©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	Vol. 21	Fasc. 2	245—259	30. 9. 1981

Der Einfluß isolierter und kombinierter Schadstoffe auf Austrocknungsresistenz und Transpiration bei *Trifolium repens* L. [1])

Von

Rosemarie SCHINNINGER*)

Mit 8 Abbildungen

Eingelangt am 27. November 1980

Key words: desiccation resistance, lead, pollutant combinations, sodium chloride, sulphur dioxide, transpiration, *Trifolium repens*.

Summary

SCHINNINGER R. 1981. Desiccation resistance and transpiration of *Trifolium repens* L. under the influence of single and combined pollutants. — Phyton (Austria) 21 (2): 245—259, with 8 figures. — German with English summary.

The influence of sodium chloride, lead, and sulphur dioxide on desiccation resistance and transpiration of *Trifolium repens* L. was studied. The plants were treated with single and combined pollutants.

The pollutant combinations showed four possible reaction types: antagonism, domination, synergism, and reversion.

Zusammenfassung

SCHINNINGER R. 1981. Der Einfluß isolierter und kombinierter Schadstoffe auf Austrocknungsresistenz und Transpiration bei *Trifolium repens* L. — Phyton (Austria) 21 (2): 245—259, mit 8 Abb. — Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

An *Trifolium repens* L. wurden die Wirkungen dreier typischer Umweltgifte (Natriumchlorid, Blei und Schwefeldioxid) auf Austrocknungsresistenz und Transpiration untersucht. Die Versuchspflanzen wurden sowohl mit einzelnen als auch mit kombinierten Schadstoffen behandelt. Die Schadstoffkombinationen zeigten — im Vergleich mit den Ergebnissen der Einzelschadstoffbehandlung — vier mögliche Wirkmechanismen: Antagonismus, Synergismus, Überdeckung und Wirkungs-Umkehr.

---

[1]) Publ. Nr. 43 der MAB-Projektgruppe Urbanökologie.

*) Anschrift des Verfassers: Mag. Dr. R. SCHINNINGER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1, A-1010 Wien.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

1. Einleitung

Pflanzliche Bioindikatoren werden in zunehmendem Maße zur Erfassung anthropogener Umweltveränderungen herangezogen. Bioindikation kann aber nur betrieben werden, wenn die Auswirkungen von Umweltgiften auf das komplexe physiologische Geschehen in der Pflanze bekannt sind.

In Laborversuchen wurden die Einflüsse dreier typischer, in der Stadt in großen Mengen vorkommender Schadstoffe (Natriumchlorid, Blei und Schwefeldioxid) auf Austrocknungsresistenz und Transpiration an *Festuca rubra* L. (SCHINNINGER-ROTHSCHEDL 1979), *Amaranthus chlorostachys* WILLD. (SCHINNINGER Flora i. pr.) und *Trifolium repens* L. untersucht. Das Hauptgewicht lag auf Versuchen mit verschiedenen Schadstoffkombinationen, welche der realen Umweltsituation eher entsprechen als eine Einzelschadstoffbelastung. Zur Interpretation der Kombinationswirkungen waren jedoch Versuche mit den einzeln gebotenen Schadstoffen NaCl, $Pb(NO_3)_2$ und SO_2 notwendig.

2. Material und Methoden

2.1 *Anzucht der Versuchspflanzen*

Die Samen wurden auf Quarzsand ausgesät. Für die Kontrollpflanzen wurde der Sand mit Leitungswasser befeuchtet, für die mit Schadstoffen zu behandelnden Pflanzen mit derjenigen Konzentration der Schadstofflösung, mit der die Pflanzen weiterbehandelt wurden. Die zwölf Tage alten Keimlinge wurden in Einheitserde umgesetzt.

2.2 *Einzelschadstoffbehandlung*

NaCl- und $Pb(NO_3)_2$-Lösungen: 0,01 M und 0,001 M

SO_2: 50 ppm; fünftägige Dauerbegasung bzw. intermittierende Begasung (5×4 Stunden) nach der Methode von HÄRTEL & MIKLAU (1971).

2.3 *Schadstoffkombinationen*

$NaCl + Pb(NO_3)_2$: Die Konzentration der Gießflüssigkeit war 0,005 M in bezug auf NaCl und 0,005 M in bezug auf $Pb(NO_3)_2$.

$NaCl + SO_2$: Die Vorbehandlung der Versuchspflanzen erfolgte mit einer 0,01 M Kochsalzlösung. Die fünftägige Behandlung mit 50 ppm SO_2 wurde als Dauer- und intermittierende Begasung durchgeführt.

$Pb(NO_3)_2 + SO_2$: Vorbehandlung mit 0,01 M $Pb(NO_3)_2$-Lösung. Anschließend fünftägige Begasung mit 50 ppm SO_2 (kontinuierlich und intermittierend).

$NaCl + Pb(NO_3)_2 + SO_2$: Die Gießflüssigkeit war 0,005 M in bezug auf NaCl und 0,005 M in bezug auf $Pb(NO_3)_2$. Begast wurde wiederum mit 50 ppm SO_2 (fünftägige Dauerbegasung und Intermission).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

In allen Versuchsserien erhielten sowohl unbehandelte Kontrollpflanzen (welche mit Leitungswasser gegossen wurden) als auch schadstoffbehandelte Pflanzen die gleiche Flüssigkeitsmenge. Nach einer durchschnittlichen Behandlungszeit von 9 Wochen (Menge der Gießflüssigkeiten: ca. 200 ml) wurden Austrocknungsresistenz und Transpiration bestimmt. Austrocknungsversuche und Transpirationsmessungen wurden durchschnittlich zwanzigmal wiederholt.

2.4 *Bestimmung der Austrocknungsresistenz*

Die Austrocknungsresistenz wurde nach der bei Bornkamm (1958) beschriebenen Methode bestimmt. Jeweils 5 Blätter mit Blattstielen wurden unter standardisierten Klimabedingungen (20 ± 2° C; 60 ± 5% relative Luftfeuchtigkeit) zum Austrocknen auf ein Gitter gelegt und anschließend 48 Stunden in einer wasserdampfgesättigten Wanne belassen. Nach voller Aufsättigung erfolgte die Bestimmung der Blattschädigung (in % der Gesamtblattfläche) und die Trocknung des Pflanzenmaterials bei 85° C (48 Stunden lang).

