

Schwefel- und Stickstoffhaushalt in Berliner Wäldern

Beate Schenk

Synopsis

Within the framework of the investigation program Forest Ecosystems Near Conurbations (»BallWös«, abbr. of »Ballungsraumnahe Waldökosysteme«) during 1986–1992 different questions about the impact of immissions on forest sites in Berlin and vicinity were tried to be answered. The present paper describes the sulfur and nitrogen balance of two Scots pine-oak stands (a 130-year old mixed pine-oak stand and a 40-year old pole stage pine stand with few oaks) as an integrative presentation of many results worked out by various disciplines. At both sites sulfur and nitrogen inputs from the atmosphere are much higher than the immobilization by growth. The forests reached their sulfur saturation point, i.e. the output exceeds the input. For nitrogen the phase of accumulation can change to saturation, if the current trend in ecosystem balance and fluxes continues. This would accelerate impairments like nutrient deficiencies and groundwater contaminations.

Sulfur, nitrogen, element balance, immobilization by growth, pine-oak stands, Pinus sylvestris

Schwefel, Stickstoff, Stoffhaushalt, Immobilisierung im Zuwachs, Kiefern-Eichenbestände, Pinus sylvestris

1. Einleitung

Im Zeitraum 1986–1992 wurde im Rahmen des Berliner Untersuchungsprogrammes »Ballungsraumnahe Waldökosysteme«, kurz »BallWös« genannt, zahlreichen Fragen über die möglichen Auswirkungen von Luftbelastungen auf die Berliner Wälder nachgegangen.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse der beteiligten Fachdisziplinen zur ökosystemaren Beschreibung der Schwefel- und Stickstoffhaushalte zusammengestellt, da diese Stoffe in besonderem Maße durch Depositionen von Luftverunreinigungen in die Berliner Waldökosysteme eingetragen wurden. Anhand der Darstellung der Stickstoff- und Schwefelhaushalte eines 40-jährigen Kiefernstangenholzbestandes mit Eichen und eines »naturnäheren« 130-jährigen Altkiefern-Eichenbestandes im Berliner Grunewald werden folgende Fragen diskutiert:

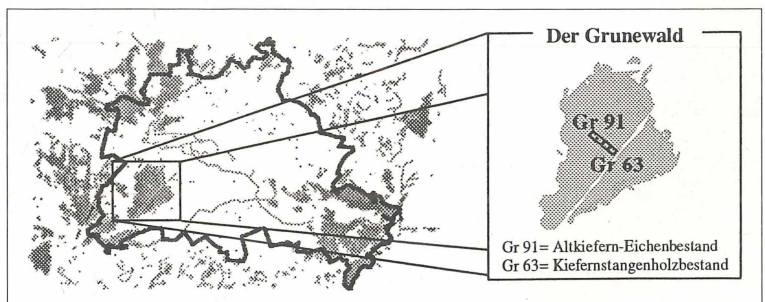
- Wie hoch ist die stoffliche Belastung der Stadtwälder durch Luftverunreinigungen?
- Welche Bedeutung kommt der Bestandesstruktur bei der Diskussion der immissionsbedingten Belastung der Stickstoff- und Schwefelhaushalte zu?
- Welche Auswirkungen haben die immissionsbedingten Stickstoffeinträge auf die an Stadtförstern gestellten Nutz- und Schutzfunktionen?

2. Kurzbeschreibung der Untersuchungsflächen

Aus Abb. 1 ist die Lage der BallWös-Untersuchungsflächen im Berliner Grunewald zu entnehmen. Die dominierenden Baumarten sind Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) und Eichen (*Quercus robur* L. und *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Nach TIGGES (1989) stammen die Kiefern im Altkiefern-Eichenbestand aus Kulturmaßnahmen in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts. Die Eichen sind entweder aus einer weitständigen Pflanzung im Jahre 1930 oder aus Naturverjüngung hervorgegangen. Der Kiefernstangenholzbestand wurde im Jahre 1951 durch eine Kahlschlagaufforstung begründet. Eine Beschreibung der Krautschicht und deren Dynamik gibt SEIDLING (1992).

