

Wirkung von Streusalz auf Forstgehölze

Zusammenfassung von Untersuchungen aus dem Botanischen
Institut der Universität Basel



INSTITUT FÜR ANGEWANDTE PFLANZENBIOLOGIE
Schönenbuch, 05.03.2007

Hintergrund

Salztoleranz von Gehölzpflanzen

In einem dreijährigen Versuch mit 42 verschiedenen Gehölzpflanzen, die entweder einer Bodensalz- (1 kg NaCl pro m² und Winter, verteilt auf 10 Applikationen) oder einer Gischtsalzbehandlung (240 g gelöstes NaCl pro m² Pflanzenoberfläche und Winter) ausgesetzt worden waren, resultierte die in Tab. 1 dargestellte Salztoleranzreihe. Die Salzsäden an den Pflanzen an Blättern und Nadeln wurden jedes Jahr okular erfasst und eingestuft. Zusätzlich wurde die Chloridkonzentration in Laub und Nadeln analysiert, die im August geerntet wurden (Flückiger und Oertli 1982).

Bei den aufgeführten Toleranzwerten darf nicht übersehen werden, dass die meisten Arten für den alpinen Raum kaum in Frage kommen. Salztolerant dürfte auch die Grünerle (*Alnus viridis*) sein, sie wurde hier allerdings nicht geprüft. Sowohl Birke als auch Vogelbeere sind wegen ihrer Salzeempfindlichkeit nicht geeignet. Besonders salzeempfindlich sind die Koniferen, vorab die Fichte, Lärche und Schwarzföhre.

Augenfällig ist die Tatsache, dass gewisse Arten wie Feldahorn, Sanddorn, Tamarix in beschränkter Masse, Erle in hohen Konzentrationen Chlorid in den Blättern akkumulieren können, ohne dass sichtbare Schädigungen auftreten. Andere Arten weisen hingegen schon bei geringer Salzbelastung hohe Schädigungen auf. Koniferen sind im allgemeinen salzeempfindlicher. Insbesondere ist die Gischtsalzwirkung bei immergrünen Arten grösser, da die Nadeln dem Salz direkt ausgesetzt sind und wegen der hohen Oberfläche eine hohe Ausfilterungsrate besitzen. In der Regel muss bei empfindlichen Baumarten wie *Picea abies*, *Pinus*-Arten und *Abies alba* bei einer Salzkonzentration >2000 ppm Cl in TS, bei Laubarten mit >4000-5000 ppm Cl in TS mit Schädigungen gerechnet werden. Laubarten sind somit salztoleranter als Koniferen.

Toleranzstufe und Arname		Gischt- salz	Boden- salz	Cl Kontrolle	Cl Boden- salz
gut tolerant					
Acer campestre	Feldahorn	1	1	680	6700
Alnus glutinosa	Schwarzerle	1	1	630	3000
Hippophae rhamnoides	Sanddorn	1	1	1000	4500
Rosa rugosa	Kartoffelrose	1	1	800	2000
Pinus nigra	Schwarzföhre	1	1	200	700
*Tamarix tetrandra	Tamariske	1	1	3200	20700
Taxus baccata	Eibe	1	1	300	1800
tolerant					
Crataegus monogyna	Eingrifflicher Weissdorn	2	1	<60	1200
Fraxinus excelsior	Gemeine Esche	1	3	2500	15400
*Ligustrum ovalifolium	Ovalblättriger Liguster	3	1	600	7400
Ligustrum vulgare	Liguster	3	1	200	6100
Prunus spinosa	Schwarzdorn	2	1	<60	1800
Quercus robur	Stieleiche	3	2	<60	1700
Rhamnus cathartica	Kreuzdorn	2	2	1200	9200
Robinia pseudoacacia	Robinie	1	2	<60	3800
Ulmus carpinifolia	Feldulme	2	3	1400	3900
Viburnum lantana	Wolliger Schneeball	3	2	<60	1600
wenig tolerant					
Aesculus hippocastanum	Gemeine Rosskastanie	1	4	<60	2100
Betula pendula	Hängebirke	3	3	<140	2400
Fagus sylvatica	Rotbuche	2	4	<60	3900
Lonicera xylosteum	Gemeine Heckenkirsche, Geissblatt	3	2	<60	800
Pinus sylvestris	Waldföhre	2	3	400	2400
Platanus x acerifolia	Platane	3	3	<100	8300
Populus tremula	Zitterpappel, Aspe	1	2	1200	7200
Ribes alpinum	Alpenjohannisbeere	2	4	2100	12600
Tilia cordata	Winterlinde	1	4	600	8800
Cornus sanguinea	Hartriegel	3	3	<60	9100
Euonymus europaea	Gemeiner Spindelstrauch, Pfaffenhütchen			500	11200
empfindlich					
Thuja occidentalis	Gewöhnlicher Thuja	4	3	2300	7700
Viburnum opulus	Gemeiner Schneeball	4	4	<60	16200
Abies alba	Weisstanne	2	4	500	24500
Acer pseudoplatanus	Bergahorn	2	4	2600	16000
Caragana arborescens	Erbsenstrauch	3	4	2300	7000
Carpinus betulus	Hagebuche	3	4	630	tot
Corylus avellana	Hasel	3	4	700	10400
Larix decidua	Lärche	3	4	2700	19100
Picea abies	Fichte	4	4	-	tot
Pinus mugo	Legföhre, Bergföhre	3	4	<60	4000
Prunus padus	Gemeine Traubenkirsche	-	4		Tot
Salix caprea	Salweide	-	4		tot
Salix viminalis	Korbweide	1	4	1300	6900
Sorbus aucuparia	Vogelbeere, Eberesche	3	4	600	tot

