

Themenblock 2: Selektion von Pflanzen für die Stadt:

Dynamik der bodenkundlichen Standortfaktoren für Stadtbäume

Prof. Dr. Annette Eschenbach

Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde

Dynamik der bodenkundlichen Standortfaktoren für Stadtbäume - Kenntnisstand und Perspektiven für Stadtbäume im Klimawandel

Prof. Dr. Annette Eschenbach,

Institut für Bodenkunde, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg

Annette.Eschenbach@uni-hamburg.de

Stadtbäume sind gegenüber Bäumen nicht urbaner Räume veränderten Standortbedingungen ausgesetzt. Dazu gehört ein verändertes lokales Klima, die städtische Wärmeinsel, genauso wie anthropogene Schadstoffeinträge. Auch die Böden sind zumeist stark anthropogen überprägt. Eine Studie, die 62 Standorte des Straßenbegleitgrüns in Hamburg erfasste, zeigte, dass 75% der untersuchten Böden mehrschichtige Substratabfolgen aufwiesen, vorwiegend anthropogen geschüttete Substrate mit initialer oder relativ junger Bodenbildung vorhanden waren und die weit überwiegende Bodenart Reinsand war. In der Regel spielt weiterhin die Bodenversiegelung eine maßgebliche Rolle, die Verdichtung ist höher und die Wasserhaltekapazität durch die hohen Sandanteile zumeist geringer. Diese Eigenschaften beeinflussen sowohl den Bodenwasser- als auch den Bodenlufthaushalt.

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden im Projektkontext Stadtbäume im Klimawandel (SiK): Klimafolgen-Monitoring und Anpassung gemeinsam mit der HafenCity Universität, Abteilung Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung (Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut) und der Arbeitsgruppe Angewandte Pflanzenökologie (Prof. Dr. Kai Jensen) der Universität Hamburg sowie der Abteilung Landschaftsplanung und Stadtgrün (Herr Doobe) der Behörde für Umwelt und Energie (BUE der FHH) erarbeitet. Ziel war es, an sechs innerstädtischen Standorten von etablierten Straßenbäumen (*Quercus robur* und *Acer pseudoplatanus*) in Hamburg die Bodenwasserverfügbarkeit und die O₂- und CO₂-Konzentrationen der Bodenluft bis in 1m Tiefe zu erfassen und zu bewerten. Zudem wurde die Wasserspannung an 17 Jungbaumstandorten untersucht, um zu analysieren, in wie weit Jungbäume durch Austrocknung der Böden gefährdet sind. Dazu wurde die Wasserspannung im Wurzelballen, im Pflanzsubstrat und im umgebenen urbanen Boden in verschiedenen Tiefenstufen mit jeweils 13 Sensoren pro Standort erfasst.

Die Messdaten der Jahre 2016 bis Herbst 2018 zeigen, dass es im Oberboden Phasen geringerer Wasserverfügbarkeit gibt. Diese trockneren Phasen sind nicht nur von den klimatischen Bedingungen, sondern auch von den kleinräumigen Standortbedingungen abhängig. Bei den CO₂-Konzentrationen gibt es einen deutlichen Jahresgang mit den höchsten Konzentrationen in den Sommermonaten, die teilweise deutlich fünf Prozent übersteigen. Die Konzentrationen an O₂ verlaufen gegensätzlich zu denen des CO₂. An den Jungbaum-Standorten zeigte sich im niederschlagsarmen und warmen Sommer 2018 eine deutliche Austrocknung sowohl in den Pflanzballen, den Pflanzgrubenmaterialien als auch den umgebenden Böden. Durch pflanzenphysiologische Untersuchungen wie z.B. Saftflussmessungen konnte eine Reaktion der Bäume auf diese Standortbedingungen abgeleitet werden.

Die Arbeiten wurden finanziert durch das BMBU (Projekt Stadtbäume im Klimawandel (SiK) FKZ: 03DAS054 A) und durch die Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie, sowie dem Exzellenzcluster 'CliSAP' (DFG: EXC177).



Dynamik der bodenkundlichen Standortfaktoren für Stadtbäume

Kenntnisstand und Perspektiven für Stadtbäume im Klimawandel

Annette Eschenbach

Institut für Bodenkunde, Centrum für Erdsystemforschung und
Nachhaltigkeit, Universität Hamburg



13.11.2018

8. Symposium Stadtgrün 2018



Stadtbäume im Klimawandel (SiK): Klimafolgen-Monitoring und Anpassung

Projektleitung: Prof. Dr. Annette Eschenbach

Projektlaufzeit: 01/2015 – 06/2018, Förderkennzeichen: 03DAS054A

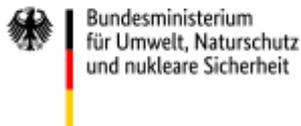
- Hafencity Universität
Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung
Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut, Lisa Kuhnert, Mareike Fellmer
- Universität Hamburg
AG Angewandte Pflanzenökologie
Prof. Dr. Kai Jensen, Dr. Christoph Reisdorff, Anna Sandner
AG Bodenschutz & Bodentechnologie
Prof. Dr. Annette Eschenbach, Dr. Alexander Gröngröft, Selina Titel
- Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt und Energie (BUE)
Landschaftsplanung und Stadtgrün
Herr Gerhard Doobe, Frau Annette Wagner

HCU | Hafencity Universität
Hamburg

UH | Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Hamburg | Behörde für
Umwelt und Energie

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

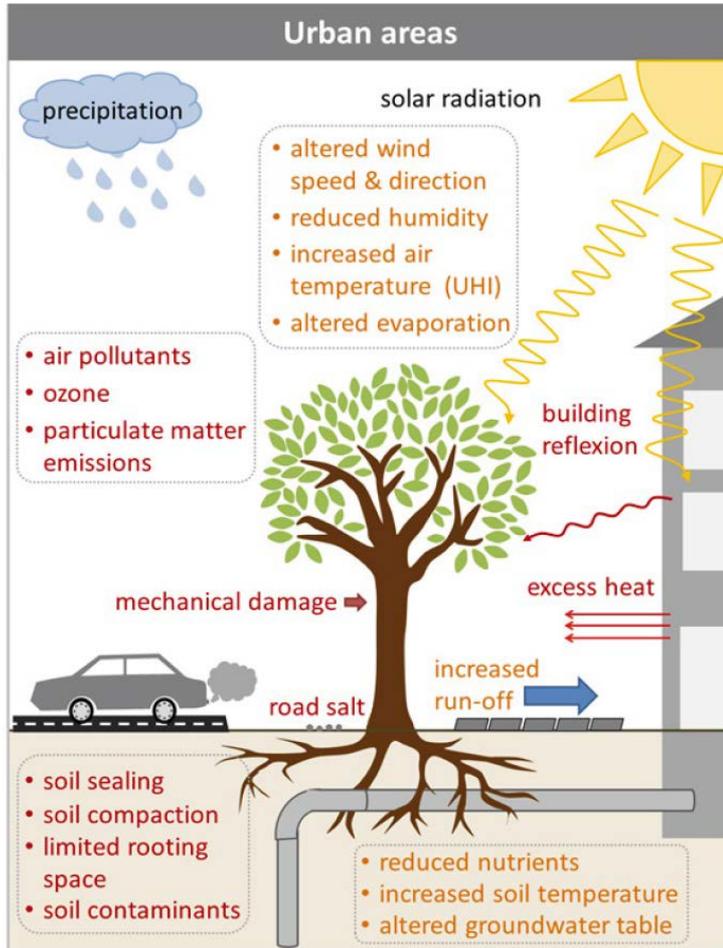
Boden als Lebensgrundlage von (Stadt)-Bäumen



Boden-Funktionen:

- Verankerung und Wurzelraum
- Versorgung mit verfügbarem Wasser
- Versorgung mit Nährstoffen
- Pufferung, Filter und Abbau von Schadstoffen / (Streu) Salzen
- Sauerstoffversorgung der Wurzeln

- Lebensraum für andere Lebewesen (-> Verbesserung der Bodenqualität)



M. Brune (2016)

Schwarz: unveränderte Faktoren

Orange: veränderte Faktoren

Rot: zusätzliche Faktoren

Standortfaktoren in der Stadt

Veränderte **edaphische Eigenschaften**:

- gestörte Böden durch Versiegelung und technogenes Substrat
- Eingeschränkter Wurzelraum
- Schadstoff- und Streusalzbelastung
- Reduzierte Nährstoffversorgung
- Veränderter Grundwasserspiegel
- Veränderter Bodenwasserhaushalt
-> reduzierte Wasserverfügbarkeit oder auch Stauwasser
- Erhöhte Bodentemperaturen

+ **Einfluss lokales Klima** und städtischer Wärmeinsel

+ **Klimawandel**

„Stadtböden“ - Böden in der Stadt

„**Stadtböden**“ ist der Überbegriff für die vielfältigen Böden der städtisch-industriellen Räume:

- Böden natürlicher Entwicklung (naturnahe Böden)
- Böden anthropogener **Aufträge** natürlicher oder technogener Substrate bzw. Mischungen
- **versiegelte** Böden

