

Wirkungen von Ozon und Cadmium auf den Wasserhaushalt
von *Solidago canadensis* L. (Kanadische Goldrute)

- Gabriele Meyer -

Cadmium pretreated plants (10, 50, 200 ppm in the soil) of *Solidago canadensis* were fumigated with 500 ppb ozone for 4 hours. Transpiration, water exchange, water potential, and water saturation deficit were measured hourly during and after treatment with ozone in well watered and water stressed plants.

Regardless of water supply both cadmium and ozone depressed stomatal opening and thus transpiration and water saturation deficit, while water potential increased and water exchange was prolonged. The ozone-induced changes of water balance diminished after fumigation was finished. The extent of the reaction of the plants to cadmium depended on the applied doses. Combined cadmium and ozone treatment resulted in an intensified effect, transpiration and water saturation deficit were most reduced, water potential and water exchange were most increased. In case of water stress the observed effects on water balance were lower than in well watered plants because of a reduced sensibility, which is a consequence of stomatal closing.

Air pollution, cadmium, combining effects, ozone, Solidago canadensis, transpiration, water balance.

1. Einführung

Die Immissionssituation in belasteten Gebieten ist immer durch ein heterogenes Schadstoffgemisch gekennzeichnet. Neben dem Wissen um die Toxizität einzelner Luftschadstoffe sind daher Informationen über mögliche synergistische Wirkungen (z.B. additiv oder antagonistisch) und Mechanismen der wichtigsten Luftverunreinigungs-komponenten notwendig.

Über die kombinierte Wirkung von SO₂ und Schwermetallstäuben auf Pflanzen liegen bereits verschiedene Untersuchungen vor (z.B. GUDERIAN et al. 1977, KRAUSE 1975). Über das Zusammenwirken anderer Schadstoffe ist weniger bekannt. In unserer Arbeitsgruppe werden zur Zeit Cadmium, dem wegen seiner Neigung zur Akkumulation und seiner hohen Giftigkeit besondere Bedeutung zukommt, und Ozon untersucht (OVERDIECK, FAENSEN-THIEBES 1981 sowie FAENSEN-THIEBES, OVERDIECK 1981). Es wurden hier die Wirkungen der beiden Substanzen auf den Kohlenstoffhaushalt und das Wachstum verschiedener Testpflanzen untersucht. Eine weitere Arbeit von CZUBA, ORMROD (1974) beschreibt die Wirkungen auf den Pigmentgehalt von Kresse und Salat. Keine Angaben liegen vor über die Auswirkungen der beiden Substanzen auf den Wasserhaushalt von Pflanzen, obwohl verschiedene Arbeiten die Effekte des einen oder anderen der beiden Schadstoffe beschreiben (TING, DUGGER 1971; KIRKHAM 1978; ELKIEY, ORMROD 1979).

Um diese Lücke zu schließen, sollen hier vorläufige Ergebnisse über die Beeinflussung einiger Wasserhaushaltsgrößen durch die Applikation von Cadmium und Ozon einzeln bzw. nacheinander mitgeteilt werden.

2. Material und Methoden

Untersuchungsobjekt war die an ruderalen Standorten in Berlin häufig vorkommende Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis* L.). 12 Wochen alte, in Einheitserde im Gewächshaus angezogene Pflanzen wurden mit Cadmium als Cadmiumnitrat in den Konzentrationen 10, 50 und 200 ppm im Boden behandelt. Nach einer Einwirkungszeit von 4 Wochen wurden die Pflanzen mit 500 ppb Ozon über vier Stunden begast. Während der Begasung und bis 4 Stunden danach wurden stündlich Wassersättigungsdefizit (ČATSKÝ 1960), Wasserpotential (SCHOLANDER et al. 1965) und Transpiration (STOCKER 1929) gemessen. Die Untersuchungen erfolgten bei guter Wasserversorgung (tägliches Wässern) und bei Wasserstreß (induziert durch eine zweitägige Bewässerungspause).