Tab. 1: Empfindlichkeit verschiedener Gehölzarten gegenüber Gischtsalz und Bodensalz (Flückiger und Oertli 1982). 1=gut tolerant, 2=tolerant, 3=wenig tolerant, 4=empfindlich. Chloridkonzentration in mg/kg Trockensubstanz. Mit * markierte Arten sind frostepfindlich.

Wirkung von Streusalz auf Wurzeln und Boden

Die Streusalzbelastung führt im Boden zu einem hohen osmotischen Druck und erschwert dadurch die Wasseraufnahme durch die Pflanzen. Bei NaCl ist auch die negative Eigenschaft von Natrium hervorzuheben, die Aggregatstabilität des Bodens herabzusetzen, was zu einer Bodenverschlammung bzw. Bodenverdichtung führt (Umweltbundesamt 1980). Ein verdichteter Boden verhindert eine ausreichende Sauerstoff- und Wasserversorgung des Wurzelraums (Abb. 1). Die Feinwurzelbildung wird gehemmt (Abb. 2) (Flückiger 1985). Natrium tauscht aber auch wichtige Nährionen wie Kalium, Kalzium und Magnesium aus, die in der Folge ausgewaschen oder in tiefere Bodenschichten verlagert und damit für die Pflanze nicht mehr zur Verfügung stehen (Kreutzer 1978). Eine NaCl-Belastung des Bodens verursacht einen Anstieg des pH-Wertes bzw. Veralkalisierung des Bodens (Abb. 3), was wiederum die Aufnahme wichtiger Nährelemente wie Eisen und Mangan durch die Pflanzen erschwert.

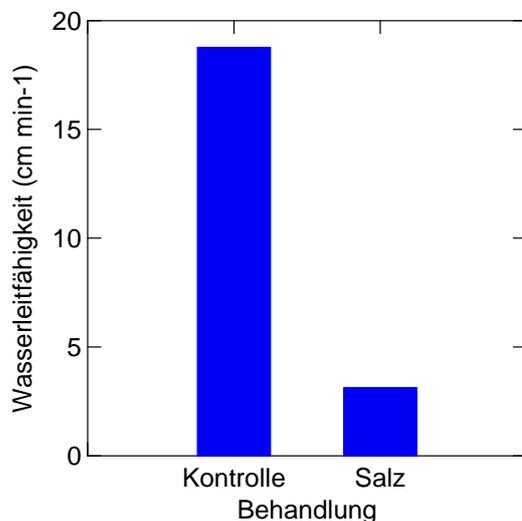


Abb. 1: Wasserdurchlässigkeit von mit NaCl (5 bar) behandelten Böden (Lösslehm).

