

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 130 (1979)

Heft: 4

Artikel: Auswirkungen von Streusalz und Trockenheit auf das Wachstum und die Wasserbeziehungen verschiedener Gehölze

Autor: Flückiger-Keller, H. / Örtli, J.J. / Flückiger, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764734>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Auswirkungen von Streusalz und Trockenheit auf das Wachstum und die Wasserbeziehungen verschiedener Gehölze¹

Von *H. Flückiger-Keller, J. J. Örtli und W. Flückiger* Oxf.: 422.2 : 429
(Aus dem Botanischen Institut der Universität Basel)

Einleitung

Schädigungen an der Vegetation entlang von Autobahnen sind eine allgemein bekannte und viel diskutierte Erscheinung. Besonders im trockenen Sommer 1976 konnte beobachtet werden, wie die strassennahen Gehölze übermäßig unter der extremen Trockenheit litten. Diese Tatsache liess die Frage aufkommen, ob nicht manche Schädigungen, wie gehemmtes Wachstum und Absterben von Pflanzen an Strassenrändern, in vielen Fällen auf gestörte Wasserbeziehungen zurückzuführen sind.

Zu den bekanntesten durch den Autoverkehr verursachten Faktoren, die den Wasserhaushalt der Pflanzen beeinflussen können, gehören der ölige, russige Staub, Abgase und das Streusalz. Im Zusammenhang mit dem Strassenstaub konnte ein Einfluss auf die Wasserbeziehungen über die mit Staub verstopften Stomata nachgewiesen werden (Flückiger et al., 1): Da kleine Staubpartikel in die Spaltöffnungen einzudringen vermögen, werden diese mechanisch am Verschluss gehindert, was besonders um die heisse Mittagszeit und auch nachts zu erhöhter Transpiration führt. Auch Abgase können laut Literatur (Majernik und Mansfield, 4; Halbwachs, 3) und aufgrund unserer eigenen Befunde (Flückiger et al., 2) eine ähnliche Wirkung hervorrufen. In der vorliegenden Arbeit wurde vor allem der Frage nachgegangen, ob sich das Streusalz während einer nachfolgenden Trockenperiode in den Wasserbeziehungen und im Wuchs der Pflanzen äussert und deren Trockenresistenz beeinflusst.

¹ Die vorliegende Arbeit wurde von der «Eidgenössischen Stiftung zur Förderung Schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» in grosszügiger Weise finanziell unterstützt, wofür hier unser bester Dank ausgesprochen sei.

Material und Methode

Junge, verstopfte Bäumchen und Sträucher wurden in den Jahren 1976 und 1977 auf einem Versuchsgelände des Botanischen Gartens der Universität Basel auf ihre Salz- und Trockenresistenz untersucht. Im ersten Versuchsjahr wurde der Einfluss verschiedener Salzkonzentrationen an *Quercus robur*, *Acer pseudoplatanus*, *Ligustrum vulgare*, *Alnus glutinosa*, *Cornus sanguinea*, *Fraxinus excelsior* (z. T. klonisiertes Material) mit je 6 bis 8 Individuen unter folgenden Bedingungen beobachtet: Die Versuchspflanzen wurden während der Monate April, Mai und Juni insgesamt 6 Salzbehandlungen unterworfen (3 atm osm. Druck: 4,7 g NaCl + 8,3 g CaCl₂, 8 atm osm. Druck: 12,8 g NaCl + 19,5 g CaCl₂, 11 atm osm. Druck: 17,5 g NaCl + 30,6 g CaCl₂ jeweils in 1 Liter Wasser gelöst). Durch die schwächste Salzlösung (3 atm osm. Druck) wurden den Pflanzen über die Wurzeln vergleichbare Salzmengen zugeführt wie den Gehölzen entlang von Autobahnen in der Region Basel durch die winterliche Streusalzgabe.

An weiteren Versuchspflanzen der folgenden 8 Arten: *Ligustrum vulgare*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Cornus sanguinea*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus tremula* wurden durch unterschiedliche Bewässerung verschiedene Trockenheitsstufen eingestellt. Es wurden 3 Gruppen gebildet mit gut, mässig und schlecht bewässerten Pflanzen.

