

AUFNAHME VON SCHWEFELDIOXID DURCH DIE OBERFLÄCHE DER HUMUSSCHICHT UND IHRE ÖKOLOGISCHE BEDEUTUNG

Von

MATERNA J.

Forschungsanstalt für Forstwirtschaft und Jagdwesen

Zbraslav N. VLT.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Eine Untersuchung über die Deposition von SO_2 in den Fichtenumus hat gezeigt, daß sie niedriger liegt, als es für den Mineralboden angegeben wird.

Sie ist jedoch im Vergleich mit der nassen Deposition hoch genug, daß mit ihr bei der Beeinflussung des Bodens durch SO_2 -Immissionen gerechnet werden muß.

E i n l e i t u n g

Eine breitere Auffassung der Immissionseinwirkung auf die Vegetationsdecke macht wieder die Untersuchung von jenen Prozessen aktuell, die durch die Immissionen im Boden hervorgerufen werden. Die erste Frage, die dabei auftritt, ist die, wie hoch die Menge der Stoffe, für die der Boden eine Senke ist, liegt.

Ein Teil der gesamten Deposition, die mit den Niederschlägen in den Boden gelangt, kann ziemlich einfach bestimmt werden. Es gibt mehrere Veröffentlichungen, denen man die Bedeutung dieses Prozesses entnehmen kann (ULRICH 1979).

Auch die erhöhte Anreicherung der Stoffe in der organischen Masse, in der sich während des Lebens des Organismus verschiedene luftverunreinigende Stoffe angereichert haben, kann ziemlich präzise durch wiederholte Probenentnahme in den Beständen festgestellt werden. Eine Zusammenfassung der vorliegenden Arbeiten von SCHWELA (1977) gibt einen Überblick über die bisherigen Ergebnisse sowie über Methoden, die bei den Untersuchungen angewendet wurden.

Daraus sieht man, daß der überwiegende Teil der Ergebnisse von Untersuchungen aus Laborverhältnissen kommt und dadurch die Übertragung in die Praxis mit Unsicherheiten verbunden ist. Dies ist auch dadurch verursacht, daß teils ganz unreele Konzentrationen in den Untersuchungen angewendet werden, die in der freien Atmosphäre kaum vorkommen.

Jedoch kann man aus der Gesamtheit der Ergebnisse sowie aus Bilanzuntersuchungen des Schwefelkreislaufs in landwirtschaftlich genutzten Böden (KÜHN und WELLER 1977) die Schlußfolgerung ziehen, daß die Sorption des Schwefeldioxids durch die Bodenoberfläche einen bedeutenden Anteil der gesamten Deposition von Schwefelverbindungen darstellt. Jedoch konnten wir keine Angaben über die Verhältnisse in den Waldböden finden, speziell über die Schwefeldioxidaufnahme durch die Oberfläche der Humusschicht. Durch ihre Lagerung sowie durch die chemische Beschaffenheit unterscheidet sie sich weitgehend von dem Mineralboden wodurch die Menge des absorbierten Schwefeldioxids beeinflußt werden kann.

Im Rahmen einer breiteren Untersuchung der Immissionseinwirkung auf die Fichtenökosysteme haben wir eine Untersuchung durchgeführt, um einige Angaben zu bekommen, die eine Orientierung über die Menge der Schwefelverbindungen, die auf diese Weise in den Waldboden gelangen, ermöglicht.

Die Untersuchung stellt eine Grundlage für weitere methodische Entwicklungen von Bilanzuntersuchungen in Fichtenbeständen dar (MATERNA und KOHOUT, 1978).

Wir haben uns dabei folgende Fragen gestellt:

1. Mit welcher Geschwindigkeit wird SO_2 auf die Humusoberfläche gelagert,
2. welche Faktoren beeinflussen die Höhe der Schwefeldioxidaufnahme,
3. wie hoch sind die Aufnahmeunterschiede, die durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Humusschicht verursacht sind, und
4. welche Elemente von der Humusschicht haben für die Aufnahme die größte Bedeutung.