Abb. 1
Lage der Untersuchungsflächen in Berlin.

Fig. 1
Location of the study sites in Berlin.



Bei den Böden im Grunewald handelt es sich überwiegend um eine saure, tonarme, grundwasserferne Rostbraunerde auf Geschiebesand. Der organische Auflagehorizont der Untersuchungsflächen wurde als ein rohhumusartiger Moder angesprochen (MARSCHNER 1990, RENGER & al. 1989).

3. Das Modell zur Beschreibung von Stoffhaushalten

In Anlehnung an das von HORN & al. (1989) vorgestellte Stoffmodell wurden die Schwefel- und Stickstoffhaushalte beschrieben. Die Zusammenfassung und Verrechnung von BallWös-Ergebnissen sowie weitere Untersuchungen an BallWös-Probematerialien ermöglichte es, die zahlreichen Einzelinformationen über die ein Berliner Wald/Forstökosystem charakterisierenden Elementvorräte und -flüsse zu einem Gesamtbild zusammenzusetzen.

3.1 Bestimmung der Elementvorräte

Die Vorräte im Kronenraum und im Bestand wurden durch Biomassenbestimmungen und Inhaltsstoffanalysen sowie durch Hochrechnungen auf Bestandesebene ermittelt (MARKAN 1993, CORNELIUS & FAENSEN-THIEBES 1989). Die Berechnung der Elementvorräte in den Altkiefern- und Schwefelbestimmungen in einzelnen Kiefern- und Eichenfraktionen wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführt. Die Gesamtvorräte an Stickstoff und Schwefel im Boden sowie die Elementvorräte in der organischen Auflage wurden RENGER & al. (1989) und GENSIOR & al. (1992) entnommen.

3.2 Kronenraumprozesse und interne Stoffumsätze

Als atmosphärische Stickstoff- und Schwefeldepositionen wurden die Einträge mit dem Bestandesniederschlag an Sulfat sowie Nitrat und Ammonium als Gesamtstickstoff dargestellt (RENGER & al. 1989). Als Elementeinträge mit der oberirdischen Streu wurden die Ergebnisse von CORNELIUS & FAENSEN-THIEBES (1989) in das Modell eingesetzt. Für beide Untersuchungsbestände wurden die Zuwachsberechnungen für die Kiefern im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt (nach Angaben von CORNELIUS & FAENSEN-THIEBES 1989, VON LÜHRTE 1992). Aus MARKAN (1993) wurden die entsprechenden Daten für die Eichen entnommen. Für den Kiefernstangenholzbestand mit Eichen wurden als Outputgröße aus der organischen Auflage die Humuslysimeter-Sickeraten aufgeführt (RENGER & al. 1989). Da diese Da-

ten für den Altkiefern-Eichenbestand nicht vorlagen, wurde nach HORN & al. (1989) der Elementaustrag dem Eintrag in die organische Auflage gleichgesetzt.

3.3 Bodenaustauschprozesse und Elementverluste mit dem Sickerwasser

Für die Bilanzierung der Bodenaustauschraten gehen HORN & al. (1989) davon aus, daß die Zusammensetzung des Bodenwassers annähernd konstant bleibt. So kann unter Kenntnis der Einträge (Bestandesniederschlag, Mineralisationsraten aus der organischen Auflage) und der Austräge (Elementaufnahme über die Wurzeln des Baumbestandes, Sickerwasseraustrag) die Bodenaustauschräte »geschätzt« werden. Im Untersuchungszeitraum 1986–1989 wurden höchst unterschiedliche jährliche Versickerungsraten anhand von Wasserhaushaltsmodellen ermittelt. Für das niederschlagsreiche Jahr 1987/88 (733 mm bei einem langjährigen Mittel von 580 mm) wurden hohe und für das trockene Jahr 1988/89 (390 mm) geringe Austräge berechnet (SCHILLER & al. 1994). Dieser hohen zeitlichen Varianz der Wasser- und Stoffflüsse wurde Rechnung getragen, indem der Schwankungsbereich zwischen jährlichen maximalen und minimalen Elementausträgen angegeben wird.

