



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Urbane Pflanztechniken – Rahmenthema „Baumpflanzung“

Wurzellenkung bei Straßenbaumpflanzungen

Dr. Clemens Heidger

ö.b.v. Sachverständiger, Hannover

Wurzellenkung bei Straßenbaumpflanzungen

Dr. Clemens Heidger

Ein vom Bundesminister für Verkehr gefördertes und am Institut für Grünplanung und Gartenarchitektur der Universität Hannover bearbeitetes Forschungsvorhaben „Bäume in Stadtstraßen“ (LIESECKE u. HEIDGER 1994), mit einer Gesamtlaufzeit von über 10 Jahren, hatte die Entwicklung und Erprobung von vegetationstechnischen und bautechnischen Maßnahmen zur Optimierung des Wurzel- und Standraumes von Bäumen in Stadtstraßen zum Ziel.

Nicht der Mangel an Wasser sondern an Bodenluft ist der wachstumsbegrenzende Faktor für die Wurzelenausbreitung. Durch dauerhafte und tiefreichende Belüftungsmaßnahmen ergibt sich die Gelegenheit, Stadtstraßen als erweiterten potentiellen, d.h. durchwurzelbaren Standraum von Stadtbäumen technisch nutzbar zu machen. Die Wurzeln von Straßenbäumen sind damit lenkbar und ihre Ausrichtung vorhersehbar.

Bäume haben das Bestreben, aus Pflanzgruben herauszuwurzeln und seitennahe Bodenräume zu durchdringen. Dem Prinzip des kleinsten Widerstandes folgend nutzen die Wurzeln dabei alle ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten und erschließen die ihnen zugänglichen Bodenzonen. Sowohl der laterale Bodenraum als auch der vertikale unterhalb der Pflanzgrube werden zur Durchwurzelung genutzt.

Die Art und Beschaffenheit des umgebenden Bodenkörpers sowie das Vorhandensein und die Lage möglicher Beeinträchtigungen, bestimmen ob und an welcher Stelle, in welcher Bodentiefe und mit welcher Intensität es zu Einwurzeln kommt. So wird beispielsweise zum Erschließen umgebender Bodenschichten in jedem Fall der Verfüllboden an Versorgungsleitungen genutzt. Ebenso bevorzugt durchwurzelt werden die Kontaktflächenzonen unter Bauwerken (Fundamenten) sowie Betonbettungen von Kantensteinen und Randeinfassungen.

Infolge des Dickenwachstums sind Beschädigungen der Bauwerke durch Wurzeln oder Wurzelteile nicht auszuschließen, sondern im Gegenteil sogar wahrscheinlich. Bestätigt wird dies, neben den zahlreichen sichtbaren Bauschäden, die sich im Nahbereich von Bäumen ergeben, vor allem durch Untersuchungen von KRÜCKEN und WITTMANN (1996) sowie von MATTHECK (1993) über mögliche Wechselwirkungen zwischen Bäumen und Rohrleitungsanlagen.

Die Aufgrabungen am Wurzelsystem von Bäumen in Stadtstraßen haben ein Defizit bei der Humus-Versorgung bestätigt. Entgegen allen bisherigen Annahmen wurden organische Bodenbeimengungen in jeglicher Form, auch in größerer Tiefe, von den Wurzeln erschlossen. Bei zukünftigen Pflanzmaßnahmen gilt es daher, verstärkt der Frage nach der Anwendbarkeit von organischer Substanz in großen Bodentiefen und in schwer abbaubarer Form als Depotdüngung für Straßenbäume in unterversorgten Straßenböden nachzugehen. Allerdings ist die Wirksamkeit einer verbesserten Nährstoffversorgung nur bei Bodenbelüftung gegeben.

Horizontale Wurzelenausbreitung

In Stadtböden sind die einzelnen zur Wirkung kommenden Faktoren in einem so komplexen Wirkungsverbund, dass sich die kausalen Zusammenhänge zwischen Standortgegebenheiten und Wurzelentwicklung jeglicher Regelmäßigkeit entziehen. Das bedeutet: Ein Regelfall, wie er unter bestimmten Umständen am Naturstandort bestehen kann und im Wurzelsystem-Modell von KÖSTLER et al. (1968) dargelegt wird, ist auf den Standort Stadtstraße nicht übertragbar.

Es konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von Belüftungsmaßnahmen das Wurzelwachstum gezielt geleitet werden kann. Die Untersuchungen bestätigen an allen freigelegten Straßenbäumen eine horizontale Wurzelausbreitung. Durch bautechnische Maßnahmen ist es gelungen, den Baum zu veranlassen, ein auf die standörtlichen Einflüsse angepasstes und gerichtetes Wurzelsystem auszubilden, bei dem sich die Wurzelarchitektur vollständig auf die veränderten Standortbedingungen eingestellt hat.

Vertikale Wurzelausbreitung

Die vertikale Wurzelausdehnung oder auch maximale Wurzeltiefe definiert die physiologische Gründigkeit des Bodens. Zur Einstufung der Böden setzt BLUME (1992) Wurzeltiefentypen von Pflanzen mit der Bodengründigkeit in Bezug. Unterschieden wird in

- Flachwurzler mit einer flachen Durchwurzelungstiefe von 20-30 cm,
- Tiefwurzler mit einer mittleren Durchwurzelungstiefe von 40-80 cm,
- Grundwurzler mit einer tiefen Durchwurzelung von 80-130 cm und
- Untergrundwurzler mit einer sehr tiefen Durchwurzelung von > 130 cm.