M e t h o d i k

Unsere Untersuchungen, sowie auch die Mehrheit früherer Untersuchungen, wurden im geschlossenen Raum einer Kabine durchgeführt.

Die Humusproben von einer konstanten Oberfläche wurden der Einwirkung einer Konzentration von $1 \text{ mg SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ ausgesetzt, d.h. einer Konzentration, die auch in den Waldkomplexen der Immissionsgebiete vorkommt.

Die Geschwindigkeit der Aufnahme wurde durch ein SO_2 -registrierendes Gerät gemessen. Eine Zugabe von $^{35}\text{SO}_2$ zu dem benutzten Gas in einigen Versuchen ermöglichte auch die Kontrolle der Entweichung des aufgenommenen Gases aus der Humusschicht. Wir konnten dabei auch feststellen, wie tief das Schwefeldioxid in den Humus eindringt.

Als Probematerial wurde Fichtenhumus aus einem reinen Fichtenbestand benutzt. Es handelte sich um einen Übergang zwischen Moor- und Modertyp mit einem pH-Wert von 3,5. Für die Untersuchung der Unterschiede haben wir eine recht breite Variation von Humusproben aus Fichtenbeständen unterschiedlicher Standorte und auch mit beigemischten Laubholzarten mit pH-Werten zwischen 3,5 und 5,2 benutzt.

E r g e b n i s s e

Geschwindigkeit der Aufnahme

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchung von verschiedenen Humusproben ist in der Tabelle 1 enthalten.

T a b e l l e 1

Sorption von SO_2 durch verschiedene Proben von Fichtenhumus

Probe Nr.	Sorptionsge- schwindigkeit cm s^{-1}	Aufnahme durch die Humus- oberfläche im Jahr bei $0,1 \text{ mg SO}_2 \text{ m}^{-3}$ t km^{-1}
1.	0,0494	0,78
2.	0,1047	1,65
3.	0,0705	1,11
4.	0,0436	0,88
5.	0,0389	0,61
6.	0,0255	0,40
7.	0,0695	1,09

In den Experimenten wurden lufttrockene Humusproben angewendet. Natürlich gab es dabei Unterschiede in der Menge des gebundenen Wassers, aber die Versuchsanordnung entsprach den Verhältnissen in der Natur.

Im allgemeinen ist die Depositionsgeschwindigkeit wesentlich niedriger, als sie im Mittel für Mineralböden angenommen wird (SCHWELA 1977).

Beeinflussende Faktoren:

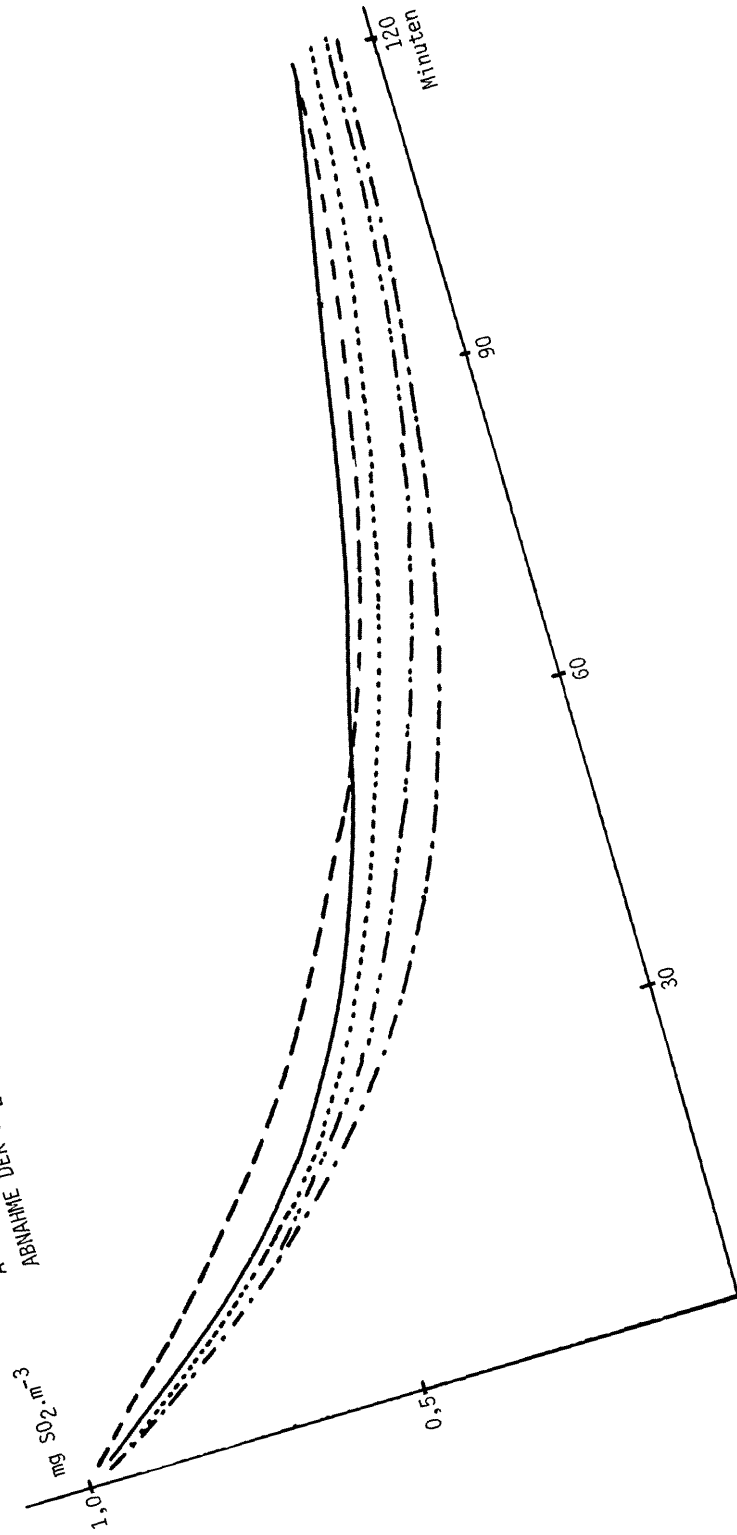
Es ist natürlich, daß die Feuchtigkeit eine Rolle in der SO_2 -Aufnahme spielt. Für die Wasseroberfläche wird eine SO_2 -Depositionsgeschwindigkeit von $2,2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ angegeben. Darum wurden zum Vergleich verschiedene Proben bei Wassersättigung und in dem luftgetrockneten Zustand untersucht. Wie man erwarten konnte, war die Geschwindigkeit der SO_2 -Aufnahme bei feuchten Proben wesentlich höher als bei den trockenen.

Größere Unterschiede konnte man auch zwischen einer stabilen und einer turbulenten Atmosphäre feststellen. Die Sorption verlief in der ruhigen Luft langsamer.

Unterschiedliche Humusproben

Wenn wir die extremen Werte vergleichen, sind die Unterschiede in der Schwefeldioxidaufnahme verschiedener Humusproben aus Fichtenbeständen bei einer entsprechenden Austrocknung ziemlich hoch. Das Verhältnis der Sorptionsgeschwindigkeit zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert ist 1 : 4. Abgesehen von diesen zwei extremen Werten

ABTILUNG 1:
ABNAHME DER SO_2 KONZENTRATION ÜBER VERSCHIEDENEN PROBLEM VON FICHTENHAINWÄNDEN



sind die Unterschiede nicht so ausgeprägt. Bei trockener Humusschicht konnten wir also mit einer Geschwindigkeit von $0,04 - 0,05 \text{ cm s}^{-1}$ rechnen.