4. Ergebnisse und Diskussion

Wie hoch ist die stoffliche Belastung der Berliner Stadtwälder durch Luftverunreinigungen ?

In Abb. 2 sind die Schwefel- und Stickstoffhaushalte der untersuchten Berliner Kiefern-Eichenforste für den Zeitraum 1986–1989 dargestellt.

Unter Angabe der Schwefel- und Stickstoffeinträge mit dem Bestandesniederschlag geht man davon aus, daß es zu keiner »Netto«-Aufnahme von Stickstoff und Schwefel über die Baumkronen kommt. Eine gasförmige Aufnahme wurde demzufolge in diesem Stoffhaushaltsmodell nicht berücksichtigt, da sie im Rahmen des BallWös-Programmes nicht quantifiziert werden konnte. Nach HORN & al. (1989) und SCHULZE (1989) werden mit dem Bestandesniederschlag nur ca. 40 bis 60% der Gesamt-Stickstoffdeposition ermittelt. Demzufolge wird die reale Depositionssituation unterschätzt. Bei dem Vergleich der Angaben über atmosphärische Einträge mit Critical-Loads sollte dies berücksichtigt werden.

Im Zeitraum 1986–1989 wurden mit 52–56 kg S ha⁻¹ a⁻¹, bzw. 163–175 mmol S m⁻² a⁻¹ erhebliche Schwefelmengen in die Berliner Wälder eingetragen. Demgegenüber erscheint ein Stickstoffeintrag von 17–18 kg N ha⁻¹ a⁻¹, bzw. ca. 120–130 mmol N m⁻² a⁻¹ zwar gering, doch ist der Trend der Immissions-