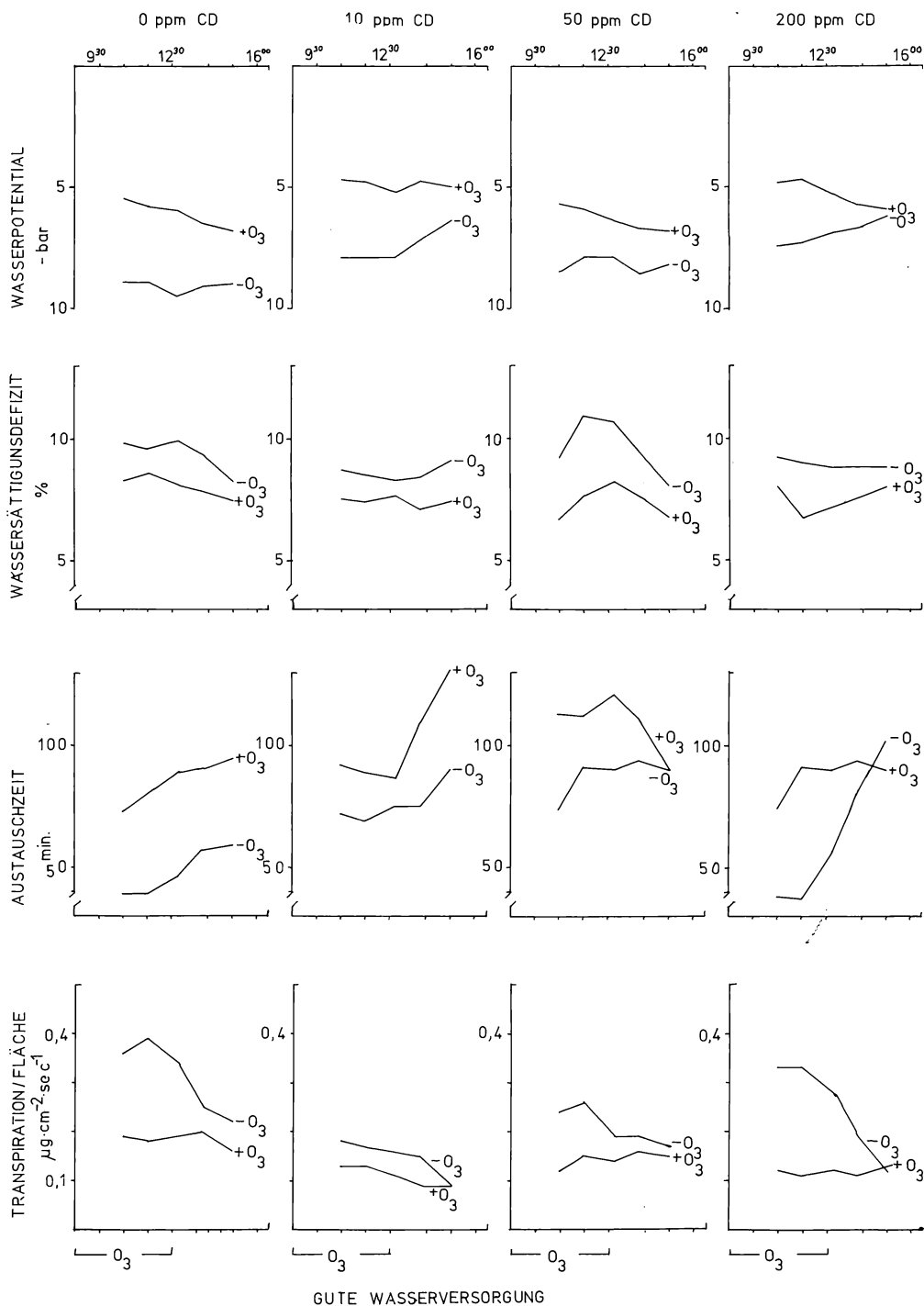


Abb. 1: Wirkung von Ozon und Cadmium auf Wasserpotential, Wassersättigungsdefizit, Transpiration/Fläche und Austauschzeit von *Solidago canadensis* im Tagesverlauf.
Versuch bei normaler Bewässerung der Pflanzen.