Das Maß der Austrocknungsresistenz sind die Mittelwerte des Wassersättigungsdefizites (WSD) in % des Sättigungswassergehaltes (SWG) (errechnet nach Stocker 1929) und die dazugehörenden Mittelwerte der Todesraten der Blätter (in % der Gesamtblattfläche).

In den Abb. 1 bis 7 sind die Mittelwerte des WSD (a) und der Blattschädigung (b) aus mehreren Versuchen dargestellt, wobei die Mittelwerte der Kontrollpflanzen jeweils 1 gesetzt und die entsprechenden Werte der schadstoffbehandelten Pflanzen auf K = 1 bezogen wurden.

2.5 *Messung der Transpiration*

Die Transpiration wurde an ganzen Pflanzen in Kulturgefäßen nach der Summen- oder Integrationsmethode (Huber 1927) im Tagesgang mittels Wägung bestimmt. Es befanden sich jeweils 5 Pflanzen in abgedichteten Töpfen. Die Messungen erfolgten unter denselben standardisierten Bedingungen wie die Austrocknungsversuche.

In den Blockdiagrammen (c) der Abb. 1 bis 7 sind die Mittelwerte der Tages-Transpirations-Summen aus mehreren Versuchen dargestellt, wobei die Kontrolle wiederum 1 gesetzt ist. Die Tages-Transpirations-Summen beinhalten die gesamte Wasserdampfabgabe zwischen erster und letzter Messung eines Tagesganges.

3. Ergebnisse

3.1 *Einzelschadstoffbehandlung*

3.1.1 Natriumchlorid (Abb. 1)

Das WSD der salzgestreßten Pflanzen ist gegenüber Kontrollpflanzen geringfügig abgesenkt. Nach 0,01 M NaCl-Behandlung ist die Blattschädi-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

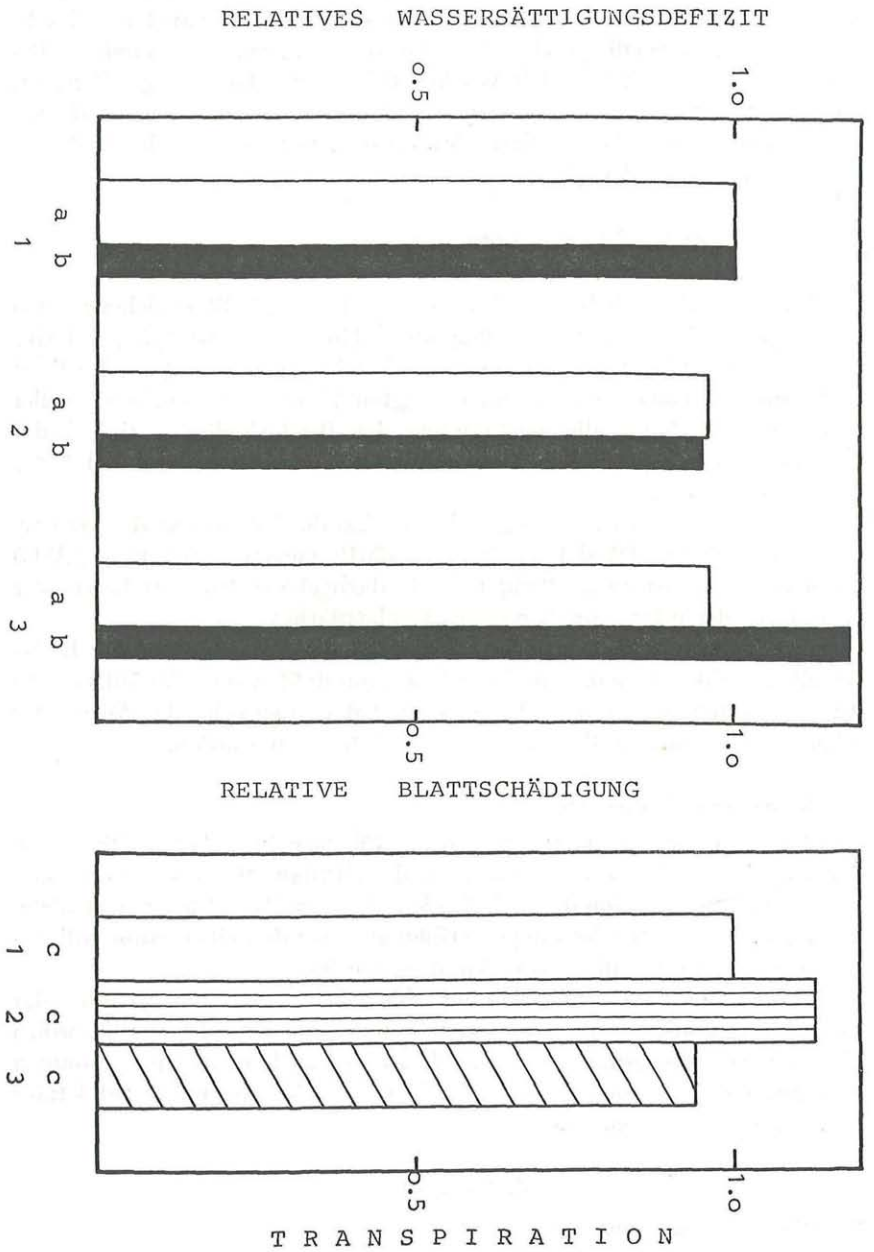

Abb. 1. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach NaCl-Behandlung
1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,001 M NaCl; 3 = 0,01 M NaCl

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

gung nach Austrocknung gegenüber der Kontrolle erhöht, während die 0,001 M NaCl-Applikation die Todesraten der Blätter gegenüber den Kontrollen etwas senkt. Auch auf die Transpiration wirkt NaCl uneinheitlich. Bei 0,001 M NaCl-Unterlage ist die Transpiration gegenüber der. Kontrolle erhöht, während bei 0,01 M NaCl-Behandlung eine Einsparung der stomatären Wasserdampfabgabe zu beobachten ist.