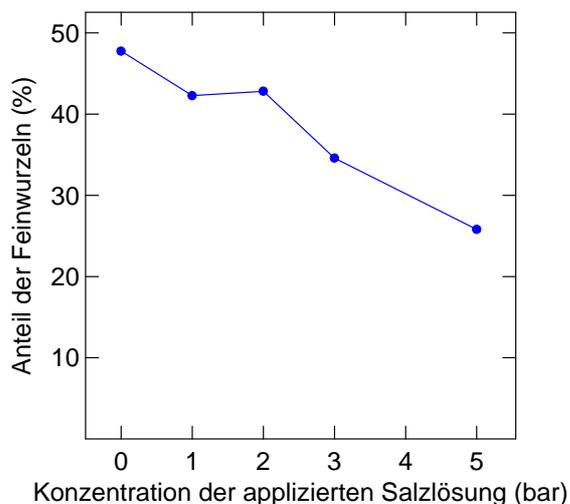


Abb. 2: Einfluss verschiedener Salzkonzentrationen (NaCl) auf die Bildung von Feinwurzeln (<1 mm \varnothing) bzw. Anteil der Feinwurzelmasse an der Gesamtwurzelmasse in % bei *Picea abies*-Sämlingen.

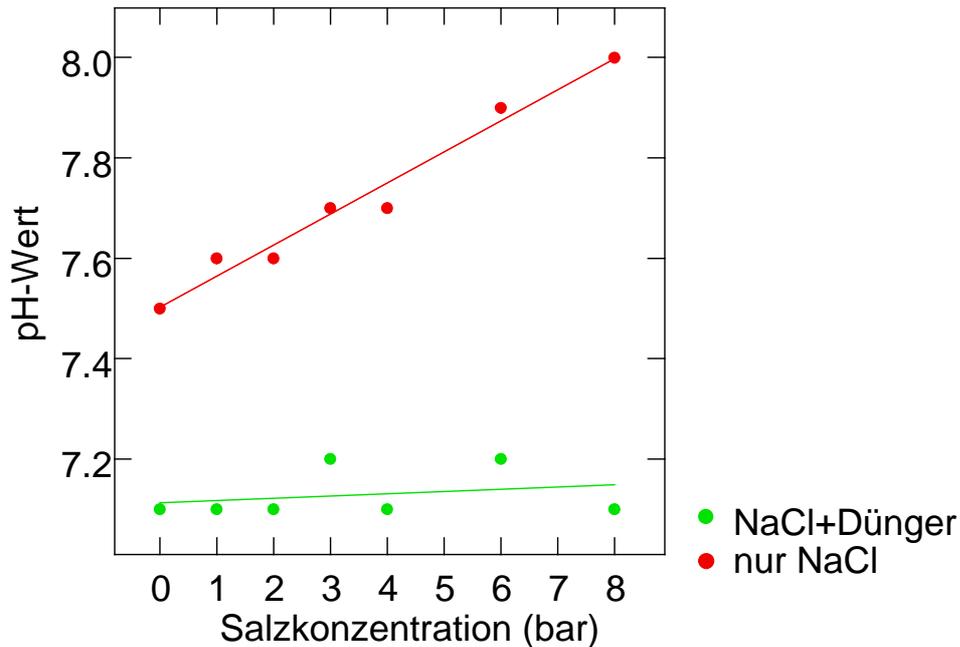


Abb. 3: Anstieg des $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ im Boden in Abhängigkeit der applizierten Salzkonzentration (osmotischer Druck) mit und ohne säurereiche Flüssigdüngerlösung (Topfpflanzenversuche).

Interaktion von Streusalz mit anderen Stressfaktoren

Staub

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Wirkung von Streusalz auf Pflanzen erheblich verstärkt ist, wenn die Pflanze zusätzlich mit Staubpartikeln belastet sind, wie das im strassennahen Bereich der Fall ist. Einerseits heizt dunkler Strassenstaub (Russ) die Blattoberfläche auf, was zu erhöhter Transpiration führen kann. Andererseits können Staubpartikel in die Spaltöffnungen eindringen und den Schliessmechanismus blockieren, was nachts und unter Trockenstressbedingungen die Transpiration ebenfalls erhöht (Foto 1). Die Folgen davon sind vermehrter Wasserstress und erhöhte Salzaufnahme, wie dies beispielsweise anhand von vorzeitigen Nekrosen beobachtet werden konnte (Foto 2).

