



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Urbane Pflanztechniken – Rahmenthema „Baumpflanzung“

Strukturstabile Substrate im Praxistest

Prof. Dr. habil. Hartmut Balder

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Strukturstabile Substrate im Praxistest

Prof. Dr. habil. Hartmut Balder

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Bodenverbessernde Maßnahmen im Rahmen von urbanen Gehölzpflanzungen sind seit jeher in der Diskussion von Praxis und Wissenschaft. Mit der zunehmenden Verdichtung und Versiegelung moderner Baumstandorte nimmt die Bedeutung von abgesicherten Vegetationstechniken zu, um eine grüne Infrastruktur funktional für lange Zeit zu gewährleisten. Der zu verbessernde Wuchsort muss dabei vor dem Hintergrund eines Lebenszyklusansatzes nicht nur den Anwuchs sichern, sondern insbesondere die Wurzelentwicklung in die Tiefe lenken, um potentiell das Grundwasser zur Versorgung zu erreichen und folgenschwere Schäden an den technischen Strukturen der Stadt zu verhindern. Ein kostengünstiger Pflegebedarf ist ebenso wünschenswert wie auch eine lange Standzeit der Gehölze bei guter Gesundheit und Vitalität. An versiegelten Standorten müssen daher die Baumscheiben über lange Zeit den Bodenluftaustausch und die Infiltration von Wasser und Nährstoffen bei gleichzeitig guten Säuberungsmöglichkeiten der Oberflächen und hoher Strukturstabilität des gesamten Umfeldes ermöglichen.

Um diese Ziele zu erreichen, bietet die Privatwirtschaft neuartige Substrate an, die neben einer hohen Strukturstabilität weitere positive Eigenschaften auf das Gehölzwachstum versprechen (Tab. 1). Eine Überprüfung dieser Produktaussagen im urbanen Kontext hat bislang kaum stattgefunden, vielmehr werden bestimmte Eigenschaften wie zu hohe pH-Werte von der Praxis hinterfragt. Für das sichere Gedeihen der Gehölze elementare Parameter wie exakte Angaben zum pH-Wert, Nährelementgehalte oder zur Gütesicherung der Produktion fehlen hingegen. Bestehende Empfehlungen und Regelwerke sind aktuell wenig differenziert.

Deswegen wurden von der Beuth Hochschule für Technik Berlin unterschiedliche Studien zur Gehölzentwicklung in derartigen Substraten unter kontrollierten Bedingungen, insbesondere aber auch mehrjährig in realisierten Bauprojekten durchgeführt. In den Studien standen sowohl die vegetationstechnische Umsetzung der Grünkonzepte, die Gehölzentwicklung in unterschiedlichen Verwendungssituationen als auch die Veränderung der Substrate nach mehrjähriger Nutzung im Vordergrund.

Tab. 1: Bestandteile strukturstabiler Substrate und Güteeigenschaften (Herstellerangaben)

Bestandteile strukturstabiler Substrate	Zugesagte Eigenschaften
Rostasche	offenporig und mit hohem Gesamtporenvolumen
Aktivkohle	stabiles und sauberes Material
Sand	frei von Wurzelunkräutern
Oberboden	entmischungssicher
Löß	über 2m Grubentiefe nutzbar
Lava	druckfest
Bims	hohe Wasserdurchlässigkeit
gütesicherter (RAL) Rindenumus	hervorragende Nährstoffversorgung
Grüngutkompost	vegetationstechnisch unbedenklich
Depotdünger (organisch, mineralisch)	umweltverträglich
Mykorrhizapilze	wiederverwertbar

Die Erkenntnisse aus den Studien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

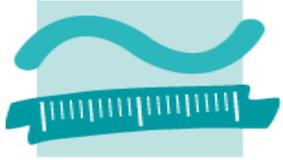
- Die Substrate lassen sich problemlos unter Praxisbedingungen verwenden (Abb. 1).

- Der Anwuchs von Stauden, Bodendeckern, Rosen und Gehölzen wird dadurch gefördert, dass zur Eliminierung des Körnungsbruches entweder die Anzucht in derartigen Substraten bereits im Lieferbetrieb stattfindet oder in der Pflanzphase der Ballen der Pflanzen aufgeraut oder sogar wurzelnackt gepflanzt wird.
- Die Wurzelentwicklung wird grundsätzlich gefördert, vor allem auch in tiefere Bodenschichten gelenkt.
- Die Pflanzen zeigen oberirdisch ein vitales und gesundes Wachstum (Abb. 2).
- Die Wasserversorgung der Pflanzen ist gut zu sichern, da die Infiltration von Wasser schnell und tiefgründig möglich ist.
- Wurzelunkräuter lassen sich leicht manuell mit allen Wurzeln entfernen.
- Der pH-Wert senkt sich mit den Jahren deutlich ab.
- Die Nährstoffversorgung ist mehrjährig gesichert. Die Nachdüngung ist problemlos.
- Der Eintrag von Natriumchlorid durch den chemischen Winterdienst führt auch bei diesen Substraten zu Bodenverschlammungen.
- Die mechanische Säuberung der Oberflächen führt zu einem Substratabtrag, der kontinuierlich ausgeglichen werden muss.
- Die Strukturstabilität ist über lange Zeit gegeben.

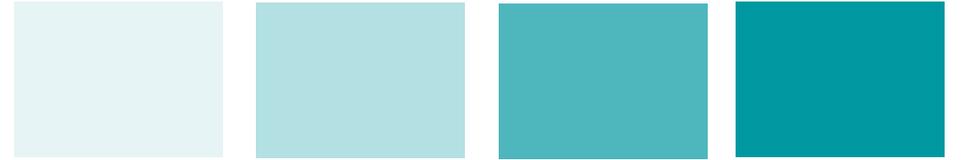
Die Langzeitversuche bestätigen, dass die großflächige Verwendung derartiger Substrate sinnvoll ist und über lange Zeit die Funktionalität der Gehölzpflanzungen sichert.

Abb. 1: Großflächiger Einbau strukturstabiler Substrate

Abb. 2: Ästhetisch ansprechende Gehölzpflanzung in strukturstabilen Substraten



BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences



Strukturstabile Substrate im Praxistest



Prof. Dr. habil. Hartmut Balder

FB V – Life Sciences & Technology

Gartenbauliche Phytotechnologie / Urbanes Pflanzen- und Freiraum-Management

balder@beuth-hochschule.de



Urbane Gestaltung mit Bäumen – versiegelt / unversiegelt

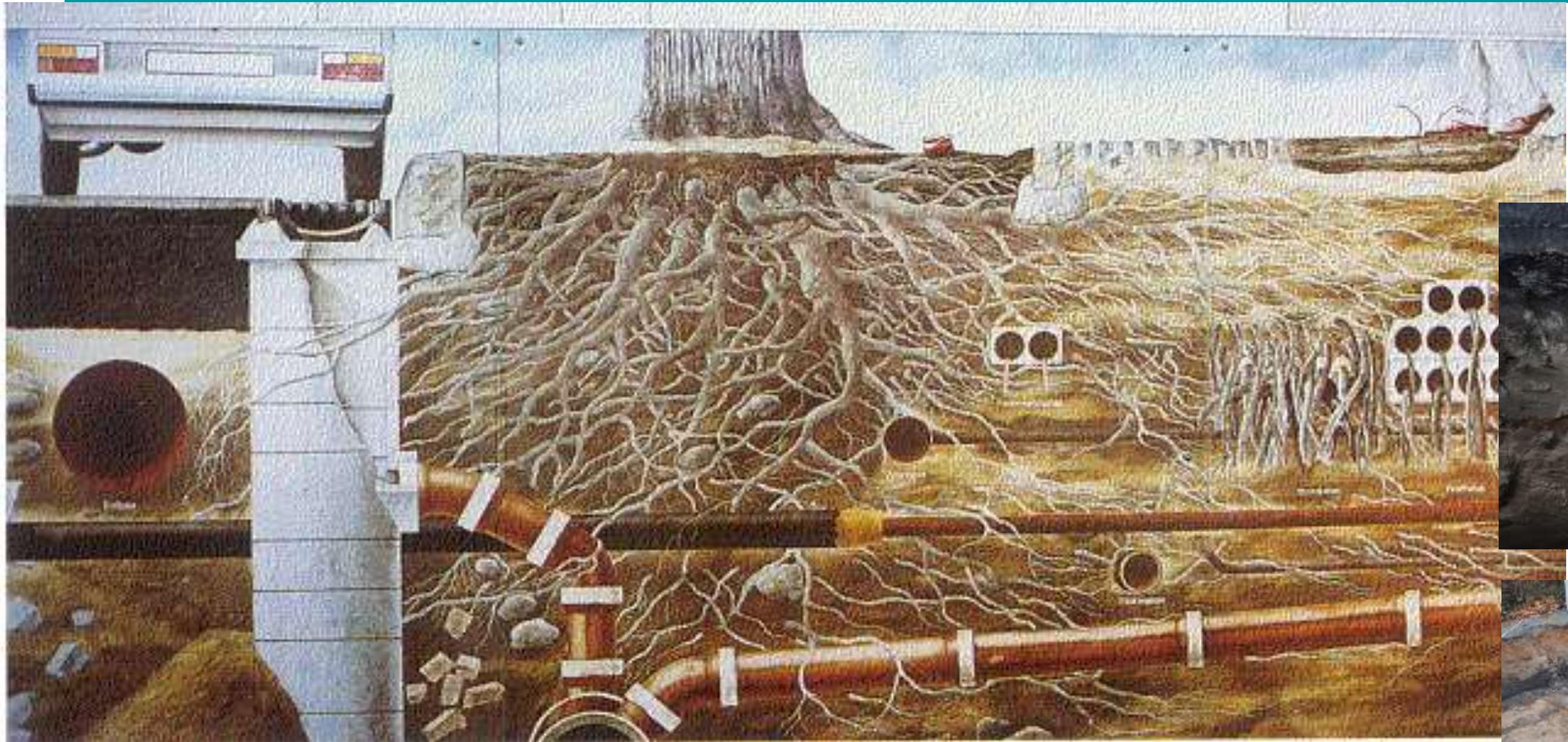


Wie ist der fachliche Stand der Pflanzenverwendung?