T a b e l l e 2

Durchschnittliche Zusammensetzung von Humusproben unter Fichtenbeständen in einem Gebiet mit unterschiedlicher Immissionsbelastung

Belastung	in Wasserauszug in mg.kg^{-1} Humus						in % der T.S.	
	Ca	Mg	K	P	S	F	N	S
schwach	265	33	130	82	77	38	1,64	0,161
stark	306	45	181	55	128	115	1,55	0,166

Bedeutung einzelner Elemente der Humusschicht:

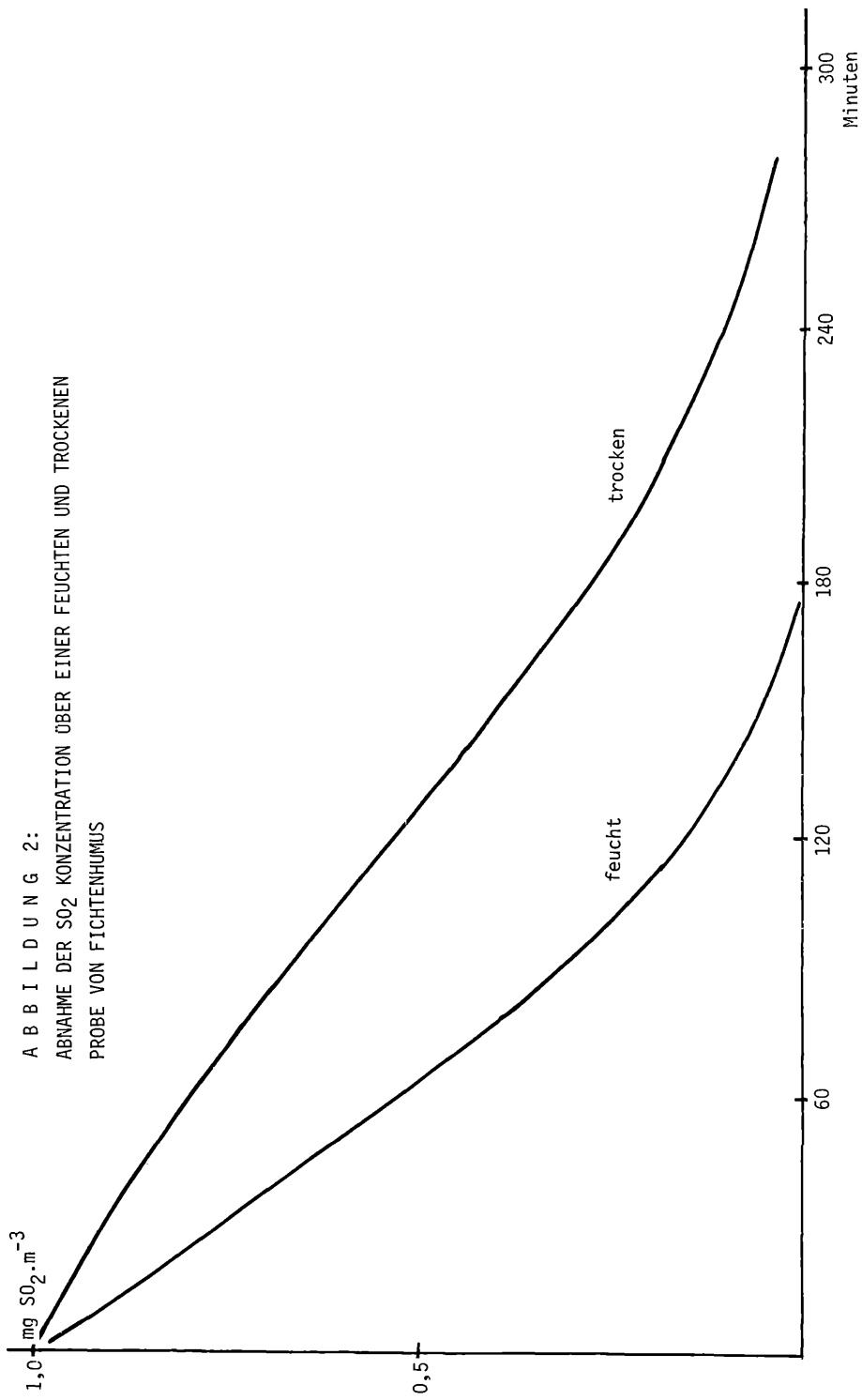
Diese wurde mit Hilfe von Autoradiogrammen nach Exposition der Humusschicht durch markiertes SO_2 untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß abgefallene unversehrte Fichtennadeln das Schwefeldioxid entweder überhaupt nicht oder nur in einer geringen Menge aufnehmen. Auch die Aufnahme durch abgefallene intakte Blätter ist gering. Aber schon bei beginnendem Zerfall steigt die Aufnahmefähigkeit wesentlich. Die Aufnahme durch die Rinde abgefallener Äste ist vom Anfang an ziemlich hoch. Die Teilchen der eigentlichen Humusschicht (H-Schicht) weisen auf den Radiogrammen sowie bei der Messung die höchste Radioaktivität aus.

