen ziehen.

Abbildung 5.2 zeigt den Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 in den Tagesfiltern von der Station Zugspitze mit einem Maximum von 17,3 µBq m⁻³ am 17.03.2022.

Eine radiochemische Analyse des Wochenfilters von der gleichen Station zeigte auch für Pu-239/240 eine Aktivitätskonzentration oberhalb der Nachweisgrenze (NWG). Der Messwert für Am-241 liegt oberhalb der Erkennungsgrenze (EKG) und nur knapp unterhalb der NWG. Auch in den Monatsniederschlagsproben der Station München konnte für den Monat März eine gegenüber den üblichen Werten erheblich erhöhte Aktivitätskonzentration von Pu-239/240 festgestellt werden. Diese typischen Fallout-Nuklide liefern einen deutlichen Hinweis auf eine Verfrachtung des Staubes in der Kalenderwoche 11/2022 aus dem Gebiet der französischen Atomwaffentests.

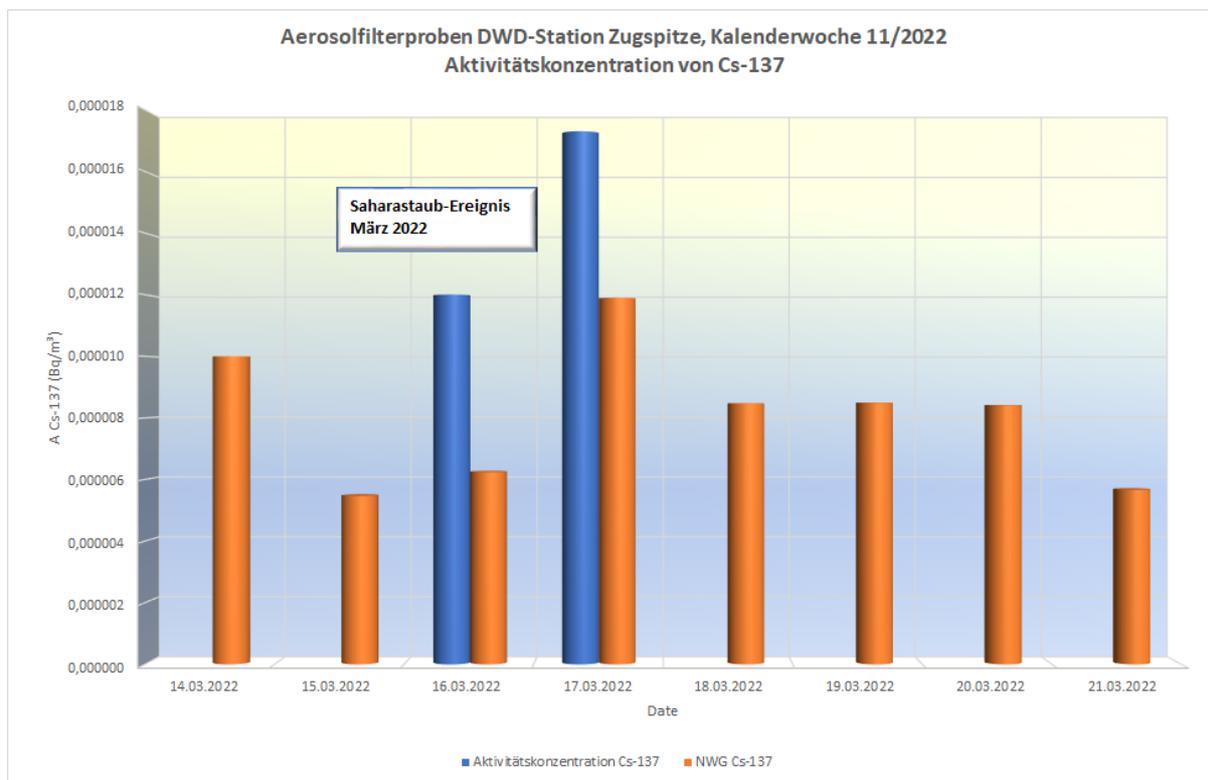


Abbildung 5.2
Tagesfilter der Station Zugspitze - Verlauf der Cs-137 Aktivitätskonzentration

Für den 17.03.2022 wurde daher zusätzlich auch eine Vorwärtstrajektorie mit dem Start auf dem Gebiet des CSEM berechnet (Abbildung 5.3). Diese Trajektorie deckt sich gut mit den in Deutschland erfassten Messwerten, insbesondere wenn man eine Staubaufwirbelung bis in den Höhenbereich von 6 - 9 km annimmt.

Messungen des Bfs

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) betreibt für die Analysen aerosolgebundener Radionuklide in der bodennahen Luft sowohl eine Probenentnahmestelle im Naturschutzgebiet auf dem Berg Schauinsland (1200 m ü. NHN) als auch eine Probenentnahmestelle auf dem Dach der Dienststelle in Freiburg (240 m ü. NHN) im Breisgau. Der Hochvolumensammler auf dem Schauinsland liegt i. d. R. oberhalb der planetaren Grenzschicht und oberhalb von sich im Winter immer wieder bildenden Inversionen, was entscheidend für die Analyse des weiträumigen Transports von Radionukliden ist. Im Gegensatz dazu ist es durch das Betreiben des zweiten Hochvolumensammlers in Freiburg i. Br. möglich, im urbanen Gebiet lokale Einflüsse und bspw. den Transport von Radionukliden entlang des Rheintals zu erfassen.

In KW 11/2022 wurden an der Messstation Schauinsland Proben vom 14.03. bis 17.03.2022 und 17.03. bis 21.03.2022 genommen, um den Einfluss durch den Saharastaubeintrag in der ersten Wochenhälfte besser beobachten zu können. In der Probe mit dem Saharastaubeintrag (14.03. bis 17.03.2022) wurde ca. die 10fache Menge an K-40 gegenüber den durchschnittlichen Aktivitätskonzentrationen nachgewiesen, die Cs-137-Aktivitätskonzentration war im Vergleich zum Vorjahresmittel um ca. 20 % erhöht.