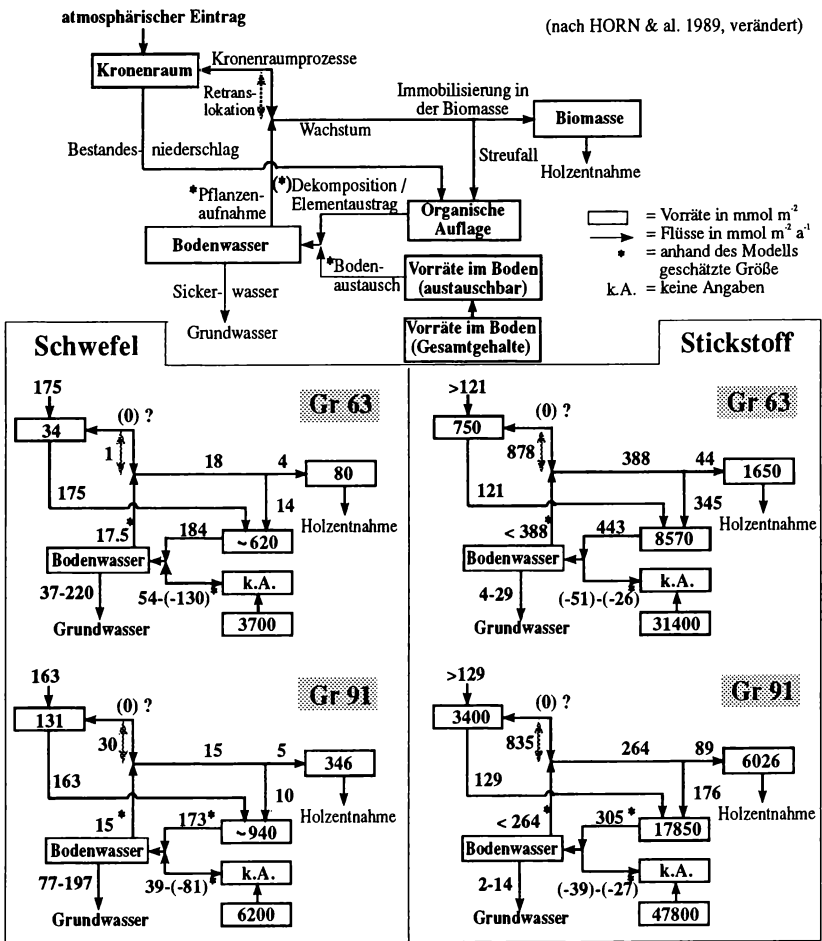


Abb. 2
 Der Schwefel- und Stickstoffhaushalt in Kiefern-Eichenbeständen. (Gr 63= 40-jähriger Kiefernstangenholzbestand mit Eichen, Gr 91= 130-jähriger Altkiefern-Eichenbestand).

Fig. 2
 The sulfur and nitrogen balance of pine-oak stands (Gr 63= 40-year old pole stage pine stand with few oaks, Gr 91= 130-year old mixed pine-oak stand).

belastung in Berlin zu berücksichtigen. Abb. 3 verdeutlicht die Entwicklung der Stoffeinträge auf Forstfreiflächen und der Schwefel- und Stickstoffdioxidkonzentrationen im Mittel aller Meßstationen des Berliner Luftgüte-Messnetzes (Datengrundlage: SENAT-SVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ 1994, FISCHER 1994). Ein Erfolg der Maßnahmen zur Luftreinhaltung zeigt sich im deutlich abnehmenden Trend bei Schwefel. Für Stickstoff trifft Ähnliches nicht zu.

Betrachtet man die Größe der »geschätzten« Bodenaustauschrate in Abb. 2 (negativer Wert bedeutet Akkumulation), so werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Elementversickerungsraten deut-

lich. Bei hohen Niederschlagsmengen und dementsprechend hoher Sickerwasserbildung wurden große Schwefelmengen aus dem System ausgetragen. Die Austräge sind größer als die atmosphärischen Einträge. Die Speicherkapazitäten in Boden, organischer Auflage und Bestand sind erschöpft. Bei Stickstoff ist dieser höchst bedenkliche Zustand noch nicht erreicht. Die eingetragenen Stickstoffmengen akkumulieren im System. Die untersuchten Forstökosysteme befinden sich derzeit in einer Stickstoffaufsättigungsphase, die bei Überschreitung der systemaren Speicherkapazitäten zur Übersättigung und damit einhergehenden hohen Stoffausträgen übergehen kann.

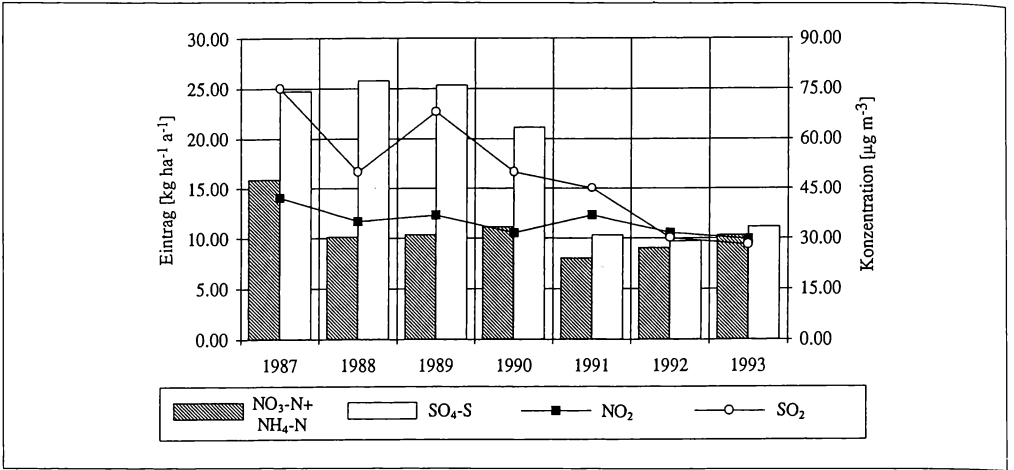


Abb. 3

Schwefel- und Stickstoffbelastung in Berlin.

