Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech.

Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 74 (1981)

Artikel: Zum Wasserhaushalt verschiedener Strassenbaumarten unter dem

Einfluss der winterlichen Streusalzanwendung = Water regime of

several roadside tree species as influenced by the use of de-icing salt in

winter

Autor: Spirig, Amadeus

Kapitel: 3: Material und Methoden

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308642

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: 10.12.2025

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

3. Material und Methoden

3.1. Auswahl der Untersuchungsobjekte

Je ein Exemplar der in Tabelle 2 angegebenen Arten wurde an einem salzbelasteten und an einem unbelasteten Standort untersucht. Die ausgewählten Arten zählen zu den 5 häufigsten in West-Berlin (vgl. 2.7). Die Symbole in Tabelle 2 werden in den graphischen Darstellungen benutzt.

Tab. 2. Untersuchte Baumarten (s = salzbelastet)

Art	Symbole
Aesculus hippocastanum L.	Ae / Ae _s
Platanus acerifolia (Ait.) Willd.	Pl / Pls
Quercus robur L.	Qu / Qu _s
Tilia x euchlora C. Koch	Ti / Ti _S

Bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- 1. Gute Zugänglichkeit der südlichen Kronenbasis (Probenahme)
- 2. Volle Strahlungsexposition während der Messperiode
- 3. Deutliche Ausprägung des eventuellen Schadbildes
- 4. Möglichkeit zum Aufstellen und Benutzen der Messgeräte ohne Verkehrsbehinderung
- 5. Vergleichbarkeit der Böden

Es erwies sich als vorteilhaft, die Untersuchungen auf zwei Arten zu konzentrieren. Als salzempfindliche Art wurde Aesculus und zum Vergleich die als relativ tolerant eingestufte Quercus gewählt. Tilia und Platanus wurden in geringerem Ausmass untersucht, konnten aber für einzelne Grössen und für den Vergleich der Baumarten herangezogen werden.

3.2. Standorte

Die unbelasteten Standorte von Aesculus und Quercus befinden sich im Garten des Institutes für Oekologie der Technischen Universität Berlin in Berlin-

Steglitz, der von *Tilia* in einer kleinen Grünfläche neben der Westtangente der Berliner Stadtautobahn in Berlin-Friedenau und der von *Platanus* an der der Fahrbahn abgewandten Seite eines ca. 15 m breiten Grünstreifens an der Heerstrasse in Berlin-Charlottenburg.

Die belasteten Standorte sind im Winter einer intensiven Behandlung mit Streusalz ausgesetzt. Aesculus steht im Mittelstreifen der Lietzenburgerstrasse in Berlin-Wilmersdorf gegenüber einer Krankenhauseinfahrt, Quercus im Mittelstreifen der Berliner Strasse in Berlin-Zehlendorf an einem Busbahnhof der Berliner Verkehrsbetriebe, Tilia an der Südendstrasse in Berlin-Steglitz gegenüber einer Feuerwehrausfahrt und Platanus an der Gneisenaustrasse in Berlin-Tempelhof.

Die Böden sind als sandige Braunerde wechselnden Ursprungs einzustufen (BLUME et al. 1974). Sie sind anthropogen beeinflusst und an den salzbelasteten Standorten mit Ausnahme desjenigen von Tilia mit Ziegelschutt durchsetzt. Basierend auf einer scheinbaren Dichte von 1.6 g/cm³ und unter Verwendung einer für Sandböden typischen pF-Kurve lässt sich abschätzen, dass ein Bodenwassergehalt von 1.25 Gewichtsprozenten einem Bodenwasserpotential von -1.5 MPa entspricht (1 MPa = 10 bar) und somit als trocken zu gelten hat (HORN, persönliche Mitteilung). Ein Bodenwasserpotential von 0 MPa wäre ab einem Wassergehalt von mehr als 5 Gewichtsprozenten zu erwarten.

3.3. Probennahme

Hauptmessperioden waren die Vegetationsperioden von 1975 und 1976. Einzelne Messungen wurden auch noch 1977 durchgeführt.

Messreihen wurden nur an Klartagen mit vorangegangener, mindestens zweitägiger niederschlagsfreier Periode durchgeführt.