Dass mit zunehmender Wurzeltiefe eine viel nachhaltigere Versorgung aus dem Untergrund erfolgt, belegen Untersuchungen u.a. von KRIETER et al. (1989) sowie von SPEER-SCHNEIDER et al. (1992).

Prinzipiell wachsen die Wurzeln dem Wasser entgegen. Bestimmender Faktor zum Erschließen tiefliegender Wasserkörper ist der Bodenluftgehalt. Sinkt dieser unter 10 Vol.-%, ist ein Wurzelwachstum nicht mehr möglich.

Da die Veränderbarkeit der Bodeneigenschaften nur mit einem übermäßig hohen Aufwand durch Bodenaustausch zu erreichen ist und andererseits die strukturellen Voraussetzungen für die Beständigkeit einer pneumatischen Bodenlockerung nicht gegeben sind, bleibt als einzige Möglichkeit die Veränderbarkeit der Bodenluftgehalte.

Die Ergebnisse belegen die Steigerung der physiologischen Bodengründigkeit anhand der Zunahme des Tiefenerschließungsvermögens durch die vertikale Wurzelausdehnung der Straßenbäume.

Durch die gezielte Anordnung von großdimensionierten Belüftungskörpern konnten biologisch inaktive, dicht gepresste Bodenhorizonte, sowohl in der Fläche als auch in der Tiefe, aktiviert und erschließbar gemacht werden. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird sowohl bei horizontaler als auch vertikaler Ausrichtung nachgewiesen. Die vorgegebene maximale Durchwurzelungstiefe von 270 cm wurde erreicht, bei der horizontalen Wurzelausdehnung werden 300 cm überschritten.

Folgerungen für den praktischen Einsatz

Ausgehend vom erreichten Erkenntnisstand ist es ohne großen Aufwand möglich, bautechnische Maßnahmen zur Standortoptimierung bei Straßenbäumen unter Berücksichtigung der Erfordernisse des Tief- und Straßenbaues anwendungsbezogen einzusetzen. Die Ausführung ist sowohl während der Neu- oder Umbaumaßnahme als auch nachträglich realisierbar. Von entscheidender Bedeutung sind die Untergrundverhältnisse. Es ist von der Beschaffenheit des umgebenden Bodenkörpers abhängig, an welcher Stelle und in welcher Tiefe es zu Einwurzeln kommt.

Bei schwächer bindigen bis bindigen Stadtböden, also bei lehmigen oder sandig-schluffigen, meist gut nährstoffversorgten reliktschen Unterböden, gilt:

- Die Wirksamkeit von luftführenden Tragschichten ist vergleichsweise in den Anfangsjahren noch gering.
- Die Wirksamkeit von Belüftungsgräben ist hoch.
- Die Wirksamkeit von Tiefbohrungen ist ebenfalls hoch.
- Die Wirksamkeit der Kombination aus Graben- und Tiefenbelüftung ist am höchsten.

Kosten

Bei den Kosten wird unterschieden zwischen den Sowieso-Kosten, das sind solche, die bei einer Straßenbaumpflanzung gewöhnlich anfallen, und solchen, die als zusätzliche Kosten, nämlich für bautechnische Maßnahmen zur Bodenbelüftung entstehen.

Verglichen mit den bei der Neupflanzung eines Baumes entstehenden Kosten, zu denen zusätzlich zu den Pflanzkosten selbstverständlich die Herstellung und Verfüllung der Pflanzgrube, das Pflanzsubstrat sowie die Baumverankerung und die Ausbildung der Baumscheibe hinzugerechnet werden müssen, belaufen sich die Ausgaben für zusätzliche Belüftungsmaßnahmen auf knapp ein Drittel der herkömmlichen Pflanzkosten.

Verglichen mit den daraus zu erwartenden Kosteneinsparungen ist die Effizienz der entwickelten Belüftungsmaßnahmen immens hoch.

Aufgrund der nachgewiesenen Tiefendurchwurzelungen entfallen frühzeitige Reparaturkosten am Pflasterbelag und den Belageinfassungen. Die Wurzeln erschließen tiefere Bodenzonen und meiden die Tragschichten. Weiter Einsparungen ergeben sich bei der Anwendung moderner Baumsubstrate und bei einem vergrößerten Pflanzgrubenvolumen.

Durch den Einsatz von luftführenden und gleichzeitig wasserspeichernden Pflanzsubstraten verringern sich die Pflegekosten erheblich. Die wasserspeichernden Substrate garantieren eine zügigere Durchwurzelbarkeit unter Ausnutzung des gesamten Grubenraumes, was sich nachhaltig auf die Kosten für eine Bewässerung der jungen Bäume auswirkt.

Außerdem gewährleistet die schnelle Erschließung größerer Bodentiefen eine frühe Selbstversorgung des Baumes mit Wasser. Bereits nach wenigen Standjahren kann das Wässern der Straßenbäume entfallen.

Durch die Erschließung neuen Bodenraumes erweitert sich der Lebensraum eines jeden Straßenbaumes und verbessert damit seinen Gesundheitszustand. Die Bäume werden älter, ihre Standzeiten dehnen sich aus, Kosten für zusätzliche Neupflanzungen entfallen oder werden zu einem deutlich späteren Zeitpunkt erforderlich.

Letztlich begünstigt die Tiefenbelüftung die Standfestigkeit und damit die Verkehrssicherheit der Straßenbäume. Verglichen mit konventionellen Pflanztechniken ist daher bei Einführung dieser Bauweise mit erheblichen Kosteneinsparungen zu rechnen, wobei die zu erwartenden Ersparnisse die für die Belüftungsmaßnahmen getätigten Mehrausgaben um ein Vielfaches übertreffen.