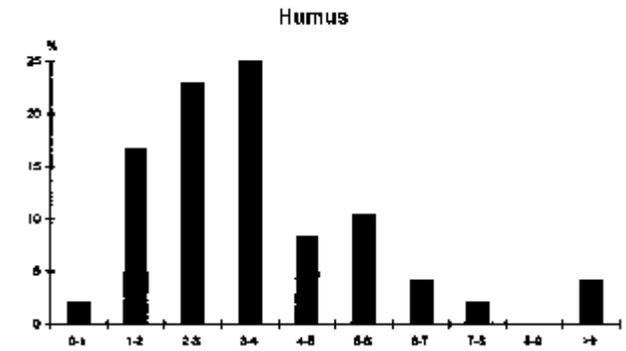
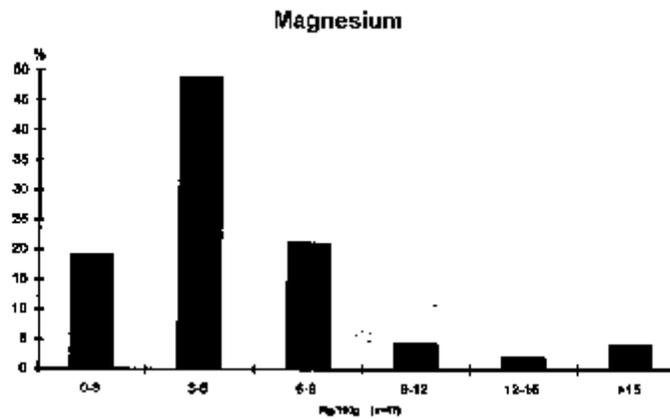
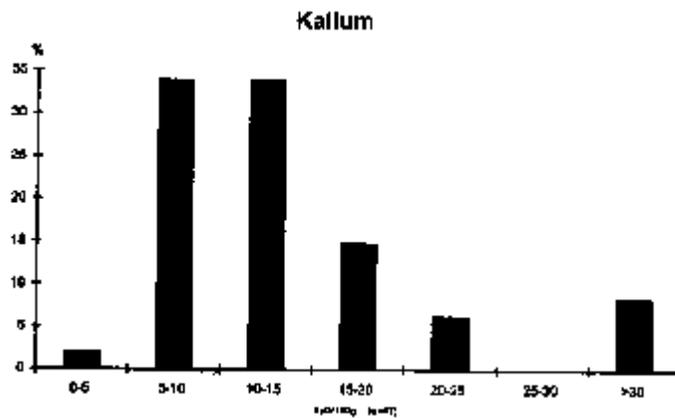
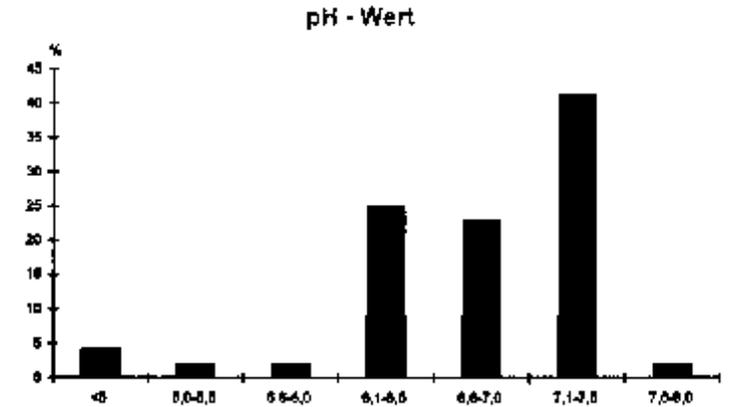
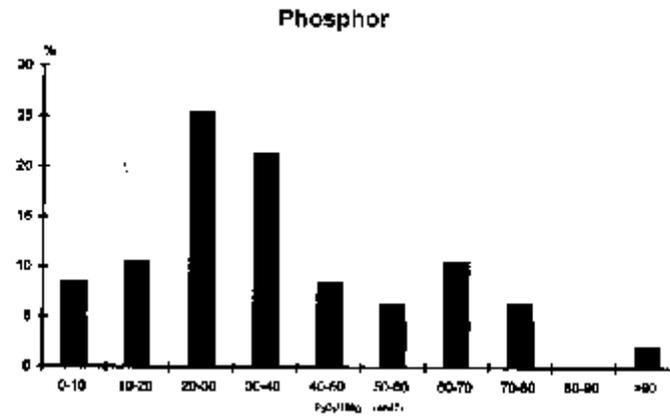
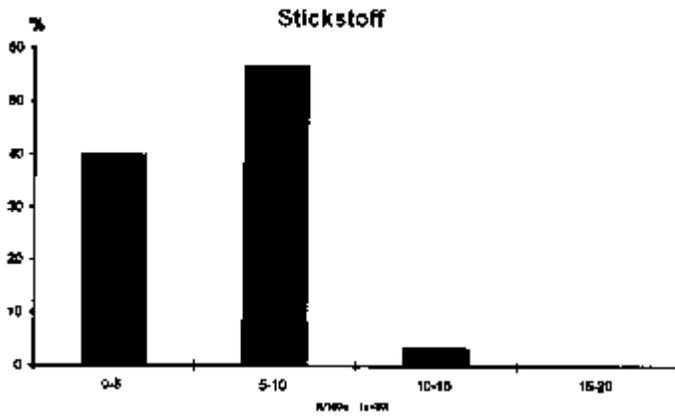


....seit Jahrhunderten gleiche Straßenquerschnitte!

Unterirdische Wachstumsbedingungen



Nährstoffgehalte von Straßenbaumstandorten



(BALDER u.a., 1997)



Häufige Pflanzpraxis – wenig nachhaltig



Wurzelschäden an Belägen an der technischen Infrastruktur



Baumschonende Lösung?



Lebenszyklus-Modell von Bäumen (> 80 Jahre Standzeit - GALK)



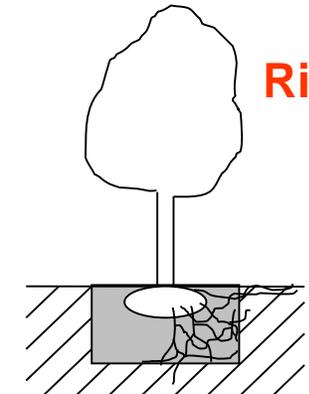
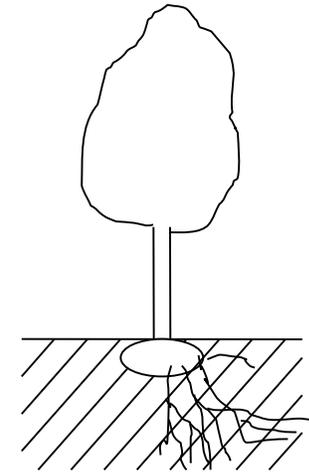
Vom Jungbaum zum pflegeleichten Altbaum!

Jungbaumpflanzungen in offenen Garten- und Parksituationen

- Beseitigung von Bodenverdichtungen und Staunässe
- Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch Gründungsmaßnahmen
- Korrektur des pH-Wertes
- Nährstoffgaben
- Maßnahmen gegen bodenbürtige Schaderreger
- Erhöhung des Humusgehaltes



Vorgehensweise analog zum Feldbau!



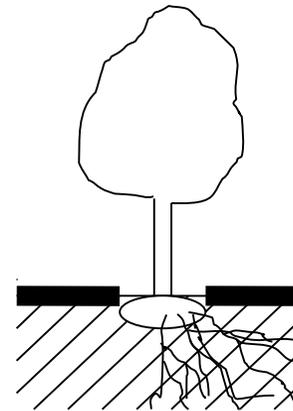
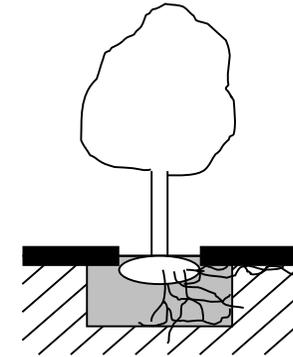
Warum Baumgruben?

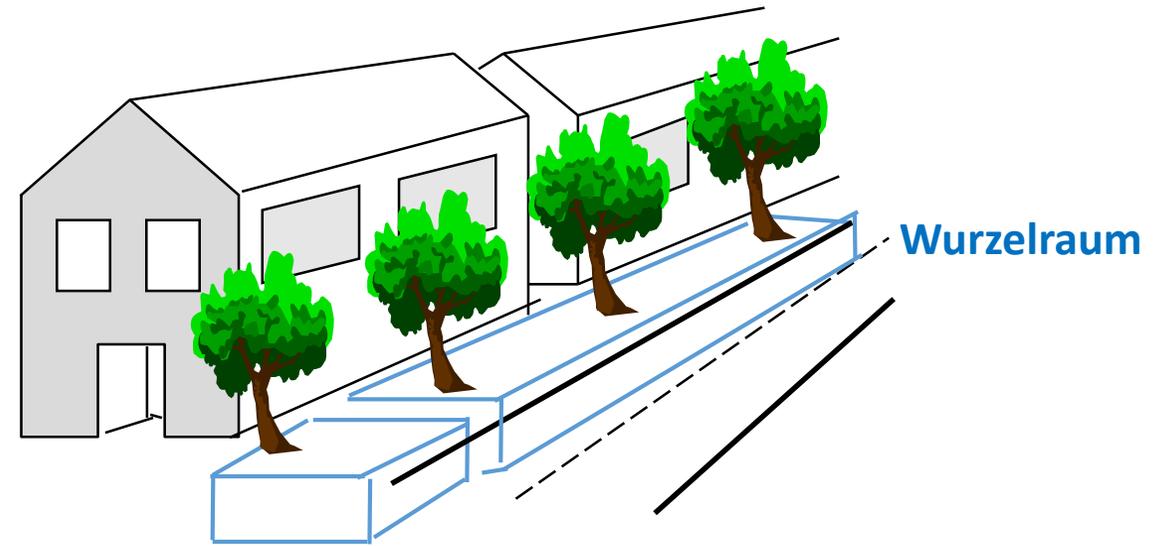
Vorgehensweise bei versiegelter Standortsituation



Minimalvorgaben?