Es wurden nur voll entfaltete Blätter ohne Blüten mit - falls vorhanden - deutlich ausgeprägten Schädigungssymptomen verwendet. Sie wurden mit einer Baumschere an einem 3 m langen Stiel von der südwestlichen Kronenbasis gepflückt und untersucht. Dabei wurde auf volle Strahlungsexposition geachtet. Bei Aesculus konnte für die Transpirationsmessung nur die kleinste Fieder des Blattes Verwendung finden.

Die Transpiration an der südlichen Kronenbasis wird bei Versorgungsschwierigkeiten schnell reduziert (PISEK und TRANQUILLINI 1951), so dass die Messwerte an dieser Stelle als Indikator für den Zustand des Baumes angesehen werden können (vgl. 5.1).

Auswirkungen von Wasserstress zeigen sich in den Nachmittagsstunden sehr deutlich (vgl. 4.2). Weil die Messungen nur halbtags durchgeführt werden konnten, wurde über den Zeitraum von 1300 h bis 1730 h gemessen. Sie wurden im halbstündigen Abstand durchgeführt (Ausnahme: Die Helligkeit wurde jede Viertelstunde gemessen).

Ein Teil der Untersuchungsergebnisse wurde direkt am Messplatz in vorbereitete Normblätter eingetragen; weitere Daten wurden durch Laboruntersuchungen erarbeitet. Die Resultate wurden in Tabellen zusammengefasst und meist graphisch dargestellt. Aufgrund des Umfanges der Tabellen wurde auf eine Wiedergabe verzichtet und nur je ein Musterexemplar in diese Arbeit eingeschlossen (vgl. Tab. 3, 4, 5).

3.4. Messgrössen und Methodik

Die Helligkeit in kLux wurde mit einem Selenzellen-Luxmeter der Firma Lange über die ganze Breite des Spektrums gemessen. Die so erhaltenen Werte sind nur relativ miteinander vergleichbar und ermöglichen keine quantitative Aussage über die einfallende Strahlung (KREEB 1974).

Der Windweg in m s⁻¹ wurde mit einem Schalenanemometer als Mittelwert für jede halbe Stunde bestimmt.

Die Temperatur in ^OC wurde am trockenen Thermometer eines Psychrometers nach ASSMANN, später auf dem Schreibstreifen eines Thermohygrographen abgelesen.

Das atmosphärische Wasserpotential in MPa (1 MPa = 10 bar) als Mass für das Wasserdampfdrucksättigungsdefizit der Luft wurde aus der mit einem Psychrometer nach ASSMANN oder dem Haarhygrometer eines Thermohygrographen bestimmten relativen Luftfeuchtigkeit berechnet.

Die Evaporation in μ g cm $^{-2}$ s $^{-1}$ wurde mit einem Evaporimeter nach PICHE (STEUBING 1965) gemessen. Als Verdunstungsfläche wurde grünes Filterpapier mit einem Durchmesser von 5 cm benutzt.

Der Bodenwassergehalt in % (w/w) wurde durch Trocknen der Bodenproben (24 h bei 105° C), welche mit einem Schlagbohrstock aus 50 cm Tiefe genommen worden waren, bestimmt.

Die Transpiration in μ g cm⁻²s⁻¹ wurde nach der Schnellwägemethode von STOCKER (1929) gemessen. Das abgeschnittene Blatt wurde nach einer halben

Tab. 3. Ergebnis-Normblatt A: Grössen des pflanzlichen Wasserhaushaltes (ausser Transpiration) und klimatische Parameter Datum Zeit ------Standort **Objekt** ------Wasserpotential MPa Osmotisches Potential MPa Kryoskopskala Druckpotential MPa Wassersättigungsdefizit% frisch mg gesättigt mg trocken mg F1äche cm² Sukkulenzgrad g/dm² Oberflächenentwicklung _____ dm²/g HelligkeitkLux Windwegcm/sec x_0 =.....m x_t =.....m t=.....min Temperatur°C

