Mitt. POLLICHIA	79	203 – 224	8 Abb.	Bad Dürkheim 1992
				ISSN 0341-9665

Albert Bill & Volker Wilhelmi

Stadtböden – die Standortproblematik von Straßenbäumen

Kurzfassung

Bill, A. & Wilhelmi, V. (1992): Stadtböden – die Standortproblematik von Straßenbäumen. – Mitt. POLLICHIA, **79**: 203 – 224, Bad Dürkheim

Böden entstehen als Verwitterungsprodukte innerhalb natürlicher Kreisläufe und bilden voneinander unterscheidbare Haupthorizonte: Oberboden, Unterboden und Ausgangsgestein oder einfacher A – B – C.

Im Gegensatz dazu zeichnen sich Stadtböden dadurch aus, daß ihr Aufbau häufig auf anthropogene Aufschüttungen zurückzuführen ist. Dadurch wird im Stadtbereich eine systematische Bodenforschung sehr erschwert.

Der heterogene Aufbau, anthropogene Eingriffe durch Bautätigkeiten und die Einwirkungen des Straßenverkehrs verursachen eine Vielzahl von Problemen. Bodenverdichtung, Bodenversiegelung, Sauerstoffmangel, Wassermangel, Streusalzbelastung und Immissionsschäden beeinträchtigen nachhaltig das Wurzelwachstum und die Vitalität der hier wachsenden Straßenbäume.

Nährstoffmangel liegt am Straßenbaumstandort i.d.R. nicht vor. Die Hauptproblematik für das Absterben der Straßenbäume liegt somit nicht im bodenchemischen, sondern vielmehr im bodenphysikalischen und bodenstrukturellen Bereich begründet.

Abstract

Bill, A. & Wilhelmi, V. (1992): Stadtböden – die Standortproblematik von Straßenbäumen [Urban soils – the pricipal problems of street vegetation]. – Mitt. POLLICHIA, **79**: 203 – 224, Bad Dürkheim

Soils are formed as a result of weathering within natural cycles. They form 3 distinguishable main zones, the upper soil, the sub soil and source material, simply put A, B and C.

Contrary to this, urban soils feature a structure of mostly anthropogenous deposit origin. Thus, a systematic research on soils in city areas is aggravated very much. The heterogenous composition, the intervention through construction activities and the impact of traffic cause a multitude of problems, such as compression and sealing of soil, lack of oxygen, water shortage, pollution through salt and immission. These influence the growth of roots and the vitality of a city's tree population negatively. As a rule, lack of nutrients does not occur at sites close to traffic. The primary source of problems connected to the dying of street vegetation accordingly does not result from the chemistry of soil but more so both due to the physics and the structure of ground.

Résumé

Bill, A. & Wilhelmi, V. (1992): Stadtböden – die Standortproblematik von Straßenbäumen [Les sols urbains – la problématique du lieux de l'habitat des arbres de la chaussée]. – Mitt. POLLICHIA, **79**: 203 – 224, Bad Dürkheim

Les sols, produits d'altération au sein des cycles naturels, forment 3 principaux horizons différents: l'horizon superficiel, l'horizon sub-surface et la roche-mère, ou plus simplement A – B – C.

Contrairement à cela, les sols urbains se distinguent par le fait que leur structure est souvent le résultat d'entassements et des remblaiements anthropogènes. Pour cette raison, une étude systématique des sols urbains apporte de grandes difficultés.

La structure hétérogène des sols et les interventions anthropogènes, comme les activités de construction et l'impact du trafic, causent un grand nombre de problèmes. La compaction et la vitrification des sols, le manque d'oxygène et d'eau, les effets du sel de déneigement et des immissions atmosphériques portent durablement préjudice à la croissance des racines et à la vitalité des arbres poussants dans ce milieu.

En général, il n'existe pas de carence de substances nutritives dans ce lieu de l'habitat. La cause majeure de la flétissure des arbres de la chaussée est donc moins à chercher dans les propriétés chimiques du sol que plutôt dans les propriétés physiques et structurelles du sol.

Der Boden wird gewöhnlich als „Verwitterungsprodukt natürlicher Kreisläufe" definiert, in dem mineralische und organische Anteile ein lebendes, also sich weiterentwickelndes Gefüge bilden. Bodentypen haben den gleichen Entwicklungsstand, d. h. die Pedogenese besitzt übereinstimmende Merkmale – damit werden ähnliche, vergleichbare Horizonte bzw. Horizontkombinationen geschaffen. Die Zeit, Niederschläge, Temperatur und nicht zuletzt das Ausgangsgestein sind die für die Bodenbildung wichtigen Einflußfaktoren; die mechanische und chemische Verwitterung führt zur Gesteinszerkleinerung und -zersetzung und Tonmineralneubildung, und die Humusbildung spaltet das organische Material.

Man unterscheidet drei Haupthorizonte: den Oberboden (A) > die Zone der Humusbildung, den Unterboden (B) > die Zone der Verwitterung, und das Ausgangsgestein (C) > die Basis der Bodenbildung.

Über Jahrhunderte verfolgt, können so typische Bodensequenzen (z. B. Ausgangsgestein > Pionierpflanzen > Ranker > Braunerde > Parabraunerde > Pseudogley > Podsol) abgeleitet werden.

Dies alles gilt für gewachsene Böden, also für alle natürlich entstandenen Böden. Daneben aber gibt es künstliche, von Menschenhand geschaffene Böden, die den oben dargestellten Charakteristika überhaupt nicht entsprechen:

Die **Stadtböden** werden von gänzlich anderen Faktoren bestimmt: sie sind vielfach nicht gewachsen, sondern – aus unterschiedlichsten Substraten zusammengesetzt – künstlich z. B. im Rahmen des Straßenbaues aufgeschüttet; damit sind sie sehr heterogen aufgebaut, eine Bodenentwicklung im eigentlichen Sinne hat nicht stattgefunden. Horizonte sind – wenn vorhanden – zufällig, das gleiche gilt für den Skelettanteil oder auch biologische Komponenten.

Damit wird eine systematische Bodenforschung sehr stark behindert, kann der Aufbau doch von Meter zu Meter, von Baumgrube zu Baumgrube vollständig verändert sein.

Eine standortökologische Bewertung muß demnach Kriterien erfassen, die über die herkömmliche Bodensystematik hinausgeht.

Zeigt der erste visuelle Eindruck bereits die großen Unterschiede im Aufbau von natürlichgewachsenem und künstlich-aufgeschüttetem Boden, so werden diese bei einer bodenchemischen Bestandsaufnahme nicht minder divergierend ausfallen:

Waldstandorte sind dadurch gekennzeichnet, daß sie meist Ungunststandorte sind – die fruchtbaren und windgeschützten Täler wurden vom Mittelalter an von der expandierenden Bevölkerung als Ackerland genutzt. Somit bleiben die kargen Hänge und Gipfel der Mittelgebirge für die Waldwirtschaft.

Bereits natürlich von einer geringen Pufferkapazität ausgezeichnet, werden diese Böden seit Mitte dieses Jahrhunderts zusätzlich einer steigenden Fracht von Luftschadstoffen – dem Sauren Regen – ausgesetzt, was zu einer dramatischen Auswaschung wichtiger Nährstoffe geführt hat.

* Als Waldvergleichsstandort wurde eine Fichtenparzelle im Hunsrück (Binger Wald, Lauschhütte) gewählt mit folgenden Daten: Lage ü. NN: 550-580 m; Hangneigung: schwach, N-W-exponiert; Bestandesalter: 46 Jahre; Bonität: 2,0; Schadensklassifikation: 2; Entstehung: Pflanzung; Humusform: rohhumusartiger Moder; Bodentyp: Braunerde-Parabraunerde; Skelettanteil: 50-60 %.

