

Kirsten Pleßow¹, Gerald Spindler², Frank Zimmermann¹, Jörg Matschullat¹

(1) Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ), TU Bergakademie Freiberg, Brennhausgasse 14, D-09599 Freiberg

(2) LeibnizInstitut für Troposphärenforschung (IFT), Permoserstr. 15, D-04318 Leipzig

Einleitung

Die trockene Deposition gasförmiger und partikulär gebundener Stickstoffspezies ist zusammen mit der nassen Deposition eine wesentliche wesentliche Senke für N-enhaltende Spurenstoffe aus der Troposphäre. Während die Bestimmung der nassen N-Deposition relativ unkompliziert ist, sind Konzentrationsmessungen für NH₃ und HNO₃ sowie die seltener durchgeführten direkten Flussmessungen immer noch sehr aufwendig. Die im Rahmen des Verbundprojektes VERTIKO durchgeführten Arbeiten dienten der Quantifizierung des Gesamtstickstoffeintrags über verschiedenen Vegetationsarten.

Untersuchungsgebiet

Messungen erfolgten an 3 Stationen im VERTIKO-Zielgebiet. Dieses erstreckt sich auf einer 2 x 2°-Gitterfläche südlich von Berlin bis zum Erzgebirge und steht exemplarisch für verschiedene Landnutzungstypen in Mitteleuropa. Dabei repräsentiert die Ankerstation Melpitz (51° 31' N, 12° 55' E, 87 m ü. NN) das Flachland und die Landnutzungsform Grasland. Die Ankerstationen Tharandter Wald (50° 58' N, 13° 34' E, 375 m ü. NN) und Oberbärenburg (50° 47' N, 13° 43' E, 735 m ü. NN) stehen für zwei Fichtenstandorte in den unteren bzw. oberen Lagen des Erzgebirges.

Methoden

Messungen zur Bestimmung der trockenen Deposition werden in Melpitz seit 1995, im Tharandter Wald (ThW) und Oberbärenburg (OBB) seit 2001 durchgeführt. Die Konzentrationen von NH₃, HNO₂ und HNO₃ wurden mit unterschiedlichen Denudertechniken ermittelt. Weiterhin führte das IFT hochaufgelöste NH₃-Messungen mit der AiRRmonia an beiden Waldstandorten durch. Einen Überblick über Messprogramm und Stationen geben **Abb. 1 – 2**.

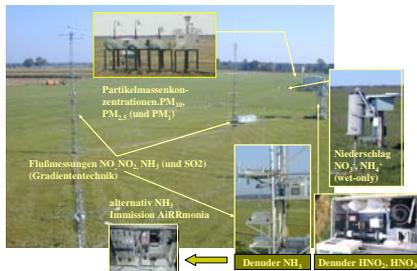


Abb. 1: Ankerstation Melpitz und Messprogramm für Stickstoffspezies



Abb. 2: Links: Ankerstation Tharandter Wald, Gesamtansicht und Messturm (42 m); Rechts: Ankerstation Oberbärenburg, Überblick und Messturm (30 m), sowie Messprogramm für Stickstoffspezies

Die NH₃-Flüsse wurden in Melpitz mit der Gradientenmethode bestimmt (Spindler *et al.* 2001). Die Flüsse aller übrigen Spezies wurden mit Widerstandsmodellen bei Kenntnis der atmosphärischen Austauschigenschaften berechnet (z.B. Zimmermann *et al.* 2004, P5.42).