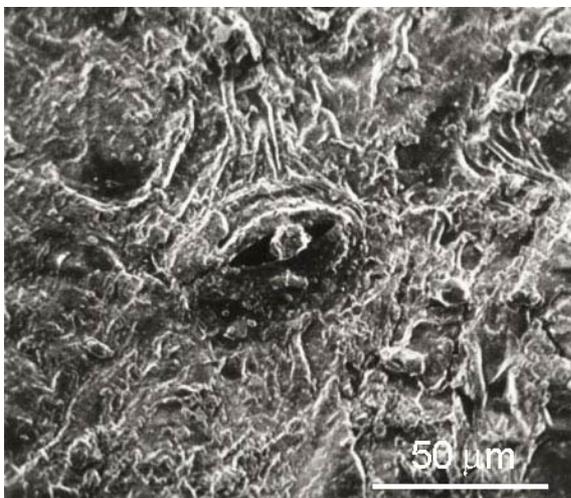


Foto 1: Mit Staubpartikeln blockierte Spaltöffnung bei Birke.



Foto 2: Interaktion zwischen Staub und Streusalz. Rechts: streusalzbelastete Esche. Das abgestorbene Fiederblatt wurde im Frühjahr zusätzlich mit Staub behandelt. Links: salzfreie Kontrolle mit identischer Staubbehandlung.

Trockenstress

Bei Pflanzen, die bereits Salznekrasen aufweisen, ist die Fähigkeit zum Spaltenschluss stark eingeschränkt. Dadurch verlieren sie nicht nur viel mehr Wasser und neigen zu erhöhtem Trockenstress, sondern nehmen in der Folge noch zusätzlich mehr Salz auf, was die Bildung weiterer Nekrosen beschleunigt (Abb. 4).

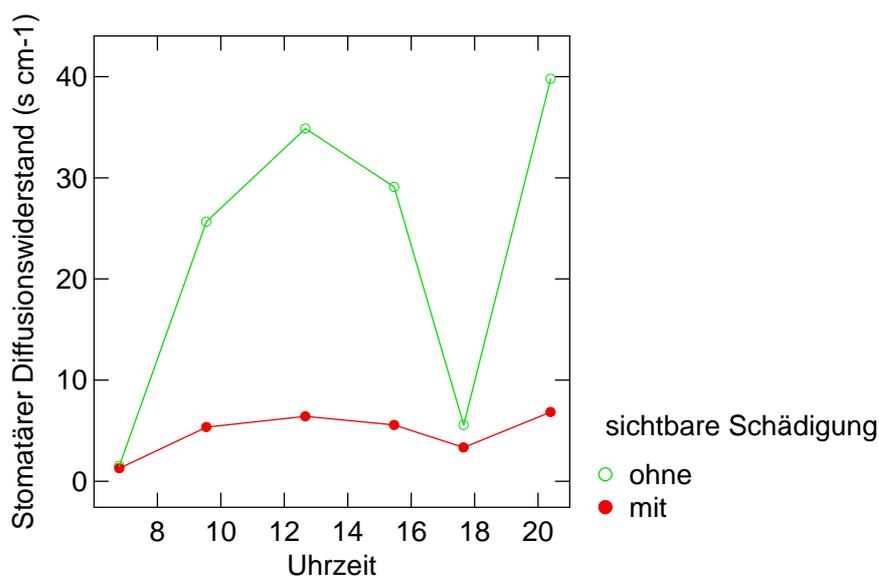


Abb. 4: Stomatärer Diffusionswiderstand an einem warmen Sommertag bei Eschen (*Fraxinus excelsior*), die im Winter mit Streusalz behandelt worden waren, unterteilt in Pflanzen mit salzbedingten Blattrandnekrosen und ohne sichtbare Schädigung.

Biotische Faktoren

Weissdornpflanzen, die im Winter mit Bodensalz oder Gischtsalz behandelt worden waren, wiesen einen signifikant erhöhten Befall mit der grünen Apfelblattlaus (*Aphis pomi*) auf (Abb. 5) (Braun und Flückiger 1984). Grund dafür ist eine erhöhte Konzentration von freien Aminosäuren in den Siebröhren, die zu einer besseren Nahrungsgrundlage für die Blattläuse führt.

