

	<p>Global Atmosphere Watch</p> <h1 style="margin: 0;">GAW Brief</h1> <h2 style="margin: 0;">des Deutschen Wetterdienstes</h2> <p style="margin: 0;">Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg</p>	
www.wmo.ch/web/arep/gaw_home.html		http://www.dwd.de/gaw
<p>Allgemein Klima Strahlung Treibhausgase Spurengase Aerosol Niederschlag Analysen Trends Ursachen</p>		

Niederschlag als Senke für Spurenstoffe

Uwe Kaminski, Margarete Fricke, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

Spurenstoffe (Gase, Aerosole) gelangen aus unterschiedlichen Quellen in die Atmosphäre. Der wesentliche Vorgang, durch den sie der Atmosphäre wieder entzogen werden, ist ihr Auswaschen durch fallende Niederschläge (Regentropfen oder Schneekristalle). Wissenschaftlich wird dieser Vorgang als „scavenging“ bezeichnet. Der Prozess kann in der Wolke ablaufen („in-cloud scavenging“) oder unterhalb der Wolkendecke („below-cloud scavenging“). Die Effizienz mit der Schnee oder Regen Stoffe aus der Atmosphäre auswäscht, wird durch den sogenannten Auswaschfaktor bestimmt. Dieser setzt sich aus zwei Teilen zusammen, dem

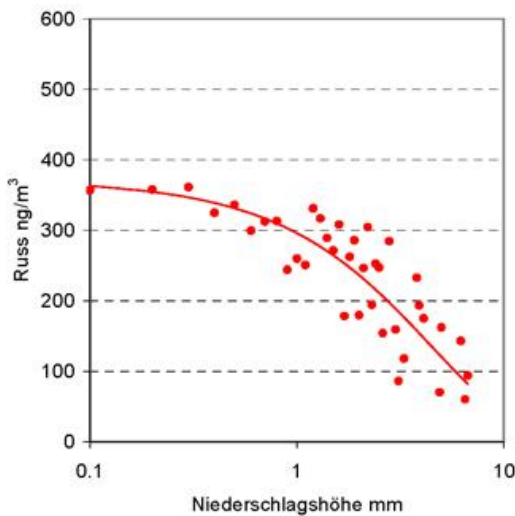


Abb. 1: Mittlere Rußkonzentration am Hohenpeißenberg im Jahr 2001 in Abhängigkeit von der Niederschlagshöhe.

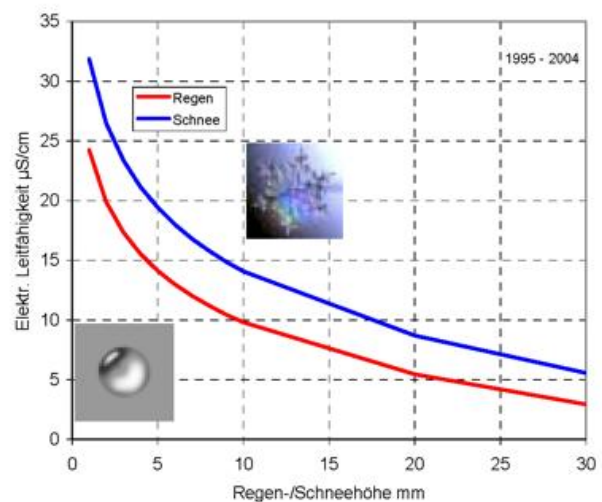


Abb. 2: Ausgleichskurven der elektrischen Leitfähigkeit im Niederschlag (Regen / Schnee) als Maß für die Auswascheffizienz in Abhängigkeit von der Ergiebigkeit des Niederschlags am Hohenpeißenberg.

Auswaschfaktor für gasförmige Stoffe und dem Auswaschfaktor für partikuläre Stoffe. Er repräsentiert z.B. für Partikel die Anreicherung der partikulär gebundenen Stoffe im Regen gegenüber der Konzentration der partikulär gebundenen Stoffe in der Luft. Die Abbildung 1 zeigt am Beispiel vom Ruß wie mit zunehmendem Niederschlag die Partikelkonzentrationen in der Atmosphäre sinken – die Atmosphäre wird gereinigt. Dafür steigen die Spurenstoffkonzentrationen im Niederschlag. Die elektrische Leitfähigkeit als ein quantitatives Maß bzgl. der Konzentration von Inhaltsstoffen im Niederschlag ist meist zu Beginn des Regenereignisses am höchsten und nimmt dann relativ schnell ab, ein Hinweis darauf, dass der Reinigungseffekt schnell einsetzt.

Die Effizienz des Auswaschens von Aerosolen ist kompliziert, sie hängt unter anderem von der Größe der Aerosolpartikeln und von der Größe der Niederschlagselemente ab. Wie gut der Niederschlag z.B. Gase aufnimmt, hängt von ihrer Wasserlöslichkeit ab.