Im zweiten Versuchsjahr (1977) wurde nochmals der Einfluss des Salzes und der Trockenheit einzeln, aber auch kombiniert untersucht. Es wurden je 6 Individuen von 13 Pflanzenarten (*Pinus nigra*, *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Hippophae rhamnoides*, *Quercus robur*, *Platanus acerifolia*, *Carpinus betulus*, *Lonicera xylosteum*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudoacacia*) folgenden 4 Bedingungen ausgesetzt:

- mit Streusalz behandelt (3 atm osm. Druck), dann feucht gehalten,
- mit Streusalz behandelt (3 atm osm. Druck), dann trocken gehalten,
- ohne Streusalz, feucht gehalten,
- ohne Streusalz, trocken gehalten.

Die Salzbehandlungen erfolgten etwa alle 10 Tage, von Mitte März bis Anfang Juni, insgesamt 9mal. Die feucht gehaltenen Pflanzen wurden bewässert, wenn die Saugspannung des Bodens etwa —0.4 atm erreicht hatte. Die trocken gehaltenen Pflanzen erhielten erst bei einer Bodensaugspannung von etwa —0.9 atm Wasser. Die Saugspannungswerte wurden mit Hilfe von Tensiometern ermittelt. In allen Versuchsanordnungen wurde die Entwicklung der Triebe und der Blätter über die ganze Wachstumsperiode verfolgt sowie die Bildung von Blattnekrosen und das Absterben einzelner Pflanzenteile oder ganzer Pflanzen beobachtet. Außerdem wurden an 10 klonisierten, normal bewässerten Eschen Stichproben über die Wasserbeziehungen erhoben. Die Hälfte der Bäume war zuvor mit Salz (3 atm osm. Druck) be-

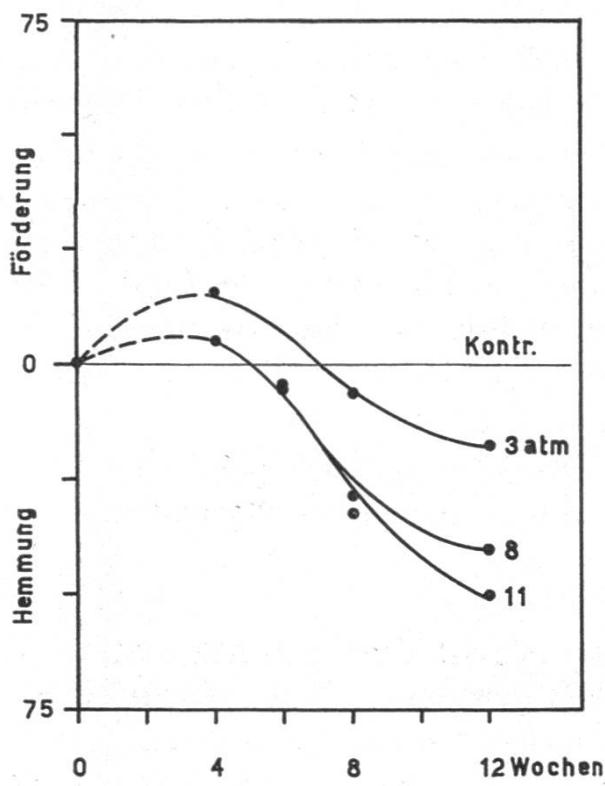
handelt worden. An gleichaltrigen Blättern wurde mit Hilfe einer Scholanderbombe das Wasserpotential bestimmt. Die Messungen wurden jeweils 5 Tage bzw. 10 Tage nach der letzten Bewässerung durchgeführt.

Resultate

A Wirkung des Salzes

Vier Wochen nach Beginn der Salzbehandlungen wurden die ersten phänologischen Erhebungen durchgeführt. Gemessen wurde die durchschnittliche Länge der jungen Triebe und die durchschnittliche Länge eines vorher bestimmten Folgeblattes. Es zeigte sich, dass das Salz selbst in der höchsten Konzentration das Trieb- und Blattwachstum vorübergehend anzuregen vermochte. Erst nach 6 bis 7 Wochen begann sich das Salz hemmend auszuwirken, und zwar um so mehr, je konzentrierter die verwendete Salzlösung war.