Tab. 1: Effektiv austauschbare Kationen in mval/100 g Boden, ihre prozentualen Anteile sowie pH-Werte (H_2O/KCL)

Horizont cm	Na	K	Ca	Mg	Mn	Al	H^+	pH H_2O/KCL
0- 5 mval-%	0.04	0.20	0.53	0.13	0.11	9.67	0.91	3.97/3.07
	0.30	1.73	4.57	1.12	0.95	83.4	7.85	
5-10	0.03	0.14	0.21	0.07	0.14	9.21	0.31	4.31/3.53
	0.26	1.38	2.08	0.69	1.38	91.1	3.07	
10-20	0.02	0.14	0.23	0.06	0.11	7.42	0.16	4.40/3.76
	0.27	1.72	2.83	0.74	1.35	91.2	1.97	
20-30	0.03	0.17	0.08	0.03	0.04	5.73	0.08	4.84/4.13
	0.42	2.76	1.30	0.49	0.65	93.0	1.30	
30-40	0.03	0.18	0.11	0.03	0.03	5.39	0.07	4.85/4.25
	0.51	3.08	1.88	0.51	0.51	92.3	1.20	

Tab. 2: Humusgesamtaufschlüsse der Mineralelemente, Kationengehalte in meq bzw. meq-% der Kationensumme, Quotienten in mmol, Einwaage 0.2 g

Parz.	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Al	Ca/K	Ca/Al
I OL meq	0.23	0.131	0.139	0.123	0.025	0.069	0.112	0.93	3.11
meq-%	27.74	15.80	16.76	14.83	3.01	8.32	13.51		
OF	0.11	0.115	0.113	0.077	0.232	0.069	0.337	0.71	0.50
	10.81	11.30	11.11	7.57	22.81	3.29	33.13		
OH	0.085	0.156	0.130	0.072	0.50	0.018	1.281	1.64	0.28
	3.79	6.95	5.79	3.21	22.30	0.80	57.13		

Das von der Waldwirtschaft seit Jahrhunderten mit Erfolg propagierte Prinzip der Nachhaltigkeit wird so auf Dauer in Frage gestellt: eine Nutzung, die der Bodenressourcen nur in ökologisch-vertretbarem Rahmen bedarf, die also dem System nur so viele Nährstoffe entzieht, wie es selbst auch wieder durch Humifizierung und Verwitterung bereitstellen kann, wird von der anthropogenen Säurebelastung in Frage gestellt.

Stadtböden dagegen haben mit dieser Versauerungsproblematik nicht viel zu tun. Sicher, die Schadstoffbelastung ist durch den dichten Straßenverkehr hoch, Schwermetalle wirken toxisch besonders auf die oberflächlichen Vegetationsorgane (manche Blätter fallen bereits braunverfärbt im Juni schon wieder ab), mittlerweile abklingende Streusalzduschen setzen Baum und Boden ebenfalls zu, – jedoch zeichnet sie ebenso eine durchweg hohe Pufferkapazität, hohe Nährstoffgehalte und damit eine große chemische Belastbarkeit aus.

Warum? Die Substrate entstammen nicht selten basischem Haus- und Straßenschutt, von Kalken und Sanden angereichert. Damit bieten sie zwar auf Dauer gute Nährstoffverhältnisse, unterliegen aber auch bei zu hohen pH-Werten einer Nährelementfestlegung (z. B. Phosphat).

Tab. 3: Bodenchemische Kennwerte – Untersuchungsstandort Mainz

	pH-Wert (Wasser)	Leitfähigkeit (μS)	KAK-Mehlich (mval/100 g B)	Phosphat (mg/100 g B)	Kalium (mg/100 g B	Chlorid (mg/100 g B)	Sulfat (mg/100 g B)
MIN	8,56	33,00	7,10	7,50	6,00	127,00	136,00
MAX	9,69	680,00	19,60	90,00	43,50	666,00	687,00
MW		201,00	10,60	36,40	19,00	572,30	571,70



Abb. 1b: Ein Beispiel eines typischen Waldbodens (Parabraunerde-Pseudogley)



Abb. 1a: Ein Beispiel eines typischen Waldbodens (Parabraunerde-Solifluktionsdecke)

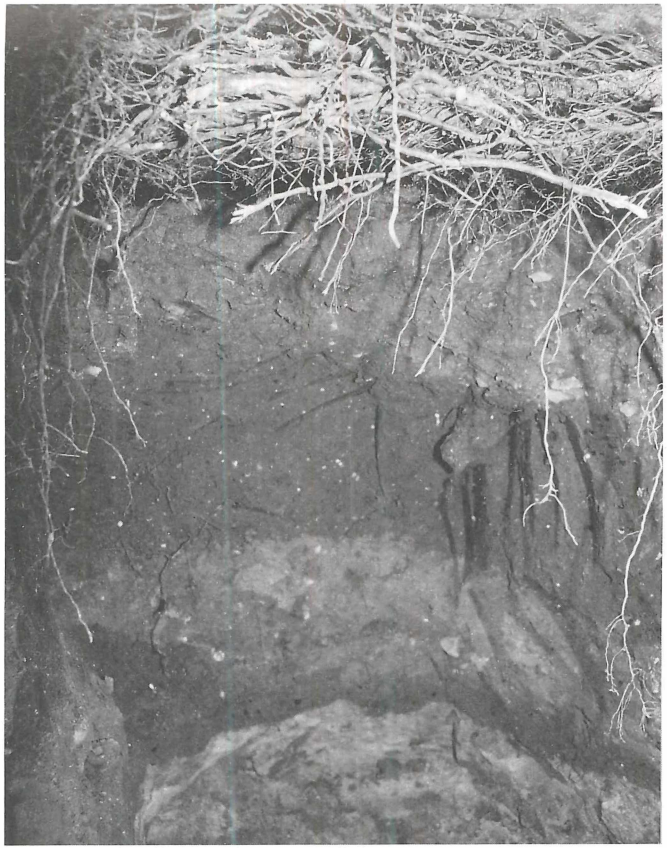


Abb. 1c: Ein Beispiel eines typischen Stadt„bodens“ (wechselnde Substrataufschüttung)

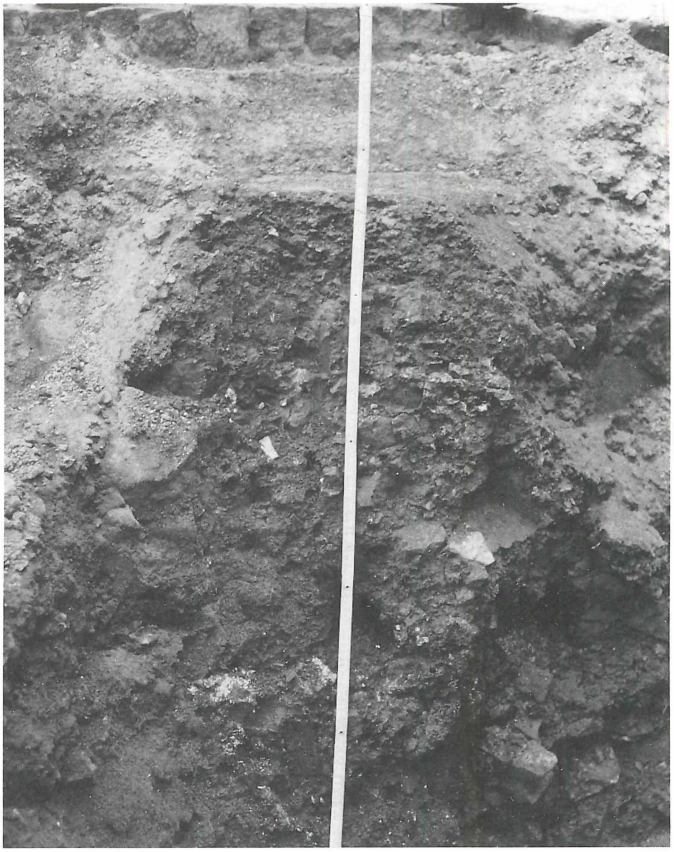


Abb. 1d: Ein Beispiel eines typischen Stadt„bodens“ (Bauschuttsubstrat)

Tab. 4: Bodenchemische Kennwerte – Untersuchungsstandort Mainz: Kationen (Ammonium-Acetat-Extraktion: mg/100 g Boden)

	Natrium	Kalium	Mangan	Magnesium	Calcium
MIN	2,90	9,00	0,10	2,70	230,00
MAX	65,10	50,10	0,40	28,50	820,00
MW	18,30	26,10	0,20	14,00	505,60

Der Nährstoffkreislauf ist im Waldökosystem unter normalen Bedingungen geschlossen: Die Vegetation nimmt Nährstoffe aus dem Boden über die Wurzel auf, lagert sie für einige Zeit als Biomasse ein, wirft sie zum Teil im Herbst (oder über das ganze Jahr verteilt bei Nadelbäumen) wieder ab und übergibt sie damit der Mineralisierung durch Mikroorganismen. Besonders der Humuskreislauf ist kennzeichnend.

Im Zuge der Bodenversauerung wird nun ein eindeutiger Trend hin zu einer Entkopplung des Nährstoffkreislaufs festgestellt:

Die Nährstoffe werden ausgewaschen (s. o.), die Wurzeln sterben ab und/oder ziehen in obere, nährstoffreichere Bodenbereiche, nämlich den Humus, wodurch die Standfestigkeit der Bäume natürlich leidet; der Humus wird infolge der Versauerung und dem damit verbundenen Absterben v. a. von Bakterien nicht mehr zersetzt, er akkumuliert zu gewaltigen Polstern, die einen für die Vegetation nicht mehr nutzbaren Nährstoffpool darstellen. Damit ist der wichtige Kreislauf entkoppelt, und die Vegetation zehrt von Reserven, bis ihre Belastbarkeit überschritten wird und sie abstirbt.