12m³ 16m³ 24m³ 30m³





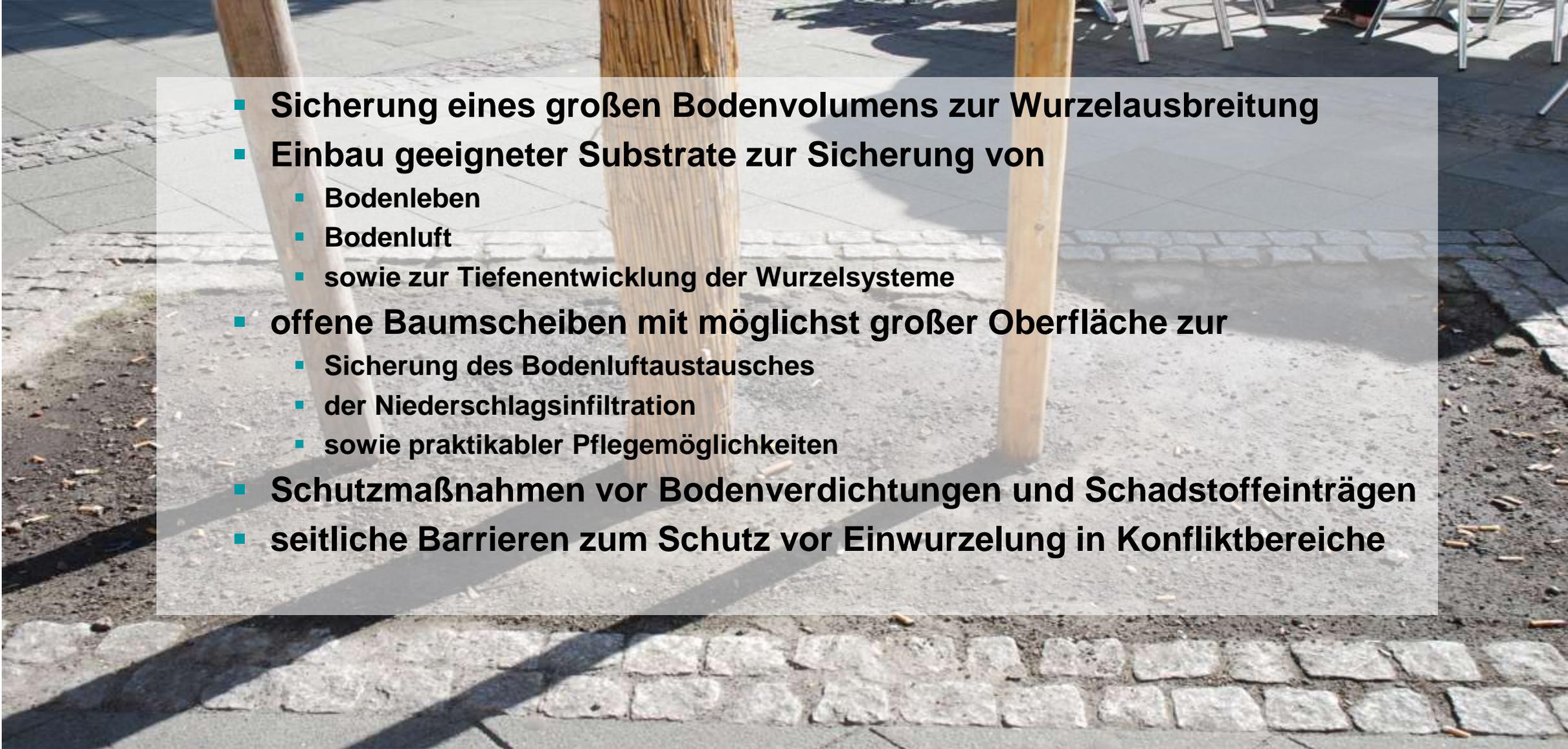
Park / Wald

Innenstadt (Straße u.a.)

Ökosystem	←	Pflanzen	→	Solitäre / „Mini-Ökosysteme“
geschlossen	←	Nährstoffkreislauf	→	unterbrochen
natürlicher Aufbau	←	Boden	→	Kunstsubstrat?
natürlicher Zyklus	←	Wasserhaushalt	→	Infiltration verhindert
ungestört	←	Gasaustausch	→	stark beeinträchtigt
ausgeglichen	←	Klima	→	Temperaturerhöhung
				Reduktion der Luftfeuchte

(Balder u.a., 1997)

Grundforderungen an Pflanzstandorte / Baumscheiben

- 
- **Sicherung eines großen Bodenvolumens zur Wurzelausbreitung**
 - **Einbau geeigneter Substrate zur Sicherung von**
 - **Bodenleben**
 - **Bodenluft**
 - **sowie zur Tiefenentwicklung der Wurzelsysteme**
 - **offene Baumscheiben mit möglichst großer Oberfläche zur**
 - **Sicherung des Bodenluftaustausches**
 - **der Niederschlagsinfiltration**
 - **sowie praktikabler Pflegemöglichkeiten**
 - **Schutzmaßnahmen vor Bodenverdichtungen und Schadstoffeinträgen**
 - **seitliche Barrieren zum Schutz vor Einwurzelung in Konfliktbereiche**

Was muss eine Baumpflanzung leisten?

Anwuchs sichern

Wurzelentwicklung in die Tiefe (Grundwasser)

Vitalität und Gesundheit sichern

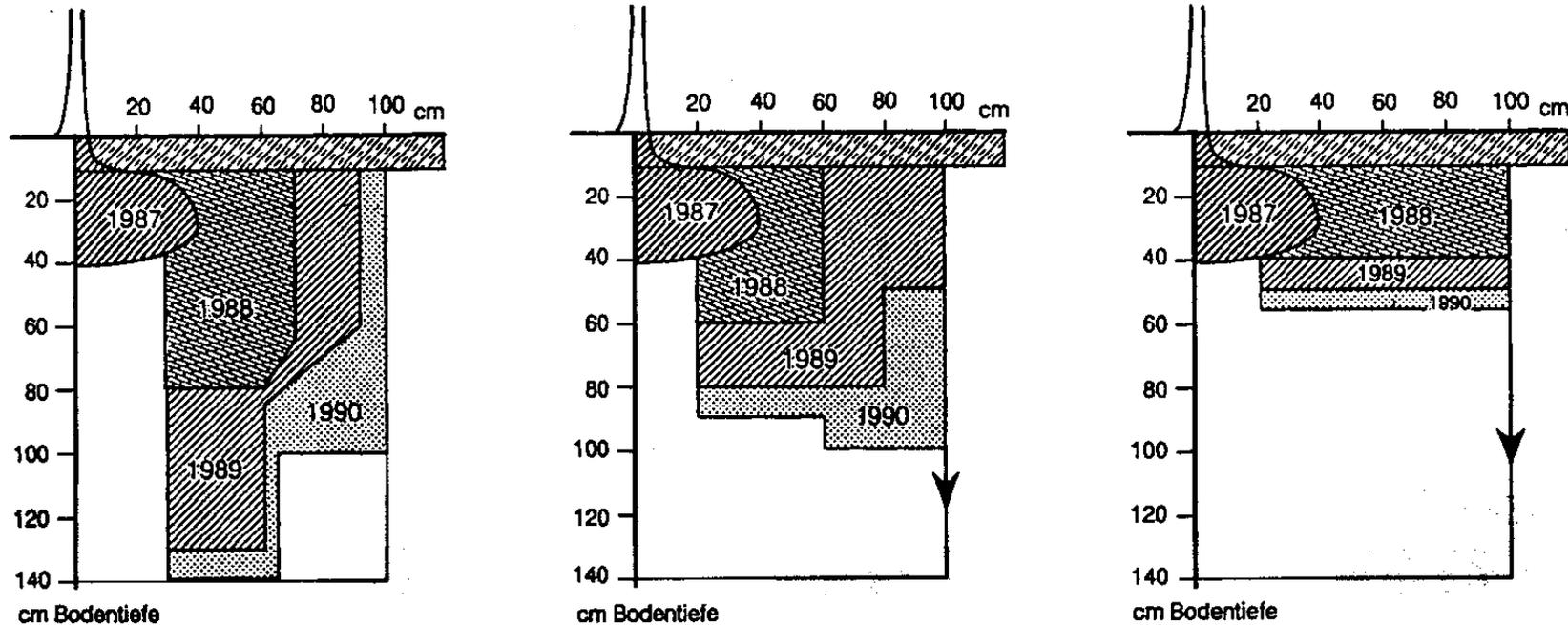
Wenig Pflegebedarf erfordern
Oberfläche gut säubern lassen
Strukturstabilität für lange Zeit
Lange Standzeit ermöglichen



Neue Bauweisen - Baumpflanzkörbe -



Pflanzsubstrat beeinflusst räumliche Wurzelentwicklung



Versuchsvariante

- einschichtiger Bodenaufbau
- AB, DA, DN, KA, MZ, MA, ML, S, WI, WB

Praxisvariante I

- einschichtiger Bodenaufbau (ähnlich Versuchssubstrat)
- DA, DN, MZ, ML, S

Praxisvariante II

- zweischichtiger Bodenaufbau mit organisch angereicherter Oberboden
- AB, HB, KA, MA