3.1.2 Bleinitrat (Abb. 2)

Die Todesraten der Blätter nach Austrocknung sind bei Bleiunterlage gegenüber den Kontrollen vermindert, während beim Wassersättigungsdefizit praktisch kein Bleieinfluß erkennbar ist. Auch die Transpiration ist — im Gegensatz zu *Festuca rubra* (SCHINNINGER-ROTHSCHEDL 1979) — nur bei 0,01 M $Pb(NO_3)_2$-Behandlung gegenüber den Kontrollen erhöht, während 0,001 M $Pb(NO_3)_2$ das Transpirationsverhalten nicht ändert.

3.1.3 Schwefeldioxid (Abb. 3)

Wassersättigungsdefizit und Todesraten der Blätter nach Austrocknung sind sowohl nach Dauer- als auch nach intermittierender Begasung gegenüber den Kontrollen erhöht, während die Transpiration unter SO_2-Einfluß im Vergleich zur Kontrolle geringfügig abgesenkt ist.

3.2 *Schadstoffkombinationen*

Die verwendeten Kombinationen von Schadstoffen ergaben vier mögliche Wirkmechanismen (nach BURIAN 1976, vgl. SCHINNINGER-ROTHSCHEDL 1979):

Antagonismus (Kombinationswirkung liegt zwischen den Einzelwirkungen);

Synergismus (gleichsinnige Einzelwirkungen werden in der Kombination beibehalten);

Überdeckung (*ein* Schadstoff dominiert; der Einfluß anderer Schadstoffe ist nicht zu erkennen);

Wirkungs-Umkehr (gleichsinnig wirkende Einzelschadstoffe führen in der Kombination zu einer Auslenkung in die Gegenrichtung).

3.2.1 Kombination Natriumchlorid — Bleinitrat (Abb. 4)

Das Wassersättigungsdefizit ist durch diese Schadstoffbehandlung gegenüber den Kontrollen nur geringfügig erniedrigt, während die Überlebensraten der Blätter durch die antagonistische Wirkung der beiden

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

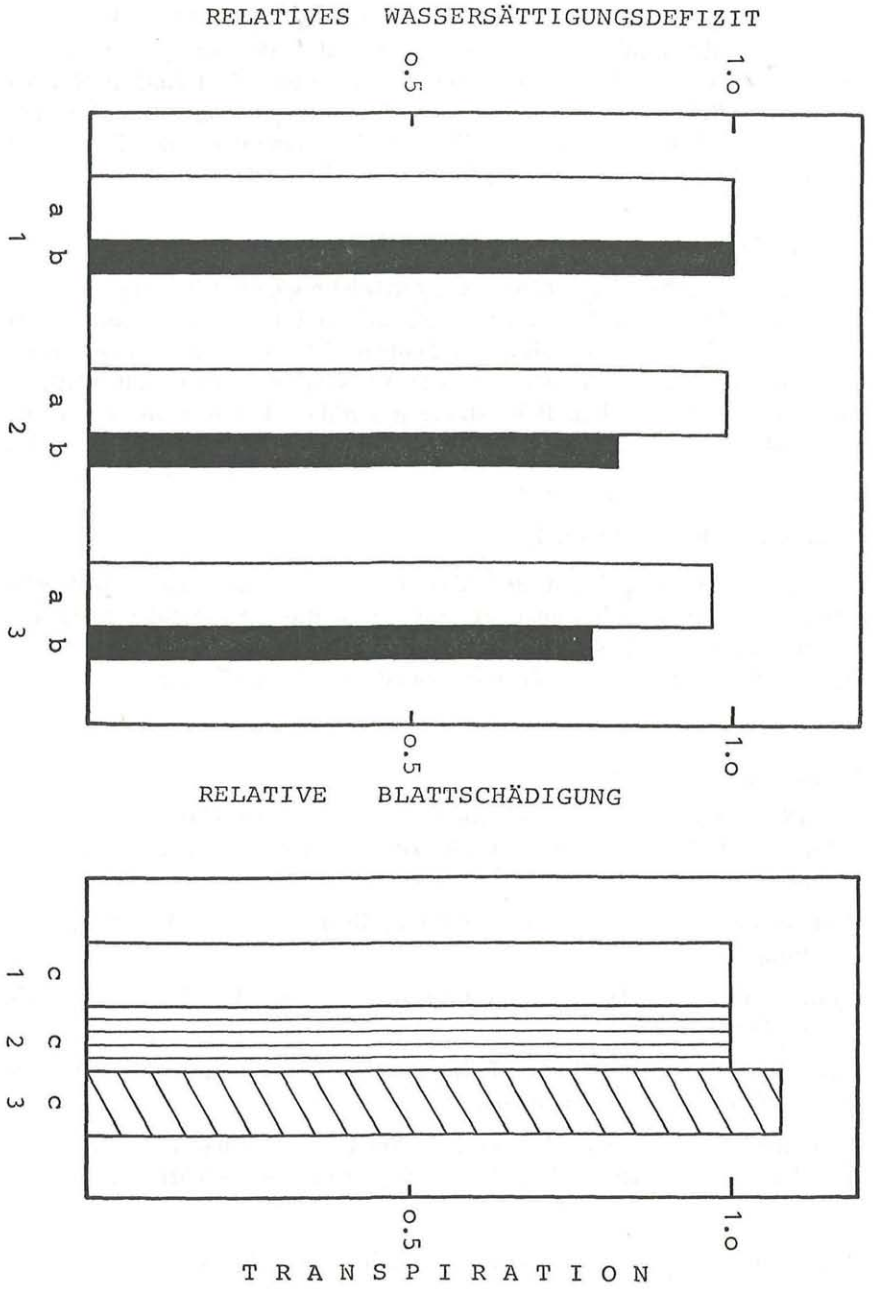

Abb. 2. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach Pb $(NO_3)_2$-Behandlung
1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,001 M Pb $(NO_3)_2$; 3 = 0,01 M Pb $(NO_3)_2$