Tab. 5: Charakterisierung der Gesamt-Humusauflagen (Mächtigkeit, Humusgesamtgewicht, Gesamtgewicht C bzw. N)

Parzelle	Höhe cm	Gewicht t/ha	C t/ha	N kg/ha
I	10.5	87.13	41.517	1408

Tab. 6: Gehalte an Kohlenstoff sowie die C/N-Quotienten der Humushorizonte Hunsrückparzellen

Parzelle	C %	N %	C/N	Parzelle	C %	N %	C/N
I OL	50.71	1.44	35	II O OL	50.90	2.21	23
OF	56.08	1.93	29	OF	49.32	2.24	22
OH	31.57	1.18	27	OH	21.55	1.07	20

Tab. 7: Kohlenstoff- und Stickstoffeintrag über den jährlichen Streufall

Parzelle	N kg/ha	N/Humus-N %	C kg/ha	C/Humus-C %
I	27	1.90	1358	3.30

Beim Stadtstandort kann man von einem Humuskreislauf eigentlich nicht sprechen: die Bäume stehen in mehr oder weniger vorpräparierten Gruben, sind oftmals bis dicht an den Stamm von Betonplatten und anderem Material versiegelt, und die noch den Restboden erreichenden Blätter werden noch von der Stadtreinigung aufgesammelt.

Humusmineralisierung findet also nicht statt. Damit wird der Boden auch nicht mit Nährstoffen „recycled", die die Pflanzenwurzel aus tiefen Zonen hochtransportiert hat.

Gerade die Huminkomplexe sind als organische, negativ geladene Verbindungen in der Lage, ähnlich wie Tonminerale Kationen adsorptiv zu binden. Im intakten Waldoberboden machen sie einen hohen Anteil der Gesamtaustauschkapazität aus.

Auf Dauer kann es so auch zu einem empfindlichen Mangel einiger Elemente kommen. Insgesamt aber ist die Nährstoffsituation trotzdem gut. Zudem lockert die organische Substanz durch seine Krümelstruktur den Boden auf.

Wald- und Feldökosysteme sind offene Systeme, die von Input- (Sonne, Niederschlag, Gasaustausch) sowie Outputfaktoren (Atmung, Elementefflux über Wasser und Ernte) gekennzeichnet sind. Für das Ökosystem Stadt trifft dieses nur bedingt zu: Überdachungen und Kanalisation lenken bzw. verändern die natürlichen Input- und Outputwege nachhaltig.

Probleme am Straßenbaumstandort

Mit dem Einsetzen des großen Straßenbaumsterbens seit Mitte der 60er Jahre unseres Jahrhunderts werden verstärkt Anstrengungen unternommen, die Wissensdefizite der komplexen Wirkungszusammenhänge von Luftverunreinigungen, Nährstoff- und Wasserversorgung, Bodenverdichtung und Klimaeinflüssen am Straßenbaumstandort durch gezielte Forschungsmaßnahmen zu beseitigen. Ziele und vorläufige Ergebnisse dieser Forschungen werden im folgenden Abschnitt dargestellt.



Abb. 2: Typischer Straßenbaumstandort

Die Vitalität unserer Straßenbäume wird beeinträchtigt durch:

- Streusalzschäden

Nach Brod (1984) werden in der Bundesrepublik durchschnittlich 1,44 Mio. t Streusalz NaCl zur Verkehrssicherung auf die Fahrbahnen ausgebracht, von denen der größere Teil mit den Straßenabflüssen in die Vorfluter, aber auch in den Straßennebenraum gelangt. Kann aufgrund von ungünstiger Bodenstruktur und Mangel an Wasser das Na-Ion nicht aus dem Wurzelraum in tiefer gelegene Bodenhorizonte ausgewaschen werden, kommt es zu einer Anreicherung im Boden und zu einem Wirkungskomplex, der den Boden und die darin wurzelnden Pflanzen nachhaltig schädigt, siehe dazu Ruge & Stach (1968), Stach (1969), Ruge (1982), Brod (1984), Leh (1971, 1989).

Nachdem die Auswirkungen des Streusalzes als ein Hauptfaktor für die Schädigungen an Straßenbäumen erkannt wurde, erschienen die Arbeiten von LEH (1971), CHROMETZKA (1974), MEYER-SPASCHE (1981, 1986), ZUCKER & HABERMANN (1983), PFEIFFER (1985) und HABERMANN (1989), in denen verschiedene Möglichkeiten zur Melioration und Sanierung von streusalzgeschädigten Altbäumen aufgezeigt werden.

- Gasschäden

Die Umstellung von Stadtgas auf Erdgas hatte für viele Straßenbäume katastrophale Folgen, da durch undichte Rohrverdichtungen große Mengen an Gas in den Bodenraum gelangten und die dort vorhandene Bodenluft verdrängte. Zusätzlich ist im Umfeld von Gasleckagen eine Erhöhung der CO_2-Konzentration deutlich nachweisbar (vgl. HOEKS 1972).

Nach RUGE (1982) kommt es durch die Tätigkeit von Methanbakterien zu einer zusätzlichen Erniedrigung des O_2-Gehalts in der Bodenluft, so daß die Mindestkonzentration für die Wurzeln von 12-14 % unterschritten wird. GEISLER (1967, 1978) konnte in seinen Untersuchungen an Kulturpflanzen eindeutig die Abhängigkeit des O_2-Gehalts in der Bodenluft vom Wachstum der Wurzeln nachweisen, wobei schon geringe Veränderungen zu markanten Beeinträchtigungen bei der Nährstoffaufnahme führen und die Entwicklung des Wurzelsystems irreversibel durch Erstickung schädigen können.

- Immissionsschäden

Umfangreiche Untersuchungen zur Waldschadensproblematik haben gezeigt, daß gas- und staubförmige Immissionen zu direkten Schädigungen an Pflanzen führen. SO_2, NO_x und O_3 devitalisieren die Assimilationsorgane und beeinträchtigen die Photosyntheseaktivität. Sie wirken toxisch auf Stoffwechselprozesse und die sie steuernden Enzymsysteme. Eingetragene Schwermetalle führen bei entsprechender Konzentration zum Kollabieren der vorgeschädigten Pflanzenorgane.

Nach RUGE (1982) erscheinen diese Befunde relativ gefahrlos, da im Zuge verbesserter Umweltschutzmaßnahmen die Emissionen vermindert werden. Im Gegensatz dazu stehen Untersuchungen von MEYER-STEINBRENNER (1988), die in Hamburg den negativen Trend der Waldschadenentwicklung auch für Bäume in Grünflächen nachweisen können (siehe dazu auch LEH 1989).

- Bodenverdichtung und Bodenversiegelung

Bodenverdichtung und Bodenversiegelung stehen bezüglich ihrer Wirkungen auf den Straßenbaumstandort in sehr engem Zusammenhang. Sowohl die Verdichtung als auch die Abdeckung der Straßenböden beeinträchtigen die Wasserversorgung der Pflanzen und hemmen den Gasaustausch des Bodens.

Nach LIESECKE (1970) führen Verdichtungen, hervorgerufen durch Begehen, Befahren und Vibration, zu Veränderungen des Porenvolumens. Zunächst vermindert sich dabei der Anteil der für die Luft- und Wasserleitung verantwortlichen weiten Grobporen und erschweren dadurch den Gasaustausch der Atmosphäre mit dem Wurzelraum.

Welche spezifischen Auswirkungen O_2-Mangel im Boden auf das Wachstum von Wurzeln und Pflanzen ausüben kann, wurde schon aufgezeigt.

Die nachfolgende Verringerung der für den Bodenwasserhaushalt wichtigen Mittelporen vermindert die wasserspeichernden Eigenschaften der Böden und setzt die darin wurzelnden Pflanzen, insbesondere in lang anhaltenden Trockenperioden, einem verstärkten Wasserstreß aus (KRIETER et al. 1987).

Bei Messungen der Lagerungsdichte von Straßenrandböden in 7 Städten der Bundesrepublik Deutschland werden im Vergleich zu unbelasteten Böden häufig erhöhte Werte festgestellt, wobei die z. T. große Schwankungsbreite der Einzelergebnisse nicht unerwähnt bleiben darf (KRIETER et al. 1987).

Ähnliche Befunde liegen auch für Untersuchungen des Eindringwiderstandes aus Wien (Glatzel & Krapfenbauer 1975) und Hannover (Brod et al. 1987, Brod & Hartge 1989) vor.