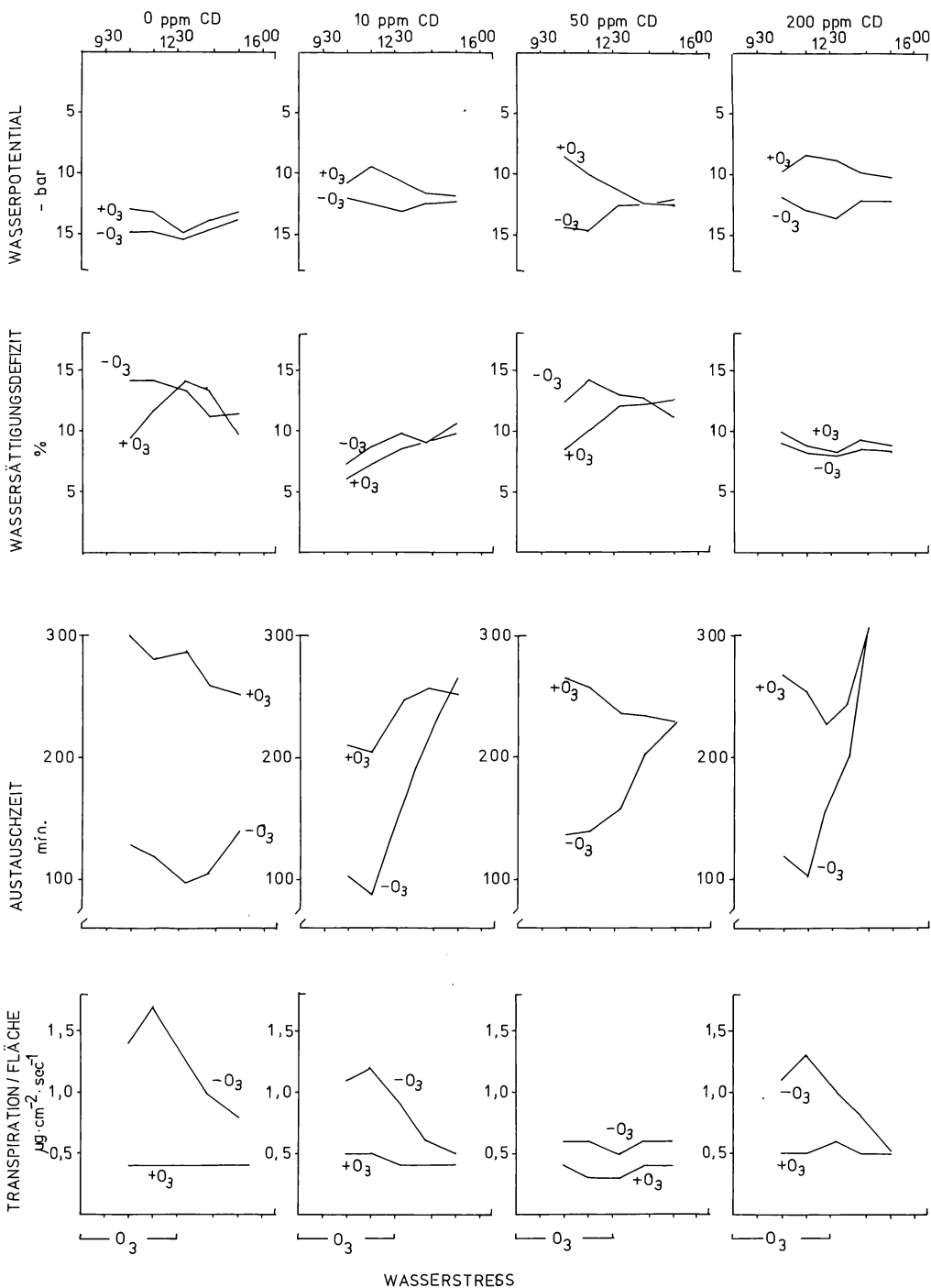


Abb. 2: Wirkung von Ozon und Cadmium auf Wasserpotential, Wassersättigungsdefizit, Transpiration/Fläche und Austauschzeit von *Solidago canadensis* im Tagesverlauf.
Versuch bei Wasserstreß.