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

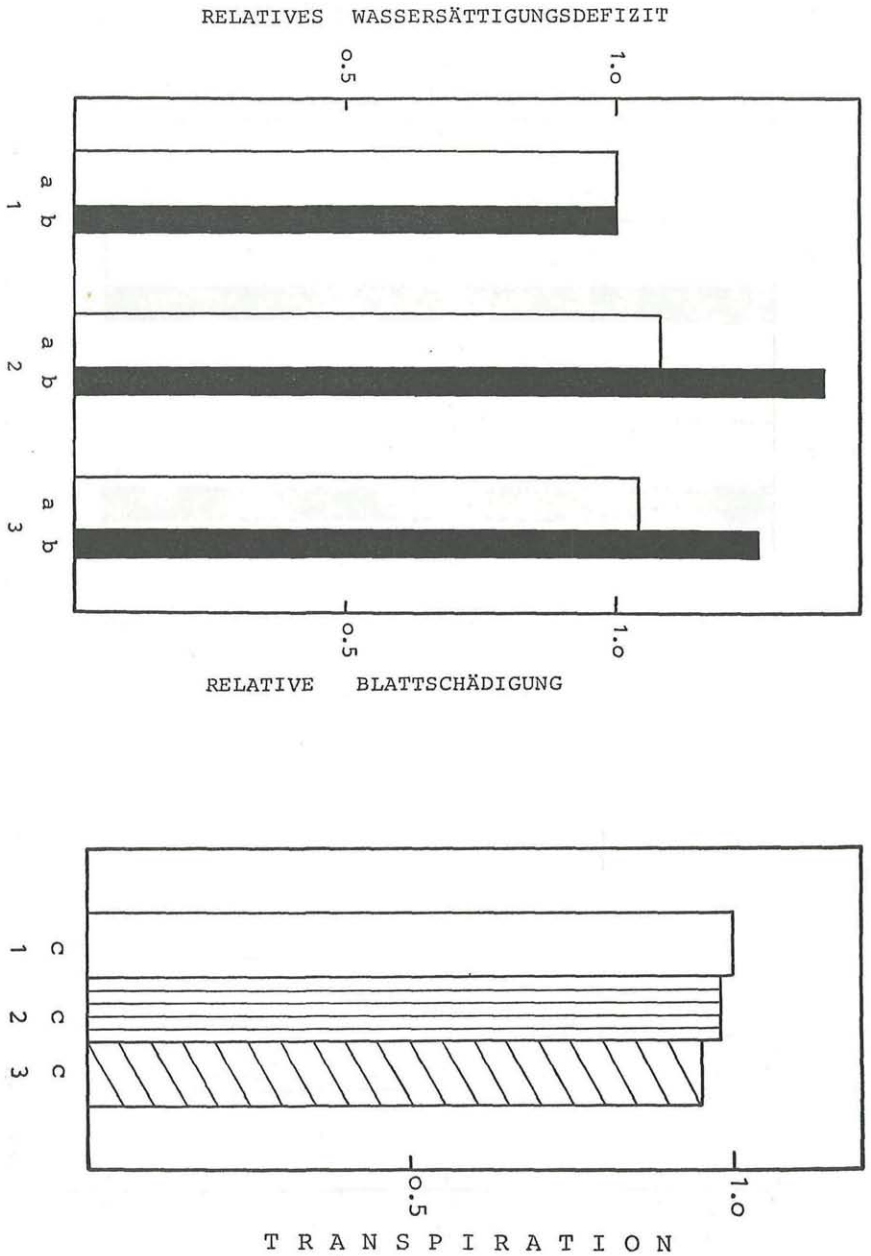

Abb. 3. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach SO_2-Begasung
1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 50 ppm SO_2 (5 Tage Dauerbegasung); 3 = 50 ppm SO_2 (intermittierende Begasung, 5×4 Stunden)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

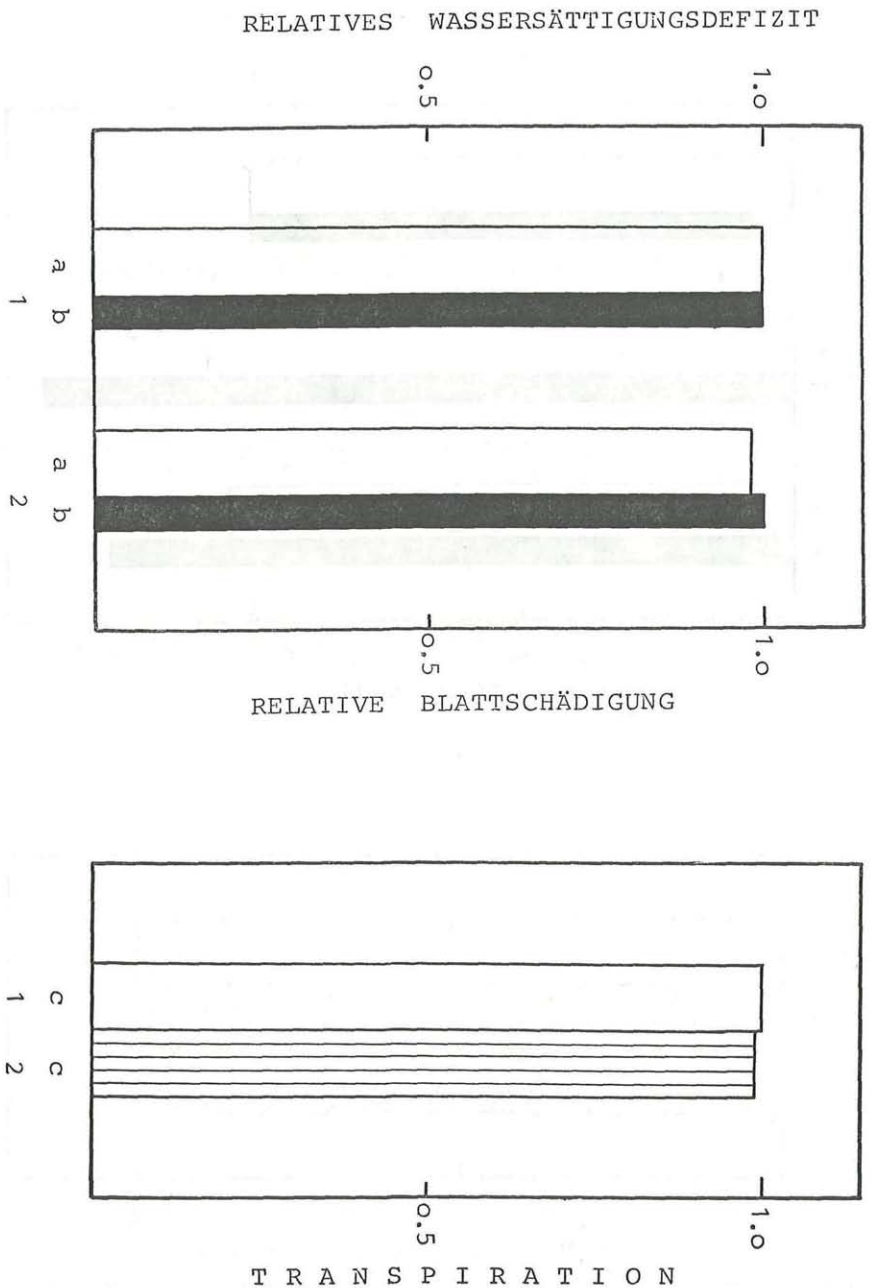

Abb. 4. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach Behandlung mit NaCl und $Pb(NO_3)_2$
1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,005 M NaCl + 0,005 M $Pb(NO_3)_2$