Fig. 3

Sulfur and nitrogen impact of Berlin.

Welche Bedeutung kommt den bestandprägenden Baumarten bei der Diskussion der immissionsbedingten Belastung der Stickstoff- und Schwefelhaushalte zu ?

Im jährlichen Holzzuwachs, insbesondere im Stammholz, werden geringe Schwefel- und Stickstoffmengen festgelegt (siehe Tab. 1). Es wird deutlich, daß durch die Depositionen der Nährstoffbedarf der Forstbäume um ein Vielfaches überschritten wird. Die Eichen nehmen im Vergleich zu den Kiefern mehr Stickstoff auf. Besonders in den Blättern und Ästen werden beachtliche Stickstoffmengen festgelegt, die dann zum Herbst hin entweder in den internen Baum-Nährstoffpool retransloziert oder als Streu dem Boden zurückgeführt werden. Im Kiefernstangenholzbestand ist der Stickstoffeintrag mit der Streu doppelt so hoch wie im Altbestand (siehe Abb. 2). Durch den Engstand im Kiefernstangenholzbestand

kommt es zu einem höheren Streueintrag durch Astbruch. Dies wiederum hat zur Folge, daß die Stickstoffaufnahme im Jungbestand höher ist, obwohl die Immobilisierung in der Biomasse im Altkiefern-Eichenbestand über der im Jungbestand liegt.

Welche Auswirkungen haben die immissionsbedingten Stickstoffeinträge auf die an Stadforste gestellten Nutz- und Schutzfunktionen ?

Durch die eingetragenen Stickstoffmengen verändert sich das Nährstoffangebot für Flora und Fauna. Dies kann negative Auswirkungen wie eine Stickstoffüberernährung zur Folge haben. Aufgrund einer gesteigerten Biomasseproduktion wird der Bedarf an anderen Nährstoffen gefördert, was zu Nährstoffgleichgewichten führen kann. In vorjährigen Nadeln

Tab. 1

Jährliche Schwefel- und Stickstoffimmobilisierung in Kiefern und Eichen

mmol m ⁻² a ⁻¹	Altkiefern-Eichenbestand (Gr 91)				Kiefernstangenholzbestand (Gr 63)			
	Kiefer		Eiche		Kiefer		Eiche	
Element	Stickstoff	Schwefel	Stickstoff	Schwefel	Stickstoff	Schwefel	Stickstoff	Schwefel
Stamm	0,7	1,2	12,9	0,3	3,6	0,8	4,9	0,1
Rinde	2,1	0,3	6,4	0,3	8,6	0,5	2,9	0,2
Ast	10,7	0,8	26,4	0,8	2,9	0,5	7,1	0,2
Wurzel	6,4	0,3	24,8	0,9	5,9	1,0	8,2	0,3
Nadeln/Blätter	341	17,5	670	22,1	155	6,2	263	0,9

Tab. 1

Annual immobilization of sulfur and nitrogen in pines and oaks

wurden im Jahr 1990 Stickstoffgehalte von 19.6 mg/g TS (Min. 16.9 – Max. 24.2 mg/g) ermittelt, die nach MARKAN (1993) auf eine beginnende Überernährung hinweisen. BROSE & al. (1993) beschreiben die Aufhebung der Stickstofflimitierung der Dekompositionsprozesse als ein Indiz für die immissionsbedingte Veränderung im System. Eine Überschreitung der ökosystemaren Speicherkapazitäten wäre bezüglich der gefährdeten Nährstoffversorgung bei fortschreitender Versauerung der Waldböden, der Grundwasserbelastung mit Nitrat und einer zunehmenden Emission des Treibhausgases N₂O (Lachgas) aus Waldböden höchst bedenklich.