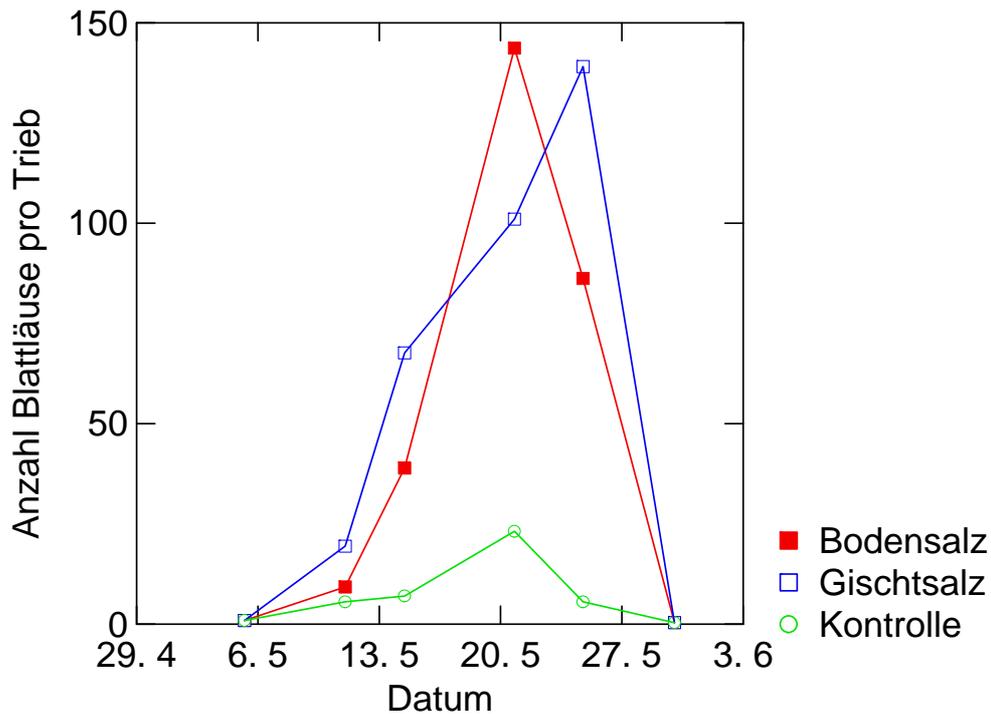


Abb. 5: Einfluss einer winterlichen Behandlung von *Crataegus spec.* mit Streusalz auf die Populationsentwicklung von *Aphis pomi*.

Natriumchlorid versus Kalziumchlorid

Ob Natriumchlorid oder Kalziumchlorid pflanzenschädlicher ist, wurde in der Vergangenheit kontrovers diskutiert. Walton (1969) kam in seinen Untersuchungen zum Schluss, dass CaCl_2 pflanzentoxischer als NaCl sei, während Westing (1969) zum gegenteiligen Befund gelangte. Mehrjährige Untersuchungen, die im Auftrage der Schweizerischen Rheinsalinen durchgeführt wurden, brachten allerdings eindeutige Ergebnisse. CaCl_2 erzeugte bei Koniferen und Laubarten deutlich höhere Schädigungen als NaCl (Abb. 6, Foto 3) (von Sury und Flückiger 1983).



Foto 3: Mit Gischtsalz behandelte Pinus nigra (100 g/l): links NaCl , rechts CaCl_2 .