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Schadstoffe exakt den Kontrollwerten entsprechen. Auch die Transpiration weicht durch den Antagonismus von NaCl und $Pb(NO_3)_2$ kaum von den Kontrollwerten ab.

3.2.2 Kombination Natriumchlorid — Schwefeldioxid (Abb. 5)

Das Wassersättigungsdefizit ist nach Dauerbegasung gegenüber den Kontrollen erhöht und erreicht exakt den Wert der SO_2-Einzelwirkung (Überdeckung). In der Kombination mit intermittierender Begasung dominiert das Chlorid; das WSD ist gegenüber der Kontrolle geringfügig abgesenkt. Die Schädigungsraten der Blätter schadstoffbehandelter Pflanzen sind gegenüber unbehandelten Kontrollpflanzen stark erhöht. Durch eine antagonistische Wirkung von NaCl und SO_2-Dauerbegasung wird aber nicht mehr die hohe Schädigungsrate der SO_2-Einzelbehandlung erreicht. Im Gegensatz dazu wird durch die synergistische Wirkung von NaCl und SO_2-Intermission die Schädigungsrate der Blätter nach Austrocknung über die Werte der Einzelschadstoffbehandlung gehoben.

Die Transpiration ist nach Schadstoffbehandlung gegenüber den Kontrollen vermindert. In der Kombination mit SO_2-Dauerbegasung ist sie durch einen synergistischen Effekt der Kombination stärker abgesenkt als bei entsprechender Einzelschadstoffbehandlung.

3.2.3 Kombination Bleinitrat — Schwefeldioxid (Abb. 6)

Das Wassersättigungsdefizit ist gegenüber den Kontrollen erhöht und sichtlich vom SO_2-Einfluß bestimmt. Durch gleichzeitig gebotenes $Pb(NO_3)_2$ wird SO_2 in seiner blattschädigenden Wirkung so stark gehemmt, daß die Schädigungsraten nach Schadstoffbehandlung unter den Kontrollwerten liegen. In der Kombination $Pb(NO_3)_2$ und SO_2-Dauerbegasung wird durch eine Wirkungs-Umkehr das Schadensbild des unschädlicheren Partners (nämlich Bleinitrat) noch untertroffen.

Die Transpiration wird durch die Kombination der beiden Schadstoffe gegenüber den Kontrollen gesenkt. In beiden Versuchen handelt es sich um eine Wirkungs-Umkehr.

3.2.4 Kombination Natriumchlorid — Bleinitrat — Schwefeldioxid (Abb. 7)

Bei Dauerbegasung und Salzunterlagen steigt das WSD gegenüber sämtlichen Vergleichswirkungen sehr stark an. Die defiziterhöhende Wirkung der SO_2-Dauerbegasung wird durch die Salze erheblich gesteigert, während die SO_2-Intermission die defizitsenkende Salzwirkung noch verstärkt. In beiden Fällen liegt eine Wirkungs-Umkehr vor.

Auf die Überlebensraten der Blätter nach Austrocknung wirkt sich die dreifache Kombinaion Salze und SO_2-Dauerbegasung günstig aus. Der Wert wird im Gegensatz zu den Einzelwirkungen über den Kontrollwert