*Boden des Jahres 2010:
Stadtboden oder Technosol*



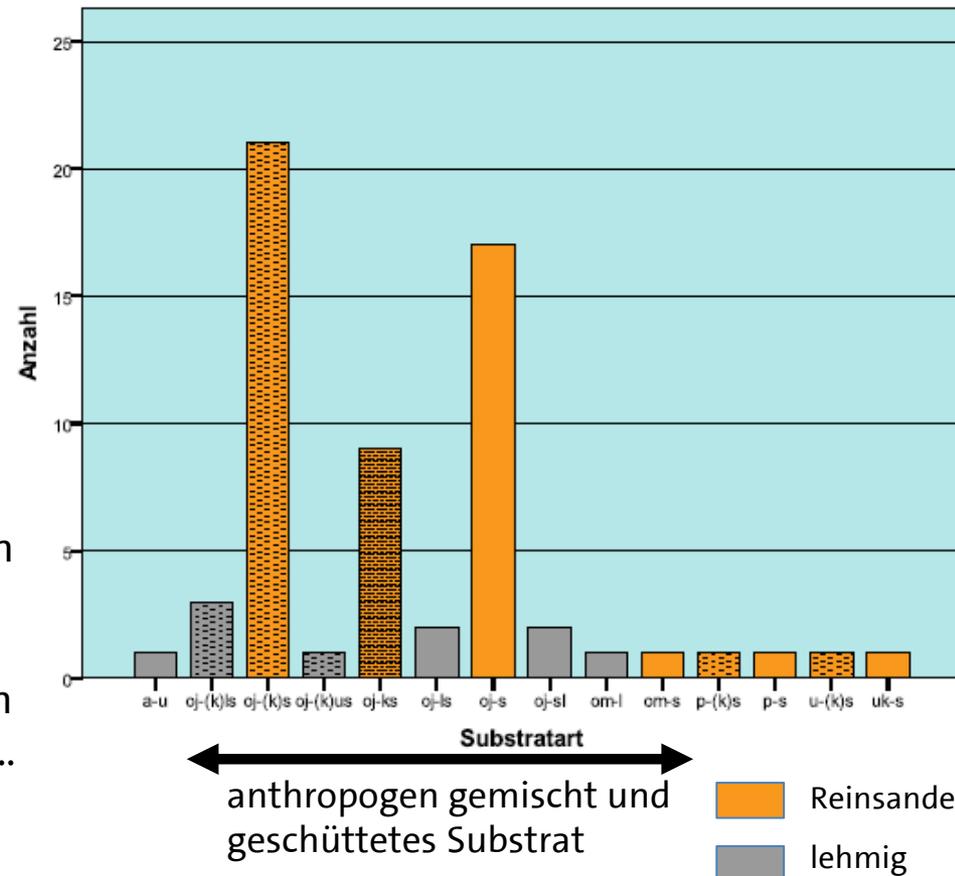
Fotos: Makki,
Flyer Boden des Jahres 2010
A. Eschenbach

Böden des Straßenbegleitgrüns in Hamburg

Streusalzmonitoring (BSU 2012)
 Untersuchung von 62 Böden

- 75% der untersuchten Böden mehrschichtige Substratabfolgen
- vorwiegend anthropogen geschüttete Substrate mit initialer oder relativ junger Bodenbildung
- 84% Reinsande (ss), 16 % mit meist geringen Verlehmungsgraden (ls, us, sl, l)
- 42% der Böden anthropogene Beimengungen wie Bauschutt, Straßenaufbruch, Schlacken ...

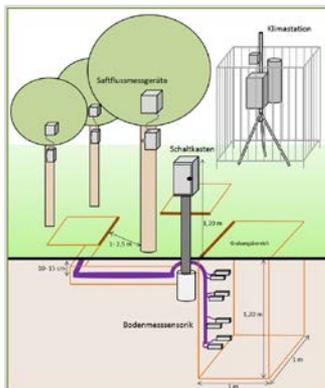
Substrateigenschaften der ersten Schicht in Böden des Straßenbegleitgrüns



Wasser- und Gashaushalt der Böden von Straßenbäumen in Hamburg

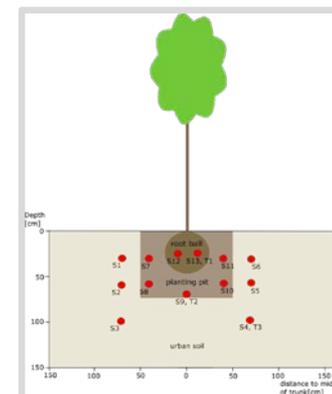
Etablierten Straßenbäumen

- sandige Standorte mit technogenem Substrat
- Grundwasserflurabstand $\geq 5\text{m}$
- Bäume: *Quercus robur*,
Acer pseudoplatanus
- Pflanzjahre: zwischen 1886-1984



Kürzlich gepflanzte Straßenbäumen

- Jungbaumpflanzungen mit Wurzelballen, Pflanzgrube
- breitere Palette von Baumarten und -sorten
- Pflanzjahre: 2016 oder 2007-2013



Monitoring an etablierten Straßenbäumen

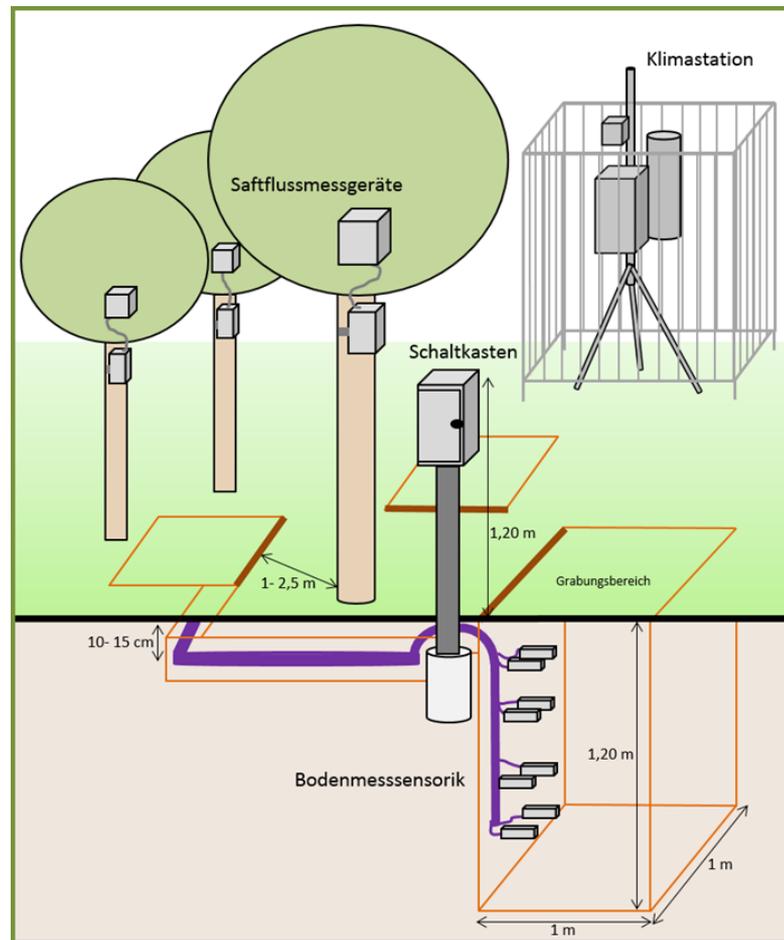
Monitoring
6 etablierten
Straßenbäumen

Pflanzjahre:
zw. 1886-1984

Baumarten:

- *Quercus robur*
- *Acer pseudoplatanus*

Messungen im
Projektkonsortium:
Xylemflussmessung
Meteo-Station:
Niederschlagsmenge,
Lufttemperatur,
Strahlung,
Windgeschwindigkeit,
Windrichtung



Bodenwasserspannung:
Watermark-Sensoren

Bodenwassergehalt:
TDR Bodenfeuchtesensoren
mit Datenloggern

Bodentemperatur

Bodenluft:
CO₂- und O₂-Gehalt manuell
mit Biogasanalysator

Monitoring an jungen Straßenbäumen

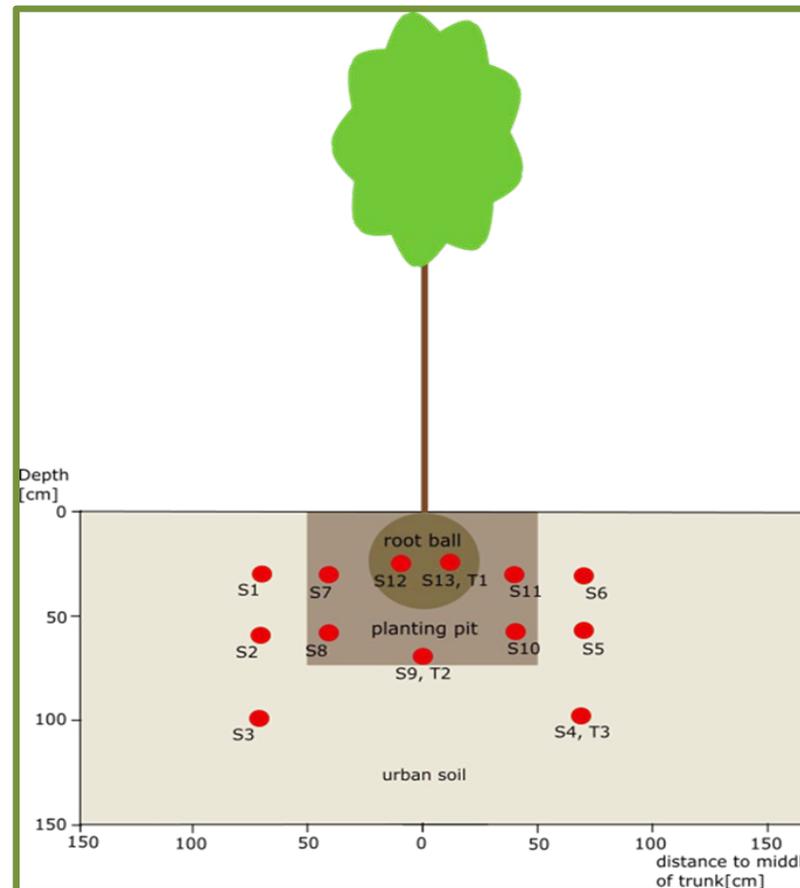
Monitoring
17 jungen
Straßenbäumen

Pflanzjahre:

- 2016 (11 Bäume)
- 2007-2013 (6 Bäume)

Baumarten:

- *Quercus robur*
- *Quercus cerris*
- *Quercus palustris*
- *Acer pseudoplatanus*
- *Acer platanoides*
- *Acer platanoides*
'Fairview'
- *Prunus nigra*
- *Carpinus betulus*



Bodenwasserspannung:
Watermark-Sensoren

Bodentemperatur

→ Unterschiede in den
verschiedenen
Substrattypen
(Pflanzballensubstrat,
Pflanzgrubensubstrat,
umgebener Boden)

Etablierten Straßenbäume: Bodeneigenschaften

Standort E5



Y: (v2)su //(v2)sl

- tiefreichend anthropogen überformt (umgelagerte Natursubstrate; technogene Bestandteile wie Ziegel, Müll, Bauschutt ...)
- sandreich (Median: 88 % Sandgehalt)
- Sandschichten zur Einbettung von Kabeln & Rohren
- im Mittel der Substrate:
 - hohes Porenvolumen (42,7 Vol. %),
 - hohe Luftkapazität (19,8 Vol. %)
 - mittlere nutzbare Feldkapazität (15,5 Vol. %)
 - geringe Lagerungsdichte (1,53 g/cm³)

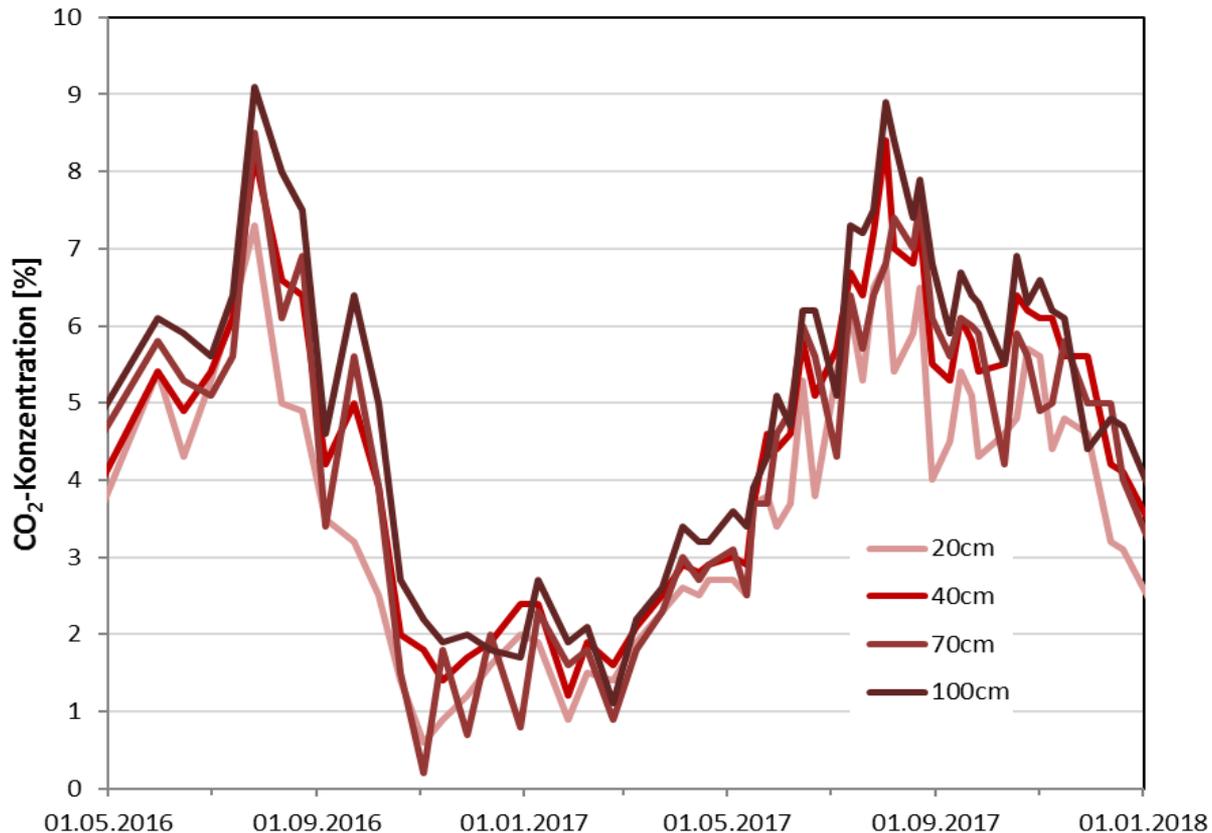
- Potentiell gute Durchlüftung,
- aber Austrocknung durch niedrige bis mittlere Wasserhaltekapazität begünstigt

Standort E3



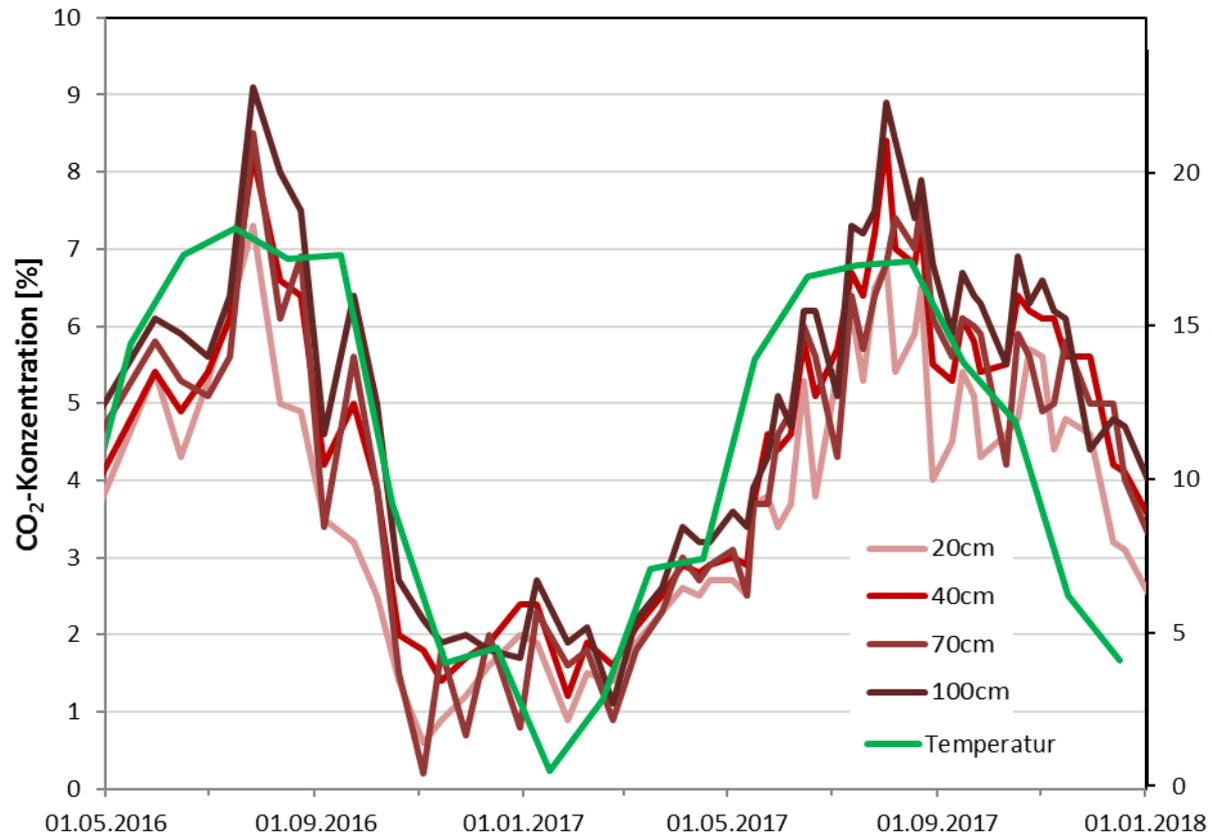
YK: (v2)ss //ss

Etablierten Straßenbäume: Beispiel CO₂-Konzentrations-Verlauf in vier Tiefen



- CO₂-Gehalte steigen mit der Tiefe an
- Unterschiede der Gehalte zwischen 20 cm und 1 m Tiefe ca. 1 bis 2 %
- Im Sommer höhere Werte als im Winter