In unseren Städten sind große Bereiche durch Gebäude, Asphalt, Beton oder Pflaster abgedeckt. Diese Formen der Bodenversiegelung führen in Verbindung mit anderen Bautätigkeiten zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels und behindern, indem sie die Niederschläge über die Kanalisation auf direktem Wege den Vorflutern zuführen, den natürlichen Wasserkreislauf. Zusätzlich unterbinden sie häufig vollständig die Diffusion von Sauerstoff in den Boden und beeinträchtigen damit den Bodenlufthaushalt (Hoffmann 1956, Liesecke 1970, Ruge 1982).

Nach Siewniak & Kusche (1984) werden aufgrund der Bodenabdeckungen bis zu 90 % des Niederschlagwassers oberflächlich abgeleitet, das dadurch für die Wasserversorgung der Pflanzen nicht mehr zur Verfügung steht.

Allein die Verdichtung durch Begehen (Trittverdichtung) vermindert die Infiltration von Niederschlägen um 50 %. Im Vergleich dazu beträgt der Oberflächenabfluß in Hausgärten und in Parkanlagen nur ca. 0-15 %.

Direkte Auswirkungen von Bodenabdeckungen an Straßenbäumen konnten von Eckstein et al. (1974) und Aslanboga et al. (1979) in Hamburg und Hannover nachgewiesen werden. Hier reagierten die Bäume nach Abdeckung der Baumscheibe mit deutlich geringeren Jahrringbreiten.

- Sauerstoffmangel

Grundlegende Arbeiten zum Lufthaushalt des Bodens wurden von Kmoch (1962), Flüheler (1973) und Frede (1986) vorgelegt. Die Wurzeln benötigen zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion Energie, die sie durch Veratmung organischer Substanzen gewinnen.

Geisler (1967/1969) konnte für Mais, Gerste und Ackerbohne deutliche Abhängigkeiten des Wurzelwachstums vom O_2-Gehalt in der Bodenluft feststellen. Da keine spezifischen Arbeiten zum Bodenlufthaushalt bei Bäumen und insbesondere bei Straßenbäumen vorliegen, werden Sauerstoffkonzentrationen von ca. 12 % in der Bodenluft als ausreichend erachtet.

Die von Leh (1989) vorgelegten O_2-Meßwerte im Wurzelbereich von Straßenbäumen in Berlin decken sich mit eigenen Messungen, die in 14 Städten durchgeführt wurden. Auch hier konnten keine Meßwerte unterhalb 14 % O_2 festgestellt werden.

Kritisch soll jedoch angemerkt werden, daß alle Ergebnisse, die mit Schlagsonden ermittelt werden, ein erhebliches Fehlerpotential enthalten, da auf dem Wege der Diffusion durch den Sondenkanal die Zusammensetzung der Bodenluft deutlich verändert werden kann. Zusätzlich benötigen viele Luftanalysegeräte zu große Luftvolumina, so daß auch hierdurch die Meßergebnisse durch nachströmende Luft beeinträchtigt werden.

- Wassermangel

Straßenbäume geraten wegen ihrer besonderen Standortsituation und wegen einer deutlich erhöhten Transpiration im Vergleich zu Waldbäumen häufig unter Wasserstreß. Wie schon mehrfach betont, verhindern Bodenabdeckungen und Verdichtungshorizonte im Straßenrandbereich eine ausreichende Nachlieferung des für die meisten biochemischen Prozesse notwendigen Mediums. Bäume verbrauchen große Mengen an Wasser, das sie aus dem durchwurzelten Bodenvolumen schöpfen.

Durch Grundwasserabsenkungen sind Stadtbäume i. d. R. auf das durch Niederschläge nachgelieferte Regenwasser angewiesen. Nach Kopinga (1989) besteht bei diesen sogenannten terrestrischen Standorten permanenter Wassermangel, der dadurch verstärkt wird, daß das Wurzelwerk vieler Straßenbäume nicht optimal ausgebildet ist und dadurch potentiell im Boden vorhandene Wasserreserven nicht nutzen kann. Der Baum reagiert mit Blattwelke oder mit dem Abwurf eines Teils seiner Blattmasse.

Zur Vermeidung von Trockenschäden helfen oft nur kostenintensive Bewässerungsmaßnahmen, die jedoch in extremen Trockenperioden von den zuständigen Grünflächenämtern aufgrund unzureichender Personalausstattung kaum bewältigt werden können.

Standortuntersuchungen von Straßenbäumen

Der Mangel an Kenntnissen über die Wirkungszusammenhänge zwischen den Bodengegebenheiten und der Vitalität von Straßenbäumen führte dazu, zunächst im Rahmen von detaillierten Aufgrabungen im Bodenraum von Altbäumen, die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch Eigenschaften des Substrats zu klären.

Hierzu wurden in Verbindung mit den Grünflächenämtern von zunächst 7 Städten der Bundesrepublik Deutschland Straßenbäume ausgewählt, deren Pflanzalter zwischen 20-40 Jahre betrug und somit ein hinreichend langer Zeitraum für die Ausbildung eines standort- und substratspezifischen Wurzelsystems gegeben war.

Als Untersuchungsbaum wurde mit der Linde (*Tilia* sp.) eine als Straßenbaum weit verbreitete und gegenüber Umwelteinflüssen hinreichend sensible Art gewählt.

Die Untersuchungen wurden in Mainz, Mannheim, Frankfurt a. M., Wiesbaden, Kassel, Köln und Hannover an jeweils 3 Versuchsbäumen durchgeführt, wobei der Wurzelstock der Bäume halbkreisförmig vom Stamm nach außen freigelegt wurde. Da sich die Aufgrabungen an dem Wurzelwachstum orientierten, mußten nicht selten neben der Pflanzgrube/Pflanzstreifen auch der Bereich der Gehwege und der asphaltierten Fahrbahnen aufgebrochen und untersucht werden.

Die große Variabilität der lateralen Wurzelverteilung ließ es sinnvoll erscheinen, eine Zuordnung der Wurzelabschnitte und zugehörigen Bodenproben in 3 Bereiche vorzunehmen:

– stammnaher Bereich	kleiner 0.5 m vom Stamm
– mittlerer Abstand vom Stamm	0.5-1.5 m vom Stamm
– stammferner Bereich	größer 1.5 m vom Stamm

Mit dem Fortschritt der Aufgrabungen wurde stetig die Durchwurzelungsintensität mit Grob-, Derb- und Starkwurzeln registriert, während besonders das Auftreten von Feinwurzeln (Wurzeldurchmesser < 2 mm) als ein Hauptkriterium für die Gunst- bzw. Ungunst der Substrateigenschaften herangezogen wurde. Diese noch unverholzten und deshalb zur Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie zum Gasaustausch befähigten Wurzelpartien dokumentieren durch ihr Verteilungsmuster im Bodenraum Bereiche mit guten Bodeneigenschaften (hohe Feinwurzelintensität), mittlere Bodeneigenschaften (mittlere Feinwurzelintensität) und schlechte Bodeneigenschaften (geringe bzw. fehlende Feinwurzeln).

Im Zuge des Fortschritts der Grabungsarbeiten wurden nach dem Grad der Durchwurzelung aus dem Bodensubstrat laufend Bodenproben zur physikalischen und chemischen Analytik gewonnen, deren Ergebnisse zeigen sollten, welche der bodenphysikalischen und/oder -chemischen Parameter maßgeblich die vorgefundene Durchwurzelung der Substrate determiniert.

Untersuchungen am Standort Mainz

Standortübersicht

Die Standorte der untersuchten *Tilia platyphyllos* befinden sich in der Straße „Am Pulverturm", die den Anliegerverkehr zu einem Wohngebiet und zu Verwaltungsgebäuden aufnimmt. Die Verkehrsbelastung beträgt nach einer Erhebung aus dem Jahr 1982 in der Zeit von 7.30 Uhr bis 8.30 Uhr 187 Pkw und von 16.45 Uhr bis 17.15 Uhr 236 Pkw.