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

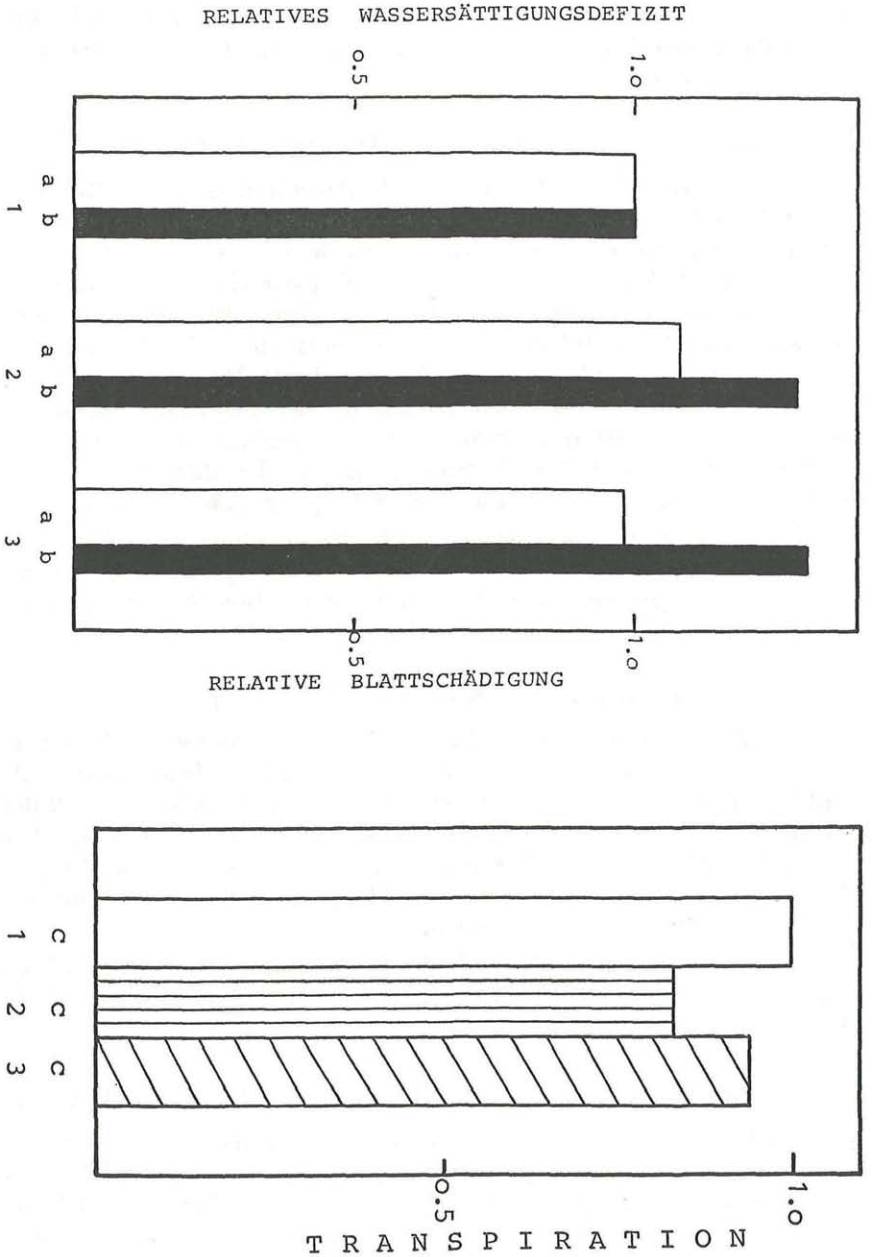

Abb. 5. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach Behandlung mit NaCl und SO_2
1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,01 M NaCl + 50 ppm SO_2 (5 Tage Dauerbegasung);
3 = 0,01 M NaCl + 50 ppm SO_2 (5 × 4 Stunden, intermittierend)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

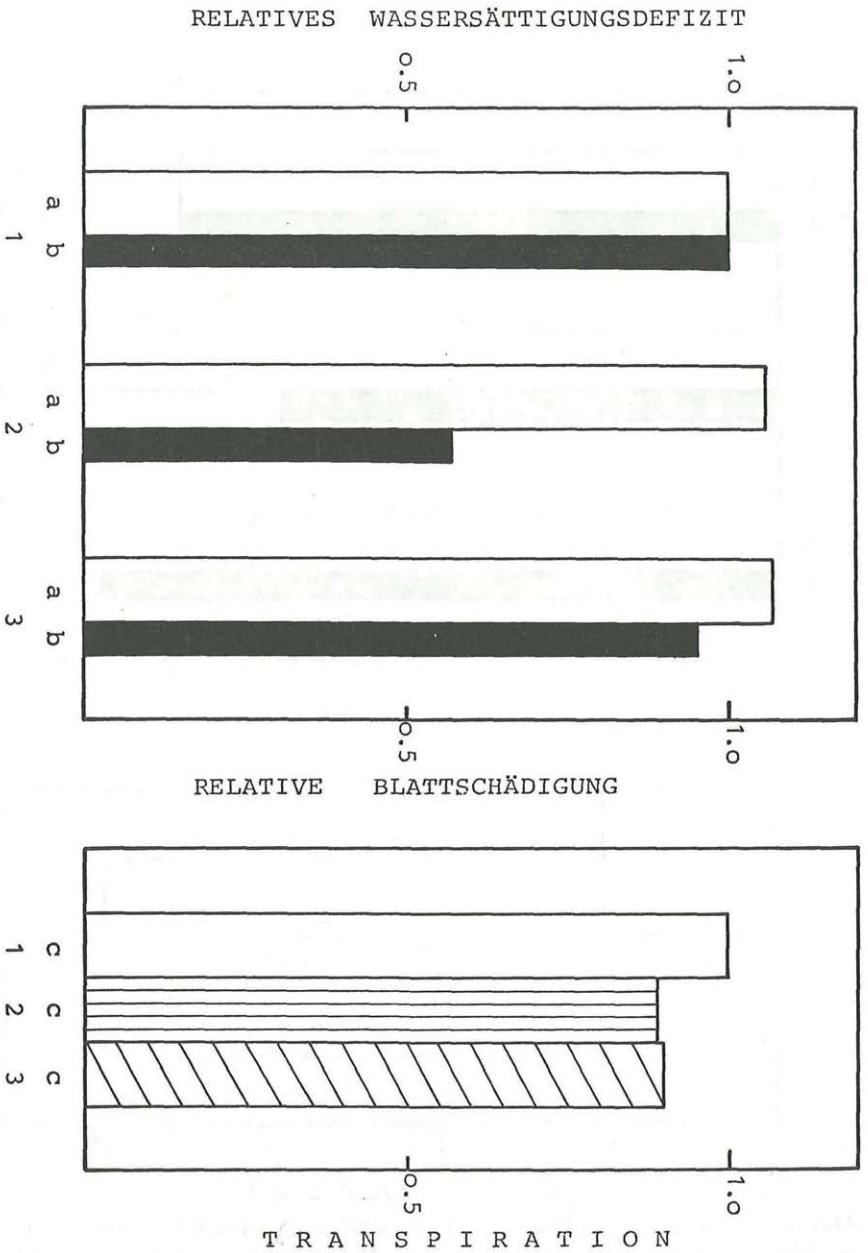

Abb. 6. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach Behandlung mit Pb $(NO_3)_2$ und SO_2 1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,01 M Pb $(NO_3)_2$ + 50 ppm SO_2 (5 Tage Dauerbegasung); 3 = 0,01 M Pb $(NO_3)_2$ + 50 ppm SO_2 (intermittierend, 5 × 4 Stunden)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