Literatur

BLUME, H. P., 1992: Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg, Ecomed.

KRIETER, M. et al., 1989: Standortoptimierung von Straßenbäumen. Forschungsbericht Teil 1. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) Arbeitskreis „Straßenbäume“. Selbstverlag, Bonn.

KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E. und H. BIBELRIETHER, 1968: Die Wurzeln der Waldbäume. Parey-Verlag, Hamburg.

KRÜCKEN, R. u. J. WITTMANN, 1996: Untersuchungen des Wurzelbildes und mögliche Wechselwirkungen zwischen Bäumen und Rohrleitungen. Neue DELIWA-Z. H. 2, S. 52-56.

LIESECKE, H.-J. u. C. HEIDGER 1994: Bäume in Stadtstraßen. Untersuchung zur Entwicklung und Erprobung von vegetatonstechnischen und bautechnischen Maßnahmen zur Optimierung des Wurzel- und Standraumes von Bäumen in Stadtstraßen. Heft 670 der Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik. Hrsg. Bundesministerium für Verkehr. Selbstverlag Bonn.

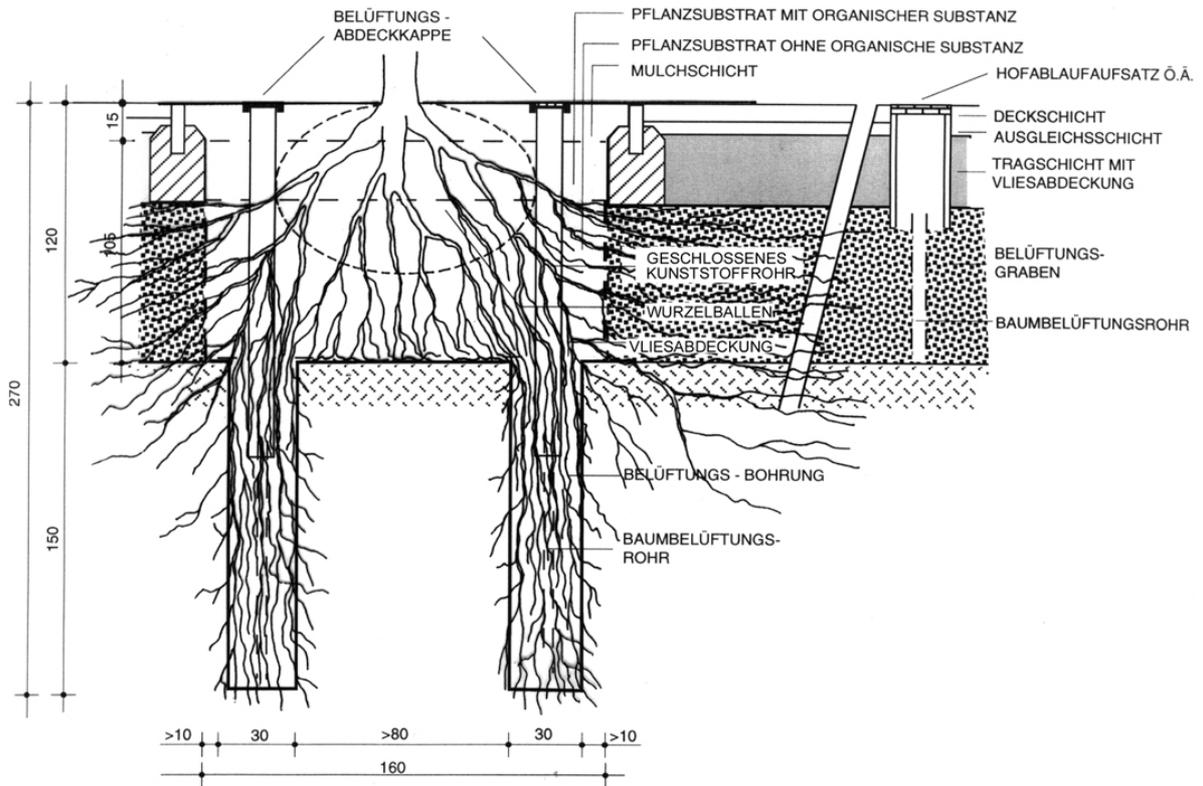
MATTHECK, C., 1993: Wurzel - Rohrleitung - Wechselwirkungen (Gasunglück in Viersen). Hrsg. v. Sachverständigen-Kuratorium (SVK). Taxationspraxis, H. LP 28.

SPEERSCHNEIDER, R., BROD, H.-G. u. K.-H. Hartge, 1992: Laterale Stoffflüsse in Böden von Alleestandorten als Folge von Versiegelungsunterschieden. Verh. Ges. f. Ökol., Bd. 21.



Tiefgründige Wurzelarchitektur bei Linde (*Tilia*) nach 10-jähriger Standzeit.