Bemerkungen

Feuchtegradient

PICHE-Evaporation

 x_0 =.....ml x_t =....ml t=....min

Atmosphärisches Wasserpotential

Relative Feuchtigkeit %

.....μg/m³

..... MPa

μg/cm² sec

Tab. 4. Ergebnis-Normblatt B: Transpi auf mm-Papier in der unteren					hisch		
Datum	Zeit						
Standort	0bjekt						
sec///							
mg//	′/	/		//-			
Blattoberflächecm² Luftfeuchte - Blattfeuchte							
Wassergehaltmg °C % g/cm³							
frischmg trockenmg	Luft						
Feuchtegradientg/cm³	Blatt		100	***************************************			
Transpiration		•••	•••••	µg/cm²			
Transpiration/Fläche µg/cm² sec							
cuticuläre Transpiration/Fläche µg/cm² sec							
Transpiration/Wassergehalt = Austausc	hzeit			min			
Diffusionswiderstand gegen Wasserdamp	f			s/cm			

Tab. 5. Ergebnis-Normblatt C: Nachmittägliche Mittelwerte mit Standardabweichung und Streuung (95 % Vertrauensgrenzen)

Standort

Datum

Objekt

	8	Ε						50 CO. C.
Grösse	Dimension					Mittel	sdev	conf 95%
Helligkeit	kLux							
Windweg	cm/sec							
Temperatur	ວ。							
Feuchtegrad.	m/B/m³							
PICHE-Evap.	µg/cm²sec							
Transpiration	µg/cm²sec							
cutic. Tsp	µg/cm²sec							
Austauschzeit	min							
relative Tsp	%							
Diff. Widerst.	sec/cm							
osmot. Pot.	MPa							
Wasserpot.	MPa							8
Druckpot.	Mpa							
MSD	%							
Sukkulenz	g/dm²							
0. Flächenentw.								

Bemerkungen

Minute zum erstenmal, eine Minute später zum zweitenmal gewogen. Zwischen den Wägungen wurden die Blätter am Waagestandort in möglichst ähnlicher räumlicher Lage einer möglichst ähnlichen Einstrahlung wie am Baum ausgesetzt. Die Blattfläche in cm² wurde nach Photokopien oder Zeichnungen der Blätter mit einem Planimeter bestimmt. Als Bezugsgrösse für die Transpiration wurde die Oberfläche genommen, d.h. die doppelte projizierte Fläche (SLAVÍK 1974). Der während der Vegetationsperiode ständig zunehmende nekrotische Flächenanteil wurde ebenfalls bestimmt und von der Oberfläche subtrahiert (vgl.Abb.1).

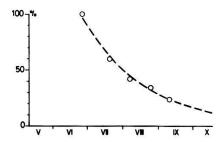


Abb. 1. Rückgang des Anteils der funktionsfähigen Blattfläche an der Oberfläche am salzbelasteten Standort von Aesculus im Verlauf der Vegetationszeit

Die cuticuläre Transpiration in μg cm $^{-2}$ s $^{-1}$ wurde aus der Gewichtsabnahme der bei der Transpirationsmessung nach STOCKER (1929) verwendeten Blätter zwischen 20 und 30 Minuten nach der Probenahme berechnet.

Die relative Transpiration in % gibt den prozentualen Anteil der Transpiration an der PICHE-Evaporation wieder.

Der Diffusionswiderstand für Wasserdampf in s cm⁻¹ wurde nach der folgenden Formel berechnet (SLAVÍK 1974):

$$R = \frac{C_b - C_1}{Tsp}$$

R = Diffusionswiderstand für Wasserdampf in s cm^{-1}

 C_b - C_1 = Differenz der Wasserdampfkonzentration zwischen der verdunstenden Oberfläche im Blatt und der Luft bei den respektiven Temperaturen in μg cm⁻³

Tsp = Transpiration in $\mu g \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Dabei wurden zwei Annahmen gemacht:

- Die Wasserdampfkonzentration an der verdunstenden Oberfläche des Blattes entspreche derjenigen bei einer relativen Feuchtigkeit von 100 %
- Die Blattemperatur sei gleich der Lufttemperatur

Zur zweiten Annahme ist zu bemerken, dass die Blattemperatur normalerweise über der Lufttemperatur liegt (LARCHER 1976). Eine Differenz von 1°C zwischen Blatt und Luft kann bereits signifikante Fehler bei der Berechnung des Diffusionswiderstandes verursachen, wenn der Fehler bei geschlossenen Stomata (= hohem Widerstand) auch kleiner wird (SLATYER 1971, MORROW und SLATYER 1971). Die Austauschzeit in min des Blattwassers wurde durch Division der Differenz zwischen Frischgewicht und Trockengewicht mit der entsprechenden Transpiration ermittelt.