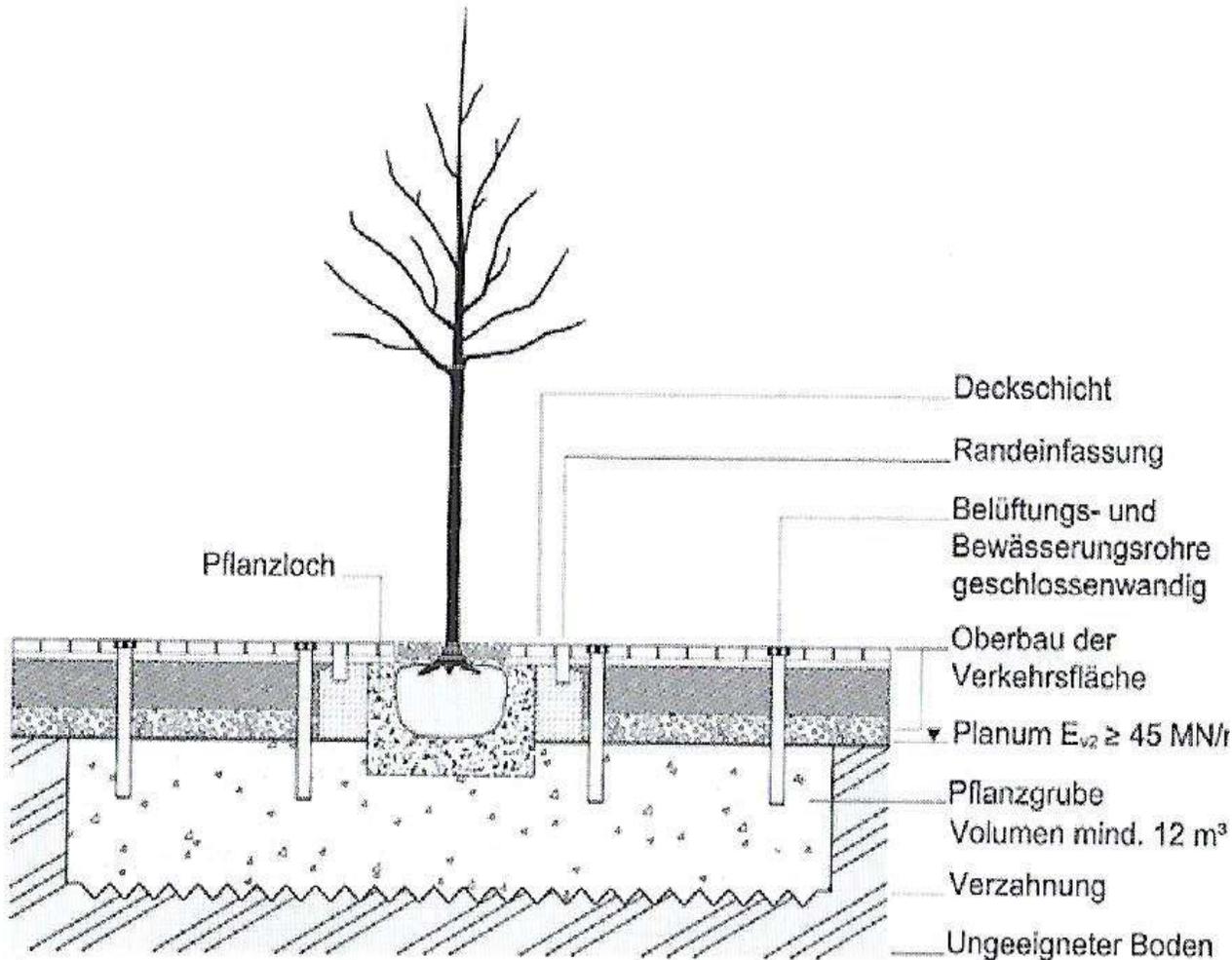
Abbildung 44: Vergleich der Wurzelentwicklung (aus: KRIETER, 1993)

Moderne Anforderungen an Substrate

- hohe **Struktur- und Verdichtungsstabilität**
- hoher Anteil an **luftführenden Poren** zur Aufrechterhaltung der Wurzelaktivitäten / Bodenbiologie
- hohe **Wasserleitfähigkeit** zur Vermeidung von Vernässungen
- ausreichende **Wasserspeicherfähigkeit** zur Reduktion des Pflegeaufwands
- ausreichende **Nährstoffversorgung** (Depotwirkung)
- gute **Pufferkapazität** oder hohe **Auswaschungsfähigkeit** gegenüber phytotoxischen Substanzen, u.a. Hunde-Urin, chemischen Auftausalzen
- **wirtschaftliche Herstellbarkeit** durch Verwendung verfügbarer Stoffe und Mitverwendung örtlicher Böden
- **geringer Pflegeaufwand** der Oberfläche, u.a. wenig Wildkrautentwicklung, Sauberkeit

(Balder, 1998, ergänzt)

Substrate nach FLL (2010) – Pflanzgrubenweise 2



Schnitt

Tab. 4: Anforderungen an Substrate sowie Herstellung/Einbau

Nr.	Eigenschaft	Anforderungen		Prüfung nach	
		Pflanzgrubenbauweise 1	Pflanzgrubenbauweise 2		
		1	2	3	4
Korngrößenverteilung (siehe auch Abschnitt 6.3.2)					
1	Körnung ¹⁾	0/11 bis 0/32 mm ≥ 30 Masse-% $d = 0,063 - 2,0 \text{ mm}$	0/16 bis 0/32 mm	DIN 18123 oder DIN EN 933-1 DIN EN 933-4 DIN EN 932-3	
Bodenluft-/Bodenwasserhaushalt (siehe auch Abschnitte 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5)					
2	Wasserdurchlässigkeit k_f ²⁾	$\geq 5,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (entspricht $\geq 5,0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ bzw. $\geq 0,3 \text{ mm/min}$)		Anhang A.1, Abschnitt 5.2	
3	Wasserkapazität	$\geq 25 \text{ Vol.-%}$		Anhang A.1, Abschnitt 5.1	
4	Luftkapazität	bei max. Wasserkapazität $\geq 10 \text{ Vol.-%}$ oder bei $pF 1,8 \geq 15 \text{ Vol.-%}$		Anhang A.1, Abschnitt 6	
Bodenchemie (siehe auch Abschnitte 6.3.6, 6.3.7, 6.3.8, 6.3.9)					
5	Bodenreaktion – pH-Wert		pH 5,0 – pH 8,5	VDLUF A 5.1.1 (ungesiebte Probe, mind. 3-fache Einwaage)	
6	Organische Substanz	1 – 4 Masse-%	1 – 2 Masse-%	DIN EN 13039 (gemessen an der ungesiebten Probe)	
7	Salzgehalt		150 mg/100 g (im Wasserauszug) 100 mg/100 g (in gesättigter Gipslösung)	VDLUF A 10.1.1 (mg/100g), Umrechnung in g/l) (ungesiebte Probe, mind. 3-fache Einwaage)	
8	Nährstoffgehalt	Deklaration nach Düngemittelverordnung, Nährstoffzugabe erst bei der Pflanzung			
Tragfähigkeit, Verdichtung (siehe auch Abschnitt 6.4.2)					
9	Verformungsmodul E_{v2}	keine Anforderung	$\geq 45 \text{ MN/m}^2$	Statisch nach DIN 18134 TP BF-SIB, Teil B, 8.3	
10	Verdichtungsgrad D_{Pr}	83 % – 87 %	$\leq 95 \%$	DIN 18125-2	

Bestandteile strukturstabiler Substrate (Herstellerangaben)

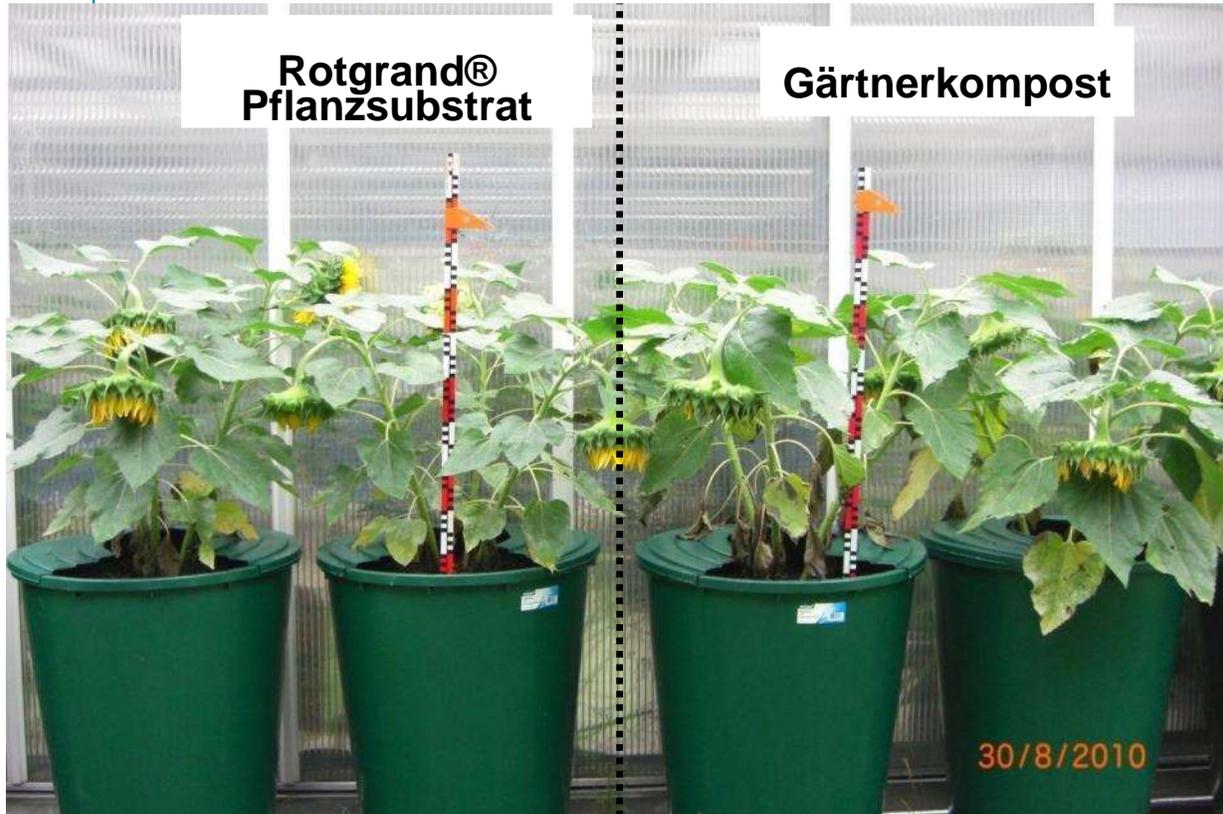
Rostasche
Aktivkohle
Sand
Oberboden
Löß
Lava
Bims
gütesicherter (RAL) Rindenumus
Grüngutkompost
Depotdünger (organisch, mineralisch)
Mykorrhizapilze