SCHNITT A-B



alle Angaben in cm

Kombination von Graben- und Tiefenbelüftung

Wurzellenkung bei Straßenbaumpflanzungen

Dr. Clemens Heidger

ö.b.v. Sachverständiger, Hannover

- Wurzeln sind anatomisch-morphologisch flexibel
d. h. können ihre Lage und Gestalt jederzeit verändern

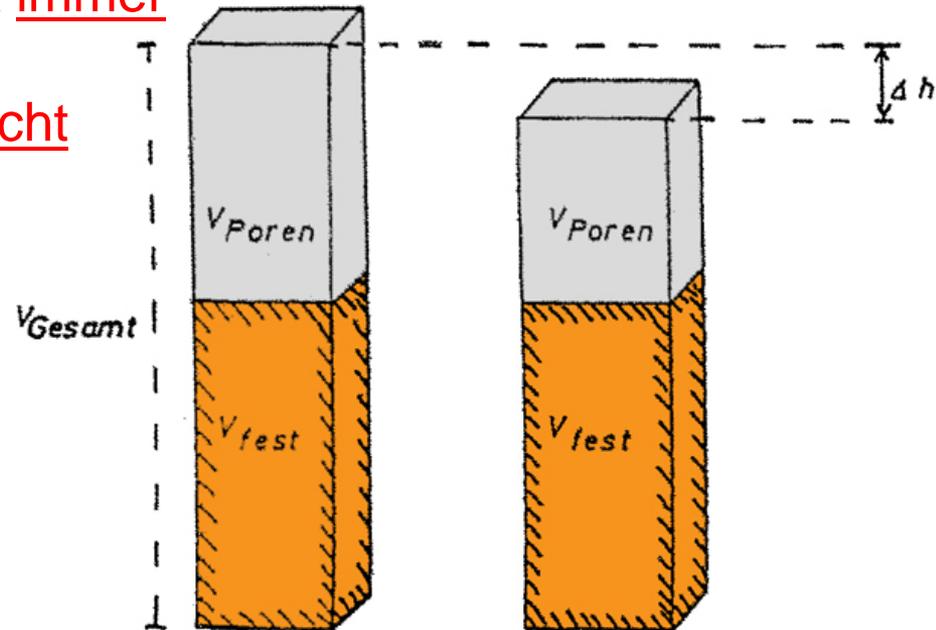
- der Luftgehalt im Boden bestimmt die physiologische Bodengründigkeit und damit die Wurzeltiefenerschließung eines Baumes

- bei Straßenbaumpflanzungen wird der Luftgehalt im Boden wesentlich durch die Bodenverdichtung beeinflusst

Bodenverdichtung

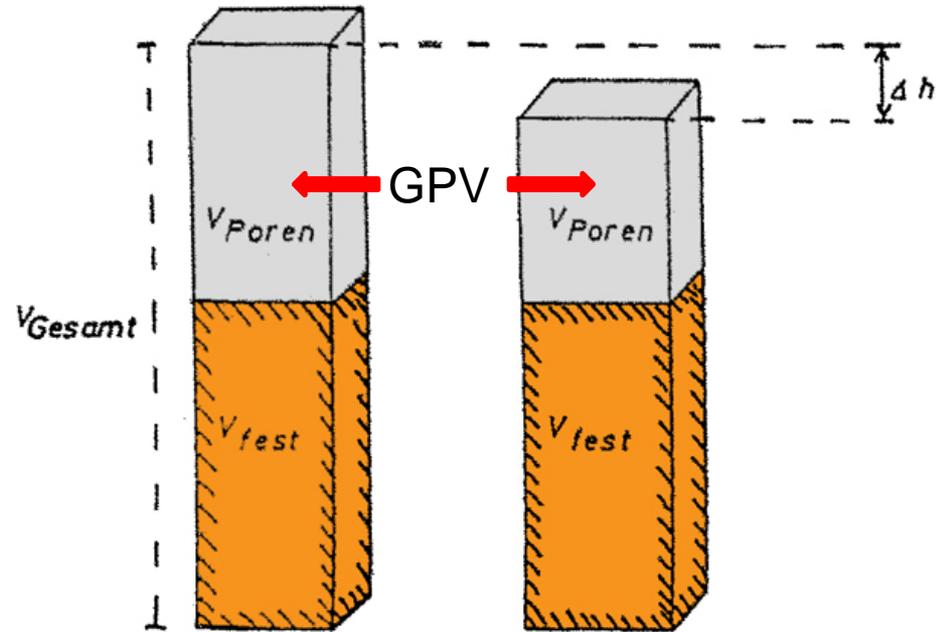
Verdichtung

- das **Feststoffvolumen** bleibt immer konstant
- das **Porenvolumen** bleibt nicht konstant



Bodenverdichtung

- ist immer eine **Veränderung** des Gesamtporenvolumens (GPV)
- bei **unverändertem Feststoffvolumen**



- Straßenbaumstandorte sind Bestandteil einer Verkehrsfläche
- der Standort obliegt deshalb straßenbaulichen Anforderungen
- die Herstellung von Verkehrsflächen basiert grundsätzlich auf den Vorgaben der ZTV E-StB*

* Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Vorgabe der ZTV E-StB

- der Baugrund oder Unterbau muss unter der überbauten Verkehrsfläche so verdichtet werden, dass auf dem Planum ein Verformungsmodul von E_{v2} 45 MN/m² (vormals) heute 45 HPa erreicht wird.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Millionen Newton (N)} &= 1 \text{ MN} = 1 \text{ HPa/m}^2 \\ &= 101,97 \text{ Tonnen} \end{aligned}$$