Die angeführten Arbeiten sind Bestandteil des Untersuchungsprogrammes »Ballungsraumnahe Waldökosysteme«, welches von der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz und bis 1988 auch vom Umweltbundesamt finanziert und durchgeführt wurde.

5. Literatur

- BROSE, A., PETERS, M., LANG, G. & KRAEPELIN, G., 1993: Erfassung und Analyse mikrobieller Aktivitäten in differenzierten Bodenbereichen. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 96 S.
- CORNELIUS, R. & FAENSEN-THIEBES, A., 1989: Photosyntheseleistung, Wasserhaushalt, Biomassenproduktion und Pflanzeninhaltsstoffe. Teilprojekt-Abschlußbericht des FE-Vorhabens »BallWös«. Im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 84 S.
- FISCHER, U., 1994: Ökologische Dauerbeobachtung: Deposition. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 54 S.
- GENSIOR, A., RENGER, M. & WILCZYNSKI, W., 1992: Nährstoff- und Schadstoffdynamik von Rostbraunerden unter Kiefernforst. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, S. 78.
- HORN, R., SCHULZE, E.D. & HANTSCHHEL, R., 1989: Nutrient Balance and Element Cycling in Healthy and Declining Norway Spruce Stands, S. 444–455. In: SCHULZE, E.D., LANGE O.L., OREN, R. (Hrsg.), *Forest Decline and Air Pollution*, Ecological Studies 77, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
- MARKAN, K., 1993: Biomasse und Inhaltsstoffe. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 73 S.
- MARSCHNER, B., 1990: Elementumsätze in einem Kiefernforstökosystem auf Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. Bericht des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 60., 192 S.
- RENGER, M., MARSCHNER, B., RAKEI, K. & WILCZYNSKI, W., 1989: Wasser-, Nährstoff- und Schadstoffdynamik immissionsbelasteter Waldböden. Teilprojekt-Abschlußbericht des FE-Vorhabens »BallWös«. Im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 173 S.
- SCHILLER, I., RENGER, M., PLAGGE, R., RIEK, W., WESSOLEK, G., 1994: Regionalisierung von Wasserhaushaltsparametern und Stoffflüssen in Kiefernforsten. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 81 S.
- SCHULZE, E. D., 1989. Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest. In: *Science* 244, S. 776–783.
- SEIDLING, W., 1992: Vergleichende Untersuchungen repräsentativer Waldstandorte hinsichtlich Unterwuchs und Baumwachstum. Teil 1: Unterwuchs. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 100 S.
- SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELTSCHUTZ, Hrsg., 1994: Luftverunreinigungen in Berlin im Jahr 1993 – Ergebnisse des Berliner Luftgüte-Messnetzes (BLUME).
- TIGGES, W., 1989: Forstgeschichte des Untersuchungsgebietes. Teilprojekt-Abschlußbericht des FE-Vorhabens »BallWös«. Im Auftrag des Umweltbundesamtes und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 95 S.
- v. LÜHRTE, A., 1992: Wachstumsanalysen an Kiefern im Raum Berlin unter besonderer Berücksichtigung der Bestandesgeschichte. Teilprojekt-Abschlußbericht »BallWös«. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin, 72 S.

Adresse

Beate Schenk
Institut für Ökologie, Fachgebiet Botanik
Technische Universität Berlin
Rothenburgstr. 12, D-12165 Berlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Schenk Beate

Artikel/Article: [Schwefel- und Stickstoffhaushalt in Berliner Wäldern
331-335](#)