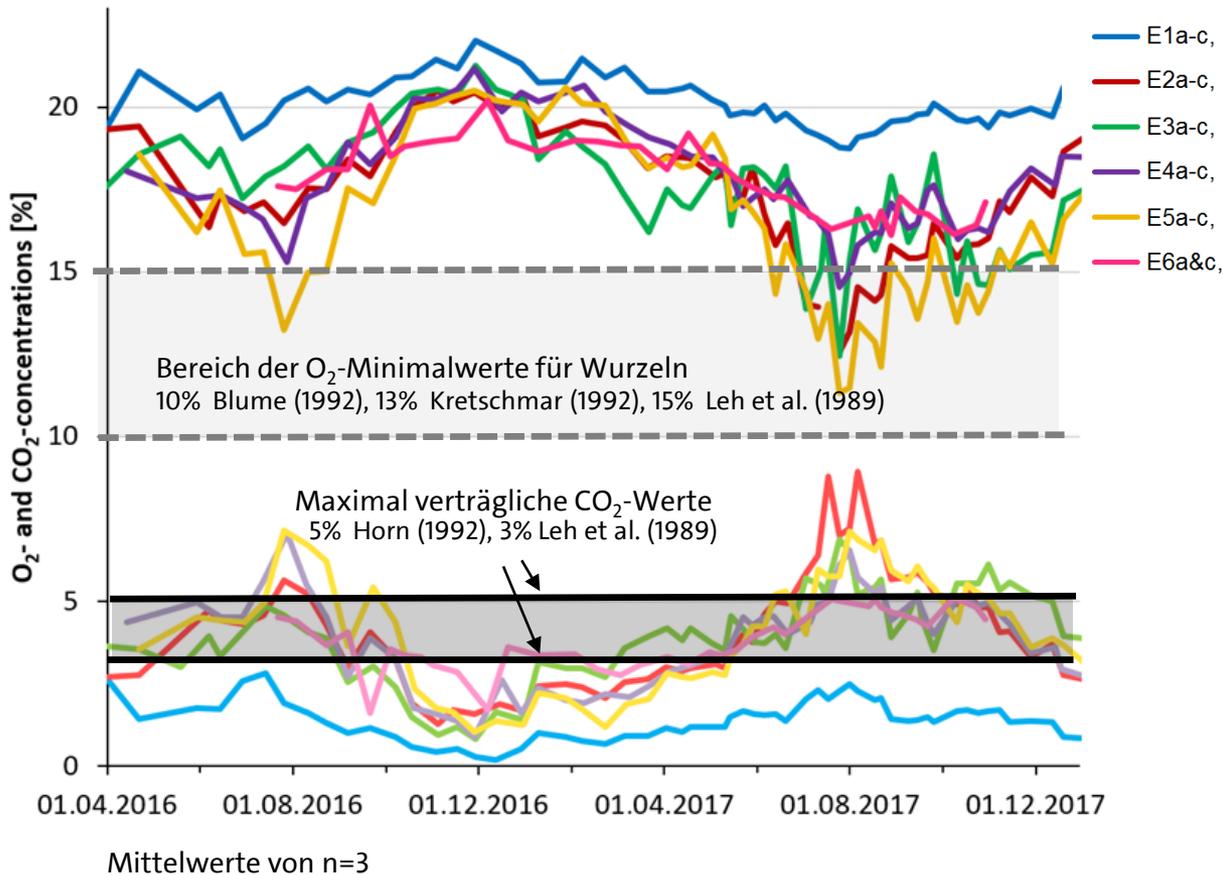
Etablierten Straßenbäume: Beispiel CO₂-Konzentrations-Verlauf in vier Tiefen



- CO₂-Gehalte steigen mit der Tiefe an
- Unterschiede der Gehalte zwischen 20 cm und 1 m Tiefe ca. 1 bis 2 %
- Im Sommer höhere Werte als im Winter
- Verlauf folgt etwa der Temperaturentwicklung

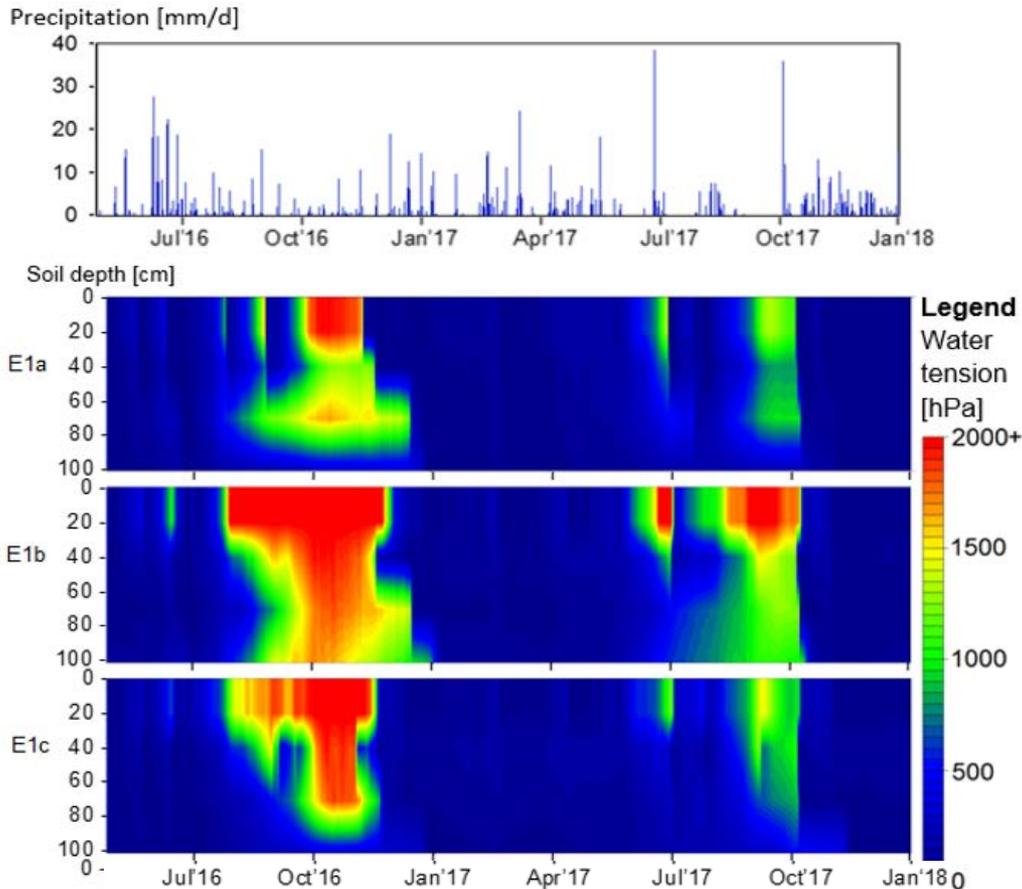
Doktorarbeit S. Schaaf-Titel

Etablierten Straßenbäume: O₂- und CO₂-Konzentrations-Verlauf in 1 m Tiefe



- Überschreitung der maximal verträglichen **CO₂-Werte** für Wurzeln im Sommer
- Tendenziell höhere CO₂-Werte bei Standorten mit höherer Lagerungsdichte und ohne Bodenvegetation
- Gegenläufige Dynamik der **O₂-Konzentrationen** im Jahresverlauf
- Unterschreitung von O₂-Minimalkonzentrationen für Wurzeln möglich
- Nur bei 1 von 6 Standorten liegen die ermittelte Konzentrationen deutlich von den CO₂- und O₂-Grenzwerte entfernt