Längendifferenz der Triebe (%)



Längendifferenz der Blätter (%)

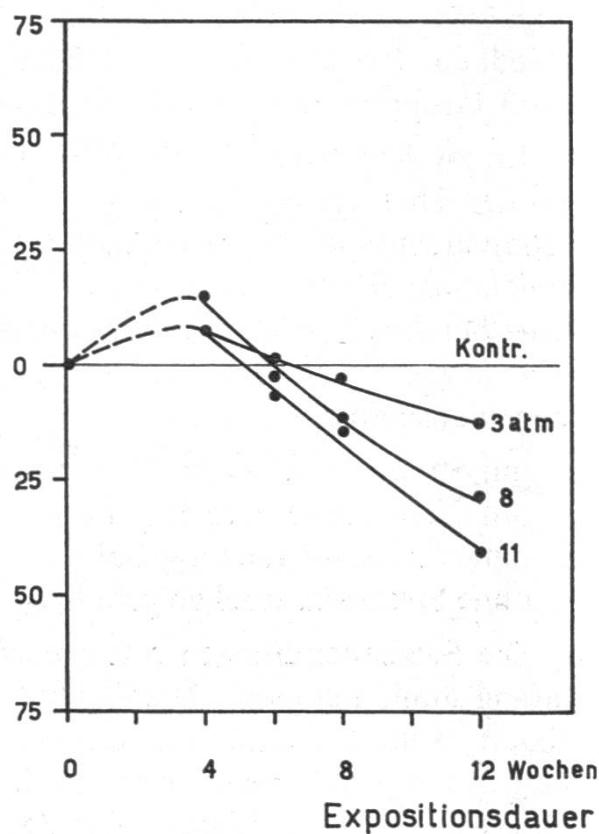


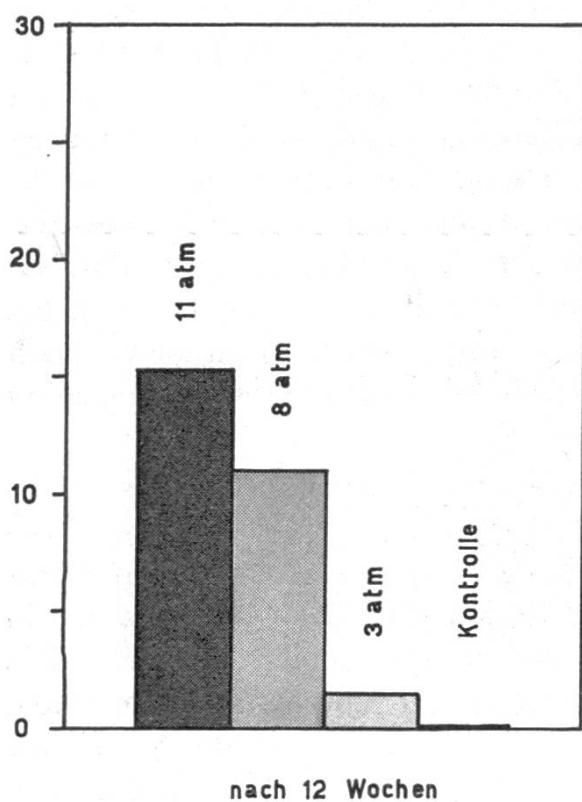
Abbildung 1. Einfluss der Salzkonzentration auf das Längenwachstum der Jungtriebe (1976) $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) als Lösung von 3, 8 bzw. 11 atm osm. Druck dem Wurzelraum zugegeben. Mittelwerte von 6 Arten zu 6 bis 8 Stichproben.

Abbildung 2. Einfluss der Salzkonzentration auf das Längenwachstum der Blätter. $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) als Lösung von 3, 8 bzw. 11 atm osm. Druck dem Wurzelraum zugegeben. Mittelwerte von 6 Arten zu je 6 bis 8 Stichproben.

Einen derartigen Verlauf der Trieb- und Blattentwicklung zeigten alle untersuchten Arten mehr oder weniger deutlich, bis auf die Eiche, welche sogar durch die stärkste Salzkonzentration in ihrem Wuchs gefördert wurde. Liguster verhielt sich gegenüber dem Bodensalz indifferent.