offenporig und mit hohem Gesamtporenvolumen
stabiles und sauberes Material
frei von Wurzelunkräutern
entmischungssicher
über 2m Grubentiefe nutzbar
druckfest
hohe Wasserdurchlässigkeit
hervorragende Nährstoffversorgung
vegetationstechnisch unbedenklich
umweltverträglich
wiederverwertbar

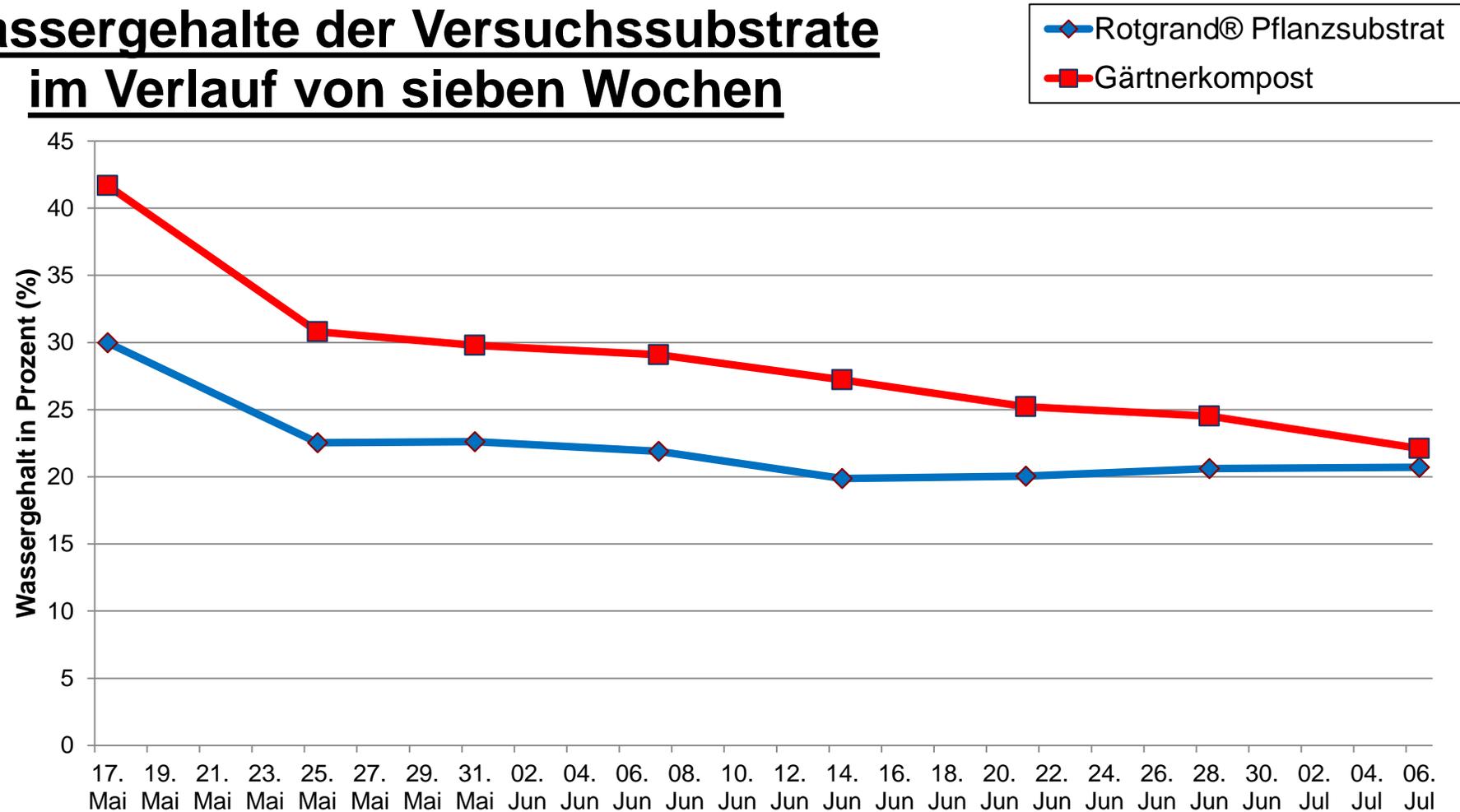
Fehl: exakte Angaben zum pH-Wert, Nährelemente, Gütesicherung

Versuchsergebnisse



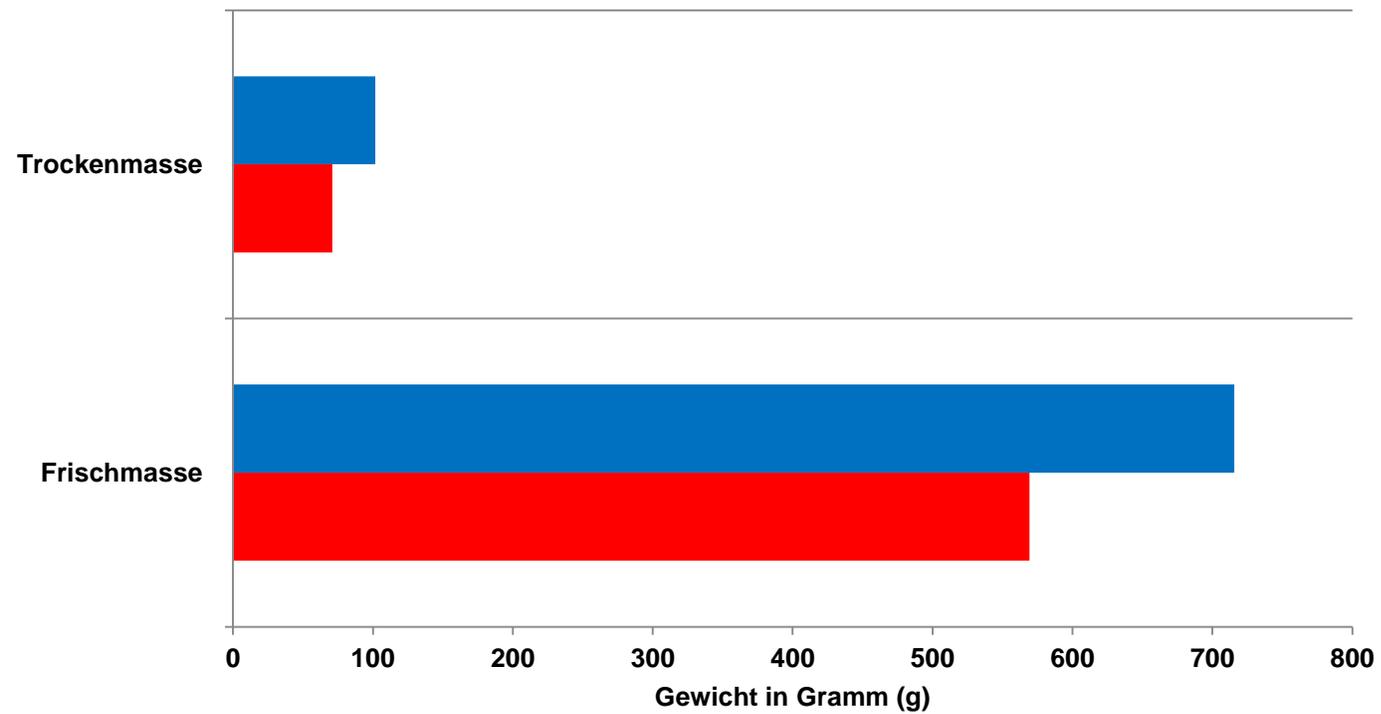
(Parche, 2010)