Etablierten Straßenbäume: Verlauf Bodenwasserspannung

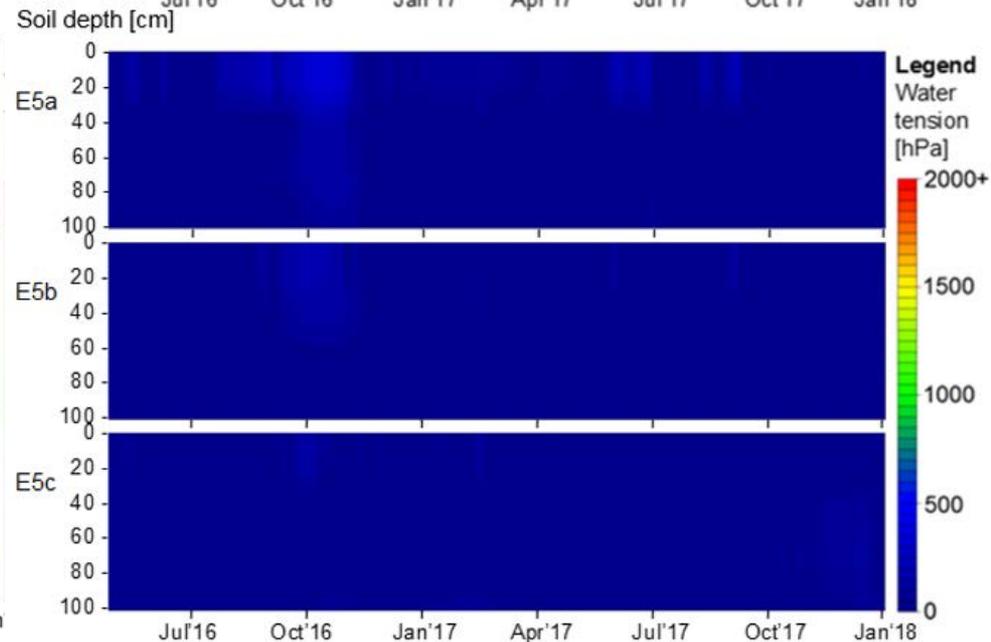
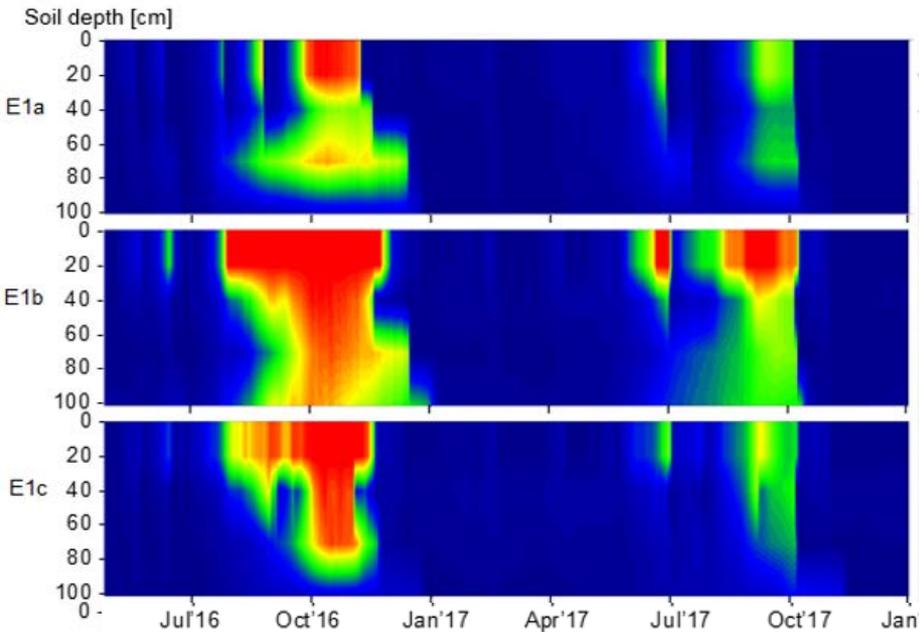
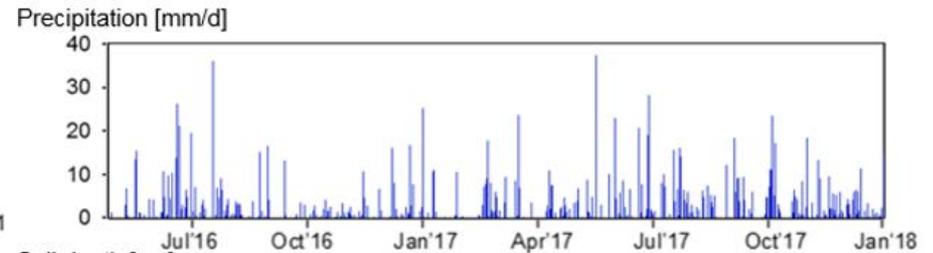
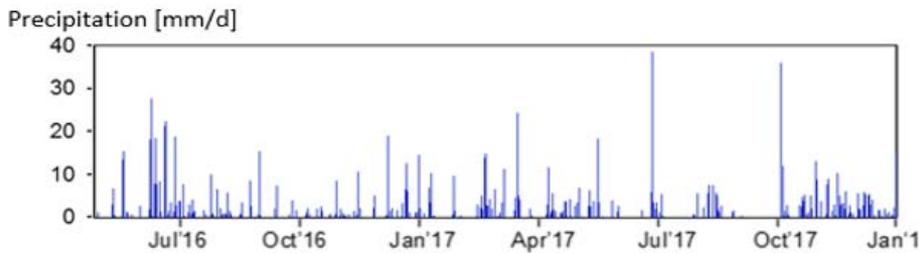


Trockenperioden in Sommer und Herbst ausgebildet

Dauer der Trockenperiode korrelierte nicht mit Bodenparametern (z.B.: nFK, LK)

Bei hoher kleinräumiger Heterogenität des Bodens ist auch Variabilität der Wasserspannungen größer

Etablierten Straßenbäume: Verlauf Bodenwasserspannung



Saftfluss-Dynamik etablierter Straßenbäume

Messung von meteorologischen Faktoren und Saftfluss der Bäume

Beispiel: *Acer pseudoplatanus*

E3: Bei der Schilleroper



E1: Glacischaussee

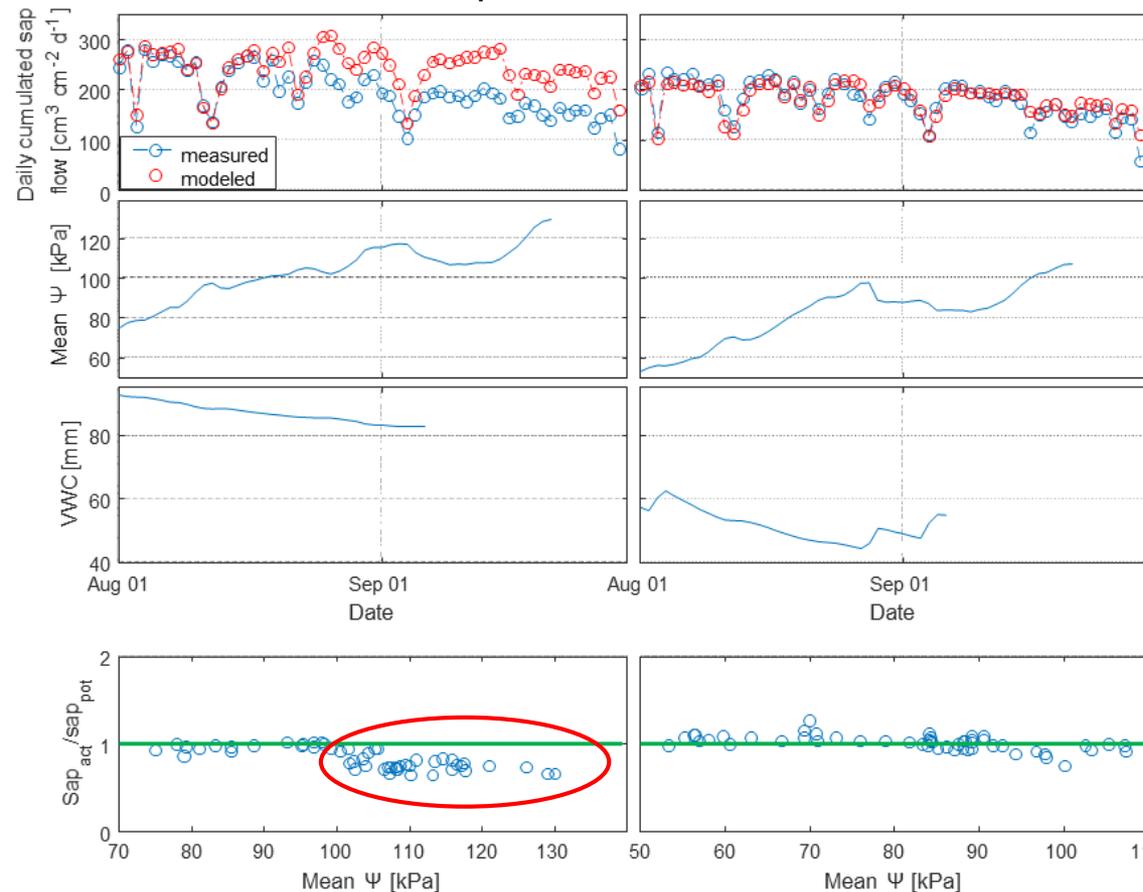




Saftfluss-Dynamik etablierter Straßenbäume 2016

E3: Bei der Schilleroper

E1: Glacischaussee



← Standort-spezifische Unterschiede

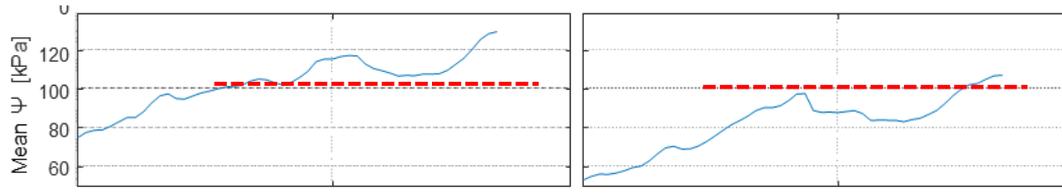


E3: Bei der Schilleroper



E1: Glacischaussee

Saftfluss-Dynamik etablierter Straßenbäume 2016



Wasserspannung: > 1000 hPa

nFK

gering

113 mm

Infiltration:

< 5 cm/h

Versiegelung:

75%

Vegetation:

weitgehend ohne

≤ 1000 hPa

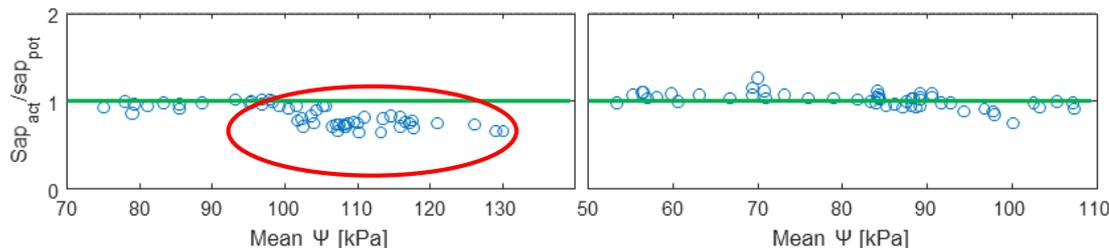
mittel

167 mm

>100 cm/h

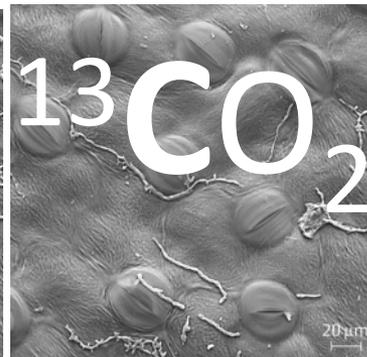
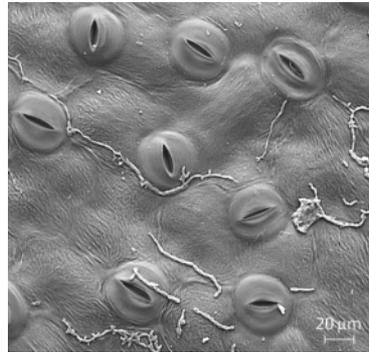
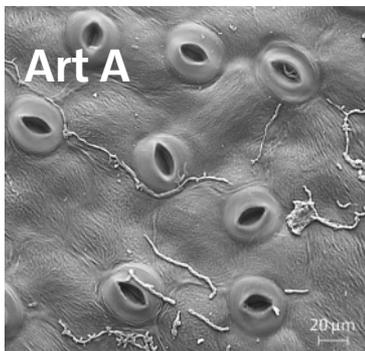
55%

Gras



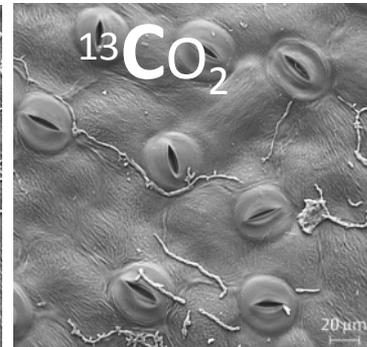
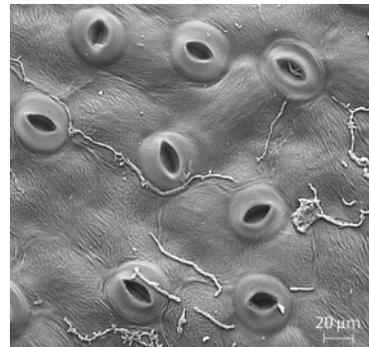
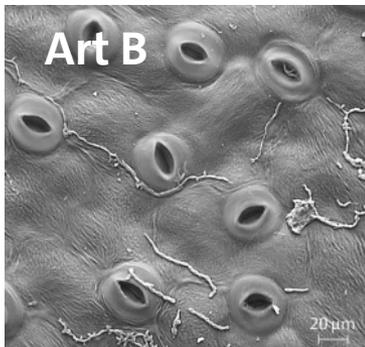
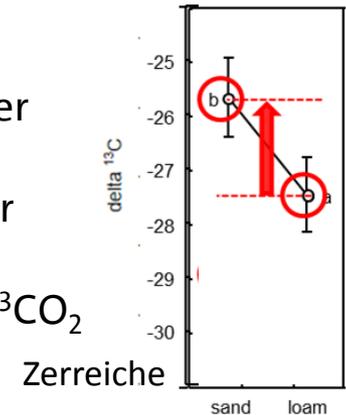
⇒ Saftfluss-Dynamik
 Indikator für eingeschränkte
 Wasserversorgung und
 Trockenstress
 hier: Standortvergleich

Indikatoren für Trockenstress: Strategietypen der Spaltöffnungs-Reaktion auf Wassermangel



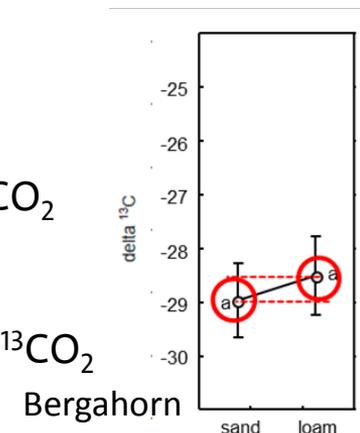
„Pessimist“

- verliert weniger Wasser
- nimmt weniger CO_2 auf
- Anreicherung $^{13}\text{C}\text{O}_2$



„Optimist“

- verliert mehr Wasser
- nimmt mehr CO_2 auf
- keine Anreicherung $^{13}\text{C}\text{O}_2$



feucht

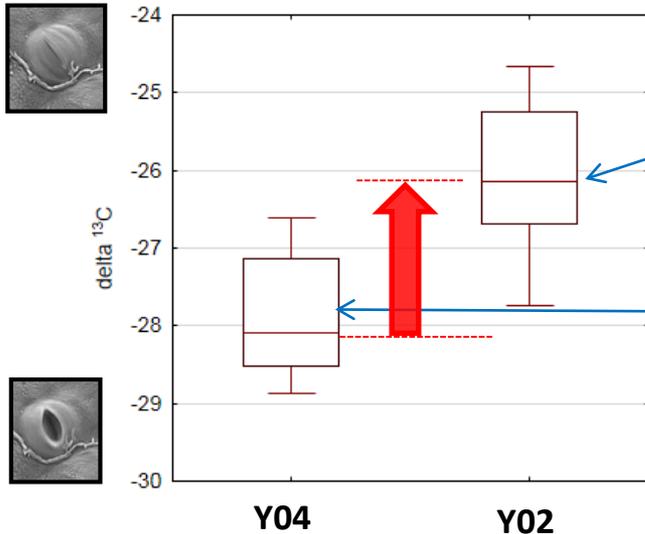
trocken

$\delta^{13}\text{C}$ Signale von Blättern von Jungbäumen

Zerreiche, *Quercus cerris* (n=3)

Neupflanzung 2016

Beprobung Sept. 2016



„pessimistische“ Reaktion

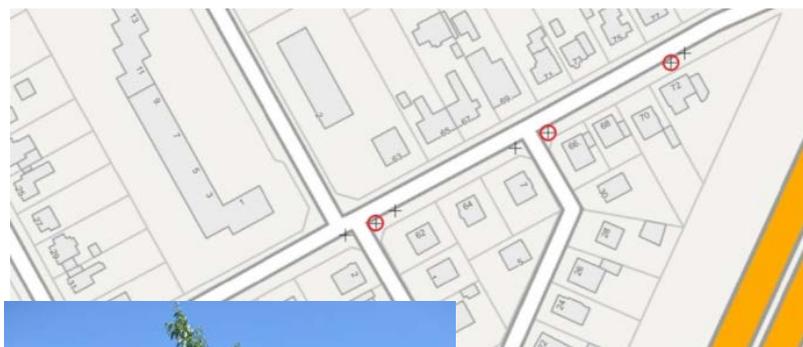


Verändert nach C.Reisdorff

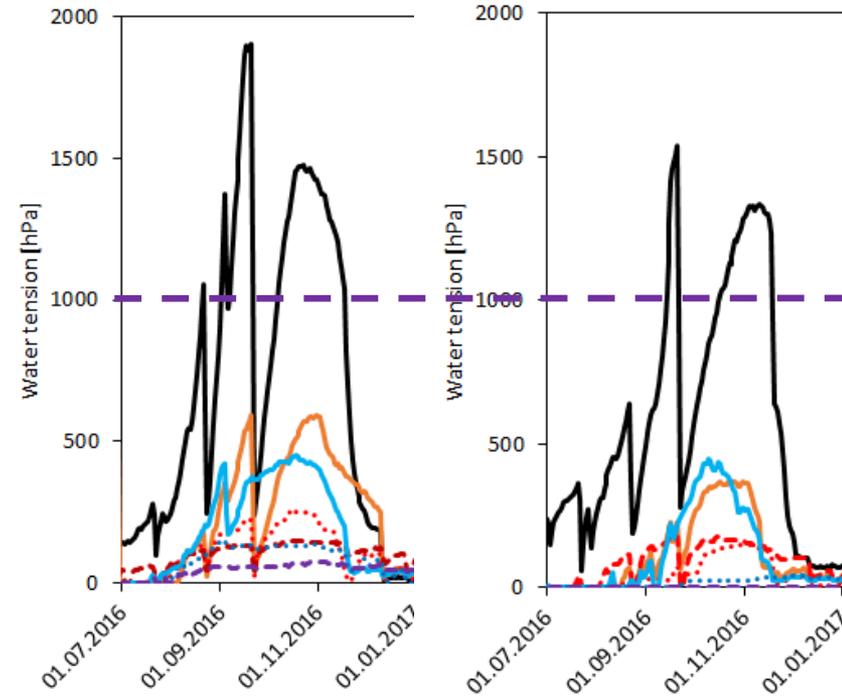
Oststeinbeker Weg (Y02) mit „pessimistischer“ Reaktion