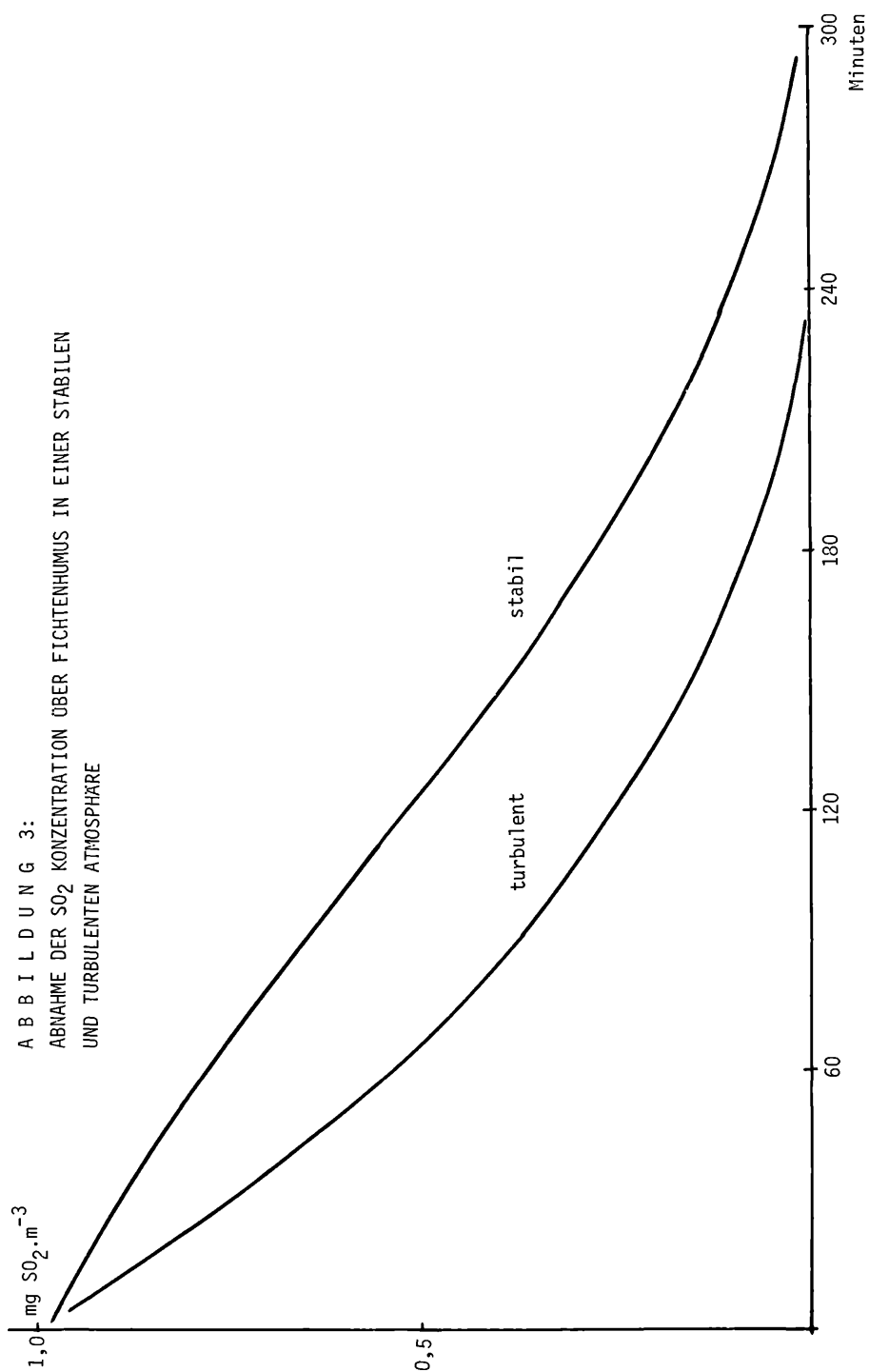
Die Verteilung des aufgenommenen SO_2 in der Humusschicht wird in Abb. 1 demonstriert.