Der Sukkulenzgrad in g dm^{-2} wurde als Quotient von Sättigungswassergehalt und Oberfläche bestimmt.

Die Oberflächenentwicklung in dm^2g^{-1} wurde als Quotient von Oberfläche und Frischgewicht berechnet.

Das Wassersättigungsdefizit in % wurde zunächst nach der "Floating-Disc"
-Methode (WEATHERLY 1950), später nach CATSKY (1960, 1965) bestimmt. Um die
Streuung zu vermindern, wurde die Anzahl der mit einem Korkbohrer ausgestanzten Blattscheibchen in Anlehnung an SPOMER (1972) auf 8 Stück und ihr Durchmesser auf 1.7 cm festgelegt. Ein Methodenvergleich ergab, dass die "FloatingDisc"-Methode um 25 % höhere Werte lieferte. Die Werte wurden entsprechend
korrigiert. Im Spätsommer enthielten die Blattproben von Aesculus am salzbelasteten Standort einen überproportionalen Anteil an Mittelrippen, so dass
diese Werte ebenfalls entsprechend korrigiert werden mussten.

Das osmotische Potential in MPa (1 MPa = 10 bar) wurde mit einem Kryoskop über die Berechnung der Konzentration osmotisch wirksamer Stoffe in einem
aus Blattproben hergestellten Pressaft ermittelt. Das Abtöten der Gewebe vor
dem Pressen erfolgte durch Einlegen (20 Minuten) der Probegefässe in kochendes
Wasser (WALTER 1928, 1930); später durch Zugabe von 0.5 ml Chloroform sofort
nach der Probenahme (WALTER 1931, KOZINKA 1960). Die nach der Chloroform-Methode
bestimmten osmotischen Potentiale mussten wegen der Löslichkeit von Chloroform
in wässrigen Lösungen um 0.13 MPa (= 1.3 bar) angehoben werden. Ein Parallelversuch zum Vergleich der beiden Methoden ergab, dass keine signifikanten
Unterschiede im Ergebnis auftraten.

Das Wasserpotential in MPa (1 MPa = 10 bar) wurde nach SCHOLANDER et al. (1965) mit einer nach WARING und CLEARY (1967) modifizierten tragbaren Druck-kammer gemessen. Der Druck wurde mit einer Rate von 0.05 MPa/s erhöht (RITCHIE und HINCKLEY 1975). Aufgrund der Schnelligkeit dieser in den letzten Jahren zur ökologischen Standardmethode gewordenen Technik war es möglich, das Wasserpotential und das osmotische Potential aller untersuchten Bäume an zusätzlichen Terminen zu bestimmen.

Das Druckpotential in MPa (1 MPa = 10 bar) ergab sich aus der Differenz von osmotischem Potential und Wasserpotential. Es wurde ein vernachlässigbar kleines matrikales Potential angenommen (vgl. SHEPHERD 1975).

Zur weiteren Auswertung wurden die Daten zu nachmittäglichen Tendenzen und Jahreskurven zusammengefasst.

Für die Jahreskurven wurden die Mittelwerte der jeweiligen Tagesmessungen (in der Regel 8), eventuell auch die Mittelwerte zusätzlicher Bestimmungen verwendet.

Eine Ausgleichskurve wurde durch die Schwerpunkte von je drei aufeinander folgenden Messwerten konstruiert (MC CRACKAN 1965). Dies konnte bei *Tilia* und *Platanus* nur für die Werte von Wasserpotential, Druckpotential und osmotischem Potential durchgeführt werden.