3. Ergebnisse

3.1 Versuch bei normaler Bewässerung

3.1.1 Ozon-Wirkung

Alle gemessenen Wasserhaushaltsparameter zeigten unter dem Einfluß der Ozon-Begasung im Tagesverlauf deutliche Unterschiede zu den unbehandelten Kontrollen (Abb. 1): Das Wasserpotential war erhöht, das Wassersättigungsdefizit erniedrigt, die flächenbezogene Transpiration war verringert und damit verbunden die Wasseraustauschzeit verlängert. Insgesamt kann das als eine Verbesserung des Wasserzustandes der Pflanzen bezeichnet werden.

Besonders ausgeprägt waren die Unterschiede während des Begasungszeitraumes. Nach Begasungsende verringerten sie sich wieder und erreichten zum Teil die Werte der Kontrollen.

3.1.2 Cadmium-Wirkung

Die Cadmium-Behandlung der Pflanzen wirkte sich auf den Wasserzustand der Pflanzen ebenfalls im Sinne einer Verbesserung aus (Abb. 1). Eine Abhängigkeit der Wirkung von der zugegebenen Cadmiummenge ist aus den Kurvenverläufen zu erkennen. Die ausgeprägteste Verbesserung des Wasserzustandes der Pflanzen war bei den mit 10 ppm behandelten festzustellen. Ein Vergleich der Mittelwerte (Tab. 1) zeigt diese Abstufung deutlich.

3.1.3 Kombinationswirkung

Nachdem die mit Cadmium vorbehandelten Pflanzen mit Ozon begast worden waren, zeigte sich eine offensichtliche Interferenz der beiden Schadstoffwirkungen: Das Ozon verstärkte die Cadmium-Wirkung, die unter alleiniger Cadmium-Gabe beobachtete Abstufung blieb auch hier erhalten (Abb. 1, Tab. 1).

Tab. 1: *Solidago canadensis*: Mittelwerte von Wasserpotential (Ψ), Wassersättigungsdefizit (WSD), Transpiration/Fläche (TSP/F) und Wasseraustauschzeit der Blätter (AT-Zeit) in Abhängigkeit von der Behandlung mit Cadmium und/oder Ozon bei normaler Bewässerung und bei Wasserstreß. Die mit + gekennzeichneten Werte weichen signifikant von den Kontrollen ab.

CD ppm	Ψ -bar	Gute Bewässerung				Wasserstreß			
		WSD %	TSP/F µg/cm² · s	AT-Zeit min	Ψ -bar	WSD %	TSP/F µg/cm² · s	AT-Zeit min	
0/-O ₃	8.6	9.4	2.9	50	14.7	12.8	1.0	198	
10/-O ₃	7.2 +	8.1	1.5 +	96 +	12.2	8.9 +	0.8	195	
50/-O ₃	8.3	9.2	2.0 +	80 +	10.4 +	10.0	0.6	243	
200/-O ₃	7.8	9.0	2.4	65	12.8	8.4 +	0.9	192	
0/+O ₃	6.1 +	8.2	1.8 +	81 +	14.5	11.6	0.4 +	350	
10/+O ₃	4.8 +	7.7 +	1.1 +	127 +	10.8 +	8.2 +	0.4 +	320	
50/+O ₃	6.3 +	7.0 +	1.5 +	128 +	11.1 +	11.3	0.3 +	394	
200/+O ₃	5.6 +	8.2	1.2 +	117 +	10.3 +	9.7 +	0.5 +	281	

3.2 Versuch mit Pflanzen unter Wasserstreß

3.2.1 Ozon-Wirkung

Auch Pflanzen unter Wasserstreß reagieren unter Ozon-Einfluß mit einer - wenn auch nur leichten - Verbesserung des Wasserzustandes (Abb. 2): Die Transpiration verblieb während des Tagesganges auf einem Niveau, welches dem der kutikulären Transpiration entsprach. Dieser Effekt war beim Wasserpotential weniger ausgeprägt, das nur leicht erhöht war.

3.2.2 Cadmium-Wirkung

Ein signifikanter Unterschied zwischen Kontrollen und behandelten Pflanzen ergab sich bei den gemessenen Größen nur zum Teil (Tab. 1). Trotzdem war auch hier zu erkennen, daß die Cadmium-Behandlung eine leichte Verbesserung der Wasserverhältnisse innerhalb der Pflanze bewirkte.