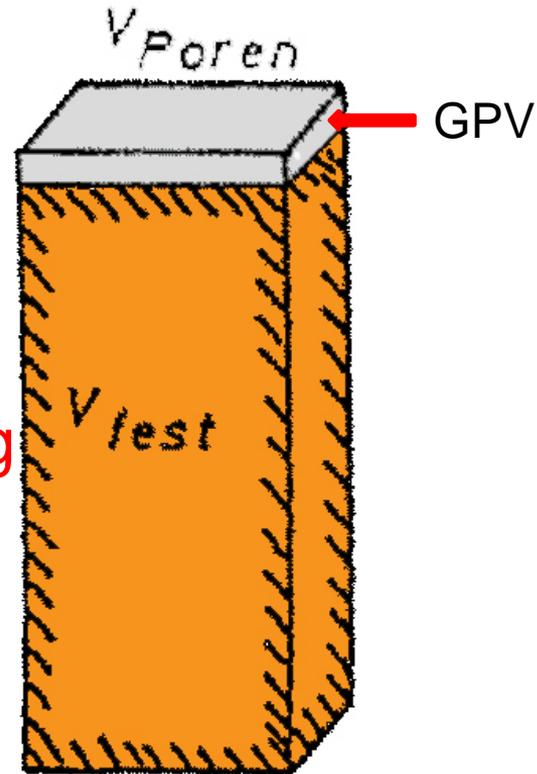
$$\begin{aligned} \text{Verformungsmodul von } E_{v2} \text{ 45 MN/m}^2 \text{ (45 HPa) bedeutet} \\ = 4.588,72 \text{ Tonnen} \end{aligned}$$

Bodenverdichtung
hat **immer** Auswirkungen auf

- die Bodenluft
- das Bodenwasser

und führt immer zu einer **Verringerung**
des

- **Gesamtporenvolumens (GPV)**



Bodenverdichtung

- Hauptverursacher ist der Tief- und Straßenbau
- bei Straßenbaumpflanzungen ist der Untergrund immer extrem verdichtet
- eine Bodenlockerung ist nicht möglich

Bodenverdichtung

Fazit:

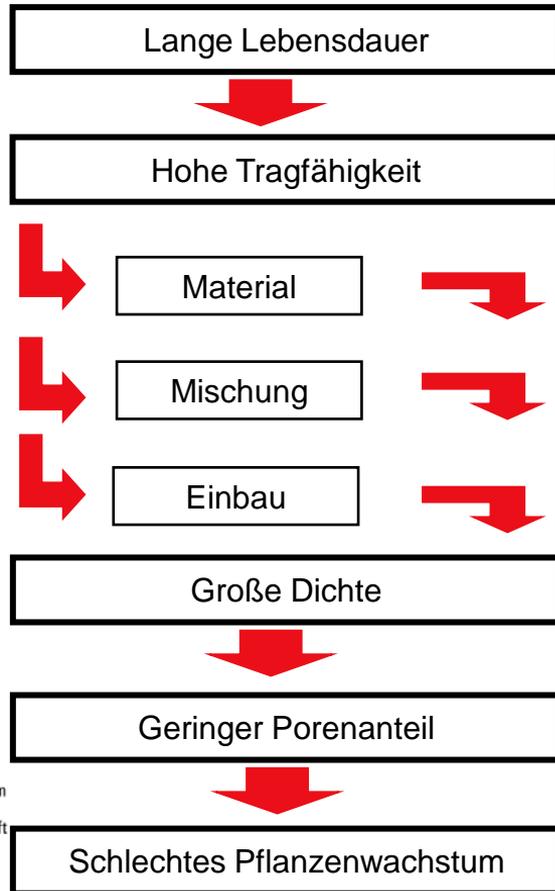
- bei Baumpflanzungen in Verkehrsflächen ist der Mangel an Bodenluft standortbeeinflussender Faktor



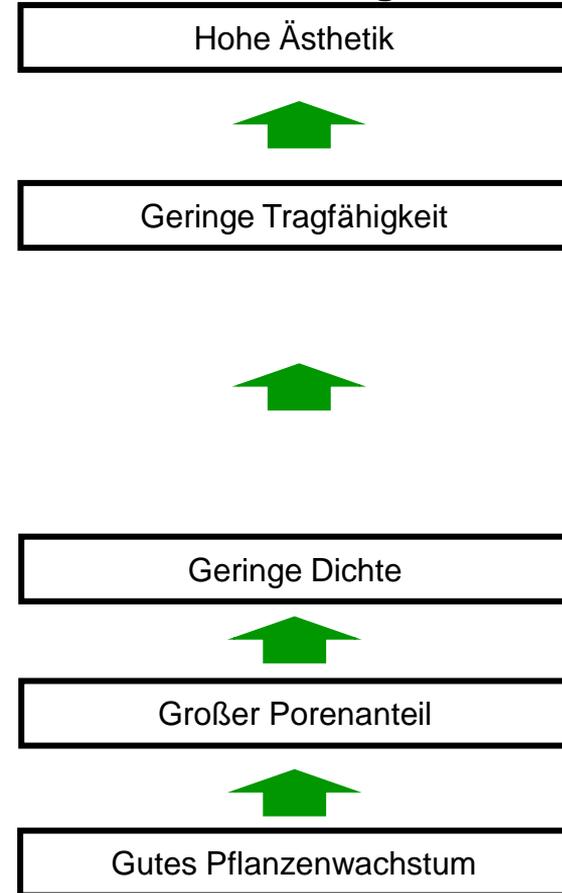
Bau- und vegetationstechnische Anforderungen

- die bautechnischen Anforderungen vom Straßenbau und die vegetationstechnischen Anforderungen vom GaLa-Bau sind grundsätzlich konträr und eigentlich unvereinbar