Eine chemische Analyse der Regenzusammensetzung gibt Informationen über die in der Atmosphäre vorkommenden Konzentrationen von Inhaltsstoffen. Betrachtet man die elektrische Leitfähigkeit des Niederschlags als Maß für die Auswascheffizienz bzw. Reinigungswirkung der Atmosphäre, so zeigt sich (Abb. 2), dass sie a) von der Ergiebigkeit des Niederschlags abhängt und b) von der Niederschlagsart (Regen oder Schnee). Im Mittel ist die Reinigungswirkung von Schnee 50% höher als von Regen. Gründe für die höhere Reinigungswirkung von Schnee sind folgende: Schnee- und Eiskristalle haben im Vergleich zum Regen ein viel größeres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Weiterhin haben sie im Allgemeinen eine viel geringere Sinkgeschwindigkeit als Regen, weshalb sie Spurenstoffe wesentlich besser filtern als Regentropfen. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich viele Spurenstoffe eher auf der äußeren Oberfläche als eingebettet in die innere kristalline Struktur befinden. Schneekristalle bilden daher durch ihre große Oberfläche (etwa 0.01 bis 1 m²/g) einen effektiven Filtermechanismus, wobei ihre Effektivität zusätzlich von der Struktur der Eiskristalle abhängig ist.

Auswaschfaktoren einzelner Spurenstoffe können auf Grund unterschiedlicher Mechanismen, die bei positiven und negativen Temperaturen ablaufen, sehr unterschiedlich sein, weil der Temperatureinfluss bei der Trennung zwischen Gasphase, Partikelphase und wässriger Phase eine große Rolle spielt.

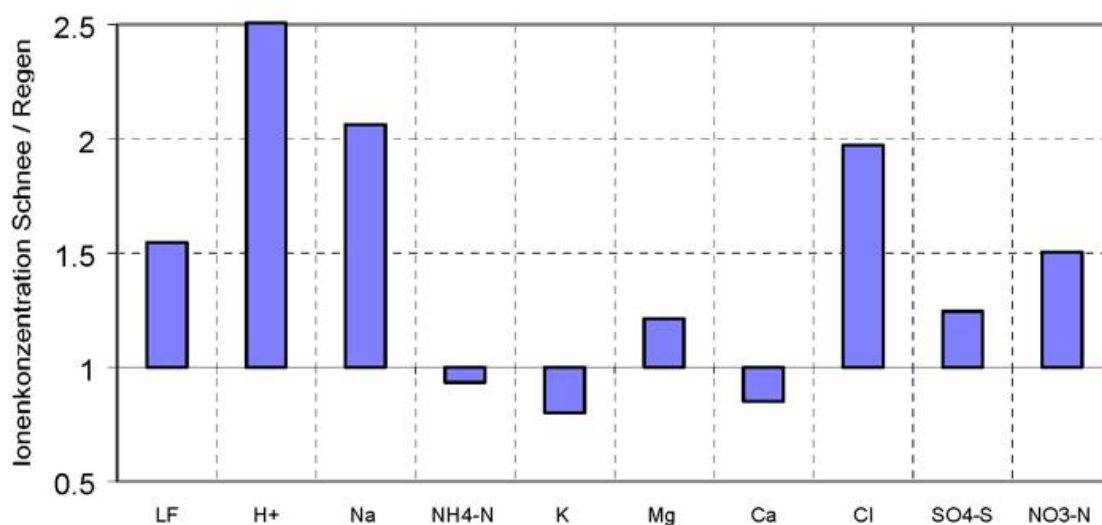


Abb. 3: Elektrische Leitfähigkeit und mittlere Ionenkonzentration von Schnee- zu Regenproben in den Wintermonaten November bis April 1995-2005.

Betrachtet man die im Niederschlag vorhandenen mittleren Ionenkonzentrationen getrennt für Schnee- und Regenproben in den Wintermonaten November bis April 1995-2005, so ergeben sich die in Abb.3 dargestellten Verhältnisse von Schnee zu Regen. Schneeproben besitzen wie oben erwähnt im Mittel eine höhere elektrische Leitfähigkeit, einen höheren Säuregehalt (H⁺-Konzentration), höhere Natrium-, Chlorid-, Sulfat- und Nitratgehalte. Ammonium stammt hauptsächlich aus der Landwirtschaft. Da im Winter die landwirtschaftlichen Flächen schneebedeckt sind und zudem oft ein Verbot für das Ausbringen von Gülle besteht, wird weniger emittiert, wodurch hier die Konzentrationen im Schnee geringer sind als im Regen. Das gleiche gilt für die Erdalkali-Metalle Kalzium und Magnesium. Kalzium kommt hauptsächlich aus dem Erdboden (z.B. Saharastaub). Auch die Konzentration dieses Ions ist im Schnee geringer als im Regen, da im Winter die Bodenflächen häufig bedeckt sind. Bei Magnesium dreht sich das Verhältnis zwar um, aber da die Magnesiumwerte stark streuen, ist der Verhältniswert von Schnee zu Regen nicht signifikant.

Der Niederschlag ist ein wichtiger Reinigungsfaktor der Atmosphäre. Weniger Niederschlag bedeutet also weniger Reinigung der Luft. Dies war z.B. besonders im Monat Januar zu bemerken, als wegen langer Trockenheit die Feinstaub-Konzentrationen in Mitteleuropa stark angestiegen sind.