3.2.3 Kombinationswirkung

Auf die kombinierte Cadmium/Ozon-Behandlung reagierten die Pflanzen mit einer Erhöhung des Wasserpotentials, Verminderung der Transpiration, Verlängerung der Wasseraustauschzeit und einer leichten Verminderung des Wassersättigungsdefizits (Abb. 2). Die Cadmium-Wirkung wurde auch bei Pflanzen unter Wasserstreß durch die zusätzliche Ozon-Gabe verstärkt.

4. Diskussion

Sowohl unter Ozon- und Cadmium-Einfluß als auch bei kombinierter Gabe wurde eine Verbesserung der Wasserverhältnisse bei *Solidago canadensis* festgestellt: Das Wasserpotential ist erhöht und das Wassersättigungsdefizit vermindert, was als Folge eines Spaltenschlusses der Blätter und der damit verbundenen verringerten Transpiration zu verstehen ist. Diese Erscheinungen wurden bereits von anderen Autoren für Ozon (HILL, LITTLEFIELD 1969; ADEDIPE et al. 1972; BECKERSON, HOFSTRA 1979) und Cadmium (BAZZAZ et al. 1974; CARLSON et al. 1975; KIRKHAM 1978) bei verschiedenen Pflanzenarten gefunden. Im Gegensatz hierzu wurde bei Ozon-Begasung von *Petunia hybrida* (ELKIEY, ORMROD 1979) und *Phaseolus vulgaris* (TING, DUGGER 1971) eine Verminderung des Blattwasserpotentials festgestellt. Offensichtlich zeigen verschiedene Pflanzenarten unterschiedliches Schließzellenverhalten nach Ozon-Gabe: Relativ resistente Arten verlieren durch Ozon die Semipermeabilität ihrer Schließzellenmembranen und die Zellturgeszenz, wodurch sich die Stomata schließen; die Membranen empfindlicher Pflanzen hingegen sind unempfindlich gegen Ozon, die Stomata bleiben geöffnet (ENGLE, GABELMAN 1966). So dringt Ozon in die Atemhöhle ein und führt zu Membranveränderungen und Wasserverlust auf Grund von Zellzerstörung im Blattinnern. Hieraus resultiert dann ein verringertes Wasserpotential (ELKIEY, ORMROD 1979). *Solidago canadensis* ist auf Grund von Versuchen mit massiven Ozon-Gaben (2 ppm), welche nicht zu akuten Schädigungen führten, als relativ resistente Art anzusehen.

Die nach Begasungsende einsetzende Erholungsphase mit absinkendem Wasserpotential und Anstieg von Transpiration und Wassersättigungsdefizit ist auch von anderen Autoren beobachtet worden (HILL, LITTLEFIELD 1969; ELKIEY, ORMROD 1979). Diese Erholung erfolgt unter Wasserstreß schneller und ist als verminderte Empfindlichkeit der Pflanzen infolge geschlossener Stomata zu begreifen (Mac DOWALL 1965; DEAN, DAVIS 1967).

Eine Abhängigkeit von der applizierten Cadmium-Menge, welche sich besonders deutlich bei den Transpirationsverläufen zeigt, wurde auch an *Chrysanthemum* gefunden (KIRKHAM 1978).

Schlechte Wasserversorgung führt bei *Solidago* zum Spaltenschluß, woraus eine weniger ausgeprägte Reaktion auf die Schadstoffzugabe als unter optimaler Wasserversorgung resultiert. Diese verminderte Anfälligkeit unter Wasserstreß wurde auch von anderen Autoren an verschiedenen Testpflanzen festgestellt (MacDOWALL 1965; DEAN, DAVIS 1967).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß Cadmium und Ozon synergistisch durch Spaltenschluß im Sinne einer Verbesserung auf den Wasserzustand von *Solidago canadensis*-Blättern wirken. Im Falle von Wasserstreß tritt dieser Effekt in geringerem Ausmaß auf als bei gut bewässerten Pflanzen. Cadmium und Ozon verändern somit den Wasserhaushalt, ihre schädliche Wirkung (z.B. Wachstums-einschränkung, Absterben der Blätter) kann jedoch bei *Solidago* nicht primär als Ergebnis verschlechterter Wasserverhältnisse angesehen werden.