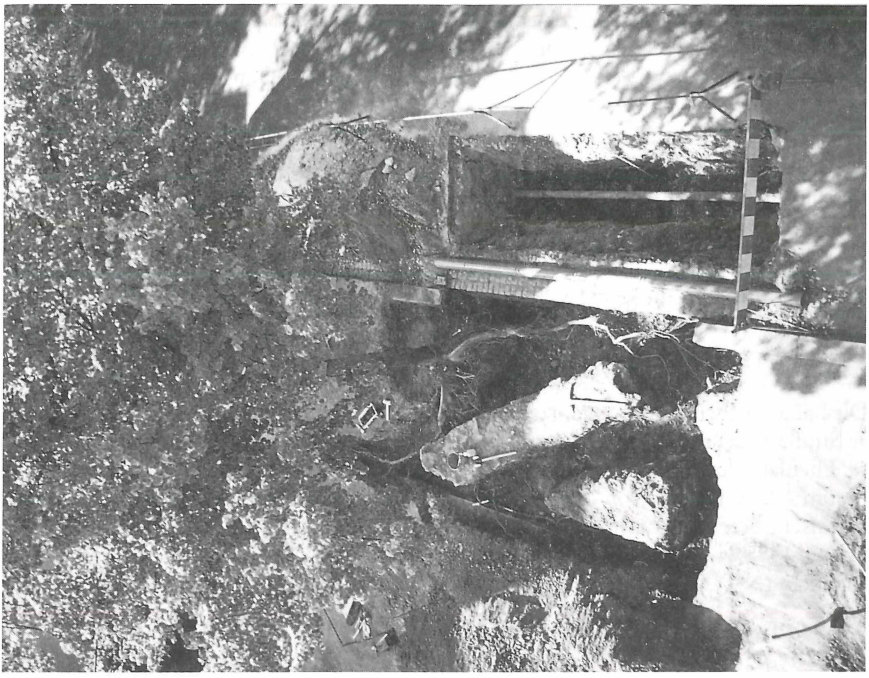


Abb. 3b: Übersicht über die Aufgrabung Baum 2

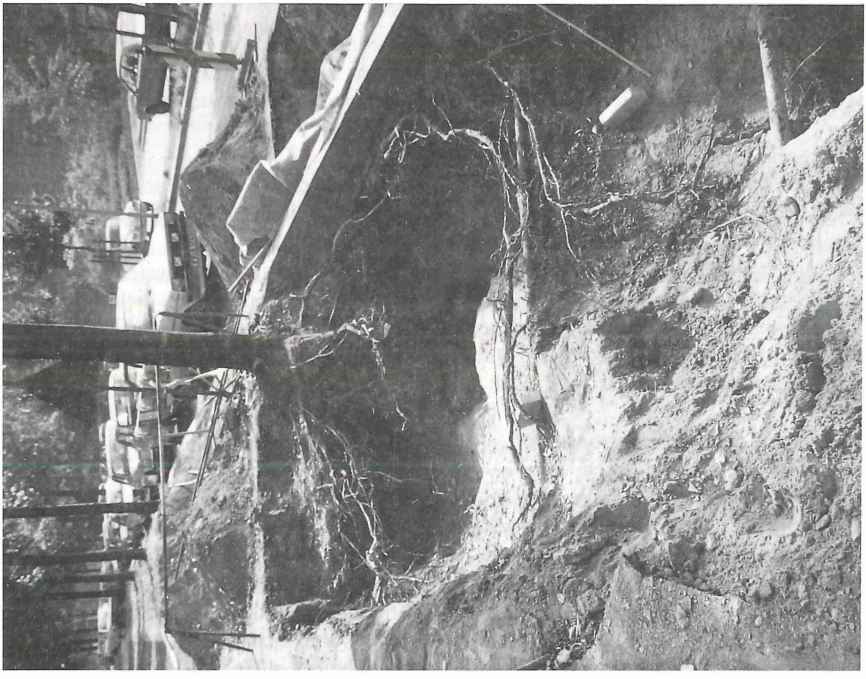


Abb. 3a: Übersicht über die Aufgrabung Baum 1

Das Alter der in Reihe entlang einer Häuserfront gepflanzten Bäume beträgt ca. 35 Jahre, wobei sich während der Standzeit deutliche Unterschiede im Stammumfang und in der Baumhöhe ausgebildet haben, was auch in der visuellen Vitalitätsbeurteilung berücksichtigt ist (vgl. Tab. 8).

Tab. 8: Kennzeichnende Parameter der Untersuchungsbäume Nr. 1-3

Untersuchungsstandort: Mainz – Am Pulverturm			
	Baum Nr. 1	Baum Nr. 2	Baum Nr. 3
Baumart:	*Tilia plat.*	*Tilia plat.*	*Tilia plat.*
Baumalter:	ca. 35 Jahre	ca. 35 Jahre	ca. 35 Jahre
Baumhöhe:	9-10 m	11-12 m	12-13 m
Stammdurchmesser:	27 cm	30 cm	34 cm
Vitalität:	2-3	2	2

Die Bäume stehen in einem Pflanzstreifen, der den asphaltierten Fußweg gegen die angrenzende Straße abtrennt. Die Fläche zwischen den Bäumen trägt eine wassergebundene Wegedecke. Ebenfalls durch eine wassergebundene Wegedecke ist eine Freifläche im Standbereich von Baum 1 befestigt, die von den Anwohnern als Parkplatz genutzt wird.

Baumscheiben und Baumschutzmaßnahmen (Pfähle bzw. Bügel) sind nicht vorhanden.

Im Juni 1985 wurde die gesamte Pflanzung mit Hilfe der Terralift-Methode gedüngt, wobei neben einem (N-P-K) Dünger auch Styroperl zur Stabilisierung der Bodenklüfte eingesetzt wurde.

Verteilung der Bodensubstrate am Untersuchungsstandort

Wie aus der Aufgrabungsskizze (Abb. 4) zu erkennen ist, lassen sich im wesentlichen 2 unterschiedliche Bereiche (Straßen- u. Rinnsteinbereich bzw. Pflanzstreifen- u. Gehwegsbereich) erkennen, die in ihrem Boden- bzw. Substrataufbau deutlich voneinander abweichen.

Straßenbereich:

Unter dem Straßenasphalt befindet sich eine Schicht Basaltsplitt, die ihrerseits auf einer ca. 20-40 cm mächtigen Schicht aus Gesteinsblöcken aufliegt. Beide Schichten bilden zusammen den Straßenunterbau und somit das Fundament der Straße.

Das anstehende Substrat unterhalb der o.g. Lage aus Gesteinsblöcken besteht aus sandig lehmigem Boden, der häufig von Kiesbändern (Rheinkies) durchsetzt ist. Zu diesen natürlich bedingten Substratwechseln kommen aber noch solche hinzu, die unzweifelhaft auf die menschliche Bautätigkeit zurückzuführen sind und die als Sandfüllungen im Umfeld von Ver- und Entsorgungsleitungen hier bis in 2 m Profiltiefe gefunden werden.

Pflanzstreifen- und Gehwegsbereich:

Unter der mit Splitt abgedeckten wassergebundenen Wegedecke des Gehwegs und des Pflanzstreifens befindet sich im Standraum von Baum 1 ein dunkler, mit Mergel und feinem Bauschutt durchmischter Boden, der auch im Standraum von Baum 3 das vorherrschende Bodensubstrat bildet. Im Gegensatz dazu besteht das Material im Wurzelbereich von Baum 2 aus einem lockeren, dunkelbraunen mutterbodenähnlichen Boden. Sowohl bei Baum 2 als auch bei Baum 3 sind die ehemaligen Pflanzballen an der dunklen Bodenfärbung erkennbar. Wie beim Straßenprofil werden auch hier die tiefer liegenden Bereiche von dem sandig lehmigen Substrat gebildet, in das vereinzelt Kiesbänder eingeschaltet sind.

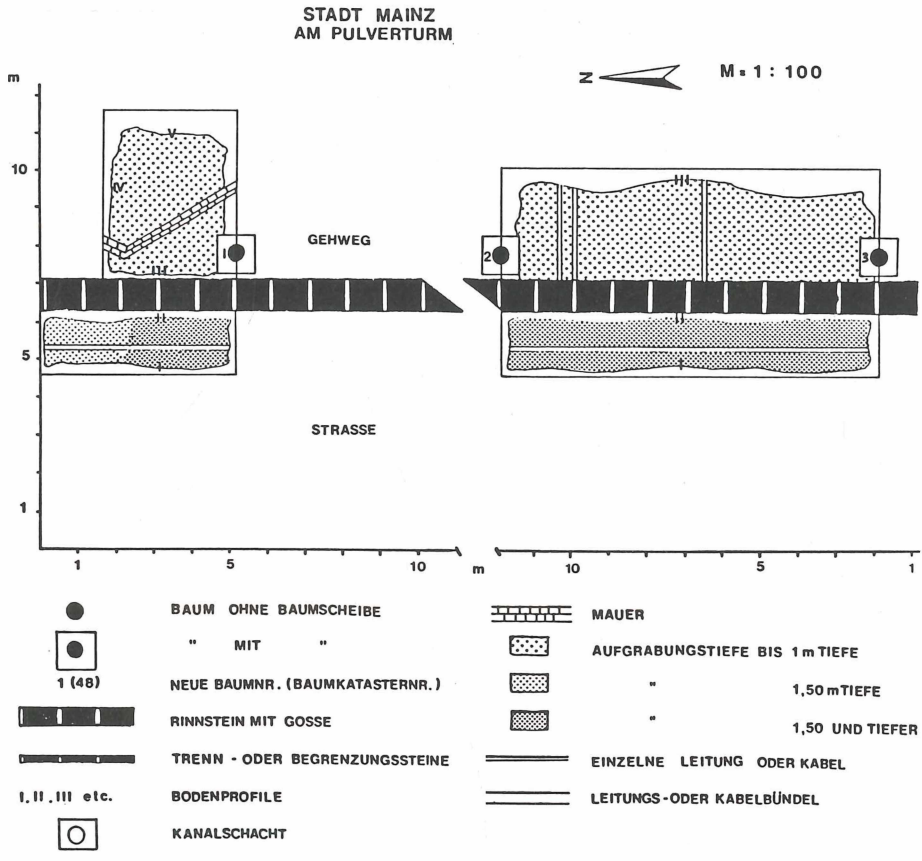


Abb. 4: Übersicht über die Aufgrabung am Standort Mainz

Mehr noch als im Straßenbereich wird der natürliche Bodenaufbau im Pflanzstreifen durch zahlreiche Leitungen mit den damit verbundenen Substratumlagerungen verändert, wobei die bei der Aufgrabung gefundenen Gebäudefundamente im Wurzelbereich von Baum 1 ebenfalls eindrucksvoll die anthropogenen Veränderungen innerhalb der Stadt- und Straßenböden belegen (siehe dazu auch Abb. 3a u. 3b).