Die nachmittäglichen Tendenzen wurden ähnlich ausgewertet. Zuerst wurden die Messtage einzelnen jahreszeitlichen Phasen zugeordnet (Tab. 6) und zusammengefasst, danach die jeweiligen Mittelwerte aller Messungen zwischen 1330-1500 h, 1430-1600 h und 1530-1700 h berechnet. Die so erhaltenen 3 Werte ermöglichten Aussagen über Veränderungen der Messgrösse während des Nachmittags. Für einzelne Grössen wurde nur der Mittelwert aller nachmittäglichen Messungen in graphischer/tabellarischer Form dargestellt.

Die Vertrauensgrenzen der Mittelwerte wurden nach PARKER (1973) berechnet. Sie geben das Intervall an, innerhalb welchem der wahre Mittelwert der Messungen mit 95 % Wahrscheinlichkeit liegt.

conf (95 %) = t
$$\cdot \frac{\text{sdev}}{\sqrt{n}}$$

conf (95 %) = Vertrauensgrenzen

t = Student's t für (n-1) Freiheitsgrade

n = Anzahl der Werte

sdev = Standardabweichung vom Mittelwert

Tab.	6.	Zuordnung	der	Messtage	zu	Phasen	(die	Zahlen	bedeuten	den	jeweiligen
		Tag des Ja	ahre	3)							

Phase Baum	Vorstress Frühjahr	Stress Sommer	Nachstress Herbst
Qu	165 171	210 229	244 273
Qu _s	170 189 193	223 224	240 259
Ae	160 163	209 224	241 265 267
Ae _s	162 178 201	203 219	236 238 253
Pl	176	211 223	257
Pl _s		202 236	
Ti		237	
Ti s		209 239	

Qu = Quercus
Ae = Aesculus
Pl = Platanus
Ti = Tilia

s = vom belasteten Standort

Die Signifikanz einer Differenz zwischen zwei Mittelwerten wurde nach PARKER (1973) durch einen t-Test ermittelt. Dabei wurden ungleiche Varianzen angenommen.

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{(sdev_1)^2}{n_1} + \frac{(sdev_2)^2}{n_2}}}$$

= Student's t für $(n_1 + n_2 - 2)$ Freiheitsgrade

 n_1, n_2 = Anzahl der Werte in Gruppe 1, 2

 x_1, x_2 = Mittelwert der Gruppe 1, 2

sdev₁, sdev₂ = Standardabweichung der Gruppe 1, 2

Aus Tabellen kann für das jeweilige t abgelesen werden, wie gross die Wahrscheinlichkeit p ist, dass die beobachtete Differenz nicht signifikant ist.

Als Mass für die Streuung der Messwerte um den Mittelwert wurden die jeweiligen Vertrauensgrenzen (95 %) benutzt.

4. Resultate

4.1. Jahresgänge

Die Belastung des pflanzlichen Wasserhaushaltes durch die mangelnde Wasserversorgung, wie sie durch die Bodenwassergehalte (Abb. 2) dargestellt wurde, war an den salzbelasteten Standorten deutlich höher als an den unbelasteten. Das als Grenze für die Verfügbarkeit des Bodenwassers definierte Wasserpotential von -1.5 MPa (= -15 bar), welches einem Bodenwassergehalt von 1,25 Gewichtsprozenten entspricht (HORN, persönliche Mitteilung), wurde nur in wenigen Fällen unterschritten, zweimal am unbelasteten Standort von Platanus und je einmal am belasteten Standort von Aesculus und Tilia.

Tage mit guter Wasserversorgung, d.h. einem Bodenwassergehalt von mehr als

Tage mit guter Wasserversorgung, d.h. einem Bodenwassergehalt von mehr als 5 Gewichtsprozenten (vgl. 3.2) waren fast ausschliesslich auf die unbelasteten Standorte begrenzt. An den beiden Aesculus-Standorten wurden im Sommer vergleichbare Wassergehalte gemessen.

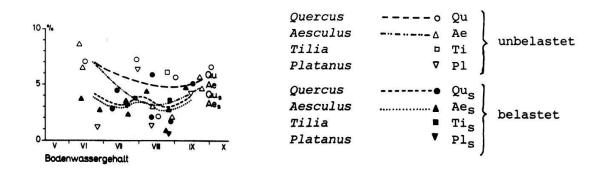


Abb. 2. Jahresgang des Bodenwassergehalts mit Ausgleichskurve in Gewichtsprozenten