In der Vegetationsperiode sind, insbesondere bei längerer Trockenheit, die Cs-137- und K-40-Aktivitätskonzentrationen auf dem Schauinsland gegenüber den Wintermonaten erhöht, so dass die beobachteten gammaspektrometrischen Messergebnisse ohne weitere Zusatzinformationen keine eindeutige Zuordnung zu der Verfrachtung von Saharastaub erlauben.

Allerdings konnte in den radiochemischen Analysen der entsprechenden Luftstaubproben der Messstation auf dem Schauinsland vom März 2022 Pu-(239+240) nachgewiesen werden (Abbildung 5.4), was auf den Eintrag von Kernwaffen-

fallout und damit auf den Saharastaub aus dem entsprechenden Gebiet hinweist.

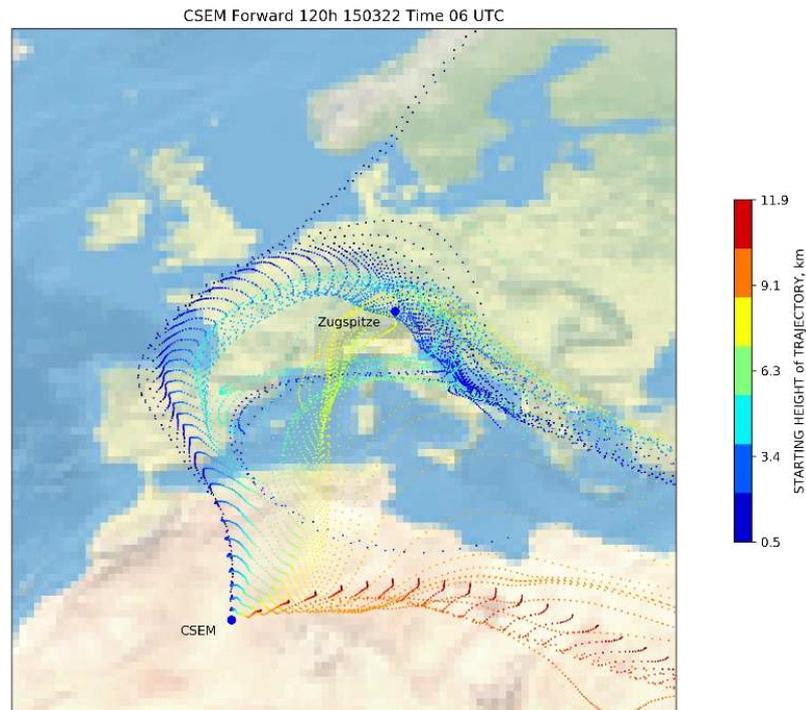


Abbildung 5.3 Vorwärtstrajektorie vom 17.03.2022 mit Startpunkt CSEM

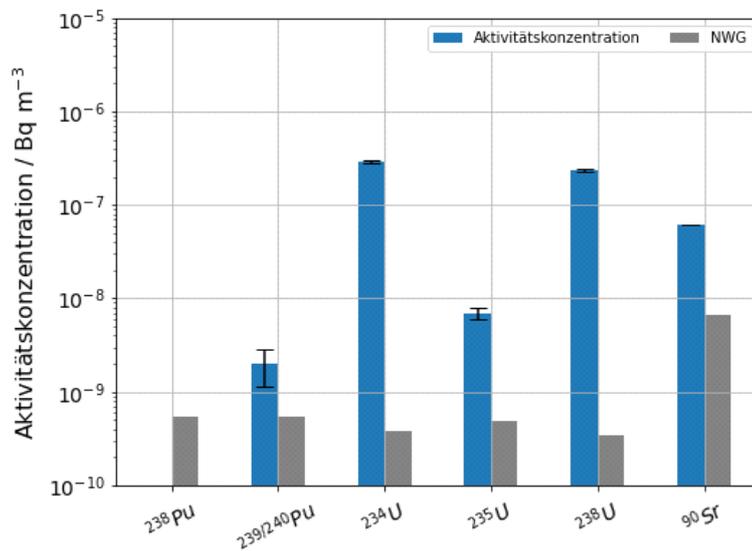


Abbildung 5.4 Alpha- und Betastrahler in der Monatsprobe vom März 2022 an der Messstation Schauinsland des BfS

Messungen der PTB

Die Physikalisch-technische Bundesanstalt (PTB) betreibt einen Hochvolumensammler auf dem Gelände, mit dem Aerosole zur Messung der aerosolgebundenen Radionuklide in der bodenna-

hen Luft mittels Polypropylen-Filter auf wöchentliche Basis gesammelt werden. Die Filter werden gamma-spektrometrisch gemessen und anschließend radiochemisch analysiert.

Bei der Saharastaubereignis 2022 wurden die Luftstaubmassen aus der Sahara jedoch nicht bis zur Messstation in Braunschweig transportiert, sodass an der PTB ermittelte Messwerte für z. B. Cs-137 dementsprechend keine Auffälligkeiten im Vergleich zum Jahresmittel zeigten.

Fazit

Der mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen vorhergesagte Eintrag von Saharastaub aus den kontaminierten Gebieten in Deutschland wurde

mittels verschiedener Analysemethoden bestätigt. Hierbei wurden sowohl die Ergebnisse der Analyse der Streuparameter und der Partikelgrößenverteilung des Luftstaubs herangezogen als auch die Zusammensetzung und Aktivitätskonzentration der im Luftstaub nachgewiesenen Radionuklide.