Ergebnisse und Diskussion

Konzentrationsmessungen

Die mittleren NH₃-Konzentrationen zeigen einen Konzentrationsabfall mit zunehmender Höhenlage des Messortes (Tab. 1). Die NH₄⁺-Konzentrationen sind dagegen relativ ausgeglichen. Melpitz und auch der Tharandter Wald sind stärker von primären anthropogenen Emissionen aus Landwirtschaft beeinflusst. Dies führt bei den reduzierten N-Komponenten zu einem höheren Anteil der Gasphase. In OBB dagegen steigt der Einfluss der Partikelphase durch eine während dem Transport stattfindende Gas-Partikel-Umwandlung.

| | NH ₃ Gase | HNO ₂ Gase | HNO ₃ Gase | SO ₂ Gase | NH ₄ ⁺ Partikel | NO ₂ Partikel | SO ₄ ²⁻ Partikel |
|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ |
| Melpitz | 3,5 | 0,3 | 0,7 | 2,5 | 1,8 | 3,1 | 2,2 |
| Tharandter Wald | 1,4 | 0,4 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 3,1 |
| Oberbärenburg | 0,5 | 0,2 | 0,7 | 3,5 | 1,5 | 1,5 | 3,0 |

** historische Partikelphase in Melpitz: PM₁₀, PM_{2.5} (Bilgmann *et al.* 2001); im Tharandter Wald und Oberbärenburg: PM₁₀

Tab. 1: Mittlere Luftkonzentrationen an den Ankerstationen Melpitz, Tharandter Wald und Oberbärenburg für den Zeitraum 2002-2003

Der Anstieg der NH₃-Konzentrationen mit der Stationshöhe zeigt sich auch in mittleren Tagesgängen, die an den drei Ankerstationen während verschiedener Episoden im Jahr 2003 mit der AiRRmonia gemessen wurden (**Abb. 3**).

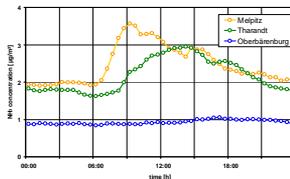


Abb. 3: Mittlerer Tagesgang der NH₃-Konzentrationen 2003 für Melpitz (29 Tage im Juli), ThW (32 Tage im Mai / Juni) und Oberbärenburg (15 Tage im Oktober)

Hohe Gehalte gehen einher mit hohen Lufttemperaturen, Globalstrahlung sowie niedriger relativer Luftfeuchte. Daher zeigen die im Sommer an den Ankerstationen Melpitz und Tharandter Wald aufgenommenen Tagesgänge ein deutliches Konzentrationsmaximum zur Mittagszeit, während im Herbst in OBB kein ausgeprägter Tagesgang zu beobachten ist. Auch für die Salpetersäure resultiert daraus ein typischer Tagesgang (**Abb. 4**).

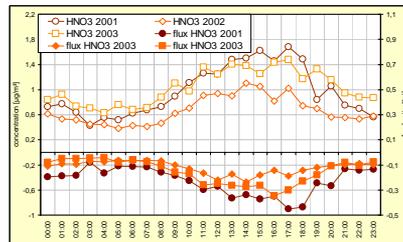


Abb. 4: Melpitz: Mittlere Tagesgänge der HNO₃-Konzentrationen und modellierten Flüsse. Anzahl der gemessenen Tagesgänge: 30 (2001), 38 (2002), 33 (2003). Berechnung der HNO₃-Depositionsgeschwindigkeit nach $(R_g + R_p + R_c)^{-1}$ mit $R_c = 0$.

Stickstoff-Depositionsraten

Der N-Fluss von Gasen und Partikeln steigt mit zunehmender Stationshöhe (**Abb. 5 u. 6**). Dies ist auf die größere Rauigkeit der Vegetation an den beiden

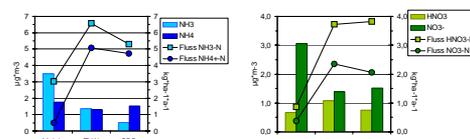


Abb. 5, 6: Vergleich mittlerer Konzentrationen und Depositionsraten an den 3 Ankerstationen für das Jahr 2003

Waldstandorten und damit einhergehender größerer erhöhter Turbulenz bewirkt eine Abnahme des aerodynamischen Widerstandes R_a und des Grenzschichtwiderstandes R_b (höheres u).