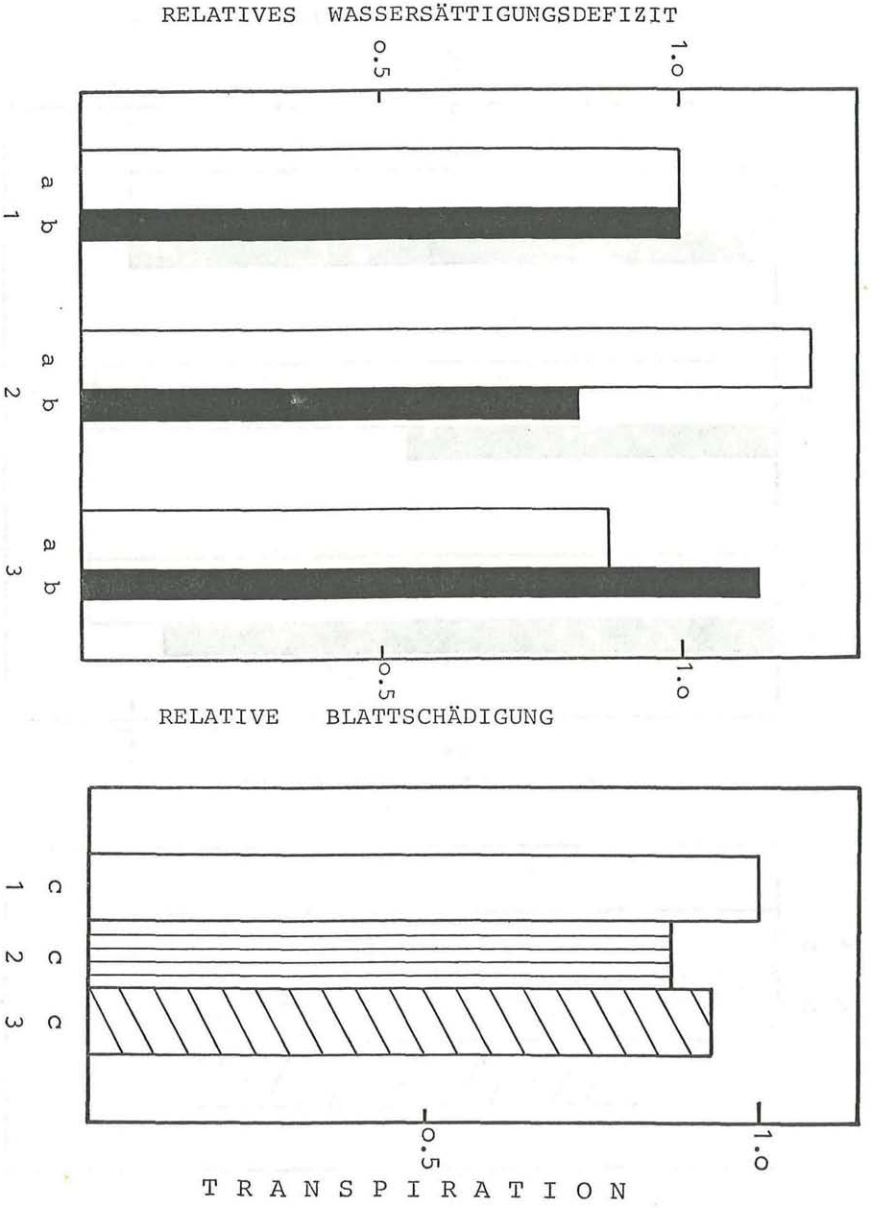

Abb. 7. *Trifolium repens*: Relatives Wassersättigungsdefizit (a), relative Blattschädigung (b) und Transpiration (c) nach Behandlung mit NaCl, Pb $(NO_3)_2$ und SO_2

1 = Kontrolle (H_2O); 2 = 0,005 M NaCl + 0,005 M Pb $(NO_3)_2$ + 50 ppm SO_2 (5 Tage Dauerbegasung); 3 = 0,005 M NaCl + 0,005 m Pb $(NO_3)_2$ + 50 ppm SO_2 (5 × 4 Stunden, intermittierend)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

erhöht. Es handelt sich um eine Wirkungs-Umkehr bei gleichzeitigem Schadstoffangebot. Bei der Kombination mit intermittierender Begasung pendelt sich die Schädigung zwischen den Werten der Salz- und Schwefeldioxid-Einzelwirkungen ein, was auf einen antagonistischen Effekt der Schadstoffe zurückzuführen ist. Das Schadensbild ist gegenüber der Kontrolle erhöht.

Die Transpiration wird in der Kombination Salze und SO_2-Dauerbegasung durch synergistische Wirkung tiefer gedrückt als bei SO_2-Dauerbegasung ohne Salzunterlage. Die Transpirationswerte bei Salzapplikation und intermittierender Begasung ergeben wieder das für die Intermission bekannte Bild (vgl. auch SCHINNINGER, Flora i. pr.), nämlich Verstärkung der Transpirationshemmung auf einen tieferen Wert als bei vergleichbaren Einzelwirkungen. Die Wirkung dieser Kombination ist wiederum synergistisch.

Schadstoffbehandlung	Wasser-sättigungs-defizit	Blatt-schädigung	Tran-spiration
NaCl + Pb $(NO_3)_2$	—	A	A
NaCl + SO_2-Dauerbegasung	Ü	A	S
NaCl + SO_2-Intermission	Ü	S	—
Pb $(NO_3)_2$ + SO_2-Dauerbegasung	Ü	W	W
Pb $(NO_3)_2$ + SO_2-Intermission	—	A	W
NaCl + Pb $(NO_3)_2$ + SO_2-Dauerbegasung	W	W	S
NaCl + Pb $(NO_3)_2$ + SO_2-Intermission	W	A	S

Abb. 8. *Trifolium repens*: Zusammenfassende Darstellung der Kombinationswirkungen
A = Antagonismus; S = Synergismus; Ü = Überdeckung; W = Wirkungs-Umkehr

4. Diskussion

Die Einzelschadstoffe NaCl, $Pb(NO_3)_2$ und SO_2 — die Kenntnis deren Wirkung ist für die Interpretation der Kombinationswirkungen notwendig — wirken bei *Trifolium repens* L. nicht so drastisch auf den Wasserhaushalt wie bei *Festuca rubra* L. (SCHINNINGER-ROTHSCHEDL 1979) und *Amaranthus chlorostachys* WILLD. (SCHINNINGER, Flora i. pr.). Während das Wassersättigungsdefizit gegenüber den Kontrollen nur geringfügig verändert ist, sind die Todesraten der Blätter nach Austrocknung bei NaCl-Behandlung (0,01 M) und SO_2-Begasung gegenüber den Kontrollen stark erhöht. $Pb(NO_3)_2$ erhöht wiederum — wie bei *Festuca rubra* L. (SCHINNINGER-ROTHSCHEDL 1979) und *Amaranthus chlorostachys* WILLD. (SCHINNINGER, Flora i. pr.) — die Überlebensfähigkeit der Blätter nach Austrock-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

nung. Die von Blei bekannte Hemmung der Wasserdurchflußkapazität der Wurzeln (vgl. ENGENHART 1980) scheint *Trifolium repens* am besten ausgleichen zu können; die Transpiration ist im Gegensatz zu den beiden oben genannten Pflanzengattungen den Kontrollen angeglichen bzw. etwas erhöht. Bei *Trifolium repens* führt nicht nur die Dauerbegasung sondern auch die intermittierende Begasung mit SO_2 zu einer Erhöhung der Todesraten der Blätter nach Austrocknung.