Im Verlaufe der Expositionszeit begannen sich bei den mit Salz behandelten Pflanzen allmählich Blattrandnekrosen auszubilden. Diese nekrotischen Schädigungen stellten den Beginn eines Absterbeprozesses dar, der mitten im Sommer zum Verdorren einzelner Zweige oder ganzer Bäume führte.

nekrotische Blätter (%)



abgestorbene Pflanzen (%)

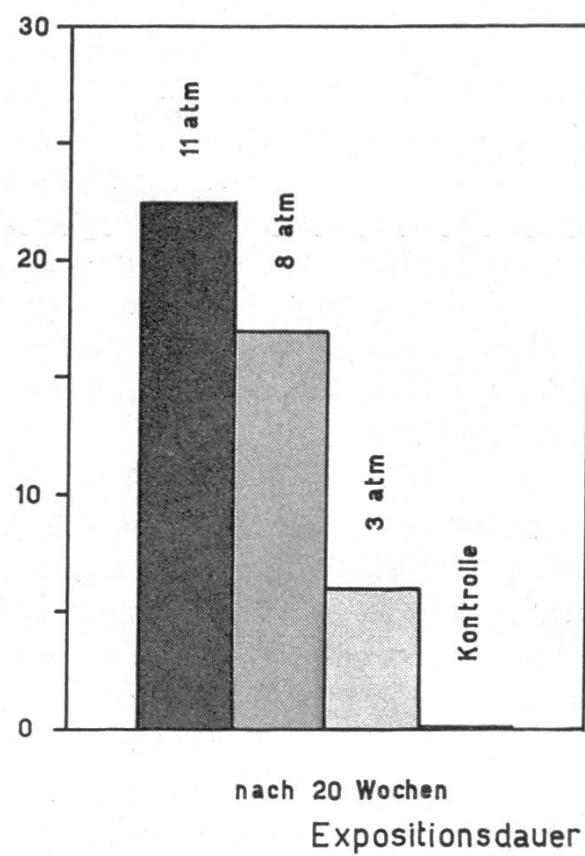


Abbildung 3. Einfluss der Salzkonzentration auf das Auftreten nekrotischer Schädigungen am Blattwerk (1976). $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) als Lösung von 3, 8 bzw. 11 atm osm.

Wert zu den Wurzeln gegeben. Mittelwerte von 6 Arten zu je 6 bis 8 Stichproben.

Abbildung 4. Einfluss der Salzkonzentration auf das Absterben einzelner Pflanzenteile oder ganzer Pflanzen. $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) als Lösung von 3, 8 bzw. 11 atm osm. Druck dem Wurzelraum zugegeben. Mittelwerte von 6 Arten zu je 6 bis 8 Stichproben.

In bezug auf die Nekrosebildung und das Absterben reagierten alle Pflanzen ähnlich wie in der oben dargestellten Art.

B Wirkung der Trockenheit

4 bis 6 Wochen nach Beginn der Behandlung traten die ersten deutlichen Trockenheitsscheinungen zutage: Das Triebwachstum war bei 5 von 8

Arten (Ausnahmen: Eiche, Esche, Aspe) und die Blattentwicklung ausnahmslos durch die Trockenheit gehemmt. Die durchschnittliche Reduktion des Triebwachstums gegenüber den Kontrollen betrug bei den mittelmässig bewässerten Pflanzen 13,1 %, bei den minimal bewässerten Pflanzen 40,0 %. Die Zuwachsrate der Blätter war bei den mittelmässig bewässerten Pflanzen 27,3 %, bei den schlecht bewässerten Pflanzen 63,6 % geringer als bei den Kontrollen. Hingegen zeigten nur die am schlechtesten bewässerten Pflanzen eine grössere Sterblichkeit: Nach 12 Wochen waren rund 8mal so viel Bäume verstorben als bei den mässig bewässerten. Diese zeigten nur vereinzelt und nicht häufiger als die Kontrollpflanzen abgestorbene Triebspitzen.

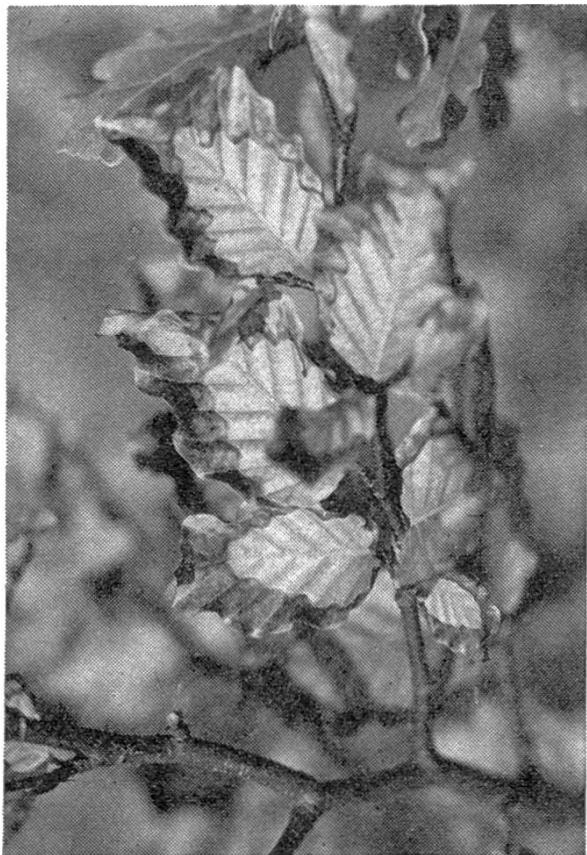
C Wirkung von Salz und Trockenheit kombiniert