Literatur

- ADEDIPE N.O. et al., 1972: Stomatal regulation of ozone phytotoxicity in tomato. Z. Pflanzenphysiol. 68: 323-328.
- BAZZAZ F.A. et al., 1974: Effect of Cd on photosynthesis and transpiration of excised leaves of corn and sunflower. Physiol. Plant. 32: 373-376.
- BECKERSON D.W., HOFSTRA G., 1979: Stomatal responses of white bean to O₃ and SO₂ singly or in combination. Atmospheric Environment 13: 533-535.
- CARLSON R.W. et al. 1975: The effect of heavy metals on plants II. Net photosynthesis and transpiration of whole corn and sunflower plants treated with Pb, Cd, Ni, and Tl. Environmental Research 10: 113-120.
- ČATSÝ J., 1960: Determination of water deficit in disks cut from leaf blades. Biol. Plant. 2: 76-78.
- CZUBA M., ORMROD D.P., 1974: Effects of cadmium and zinc on ozone-induced phytotoxicity in cress and lettuce. Cann. J. Bot. 52: 645-649.
- DEAN C.E., DAVIS D.R., 1967: Ozone and soil moisture in relation to the occurrence of weather fleck on Florida cigar wrapper tobacco. Pl. Dis. Reporter 51: 72-75.
- ELKIEY T., ORMROD D.P., 1979: Ozone and sulphur dioxide effects on leaf water potential of Petunia. Z. Pflanzenphysiol. 91: 177-181.
- ENGLE R.L., GABELMAN W.H., 1966: Response of Allium cepa to ozone. Proc. 17. Intern. Hort. Congr. [Univ. Maryland 1966]:
- FAENSEN-THIEBES A., OVERDIECK D., 1981: Wirkungen des Cadmiums auf die Veränderungen in CO₂-Gaswechsel und Transpiration bei Phaseolus vulgaris L. nach Ozon-Begasung. Verh. Ges. f. Ökologie IX (Berlin 1980):
- GUDERIAN R. et al., 1977: Untersuchungen zur Kombinationswirkung von Schwefeldioxid und schwermetallhaltigen Stäuben auf Pflanzen. Schriftenr. Landesanst. Imm. (LiB) 40: 23-30.

- HILL A.C., LITTLEFIELD N., 1969: Ozone. Effect on apparent photosynthesis, rate of transpiration and stomatal closure in plants. *Env. Sc. and Technology* 3: 52-56.
- KIRKHAM M.B., 1978: Water relations of cadmium-treated plants. *J. Environ. Qual.* 7: 334-336.
- KRAUSE G.H.M., 1975: Phytotoxische Wechselwirkungen zwischen Schwefeldioxid und den Schwermetallen Zink und Cadmium. *Schriftenr. Landesanst. Imm. (LIB)* 34: 86-91.
- MacDOWALL F.D.H., 1965: Predisposition of tobacco to ozone damage. *Can. J. Sci.* 45: 1-12.
- OVERDIECK D., FAENSEN-THIEBES A., 1981: Wirkungen von Ozon auf CO₂-Gaswechsel und Transpiration bei *Nicotiana tabacum* L. Bel W-3 und *Phaseolus vulgaris* L. var. *saxa*. *Verh. Ges. f. Ökologie IX* (Berlin 1980):
- SCHOLANDER P.F. et al., 1965: Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- STOCKER O., 1929: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgröße. *Ber. dt. bot. Ges.* 47: 126-129, 130-136.
- TING I.P., DUGGER W.M., 1971: Ozone resistance in tobacco plants: A possible relationship to water balance. *Atmospheric Environment* 5: 147-150.

Adresse

Dipl.-Biol. Gabriele Meyer
 Institut für Ökologie (Botanik) TU
 Rothenburgstr. 12
 D-1000 Berlin 41

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [9_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Gabriele

Artikel/Article: [Wirkungen von Ozon und Cadmium auf den Wasserhaushalt von *Solidago canadensis* L. \(Kanadische Goldrute\) 283-288](#)