Die Wurzelverteilung

Die Hauptmasse der Wurzeln findet man im Pflanzstreifen und unter dem Gehweg (Abb. 3 b), wo ebenfalls ein relativ gutes Wurzelwachstum zu erkennen ist. Der Anteil der Feinwurzeln konzentriert sich dagegen auf den unmittelbaren Stammbereich und ist hier innerhalb des ursprünglichen Pflanzballens besonders deutlich ausgeprägt. Ein größeres Bodenvolumen wird von den mehr oder weniger horizontal wachsenden Grob- und Starkwurzeln erschlossen, die aber durch das Bordstein- und Hausfundament sowie die zahlreichen Leitungen im Bodenraum in ihrer Wuchsrichtung sehr stark beeinträchtigt werden (Abb. 6).



Abb. 5: Substrataufbau unter der Straße



Abb. 6: Substrataufbau und Wurzelwachstum im Pflanzstreifen



Abb. 7: Substrat und Wurzelverteilung in Leitungsgräben



Abb. 8: Feinwurzelwachstum in Bordsteinfugen

Trotz der o. g. Hindernisse kommt es aber gerade entlang der Versorgungsleitungen und bei Substratwechseln von sehr feinerdereichem Material zu sandigeren Substraten zur Ausbildung von Feinwurzeln, die auch unter der Straße in mehr als 1,50 m Tiefe zu beobachten waren (vgl. Abb. 7).

Eine relativ gleichmäßige Durchwurzelung ist im Stammbereich nur bis 60 cm Tiefe zu erkennen. Unterhalb von 80-100 cm sind dagegen kaum noch Wurzeln anzutreffen. Die zur Straße wachsenden Grobwurzeln tauchen am Betonfundament des Bordsteins ab und wachsen unterhalb der Schotterschicht im Übergang zum sandigen Substrat. In den mit Sand verfüllten Leitungsgräben ist bis auf die unmittelbare Umgebung um die Leitungen (vgl. Abb. 7) und auf die Grenzschichten keine Durchwurzelung vorhanden.

Besonders zu erwähnen ist die starke Häufung von Feinwurzeln in den Bordsteinfugen (vgl. Abb. 8) und dem Kies-Sand-Gemisch unterhalb der Bordsteine. Hier scheinen die Wuchsbedingungen bezüglich der Wasser- und Luftversorgung der Wurzeln nahezu optimal zu sein, da Regenwasser von der asphaltierten Fahrbahn durch die Fugen in den Untergrund einsickern kann und die grob strukturierte Matrix eine gute Bodendurchlüftung gewährleistet.

Bodenphysikalische Laboruntersuchungen

Korngrößenverteilungen

Nach den Ergebnissen der Schlämm- und Siebanalyse handelt es sich am Standort Mainz beim Feinboden um ein schluffig sandiges bis sandig schluffiges Substrat, das z. T. schon in einen schluffig lehmigen Sand bzw. einen sandig schluffigen Lehm übergeht.

In der Tab. 9 sind die Ergebnisse aus insgesamt 4 Bodenprofilen zusammengefaßt, wobei die Probenentnahme in 20-cm-Schritten bis 160 cm Bodentiefe durchgeführt wurde. Die Ergebnisse der Einzelproben wurden zu Profildurchschnittswerten zusammengefaßt, die mit MW 1-5 bezeichnet sind.

Mit einer Ausnahme weisen alle Bodenprofile bezüglich ihrer Textur eine sehr große Streuung auf, so daß keine Abhängigkeit zwischen Textur und Profiltiefe festgestellt werden konnte. Lediglich bei Profil 3, das direkt neben Baum 1 liegt, wurde mit zunehmender Bodentiefe ein steigender Sandanteil ermittelt.

Faßt man die Ergebnisse der Profile nochmals zusammen, so ergibt sich für den Mainzer Untersuchungsstandort 44 % Sand, 50,5 % Schluff und 5,6 % Ton. Unberücksichtigt bleiben hierbei die vereinzelt im Substrat enthaltenen Ziegel und Bauschuttreste, die hier im Gegensatz zu vielen anderen Stadtstandorten nur von geringer Bedeutung sind.

Tab. 9: Standort – Korngrößenverteilungen Bodenprofil – Mittelwerte in Gew.-%

Profil	Sand	Schluff	Ton
MW-1	42,10	53,80	4,10
MW-3	38,30	56,60	5,10
MW-4	50,80	43,70	5,40
MW-5	44,70	47,70	7,70
MIN	38,30	43,70	4,10
MAX	50,80	56,60	7,70
MW	43,975	50,45	5,575

Bodendichte, Porenvolumen und Porengrößenverteilung

Die mit der Stechzylindermethode am Untersuchungsstandort ermittelten Lagerungsdichten schwanken zwischen 1,29 g/cm³ und 1,91 g/cm³ und liegen im Mittel bei 1,65 g/cm³.

Ebenfalls weitgestreut liegen auch die Ergebnisse des Gesamtporenvolumens (GPV) und der Porengrößenverteilung (vgl. Tab. 10).

Als Mittelwerte wurden für das GPV 37,6 Vol.-%, für die Grobporen 20,69 Vol.-%, für die Mittelporen 9,47 Vol.-% und für den Feinporenanteil 7,45 Vol.-% berechnet. Der hohe Anteil der Grobporen innerhalb der Substrate bedeutet für den Standort, daß bei ausreichender Porenkontinuität eine gute Wasser- und Luftleitfähigkeit in den Unterboden möglich ist, sofern keine Oberflächenversiegelung vorliegt. Im Gegensatz dazu ist das Mittelporensystem (Wasserspeicherung) nur mäßig ausgebildet, was die Wasserversorgung der Bäume insbesondere in Trockenperioden beeinträchtigen kann.

Analog zu den Ergebnissen der Korngrößenverteilung lassen sich am Untersuchungsstandort auch bei den Bodenstrukturuntersuchungen keine Korrelationen zur Profiltiefe ableiten, da sich die Bodendichte und Porosität generell mit dem Substrat verändert, so daß sich der heterogene Bodenaufbau in der heterogenen Bodenstruktur widerspiegelt.

Tab. 10: Porenvolumen (GPV), Porengrößenverteilung (GP-MP-FP) und Kennwerte der Wasserbindung (Feldkapazität – nutzbare Feldkapazität)

Profil-Tiefe cm	Lagerungsdichte g/ccm	GPV Vol.-%	GP Vol.-%	MP Vol.-%	FP Vol.-%	FK mm/dm	nFk mm/dm
20- 40	1,85	30,20	12,50	10,40	7,30	17,70	10,40
20- 40	1,45	45,10	29,50	3,60	12,00	15,60	3,60
20- 40	1,78	32,90	18,00	8,00	6,90	14,90	8,00
20- 40	1,78	33,00	14,80	11,00	7,20	18,20	11,00
20- 40 MW	1,71	35,30	18,70	8,25	8,35	16,60	8,25
40- 60	1,70	36,00	19,00	5,80	11,20	17,00	5,80
40- 60	1,45	45,20	28,80	9,50	6,90	16,40	9,50
40- 60	1,29	51,20	34,00	11,40	5,80	17,20	11,40
40- 60	1,73	34,70	11,60	15,80	7,30	23,10	15,80
40- 60	1,91	28,10	13,30	7,80	7,00	14,80	7,80
40- 60	1,62	38,70	21,70	9,60	7,40	17,00	9,60
40- 60 MW	1,62	38,98	21,40	9,98	7,60	17,58	9,98
60- 80	1,61	39,10	25,10	8,20	5,80	14,00	8,20
60- 80	1,58	40,40	23,00	9,90	7,50	17,40	9,90
60- 80	1,72	35,20	22,00	5,90	7,30	13,20	5,90
60- 80	1,55	41,60	20,10	11,70	9,80	21,50	11,70
60- 80	1,74	34,50	15,60	11,80	7,10	18,90	11,80
60- 80	1,73	34,90	16,50	11,70	6,70	18,40	11,70
60- 80 MW	1,65	37,62	20,38	9,87	7,37	17,23	9,87
80-100	1,49	43,60	27,50	8,60	7,50	16,10	8,60
80-100	1,60	39,60	19,70	13,20	6,70	19,90	13,20
80-100	1,81	31,60	17,90	7,50	6,20	13,70	7,50
80-100	1,69	36,40	23,10	8,00	5,30	13,30	8,00
80-100 MW	1,65	37,80	22,05	9,33	6,43	15,75	9,33
MW-Profil	1,65	37,60	20,69	9,47	7,45	16,92	9,47