Die Kombinationen der verwendeten Schadstoffe können nun — verglichen mit den Einzelschadstoffen — gleichsinnig, entgegengesetzt oder völlig neu wirken. Es ist aber auch möglich, daß ein Schadstoffpartner dominant wird und die Einflüsse der anderen Schadstoffe überdeckt. In der vorgelegten Arbeit treten alle bei BURIAN (1976) angeführten Wirkmechanismen auf (im Gegensatz zu GSCHLIFFNER 1976: keine Wirkungs-Umkehr und PUNZ 1977: nur Synergismus und Überdeckung) (Abb. 8).

In der Kombination NaCl und $Pb(NO_3)_2$ sind Wassersättigungsdefizit, Blattschädigung und Transpiration den Kontrollwerten angeglichen. Diese Kombination ist durch die antagonistische Wirkung der beiden Schadstoffe für den Wasserhaushalt nicht so schädigend wie die Einzelschadstoffbehandlung.

In der Kombination von NaCl und SO_2-Dauerbegasung bestimmt das Gas die Höhe des WSD (Überdeckung), während bei NaCl und SO_2-Intermission das Chlorid dominiert. Durch antagonistische Wirkung von NaCl und SO_2-Dauerbegasung kann die hohe Blattschädigungsrate der SO_2-Einzelbehandlung vermindert werden, wohingegen durch Synergismus die Todesraten der Blätter bei NaCl-Unterlage und intermittierender SO_2-Begasung höher sind als bei den entsprechenden Einzelschadstoffen.

Durch eine Wirkungs-Umkehr in der Kombination $Pb(NO_3)_2$ und SO_2-Dauerbegasung wird nicht nur die schädigende SO_2-Wirkung kompensiert, sondern die Überlebensfähigkeit der Blätter nach Austrocknung noch mehr erhöht als nach $Pb(NO_3)_2$-Einzelbehandlung. Die Blattschädigung nach $Pb(NO_3)_2$- und intermittierender SO_2-Behandlung pendelt sich durch den Antagonismus der beiden Schadstoffe zwischen den Werten der Einzelbehandlung ein und ist der Kontrolle angenähert. Durch den Antagonismus kann wiederum der schädlichere Einzelpartner (hier SO_2) in seiner Wirkung abgeschwächt werden.

In der Dreierkombination der Schadstoffe wird das Wassersättigungsdefizit durch eine Wirkungs-Umkehr bestimmt, wobei einerseits in der Kombination mit SO_2-Dauerbegasung das WSD gegenüber der Kontrolle stärker erhöht wird als bei SO_2-Einzelbehandlung, andererseits in der Kombination mit Salzen und intermittierender SO_2-Begasung das WSD stärker vermindert ist als bei Salzunterlage allein. Bei der Blattschädigung handelt es sich in der Kombination Salze und SO_2-Dauerbegasung ebenfalls um eine Wirkungs-Umkehr, wohingegen die Kombination mit SO_2-Intermission antagonistisch wirkt. In beiden Fällen kann die Todesrate der

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Blätter nach Austrocknung durch die Anwesenheit der beiden Salze gegenüber der SO_2-Einzelbehandlung gesenkt werden. Auf die stomatäre Wasserdampfabgabe wirkt die Kombination der drei transpirationssenkenden Schadstoffe synergistisch, wodurch die Transpiration gegenüber den Kontrollen ebenfalls vermindert ist.

Die Variationsmöglichkeiten der beteiligten Parameter — Schadstoffe und deren Kombination einerseits, ökologische Faktoren andererseits — sind jedoch so groß, daß die vorgelegten Ergebnisse nur eine Auswahl aus den zahlreichen pflanzlichen Reaktionsmöglichkeiten auf Umwelteinflüsse darstellen können.

Dank

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Karl Burian für die fachliche Unterstützung und die Durchsicht des Manuskripts. Der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Kommission für Ökologie) und dem Magistrat Wien (MaB-11- Österreich) danke ich für die finanzelle Unterstützung.

5. Literatur

Bornkamm R. 1958. Standortsbedingungen und Wasserhaushalt von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) im oberen Leinegebiet. — Flora 146: 23—67.

Burian K. 1976. Kombinationswirkung von Umweltgiften auf pflanzliche Organismen. — Umschau 76: 351—352.

Engenhart M. 1980. Hemmung des Wasserdurchsatzes in Wurzelsystemen von *Phaseolus vulgaris* L. unter Bleieinfluß. — Diss. Univ. Wien.

Gschliffner Ch. 1976. Die Wirkung einzelner und kombinierter Umweltgifte auf die Weitungsfähigkeit und Beweglichkeit von Spaltöffnungen des Amaryllis-Typs. — Diss. Univ. Wien.

Härtel O. & Miklau S. 1971. Eine Methode zur Herstellung definierter niedriger SO_2-Spannungen. — Pfl. Krankh. 78: 538—543.

Huber B. 1927. Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. — Ber. dtsch. bot. Ges. 45: 611—618.

Punz W. 1977. Stoffwechselphysiologische Untersuchungen über die Wirkung von kombinierten Umweltgiften auf Flechten. — Diss. Univ. Wien.

Schinninger-Rothschedl R. 1979. Der Einfluß isolierter und kombinierter Schadstoffe auf Austrocknungsresistenz und Transpiration bei *Festuca rubra* L. — Z. Pflanzenphysiol. 94: 351—362.

Stocker O. 1929. Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen. — Planta 7: 382—387.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: 21_2

Autor(en)/Author(s): Schinninger Rosemarie

Artikel/Article: Der Einfluß isolierter und kombinierter Schadstoffe auf Austrocknungsresistenz und Transpiration bei Trifolium repens L.. 245-259