Bautechnische Anforderungen



Vegetationstechnische Anforderungen

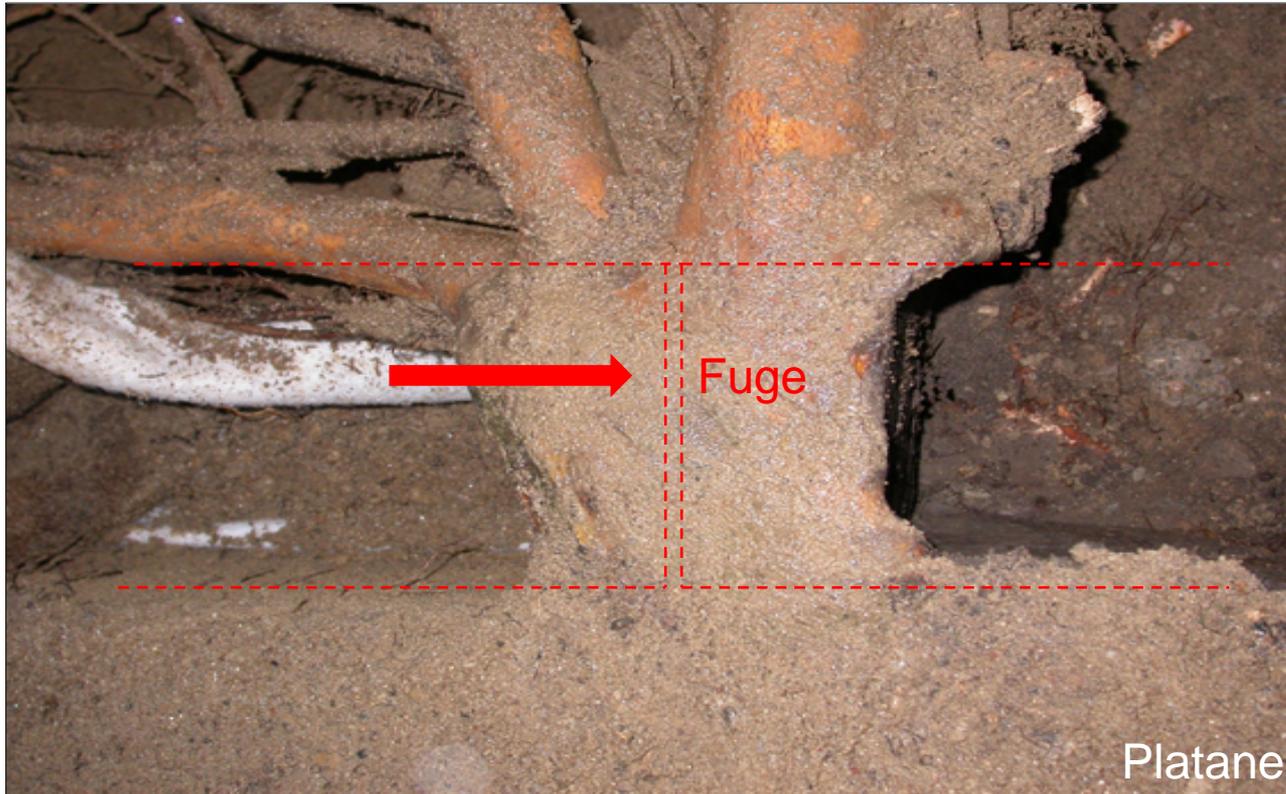




- Wurzeln sind anatomisch-morphologisch flexibel



- Wurzeln sind anatomisch-morphologisch flexibel



- Wurzeln sind anatomisch-morphologisch flexibel



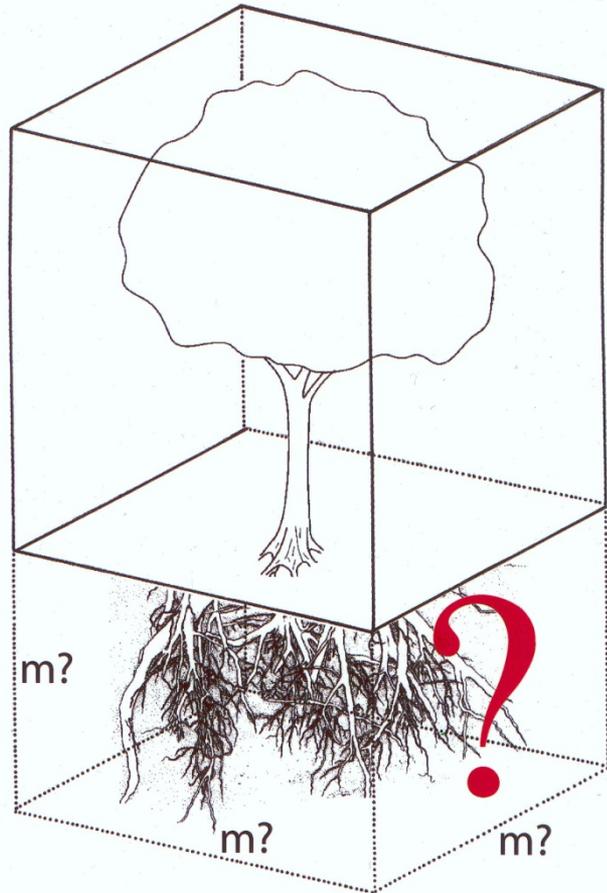
Platane

- Wurzeln können ihre Lage verändern



Wurzelarchitektur am Normalstandort

- oberflächenzonal
- Durchwurzelungstiefe max. 100 – 120 cm



unterirdisch

- Bäume benötigen einen durchwurzelbaren Bodenraum von rund

300 m³

um den Wasser- und Nährstoffbedarf decken zu können !