In der Praxis muss damit gerechnet werden, dass Salz- und Trockenheitsprobleme gemeinsam auftreten können. Die phänologischen Untersuchungen wurden deshalb im Jahre 1977 an verschiedenen Baum- und Straucharten (*Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Hippophae rhamnoides*, *Quercus robur*, *Platanus acerifolia*, *Carpinus betulus*, *Lonicera xylosteum*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus nigra*) wiederholt, welche einzeln oder zugleich beiden Einflüssen ausgesetzt waren. Die Salzkonzentration wurde etwa gleich hoch gehalten, wie sie bei einem mittleren Winter an Strassenrändern in der Region Basel auftritt.

Auch bei diesem Versuch konnte eine anfängliche Förderung des Trieb- und Blattwachstums festgestellt werden. Im Gegensatz zum Versuch des Vorjahres hielt jedoch die Wachstumsstimulierung bei den salzbehandelten Pflanzen an. Zum Teil ist dies darauf zurückzuführen, dass die Arten, die neu in den Versuch mit einbezogen worden waren, im allgemeinen ein verstärktes Trieb- und Blattwachstum aufwiesen, wenn sie mit Salz behandelt wurden; andererseits war auch bei den im Vorjahr bereits untersuchten Arten eine solche Stimulation zu beobachten, wobei sich nach etwa 4 Wochen ein mehr oder weniger starkes Optimum einstellte. Bei den meisten Arten traten aber bereits im Laufe des Frühsommers, unabhängig vom kräftigeren Wuchs, typische Salzschädigungen auf (Blattrandnekrosen, gegen die Blattmitte fortschreitend. *Abbildungen 5 und 6.*).

Nur Schwarzföhre und Liguster reagierten bei guter Bewässerung nicht sichtbar auf das Salz. Die Robinie bildete zwar kürzere Triebe und kleinere Blätter; doch blieb das Blattwerk bei den salzbehandelten Pflanzen länger erhalten als bei den Kontrollen.

Auf Trockenheit reagierten die Pflanzen besonders empfindlich. Die Salzung schien bei den trocken gehaltenen Pflanzen die Wirkung der Trockenheit nicht zu beeinflussen. Diese allgemeine Aussage gilt allerdings nur in bezug auf den Wuchs der Pflanzen. Nekrotische Schädigungen traten mit Abstand am häufigsten bei den Pflanzen auf, die mit Salz behandelt und dar-



Abbildungen 5 und 6. Typische Salzschädigungen: Blattrandnekrosen bei Eiche und Buche.

nach trocken gehalten worden waren. Bis gegen Ende der Vegetationsperiode stieg die Häufigkeit der Nekrosen verglichen mit trocken gehaltenen Pflanzen ohne Salzbehandlung etwa auf das Doppelte, verglichen mit den feucht gehaltenen Kontrollpflanzen etwa auf das Dreifache an.