Zerreiche, *Quercus cerris*

Neupflanzung 2016,



Versiegelungsgrad: 75-80%



— root ball

planting substrate

— 30 cm

..... 60 cm

- - - 70 cm

urban soil:

— 30 cm

..... 60 cm

- - - 100 cm

Glinder Straße (Y04) ohne Reaktion

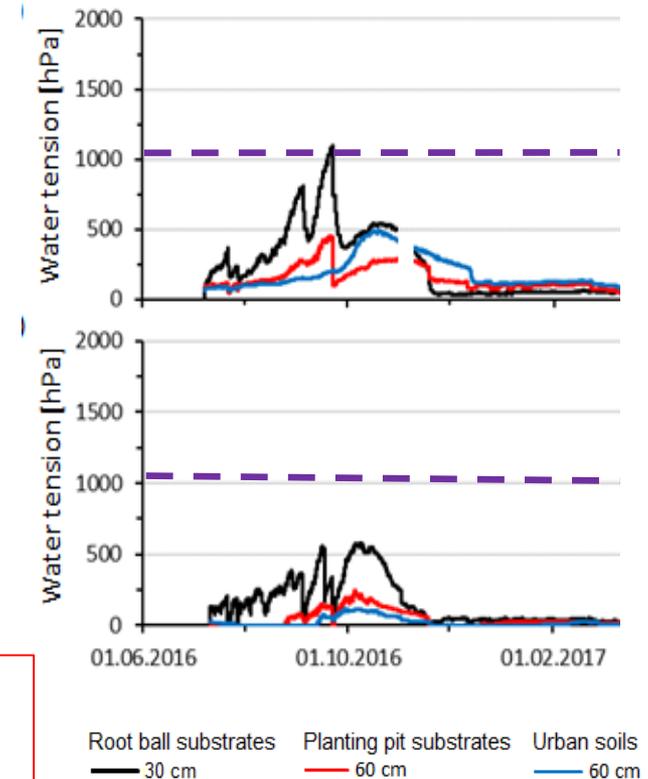
Zerreiche, *Quercus cerris*

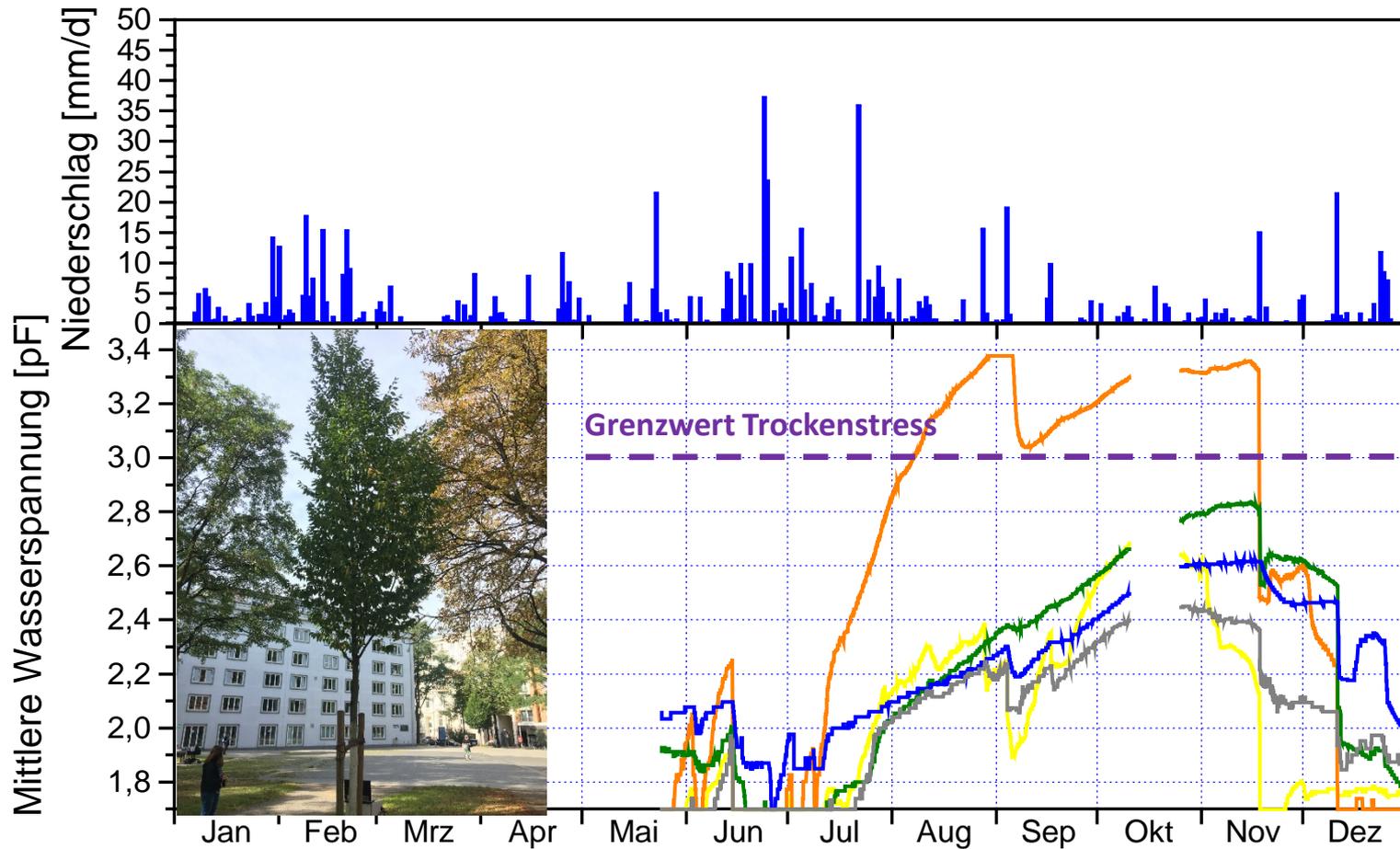
Neupflanzung 2016,



Versiegelungsgrad: 0-5 %

⇒ $\delta^{13}\text{C}$ der Blättern Indikator
für Reaktion auf Trockenstress
hier: Standortvergleich
von Jungbäumen