Kennwerte der Wasserbindung

Die Kennwerte der Wasserbindung, Feldkapazität (FK) und nutzbare Feldkapazität (nFk) liegen bei 16,92 mm/dm (13,2-23,1) bzw. 9,47 mm/dm (3,6-15,8) und sind aufgrund des

hohen Sandanteils (entspricht hohem Anteil an Grobporen, vgl. Tab. 9 u. 10) im Substrat als gering bis mittel einzuordnen.

Die Gesamtheit der bodenphysikalischen Parameter spiegelt einen Standort wider, der in seinem Bodenaufbau relativ heterogen erscheint, da alle Meßwerte innerhalb der untersuchten Bodenprofile substratbedingt sehr stark streuen. Einen vertikal gleichförmigen Substrataufbau findet man nur in den mit Sand verbauten Leitungsgräben vor.

Bodenchemische Laboruntersuchungen

pH-Werte

Am Untersuchungsstandort werden generell hohe pH-Werte (in H_2O) gemessen (vgl. Tab. 3). Alle Werte liegen über pH 8,5, die Mehrzahl sogar über pH 9. Der Boden befindet sich somit im mäßig bis stark alkalischen Bereich. Mit Ausnahme des Bodenprofils in unmittelbarer Nähe von Baum 1, wo der pH-Wert mit zunehmender Bodentiefe ansteigt, streuen die Meßwerte im übrigen Aufgrabungsbereich ohne erkennbaren Gradienten.

Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit als Maß für gelöste ionische Stoffe ist mit durchschnittlich 201 μS (vgl. Tab. 3) am Standort relativ hoch und zeigt je nach Bodenprofil starke Streuungen auf. Während das Bodenprofil in unmittelbarer Nähe zu Baum 1 vergleichsweise niedrigere Leitfähigkeitswerte zeigt (Bereich intensiver Durchwurzelung), finden sich unterhalb des Gehwegs und im Rinnsteinbereich deutlich höhere Werte, deren Ursache wesentlich auf die Winterstreuung mit Auftausalzen zurückgeführt wird. Geringe Leitfähigkeitswerte werden dagegen in den Sandfüllungen der Leitungsgräben gemessen, da aufgrund der guten Wasserwegsamkeit des sandigen Substrats Ionen sehr schnell in tiefere Bodenschichten ausgewaschen werden.

Potentielle Kationenaustauschkapazität (n. Mehlich)

Die potentielle Kationenaustauschkapazität (KAK) beträgt bei einer Streuung zwischen 7,1 und 19,6, im Mittel 10,6 mval/100 g Boden (vgl. Tab. 3). Die großen Schwankungen innerhalb der KAK werden auf die Unterschiede innerhalb der Textur und dem Gehalt an organischer Substanz zurückgeführt, da schluffig-tonige Substrate eine höhere KAK besitzen als sandige Materialien. Die zu beobachtende Abnahme der KAK mit zunehmender Bodentiefe ist neben der Matrix auch von der organischen Substanz im Boden abhängig, deren Anteil mit steigender Bodentiefe abnimmt.

Elementgehalte des Bodens

Die Phosphat- und Kaliumgehalte des Bodens wurden nach der CAL-Methode ermittelt und zeigen am Standort sowohl für Phosphat als auch für Kalium hohe, mit Gehalten in Kulturböden vergleichbare Werte auf, so daß an diesen beiden wichtigen Pflanzennährstoffen hier am Standort kein Mangel besteht. Eine Abnahme des Phosphat- und Kaliumgehaltes mit zunehmender Bodentiefe kann generell nicht beobachtet werden, obwohl die Spitzenwerte von 90 mg Phosphat und 40 mg Kalium im Bereich von 0-20 cm, also oberflächennah im unmittelbaren Stammbereich von Baum 1 gemessen wurden. Auch hier ist auf die große substratbedingte Streuung hinzuweisen (vgl. Tab. 3).

Die durch die Anionenbestimmung ermittelten Chlorid- und Sulfatwerte liegen in Mainz mit 572,3 bzw. 571,7 mg/100 g Boden überdurchschnittlich hoch (vgl. Tab. 3), so daß hierfür anthropogene und geogene Ursachen verantwortlich gemacht werden. Dafür spricht auch die gleichmäßige Verteilung der hohen Meßwerte in allen Profiltiefen.

Mit Hilfe der Ammonium-Acetat-Methode wurden neben den Natrium- auch die Kalium-, Mangan-, Magnesium- und Calciumgehalte in den Standortbodenproben bestimmt (vgl. Tab. 4). Danach nimmt Calcium mit durchschnittlich 505,6 mg/100 g Boden den größten Anteil der ausgetauschten Kationen ein. Die Konzentrationen der übrigen Kationen sind dagegen, wie der Tab. 4 zu entnehmen ist, vergleichsweise gering, obwohl der Standort generell (Ausnahmen bilden hier die Sandfüllungen der Leitungsgräben) über eine mittlere bis gute Nährelementversorgung verfügt.

Faßt man die bodenchemischen und -physikalischen Untersuchungsergebnisse zusammen, so kann dem Mainzer Standort bzgl. seiner standortökologischen Bedingungen hinsichtlich der untersuchten Parameter eine mittlere bis gute Ausstattung bescheinigt werden.

Durch einen hohen Anteil an Schluff-Material werden hohe Austauschkapazitäten und damit verbunden eine gute Nährelementversorgung erreicht.

Ein mittlerer Sandanteil von ca. 43 Gew.-% führt im Boden zu einem gut ausgebildeten Grobporensystem, das den Gasaustausch zwischen der freien Atmosphäre und dem Bodenraum sicherstellt und die Wasserversickerung in den Unterboden gewährleistet, sofern diese Vorgänge nicht durch versiegelte Oberflächen unterbunden werden.

Trotz des hohen Anteils an Feinmaterial im Standortsubstrat ist der Anteil der Mittelporen und somit die pflanzenverfügbare Wasserkapazität des Substrats nur als gering bis mittel zu bezeichnen, da einerseits durch den hohen Sandanteil das Bodenwasser schnell in tiefere Bodenschichten versickert und andererseits in den Feinporen (Tonfraktion) so fest gebunden ist, daß Baumwurzeln es nicht aufnehmen können.

Auch die sehr hohen Calcium-Gehalte in allen Bodenproben und die damit verbundenen hohen pH-Werte können für ungünstige Bedingungen bei der Ionenaufnahme durch die Wurzeln (Ca/K-Antagonismus) verantwortlich sein. Bei allen Beurteilungen darf aber nicht vergessen werden, daß das Standortsubstrat bezüglich seiner vertikalen und horizontalen Ausbreitung, mit Ausnahme des Bodenprofils in unmittelbarer Nähe zu Baum 1, als überaus heterogen zu bezeichnen ist, wofür die z. T. hohen Schwankungsbreiten der Untersuchungsparameter ein deutliches Indiz sind.

Feinwurzelausbildung in Abhängigkeit vom Bodensubstrat

Ein genereller Zusammenhang der Durchwurzelungsintensität in Verbindung mit den Ergebnissen der bodenchemischen- und bodenphysikalischen Parameter konnte hier aufgrund der großen Standortheterogenität nicht abgeleitet werden, wenngleich bestimmte Bodenbereiche am Mainzer Standort bevorzugt durchwurzelt werden.

Schließt man jedoch die Ergebnisse, der ebenfalls durchgeführten Standortuntersuchungen von Frankfurt a. M., Köln, Kassel, Hannover, Mannheim und Wiesbaden mit in die Interpretation ein, dann lassen sich in Abhängigkeit vom Bodensubstrat

bevorzugte Zonen für die Feinwurzelausbildung ableiten:

- im Stockbereich; neben der genetischen Steuerung sichert die mehr oder weniger große Baumscheibe den Gasaustausch und den Wasserzutritt.
- im Rinnsteinbereich; da hier Kies und Sand als Unterbaumaterialien in Verbindung mit den anstehenden bindigen Bodensubstraten ebenfalls den Gasaustausch und die Wasserinfiltration günstig beeinflussen, während die Nährelementaufnahme aus dem Feinsubstrat erfolgt.