Nur unwesentliche Mengen von SO_2 dringen in tiefere Schichten des Humus ein. Der wesentliche Anteil wird in einer 1 cm dicken Schicht gelagert.

Ökologische Interpretation der Ergebnisse:

Diese Feststellungen kann man nicht ohne weiteres für die Kalkulation der SO_2 -Aufnahme durch den Fichtenhumus in Beständen benutzen. Neben der Sorptionsgeschwindigkeit spielt auch die Kapazität der Humusschicht, SO_2 aufzunehmen, eine große Rolle. Bei Wiederholung der Versuche mit derselben Humusprobe sank die Sorptionsgeschwindigkeit, bis kein SO_2 mehr absorbiert wurde. Bei der letzten Wiederholung wurde dem Gas wieder $^{35}\text{SO}_2$ zugegeben, um kontrollieren zu können, ob keine Sorption mehr stattgefunden hat.





Eine Umrechnung hat gezeigt, daß die Kapazität einer trockenen Humusschicht 3 - 6 kg SO₂ ha⁻¹ beträgt. Sie kann aber rasch durch eine Anfeuchtung und hauptsächlich durch eine Durchwaschung regeneriert werden. Bei Erwägung natürlicher Verhältnisse kann bei der Konzentration von 0,1 mg SO₂ m⁻³ die Humusschicht während 7 - 14 Tage gesättigt werden.

Da die Bodenorganismenaktivität immer neue aktive Flächen für die Aufnahme bildet und auch die Niederschläge die Kapazität wieder erneuern, ist nicht anzunehmen, daß in der Natur die Aufnahme durch die Erschöpfung der Kapazität beschränkt wird.

Bei einer Kalkulation der Schwefeldeposition muß man weiter berücksichtigen, daß sich die Humusschicht während des Jahres verändert. Es gibt z.B. Feuchtigkeitsunterschiede und Strukturänderungen, die unter Laubholzbeständen von großer Bedeutung sind. Dies tritt auch unter der Fichte auf, aber nicht so ausgeprägt.

Die Ergebnisse unserer Laboruntersuchungen können so gewertet werden, daß sie eher Ergebnisse für eine Festlegung der unteren Grenze der SO₂-Aufnahmegeschwindigkeit sind.

Nur selten und meistens nur für kurze Zeit kommt es in der Natur z. B. zur völligen Austrocknung der Humusschicht.