Wassergehalte der Versuchssubstrate im Verlauf von sieben Wochen



Vergleich der oberirdischen Frisch- und Trockenmasse

- Gärtnerkompost
- Rotgrand® Pflanzsubstrat



Tiefenförderung der Wurzelsysteme

**Gärtnerkompost
-Kontrolle-**

**Rotgrand®
Pflanzsubstrat**

0-20 cm



20-40 cm



40-60 cm



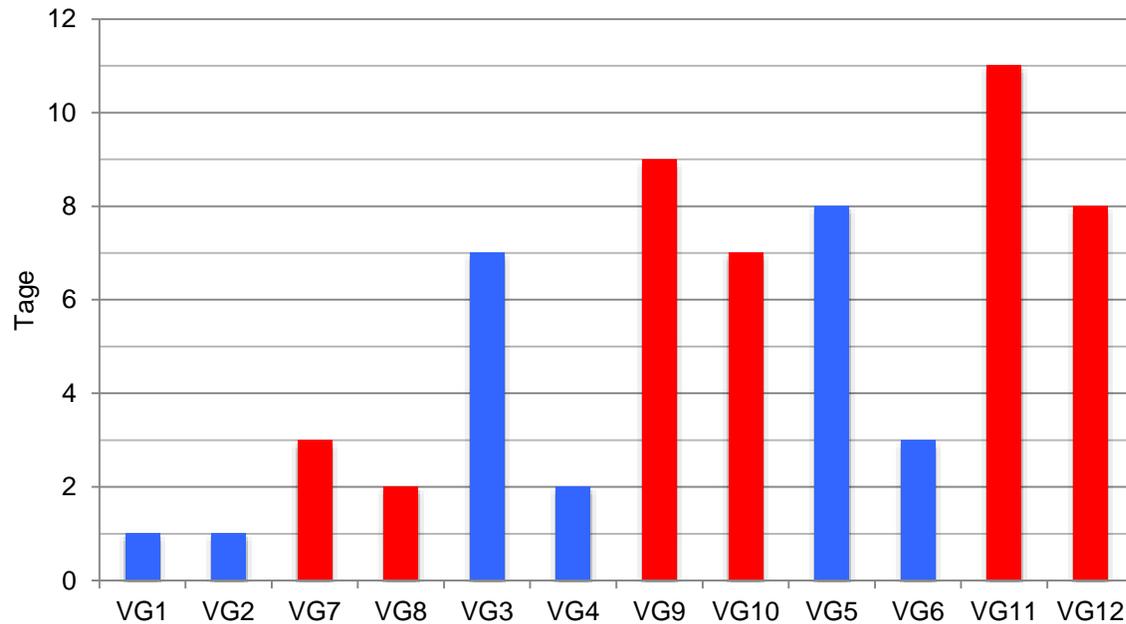
60-80 cm





1 m Säule

Infiltrationsgeschwindigkeit von Wasser

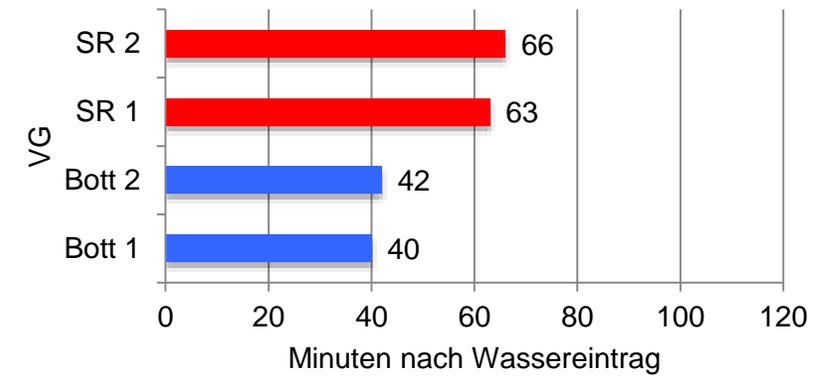


Zeit nach Beginn der Wassergaben zur **vollständigen Infiltration**

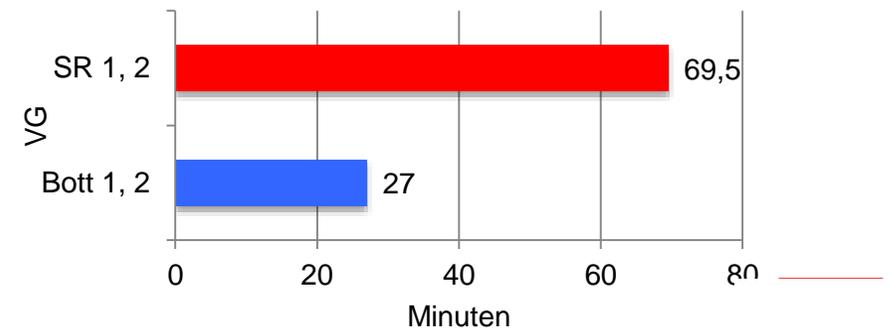
Straßenrandboden (rot) Strukturstabiles Substrat (blau)

Perkolationsdauer

Trockenes Substrat



Feuchtes Substrat

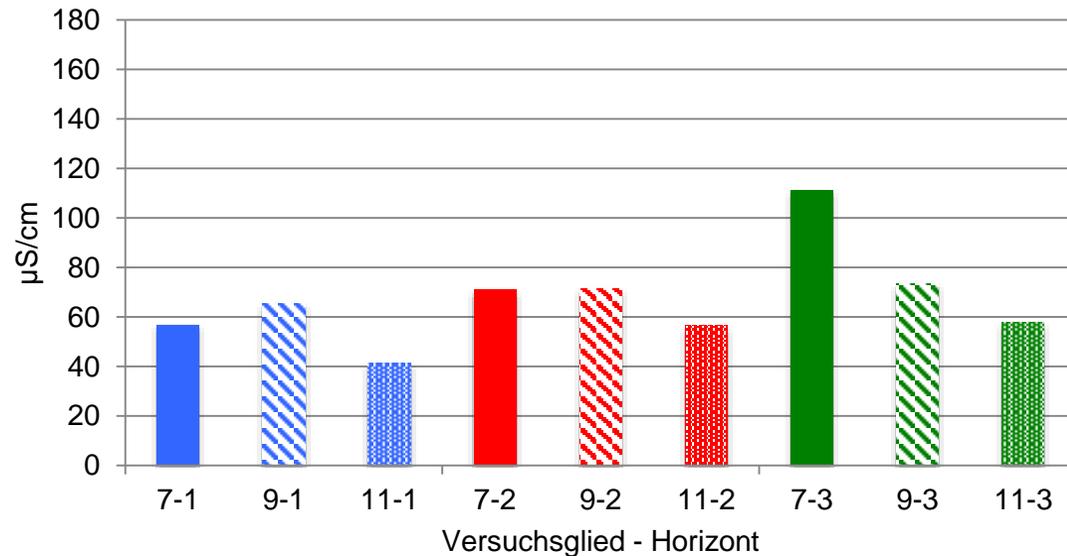


Einfluss von chemischen Auftausalzen (NaCl)