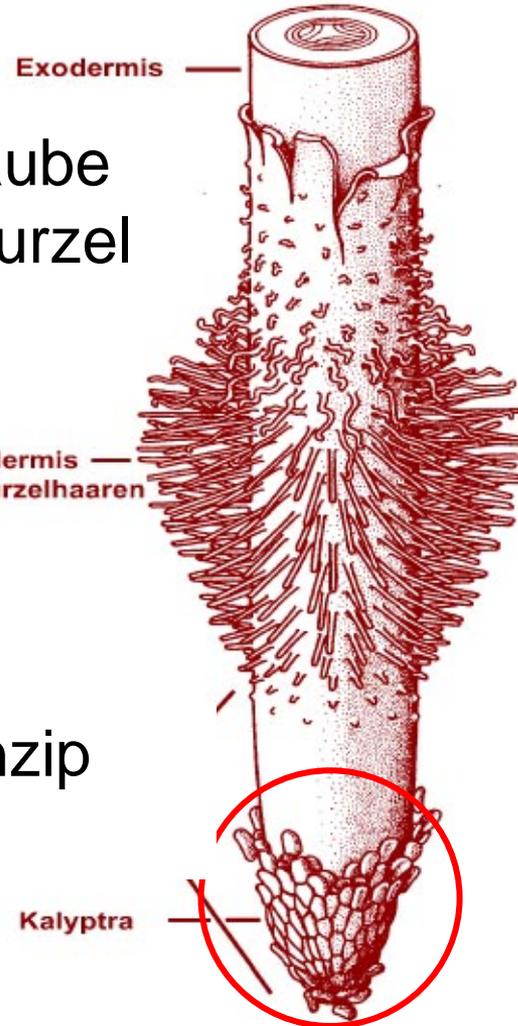
- auf verdichteten Standorten wachsen Baumwurzeln nicht in die Tiefe sondern zur Oberfläche



- oberflächennahes Wurzelwachstum führt **immer** zu Schäden an Deckenbelägen

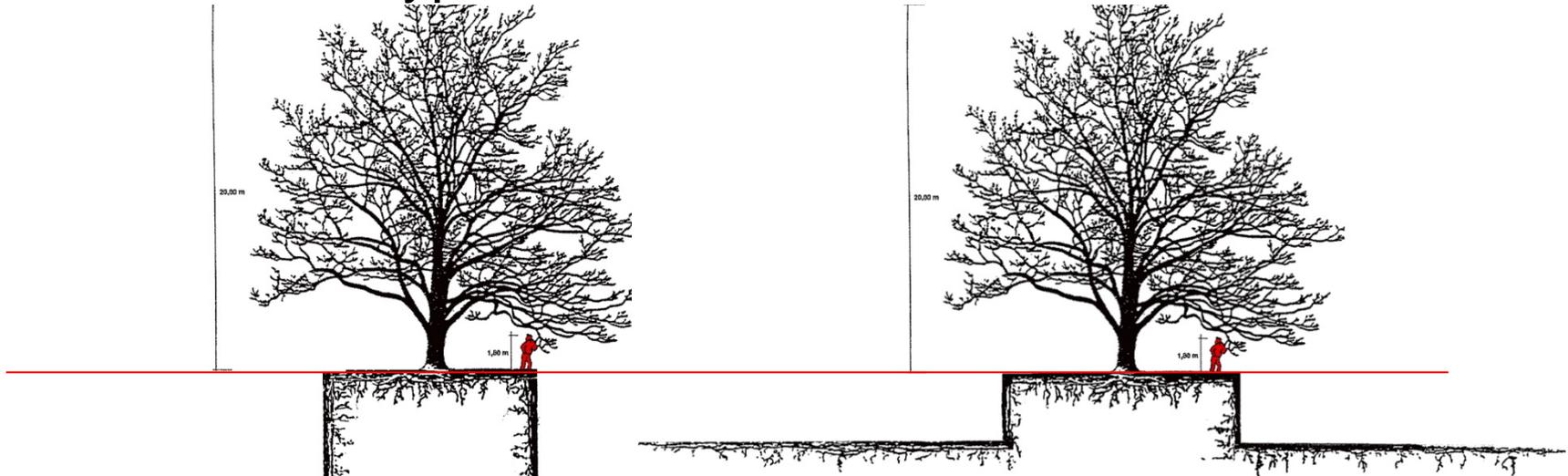


- die auf Bodenverdichtungen sehr empfindlich reagierende Wurzelhaube gibt vor, in welche Richtung die Wurzel wachsen wird
- die **Wuchsrichtung** eines jeden Baumes wird daher von ihrer **Feinwurzelsarchitektur** bestimmt
- jede Wurzel wächst nach dem Prinzip des geringsten Widerstandes



- durch die Errichtung luftführender Zonen können Wurzeln in verdichteter Umgebung zu durchwurzelbaren Bodenräumen geleitet werden
- denn Wurzeln sind anatomisch-morphologisch flexibel und können ihre Lage und Gestalt verändern

- vom Normaltyp abweichende Wurzelarchitektur



- bei Errichtung luftführender Bodenzonen



- Flächenbelüftung

durch den Einbau einer luftführenden Tragschicht aus porenreichen Gesteinskörnungen können Wurzeln den verdichteten Baugrund **unter Verkehrsflächen** erschließen

Flächenbelüftung



- Grabenbelüftung

bei Errichtung linearförmig ausgebildeter, luftführender Zonen aus porenreichen Gesteinskörnungen können Wurzeln den seitlichen Untergrund rechts und links der Pflanzgrube **unterhalb** von **Verkehrsflächen** erschließen



- Tiefenbelüftung

durch punktuell-vertikal angeordnete Tiefbohrungen können luftführende Zonen geschaffen werden.