Große Bedeutung für die Beurteilung der Jahresaufnahme hat die Auswertung des Einflusses von Schneeschicht im Winter. Wir haben zwar keine direkten Messungen gemacht, jedoch konnten wir feststellen, daß auch in den Lagen mit sehr hoher Immissionsbelastung unter einer Schneedecke ziemlich niedrige Schwefelgehalte vorliegen. Das ist im Einklang mit den Untersuchungen von DOVLAND und ELIASSEN (1976), die eine Depositionsgeschwindigkeit von SO₂ in die Schneeschicht von 4.10⁻⁴ - 5.10⁻³ m.s⁻¹ festgestellt haben; d.h. in der Größenordnung annähernd wie in die Humusschicht.

Es ist also nicht nötig, die Winter- und Sommermonate getrennt zu betrachten.

Nach Überlegung aller Faktoren, die die Schwefeldioxidaufnahme beeinflussen können, haben wir als untere Grenze der Depositionsgeschwindigkeit den Wert 0,12 cm.s⁻¹ und als obere Grenze 0,24 cm.s⁻¹ genommen.

Diesen Werten entspricht bei dem mitteleuropäischen "background" von 0,01 mg SO₂ . m⁻³ eine Deposition von 4 bzw. 2 kg S ha⁻¹ jährlich, bei einer hohen Schwefeldioxidbelastung von 0,1 mg SO₂ m⁻³ als jährlicher Durchschnittswert 38 bzw. 19 kg S ha⁻¹.

Bei intensiver SO₂-Einwirkung auf die Fichtenbestände muß man auch weitere Tatsachen berücksichtigen, z.B. die Auflockerung der Bestände und intensivere Zersetzung der Humusaufgabe, dabei auch eine Entwicklung der niedrigen Vegetation, was natürlich die Deposition beeinflusst.

Ein konkreter Fall:

Auf einer Fläche, wo die S-Anreicherung in dem Niederschlagswasser (nasse Deposition) und die Konzentration von SO₂ in der Luft gemessen werden, konnten wir feststellen, daß die S-Zufuhr durch die Niederschläge 113 kg S . ha⁻¹ beträgt, d.h. 31 kg . ha⁻¹ durch die Sorption des Gases bei einer durchschnittlichen Konzentration von 77 µg SO₂.m⁻³ Luft.

Das beweist, daß die direkte SO₂-Aufnahme durch die Humusschicht ihre Bedeutung hat. Da dieser Weg der Schwefelzufuhr in den Boden durch keine basischen Stoffe kompensiert wird, wie es bei den Niederschlägen mindestens teilweise erfolgt, ist diese Art der Anreicherung besonders gefährlich.

L i t e r a t u r

- DOVLAND, H. und ELIASSEN, A., 1976: Dry deposition on a snow surface. Atmosph. Environ. 10, S. 783-785.
- KÜHN, H. und WELLER, H., 1977: 6 jährige Untersuchungen über Schwefelzufuhr durch Niederschläge und Schwefelverluste durch Auswaschung (in Lysimetern). Zeitschrift Pflanzenern. Bodenk. 140, S. 431-440.
- MATERNA, J. und KOHOUT, R., 1978: Sorption des Schwefeldioxids durch den Humus (Tschechisch). Abschlußber. Forstl. Forschungsanstalt Jíloviště - Strnady.
- SCHWELA, D., 1977: Die trockene Deposition gasförmiger Luftverunreinigungen. Schriftenr. Landesanst. Immissionsschutz NRW. 42, S. 46 - 85.
- ULRICH, B. - MAYER, R. und KHANNA, P.K., 1979: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Wald-Ökosystemen im Solling. Schr. Forstl. Fak. Göttingen 58, 290 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [137_2_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Materna J.

Artikel/Article: [Aufnahme von Schwefeldioxid durch die Oberfläche der Humusschicht und ihre ökologische Bedeutung 211-219](#)