Die berechneten Gesamtstickstoff-Einträge im Jahr 2003 liegen in Melpitz bei 11 kg N ha⁻¹ a⁻¹, an den Waldstandorten mit 27 (ThW) bzw. 24 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (OBB) dagegen deutlich höher (**Abb. 7, 8, 9**). Der Anteil der trockenen Deposition an der Gesamtdosition beträgt in Melpitz ca. 50%, an den Waldstandorten etwa 65%. Während in Melpitz die trockene Deposition sehr stark von NH₃ dominiert wird, haben im ThW und in OBB auch HNO₃ und die Partikelphase einen deutlichen Anteil am Gesamt-N-Fluss.

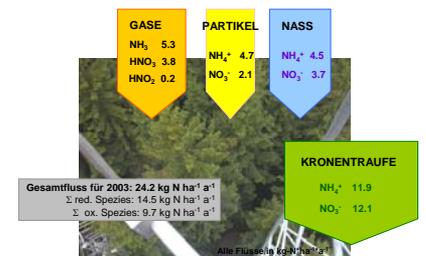
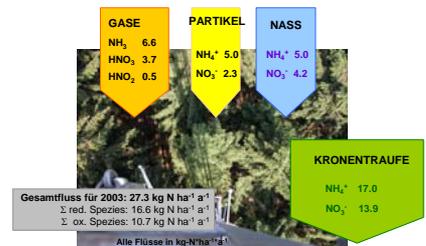
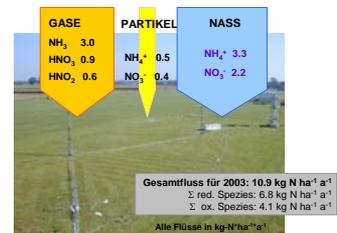


Abb. 7, 8, 9: Modellierter Gesamt-N-Flüsse für die 3 Ankerstationen im Jahr 2003

Die modellierten Flüsse der reduzierten N-Spezies stimmen in ThW und OBB gut mit der Kronentraufe überein. Für das sehr trockene Jahr 2003 ist jedoch mit einer verminderten stomatären Aufnahme von NH₃ auszugehen. Bei den oxidierten N-Spezies übersteigt die Kronentraufe die modellierten Flüsse. Dies ist vermutlich auf hier nicht berücksichtigte Komponenten wie NO_x zurückzuführen.

Schlussfolgerung

Die hier vorgestellten Depositionsraten beziehen sich auf das Jahr 2003. Ganz allgemein können aber deutliche Schwankungen des Gesamtstickstoffeintrages beobachtet werden. So variierte der NH₃-Fluss in Melpitz zwischen 1995 und 2003 von -2,3 bis 17,3 kg N ha⁻¹ a⁻¹. 2003 war ein sehr niederschlagsarmes Jahr mit einem Niederschlagsdefizit von etwa 40 % im Vergleich zum langjährigem Mittel. Dies wirkt sich vor allem auf eine verminderte nasse Deposition aus.

Literatur

- Brügemann, E., Franck, U., Gnauck, T., Herrmann, H., Müller, K., Neusiß, C., Plewka, A., Spindler, G., Stärk, H.-J., Wennich, R., 2000. Kongressband: Identifikation der Anteile verschiedener Quellgruppen an der Feinstaubbelastung. Abschlussbericht 13-8802.3521/46, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LUG), 197 S.
- Spindler, G., Teichmann, U., Sutton, M.A. (2001). Ammonia dry deposition over grassland - micrometeorological flux-gradient measurements and bi-directional flux calculation using an inferential model. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 127, 795-814.
- Zimmermann, F., Pleßow, K., Queck, R., Matschullat, J. (2004). Modellierung von Stickstoffflüssen in einem Fichtenbestand. Abstract zur DACH-Tagung, Karlsruhe, 7.-10.09.2004; Poster 5.42