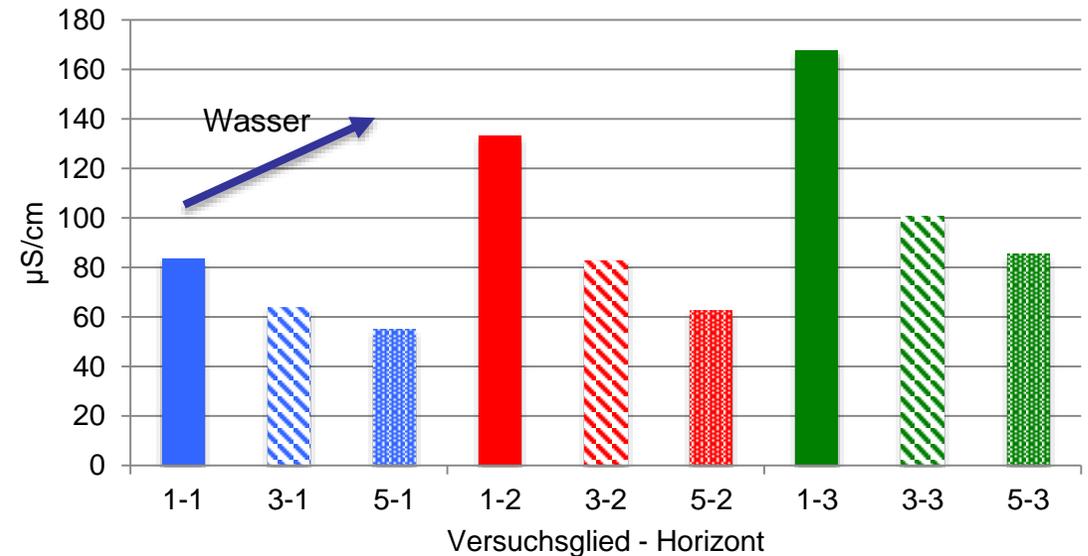
1kg/m² NaCl

EC-Werte (µS/cm) in wässriger Bodenlösung

Straßenrandboden



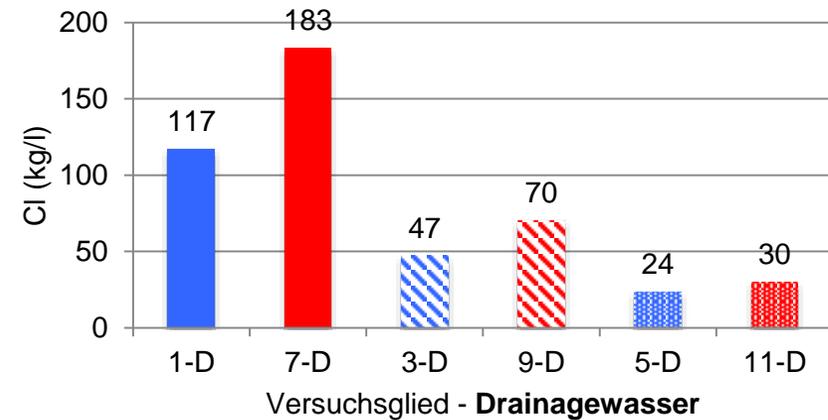
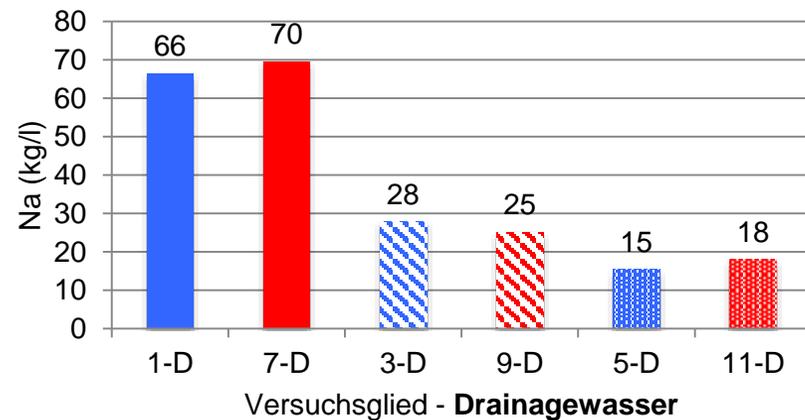
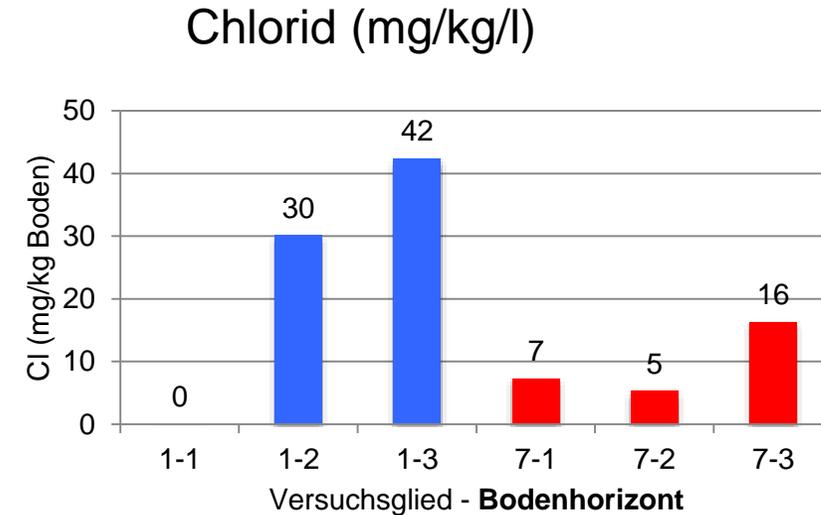
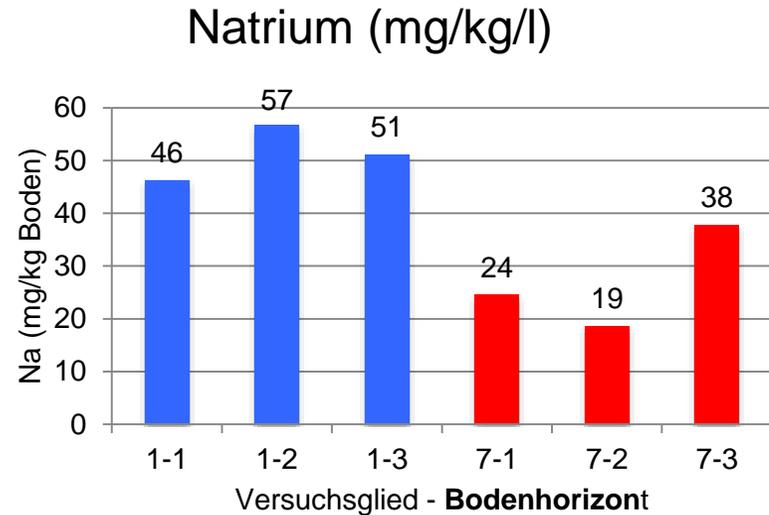
Strukturstabiles Substrat (Rotgrud)



1-1= VG1 - 0-30cm Horizont

Einfluss von chemischen Auftausalzen (NaCl)

1kg/m² NaCl



(1-1= VG1 - 0-30cm Horizont), Bott (blau), SR (rot)

(1-1= VG1 - 0-30cm Horizont), Bott (blau), SR (rot)

Auffallend ist, das sich die Infiltrationsdauer bei den Salz behandelten Varianten deutlich erhöht!

Praxissituation (5jährige Linden-Pflanzung)



Oktober 2018

	Na mg/kg	Cl mg/kg
Straßenrandboden	46	47
Rotrand 0-10 cm	22	10
40 cm	43	17



Wildkrautentwicklung – normales Auflaufen bei feuchten Böden



Keimtest auf Praxisböden

Beifuss

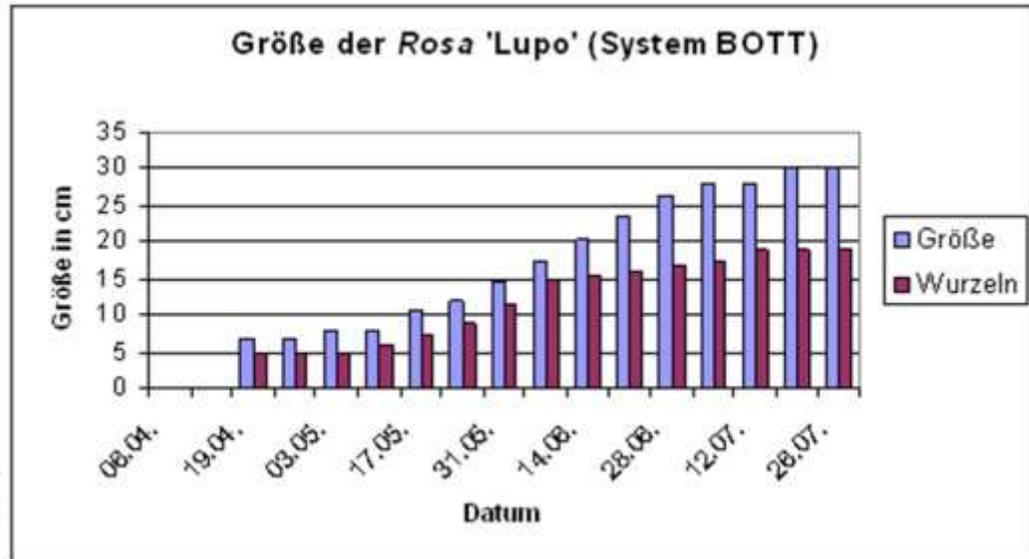
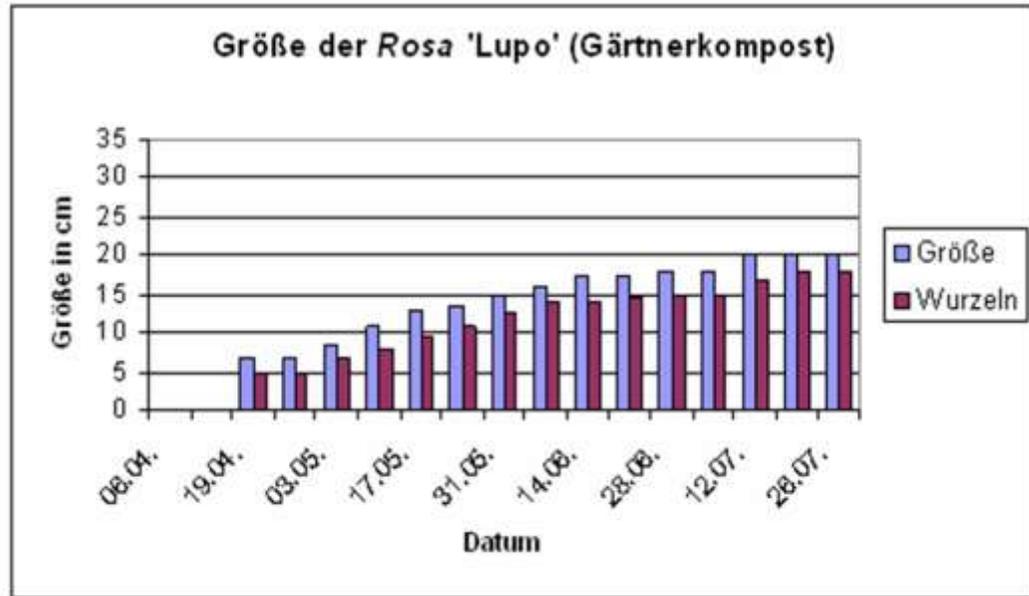


Rainfarn



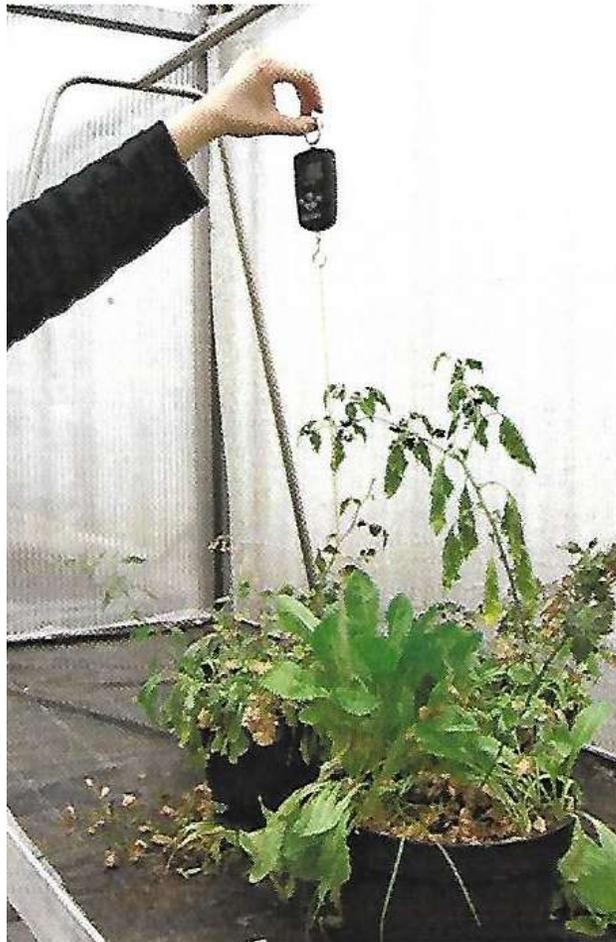
(Land 2010)