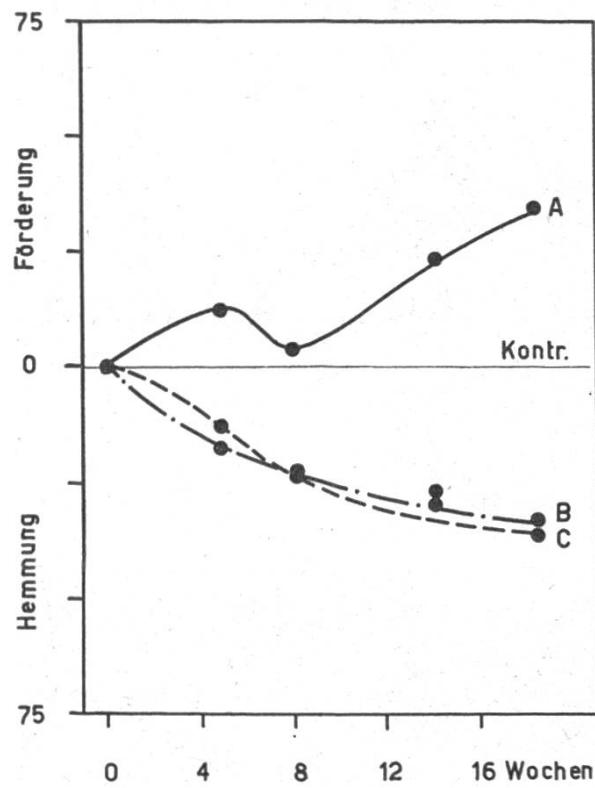
D Wasserbeziehungen

Einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten nekrotischer Schädigungen und dem Wasserhaushalt der Esche, welche als Testpflanze ausgewählt wurde, zeigten die Resultate der Wasserpotentiale der Blätter. Wenn 5 Tage lang nicht bewässert worden war, lagen die Werte der «Salzpflanzen» bei -20 atm, diejenigen der unbehandelten Kontrollen bei -30 atm. Das Salz beeinflusste in niedrigen Konzentrationen den Wasserhaushalt der Pflanzen also günstig. Hatten die Pflanzen 10 Tage lang kein Wasser erhalten, erreichten sowohl salzbehandelte als auch unbehandelte Pflanzen den kritischen Wert von -40 atm.

Diskussion

Aus unseren Beobachtungen geht hervor, dass Salz zu Beginn der Vegetationsperiode das Austreiben der Gehölze im allgemeinen fördert (Abbil-

Längendifferenz der Triebe (%)



Längendifferenz der Blätter (%)

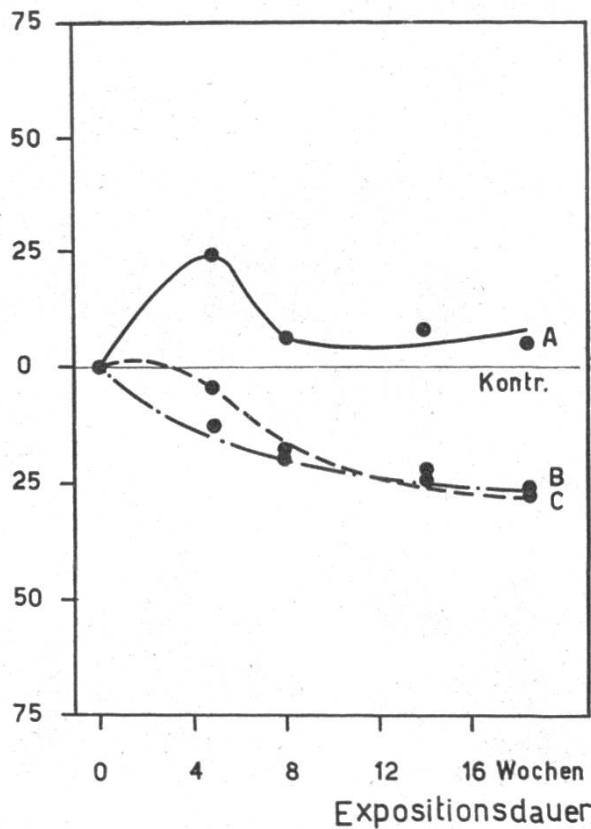


Abbildung 7. Einfluss von Salz und Trockenheit auf das Längenwachstum der Jungtriebe (1977). A = Wirkung des Salzes $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) (3 atm osm. Wert), B = Wirkung der Trockenheit, C = Wirkung von Salz und Trockenheit kombiniert. Mittelwerte aus 13 Arten zu je 6 Stichproben.

Abbildung 8. Einfluss von Salz und Trockenheit auf das Längenwachstum der Blätter. A = Wirkung des Salzes $\text{NaCl}/\text{CaCl}_2$ (3:1) (3 atm osm. Wert), B = Wirkung der Trockenheit, C = Wirkung von Salz und Trockenheit kombiniert, Mittelwerte von 13 Arten zu je 6 Stichproben.