– im Grenzbereich von grobporenreichen Bodenschichten zu Feinmaterial; auch in tieferen Bodenschichten (an der Basis der Leitungsgräben) finden sich Feinwurzeln, wenn die Bodenstruktur über eine ausreichende Luft und Wasserkapazität verfügt.

– in Substratschichten, die neben dem Feinboden einen hohen Anteil an Kies und Sand enthalten. Die Matrix bildet ein stabiles Makroporensystem und ist relativ verdichtungsstabil.

Entscheidend für die Entwicklung und das Wachstum der Wurzeln und damit für den Luft-, Wasser- und Nährelementhaushalt des Straßenbaumes ist eine gute Durchlüftung des Bodens. Mit der hohen Luftdurchlässigkeit geht eine hohe Wasserleitfähigkeit einher. Beide Prozesse werden über einen hohen Grobporenanteil sichergestellt. Die Speicherung pflanzenverfügbarer Wasser- und Nährelementmengen ist wiederum abhängig vom Feinbodenanteil. Allerdings treten bei höheren Schluff- und Tonanteilen im Stadtboden unter der standorttyischen starken Einwirkung verdichtender Prozesse irreversible Verschlechterungen der Bodenstruktur auf. Aus diesem Grund darf das Bodensubstrat des Straßenbaumes Schluff- und Tonfraktionen nur in jenen Mengen enthalten, die für eine genügende Wasser- und Nährelementspeicherung unentbehrlich sind.

Zusammenfassung

Wie an den beiden Beispielen gezeigt werden konnte, kann die Standortsituation von Wald- und Straßenbäumen nur mit standortspezifischen Methoden und Kriterien beurteilt und erfaßt werden. Im Gegensatz zum gut untersuchten Waldbaum fehlen für den Stadt- und Straßenbaum grundlegende Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Standort und Pflanzenentwicklung bzw. Pflanzenvitalität.

Neben den Waldbäumen sterben aber auch flächenhaft Stadt- und Straßenbäume. Das Ausmaß dieser Entwicklung ist optisch weniger eindrucksvoll – auch wenn sich schon viele Stadtbäume im Sommer herbstlich färben – da die städtischen Grünämter mit aufwendigen Sanierungs- und Pflegemaßnahmen bzw. Neupflanzungen in diesen Prozeß regulierend eingreifen. Neben der Sanierung des sichtbaren oberirdischen Teils der Straßenbäume muß aber auch die Beschaffenheit des Wurzelsystems und des Bodensubstrats in eine umfassende und nachhaltige Vitalitätsverbesserung einbezogen werden.

Sind für den Waldstandort überwiegend bodenchemische Parameter die Belastungsfaktoren, so liegen die Probleme am Straßenbaumstandort häufig eindeutig im bodenphysikalischen Bereich und lassen sich nur durch aufwendige und teure Bodensanierungsverfahren verbessern.

Eine nachhaltige Verbesserung der Vitalität der Straßenbäume scheint nur über eine Verbesserung der Bodensubstrate bei der Neupflanzung möglich zu sein. Dies läßt sich aber nur verwirklichen, wenn alle relevanten Wirkungszusammenhänge zwischen Bodensubstrat, Wurzelwachstum und Pflanzenvitalität berücksichtigt werden.

Literaturverzeichnis

ASLANBOGA, J; HÖSTER, H. R. & MEYER, F. H. (1979): Umweltschäden an Straßenbäumen in Hannover. – Das Gartenamt, **28**, H. 6: 364-376

BILL, A. (1991): Physikalische Bodenuntersuchungen zur Entwicklung systemgerechter Pflanzsubstrate im Rahmen der Standortoptimierung von Straßenbäumen. – Diss. Johannes Gutenberg-Universität, Mainz

BROD, H. G. (1984): Auswirkungen der Auftausalze auf physikalische, chemische und biologische Bodenparameter. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, **25**: 235-242

BROD, H; ELLWART, T. & HARTGE, K. H. (1987): Räumliche und zeitliche Änderung von Bodenparametern im Wurzelraum innerörtlicher Alleebäume. – Mitt. deutsch. bodenkundl. Ges., **55/II**: 579-584

BROD, H. G. & HARTGE, K. H. (1989): Verteilung von pH-Wert, Elementkonzentrationen und Bodendichte im Wurzelraum eines Alleebaumes. – Mitt. deutsch. bodenkundl. Ges., **59/II**: 681-684

CROMETZKA, P. (1974): Salztoleranz, Ursachen und praktische Möglichkeiten zu deren Steigerung. – European J. Forest Pathology, 4: 50-52

ECKSTEIN, D.; BREYNE, A.; ANIOL, R. W. & LIESE, W. (1981): Dendroklimatologische Untersuchungen zur Entwicklung von Straßenbäumen. – Forstwiss. Cbl., **100**: 381-396

FLÜHLER, H. (1973): Zusammenhänge zwischen dem entwässerten Porenvolumen und der Bodendurchlüftung. – Schweiz. Z. f. Forstwesen, **124**: 754-765

FREDE, H. G. (1986): Der Gashaushalt des Bodens. – Göttinger Bodenkundl. Ber., **87**

GEISLER, G. (1978): Der Lufthaushalt des Bodens in seiner Bedeutung für das Pflanzenwachstum. – Kali-Briefe, **14**: 61-78

GLATZEL, G. & KRAPFENBAUER, A. (1975): Streusalzschäden am Baumbestand der Straßen in Wien. – Inst. f. forstl. Standortforsch. d. Hochsch. f. Bodenkultur, Wien

HABERMANN, P. M. (1989): Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Düngerformen im Bereich verkehrsexponierter Baumstandorte. – Diss. Universität Bayreuth

KMOCH, H. G. (1962): Die Luftdurchlässigkeit des Bodens. – Berlin: Borntraeger

KOPINGA, J. (1989): Der Wasserverbrauch von Stadtbäumen. – Materialien 7, Osnabrücker Baumpflegetage

KRIETER, M.; BILL, A. & WÜRDIG, G. (1987): Standortoptimierung von Straßenbäumen. – Forschungsbericht Teil I 1, 2, 3 aus der Untersuchungsserie der FLL-Arbeitsgruppe „Straßenbäume" in Zusammenarbeit mit der Umweltforschungsstation des Geographischen Instituts der Universität Mainz

KRIETER, M.; BILL, A.; MALKUS, A. & WÜRDIG, G. (1989): Standortoptimierung von Straßenbäumen. – FLL-Forschungsbericht, Teil I Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn

LEH, H. O. (1989): Innerstädtische Streßfaktoren und ihre Auswirkungen auf Straßenbäume. – Kali-Briefe, **19**

LIESECKE, H. J. (1970): Untersuchungen über das Auftreten mechanischer Unterbodenverdichtungen in Grünflächen. – Landschaft u. Stadt, Beiheft, 4

MEYER-SPASCHE, H. & PFEIFFER, E. M. (1986): Sanierung umweltgeschädigter Straßenbäume und -böden sowie Ermittlung geeigneter Schutzmaßnahmen bei Neupflanzungen. – Naturschutz u. Landschaftspfl. Hamburg, **21**

RUGE, U. (1982): Physiologische Schäden durch Umweltfaktoren. – In: MEYER, F. H. (Hrsg.): Bäume in der Stadt, Ulmer Verlag

RUGE, U. & STACH, W. (1968): Über die Schädigung von Straßenbäumen durch Auftausalze. – Angew. Botanik, **42**: 69-77

WILHELMI, V. (1987): Biologisch-chemische Untersuchungen zum Streuabbau als Bewertungsgrundlage der Umweltverträglichkeit neuartiger Walddüngungsverfahren. – Diss. Johannes Gutenberg-Universität, Mainz

Wilhelmi, V. & Rothe, G. M. (1990): The effect of acid rain, soil temperature and humidity on C-mineralization rates in organic soil layers under spruce. – Plant and soil, **121**: 197-202

Zucker, A. & Habermann, P. M. (1983): Sanierungsversuche an streusalzgeschädigten Linden mittels Meliorationsdüngung. – Das Gartenamt, **32**, H. 9: 551-556

(Bei der Schriftleitung eingegangen am 30. 4. 1992)

Anschrift der Verfasser:
Dr. Albert Bill, Draiser Straße 89, D-6500 Mainz
Dr. Volker Wilhelmi, Albert-Stohr-Straße 45, D-6500 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: 79

Autor(en)/Author(s): Bill Albert, Wilhelmi Volker

Artikel/Article: Stadtböden - die Standortproblematik von Straßenbäumen 203-224