Zuwachs der Rosa „Lupo“ bei Wildkrautdruck

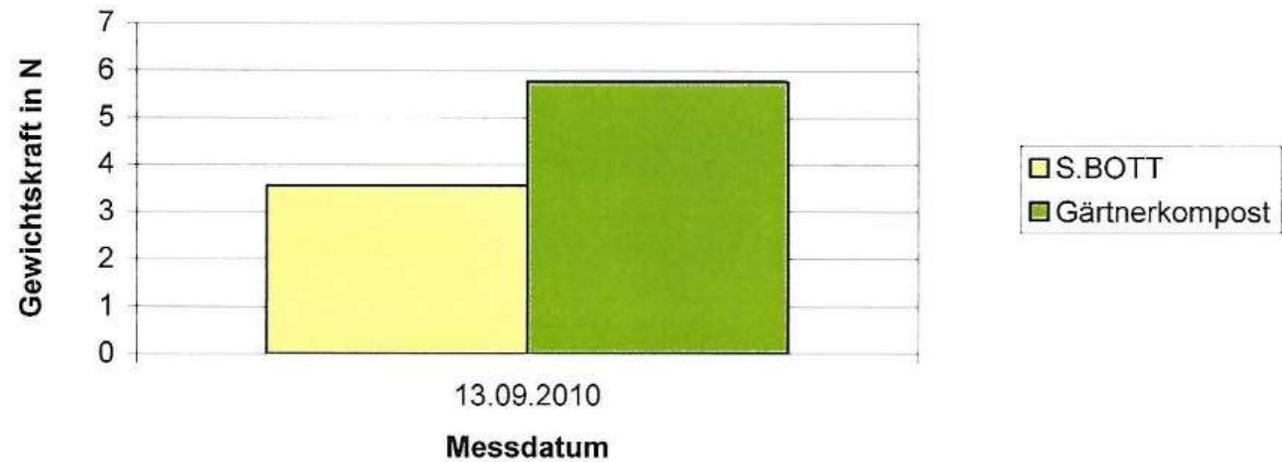


(Land 2010)

Kraftaufwand für manuelles Entfernen von Unkräutern



Mittelwerte der Gewichtskraft in N
(n= 10)



(Land 2010)

Praxistest seit 2007



Pflanzbeete mit lockerer Auffüllung



Vesiegelte Fläche mit verdichtetem Einbau



Praxisrelevante Fragen

Wie wachsen die Pflanzen?

Wie entwickeln sich die Substrate mit den Jahren?

Was ist in der Pflege zu leisten?

Ästhetische Wirkung



Ästhetische Wirkung



Oberflächenpflege



Fläche begeh- und befahrbar

Unrat gut zu beseitigen

Substrat wird ausgetragen

nur mit Originalsubstrat auffüllbar

keine Wildkrautentwicklung

Wasser dringt gut ein

optisch keine Veränderung

stabiler Zustand

Wurzelentwicklung



Wurzelentwicklung – kein Einwurzeln bei Verfilzung



(Mirke, 2018)

Förderung Anwuchs? Wie den Ballen behandeln?



Ballierung gelöst mit Ballierung



Förderung des Anwuchses? Wurzellenkung?



Ballenpflanzung



Wurzelnackte Pflanzung

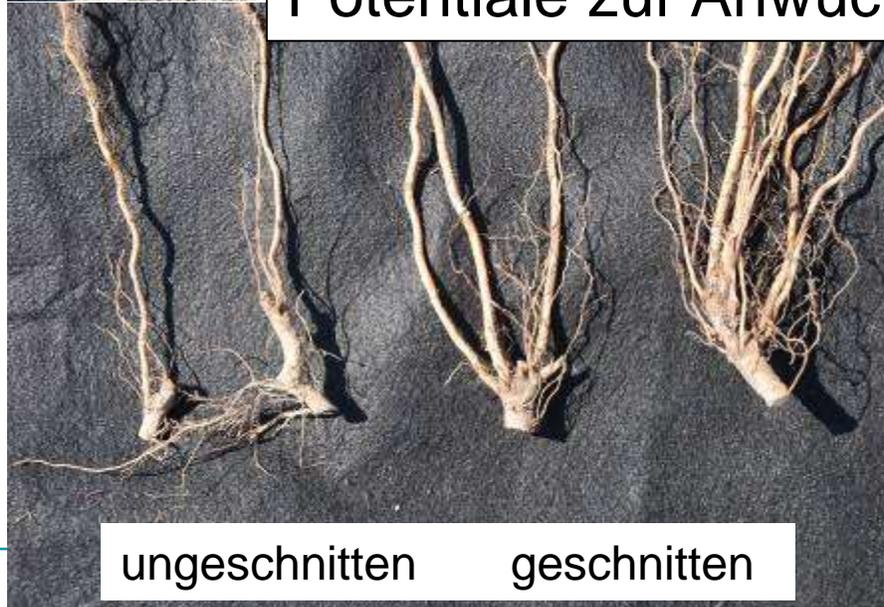


Ballenpflanzung

Wurzelnackte Pflanzung



Potentiale zur Anwuchsförderung nutzen!



ungeschnitten geschnitten



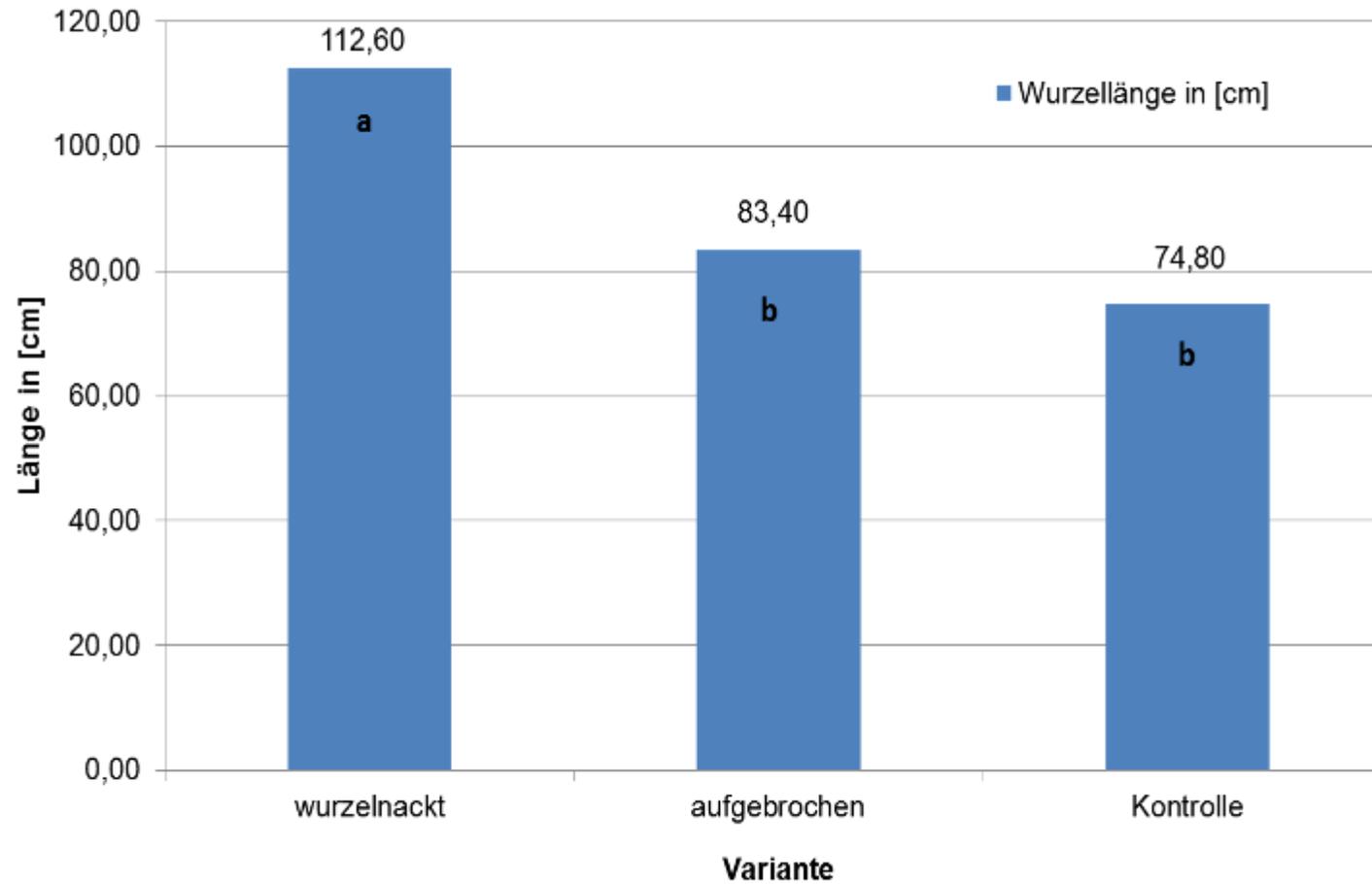
Deutliche Wurzelförderung durch strukturstable Substrate in der Tiefe



Längenausprägung der Wurzeln (*Ulmus resista*)



Stärkere Wurzelentwicklung bei Ballenbehandlungen



(Schneeweiß, 2013)



ph-Wert-Entwicklung mit der Zeit



Pflanzjahr

8,1



nach 7 Jahren

7,0



nach 12 Jahren

7,0

pH (in CaCl₂)

Bodenluft



O₂ >19 %

CO₂ < 3 %

CH₄ < 1 %



Nährstoffentwicklung



Pflanzjahr

nach 7 Jahren

nach 12 Jahren

N_{\min}	18	41	6	mg/kg Boden
P_2O_5	57	84	41	mg/100g Boden
K_2O	28	21	20	mg/100g Boden
Mg	58	13	10	mg/100g Boden





Offene Fragen:

Wie Pflanzen anziehen?

Wie mit Symbionten ausstatten?

Als System denken?