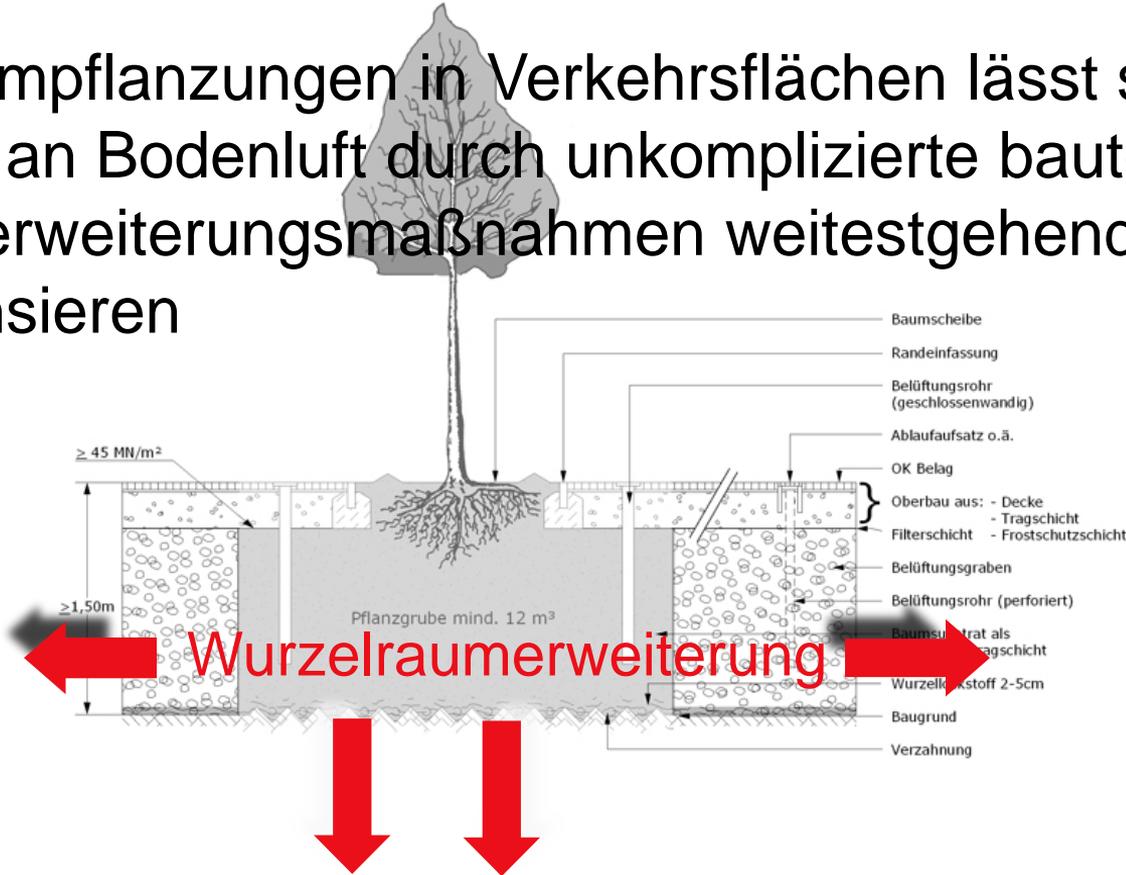
eine Tiefenbelüftung ermöglicht den Wurzeln die **Erschließung des Untergrundes** tief unter der Pflanzgrube



Tiefenbelüftung

Fazit:

- bei Baumpflanzungen in Verkehrsflächen lässt sich der Mangel an Bodenluft durch unkomplizierte bautechnische Wurzelraumerweiterungsmaßnahmen weitestgehend kompensieren



sie sind ist das A & O



- Herstellung einer Pflanzgrube von mindestens 12 m³ Volumen



- die Oberfläche der verdichteten Pflanzgrube ist die Unterlage der späteren Verkehrsfläche



- Wurzelraum erweiterungsmaßnahmen außerhalb der Pflanzgrube parallel zur Fahrbahn



Mangelfaktor Humus

- bei Straßenbaumpflanzungen ist Humus zur Wurzellenkung bei Wurzelraumerweiterungsmaßnahmen ein wesentlicher Faktor

- Freilandversuch Dohnaer Straße/Dresden
Laufzeit 10 Jahre; Aufgrabung 2011



- Freilandversuch Dohnaer Straße/Dresden Wurzelraumerweiterung als Tiefenbelüftung; Aufgrabung 2011



Maßnahmen zur Wurzelraumerweiterung sind bei Straßenbaum- pflanzungen unverzichtbar

Quellenhinweise

HEIDGER, C., 2001: Wurzeln sind lenkbar! Beiträge zur räumlichen Planung Heft 57. Institut für Grünplanung und Gartenarchitektur des Fachbereichs Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover, S. 214 – 231.

HEIDGER, C., 2012: Untersuchungen an neuen Substraten in Dresden. Dresdner Straßenbaumtage 2012, S. 20 – 47.

Regelwerke

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL); Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2, Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn 2004/2010

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV);
Hinweise zur Straßenbepflanzung in bebauten Gebieten. Heft Nr. 232.
Köln 2006