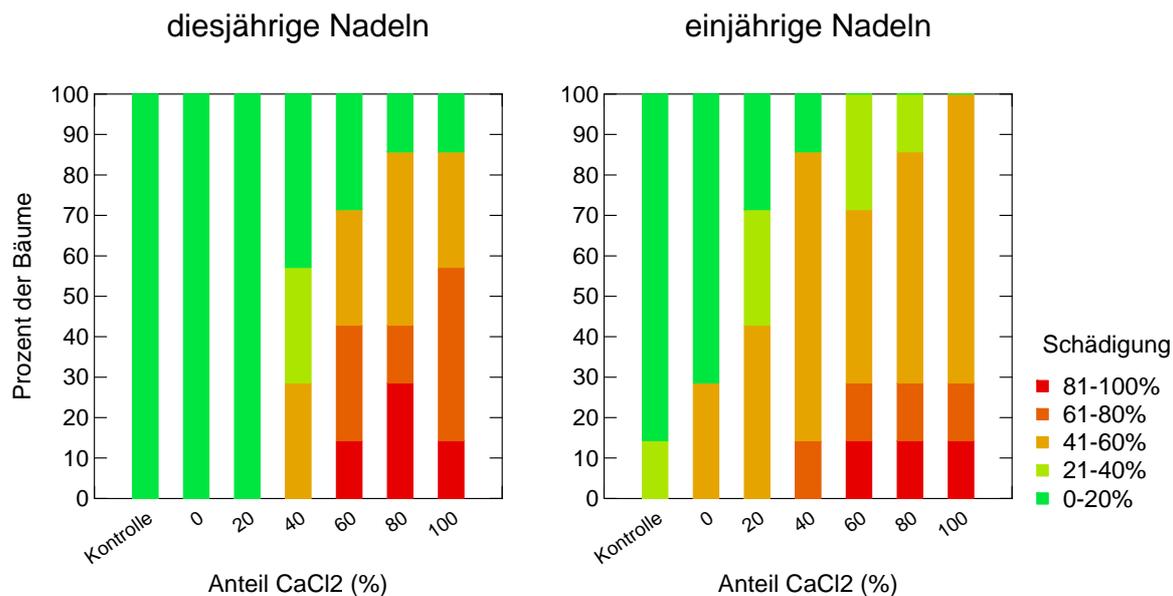


Abb. 6: Nadelschädigung von salzbehandelten Weisstannen im Juli in Beziehung zum CaCl₂-Anteil in der applizierten Salzmischung (2 bar osmotischer Druck). Kontrolle: keine Salzbehandlung (von Sury und Flückiger 1983).

Empfehlungen

1. Bei der Streusalzausbringung den Grundsatz walten lassen „so viel wie nötig und so wenig wie möglich“.
2. Bei Schneeräumungsarbeiten mit streusalzbelastetem Schnee darauf achten, dass der Schnee ausschliesslich im strassennahen Bereich abgelagert wird.
3. Abflüsse von Salzschnmelzwasser in den Wald durch entsprechende Massnahmen verhindern.
4. Auf Strassen mit erhöhter Gischtsalzbelastung (Schnellfahrstrecken) Strassenabstand von Koniferen, insbesondere Fichten und Legföhren, von 6 m auf mindestens 8-9 m erweitern.
5. Im strassennahen Bereich salztolerantere Laubarten wie Erlen (Grünerlen) fördern.

Literatur

- Braun, S. und Flückiger, W. (1984). Increased Population of the Aphid *Aphis pomi* at a Motorway. Part 2: The Effect of Drought and Deicing Salt. *Environmental Pollution* 36, 261-270.
- Flückiger, W. (1985). Abiotische und biotische Stressfaktoren bei der Strassenvegetation. In: Strassenwinterdienst. Tagung der Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen, 15. Oktober 1985, pp. 48-53. Darmstadt.
- Flückiger, W. und Oertli, J. J. (1982). Toleranz verschiedener Baum- und Straucharten gegenüber Trockenheit und Streusalz. *Strasse und Verkehr* 6, 188-189.
- Kreutzer, K. (1978). Die Salzimmission im strassennahen Bereich aus forstlich-ökologischer Sicht. *Kali-Briefe* 14, 161-171.
- Umweltbundesamt (1980). Streusalzbericht I. Bericht 1181.
- von Sury, R. und Flückiger, W. (1983). The Effect of Different Mixtures of NaCl and CaCl₂ on the Silver Fir (*Abies alba* Miller). *Eur.J.For.Path.* 13, 24-30.
- Walton, G. S. (1969). Phytotoxicity of NaCl and CaCl₂ to Norway maples. *Phytopathology* 59, 1412-1415.
- Westing, H. (1969). Plants and salt in the roadside environment. *Phytopathology* 59, 1174-1181.