dungen 1, 2, 5 und 6). Dies dürfte mindestens zum Teil über den Turgordruck der Zellen reguliert werden, welcher als Folge der vermehrten Salz- und Wasseraufnahme ansteigt und welcher nach *Örtli* (5) für das Zellstreckungswachstum in entscheidendem Masse mitverantwortlich sein soll. Im Laufe des Sommers tritt aber allmählich eine Hemmung ein, die um so ausgeprägter ist, je mehr Salz den Pflanzen verabreicht wurde (Abbildungen 1 und 2). Bei niedrigen Salzkonzentrationen kann eine schwache Wachstumsstimulierung unter Umständen anhalten. Das Wachstum der Triebe wurde sogar, nachdem ein Optimum durchlaufen war, durch geringe Salzgaben erneut angeregt (Abbildung 5). Umgekehrt soll bei einem Überangebot an Salzen in der Bodenlösung die Wasseraufnahme erschwert werden, wenn die Pflanze kein weiteres Salz mehr aufzunehmen vermag, was zu einer Verringerung des Wasserpotentials der Blätter, zu niedrigeren Turgordrucken und damit zu einer Wachstumshemmung führen kann (*Örtli*, 6). Bei den vorliegenden

Untersuchungen scheinen beide Möglichkeiten zeitlich hintereinander vorzukommen, was zu den typischen Optimumskurven geführt haben mag.

Salz wirkt aber nicht nur für sich allein in höheren Konzentrationen toxisch, es kann auch die Wirksamkeit weiterer Schadfaktoren verstärken, wie z. B. die der Trockenheit. Nach *Repp* (7) ist die Salzverträglichkeit um so grösser, je mehr Salze im Zellsaft gespeichert werden können, ohne zellphysiologische Schädigungen zu verursachen. Die Speicherfähigkeit hängt aber von der Salztoleranz des Plasmas ab. Diese wird offensichtlich begrenzt durch die Viskosität des Plasmas, welche bei erhöhter Salzaufnahme um ein Vielfaches ansteigen kann (*Stroganov*, 8). Bei zunehmendem Wasserdefizit sind deshalb bei den salzbehandelten Pflanzen Veränderungen der Plasmastruktur zu erwarten, die zu akuten Salzschädigungen wie Blattrandnekrosen und Blattfall und schliesslich zum Absterben einzelner Teile oder der ganzen Pflanze führen können.

Résumé

Action du sel répandu sur les routes et de la sécheresse sur la croissance de diverses plantes ligneuses et sur leurs rapports avec l'eau

Les effets du sel répandu sur les routes et de la sécheresse sur la croissance d'arbres et d'arbrisseaux en pots et sur leurs relations avec l'eau sont l'objet de la présente étude. Durant les premières semaines du printemps, le sel stimule la croissance des rameaux et des feuilles. Après un certain laps de temps, de plus fortes concentrations de sel amènent progressivement l'arrêt de la croissance. De faibles concentrations ont une influence favorable sur les relations des plantes avec l'eau. La sécheresse stoppe en général la croissance. L'action combinée du sel et de la sécheresse provoque plus de nécroses que le sel ou la sécheresse seule.

Traduction: *J.-G. Riedlinger*

Literatur

- (1) *Flückiger W., Flückiger H., Örtli J. J.*: Der Einfluss von Strassenstaub auf den stomatären Diffusionswiderstand und die Blatt-Temperatur — ein antagonistischer Effekt. *Staub-Reinhalt. Luft* 38, Nr. 12, 502—505 (1978).
- (2) *Flückiger W., Flückiger-Keller H., Örtli J. J.*: Inhibition of the regulatory ability of stomata caused by exhaust gases. *Experientia* 34, 1274 (1978).
- (3) *Halbwachs G.*: Physiologische Probleme der Vegetationsschädigung durch gasförmige Immissionen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 84, 507—514 (1971).
- (4) *Majernik O., Mansfield T. A.*: Direct effect of SO_2 pollution on the degree of opening of stomata. *Nature* 227, 377—378 (1970).
- (5) *Örtli J. J.*: Effects of Absorbable and Nonabsorbable Solutes on the Elongation of Barley Coleoptiles. *Z. Pflanzenphysiol.* 75, 287—295 (1975).
- (6) *Örtli J. J.*: Effect of External Solute Supply on Cell Elongation in Barley Coleoptiles. *Z. Pflanzenphysiol.* 74, 440—450 (1975).
- (7) *Repp G.*: Die Salztoleranz der Pflanzen. *Österr. Bot. Zs.* 104, 454—490 (1958).
- (8) *Stroganov B. P.*: Structure and functions of plant cells in saline environments. *Jerusalem—London* (1973).