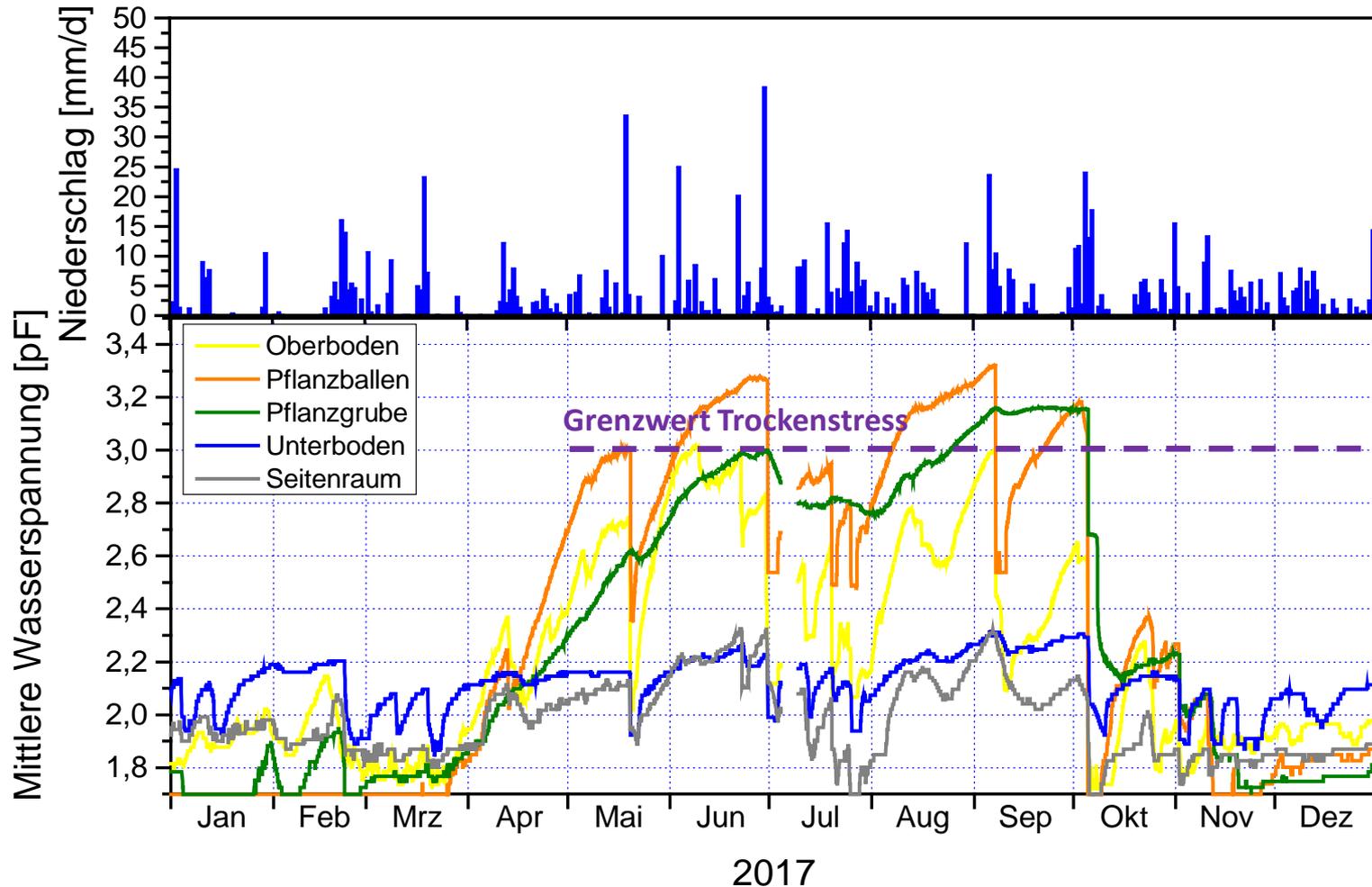


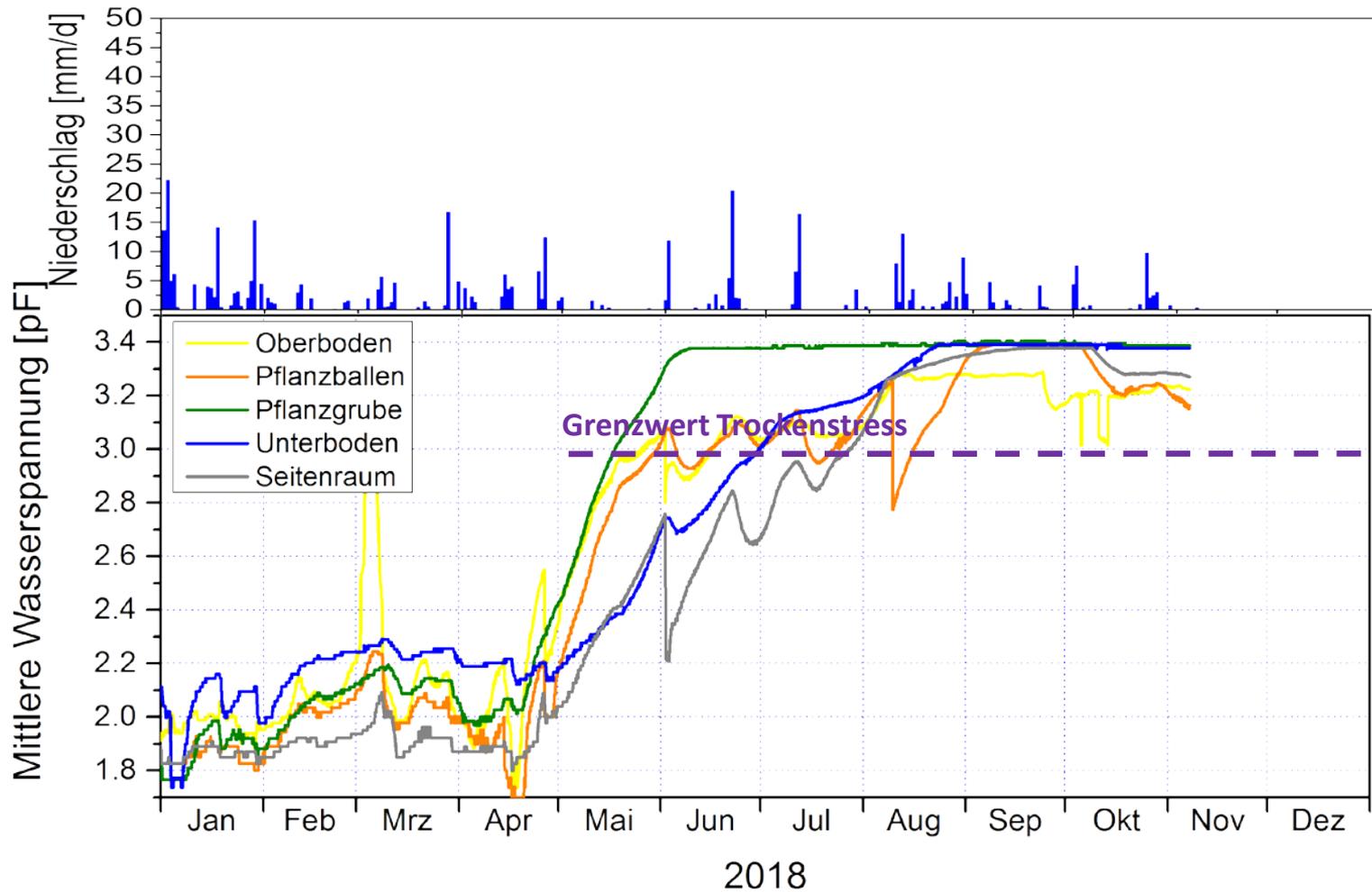


Hainbuche *Carpinus betulus*,
Pflanzjahr 2016

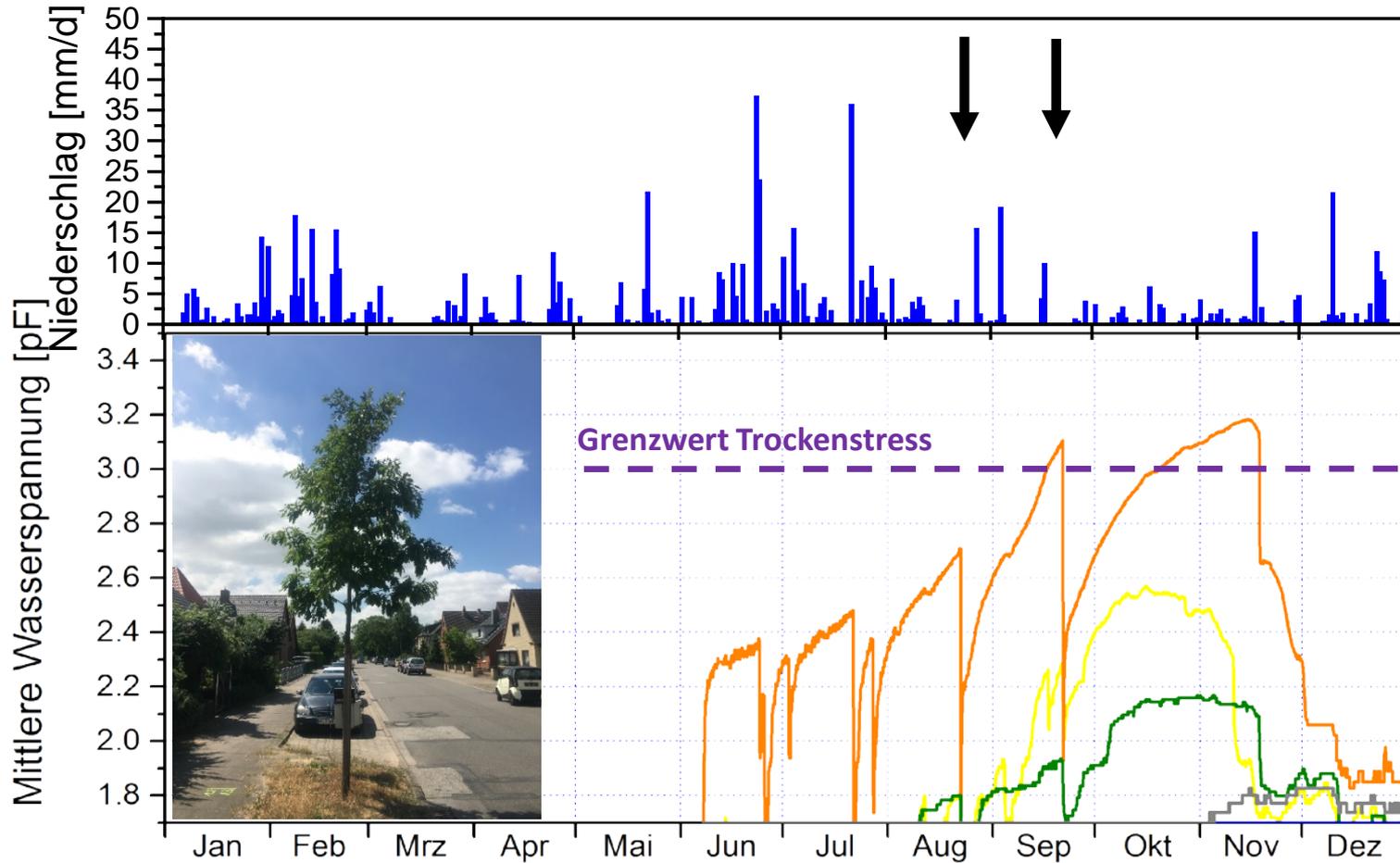
2016

Verlauf Bodenwasserspannung bei Jungbäumen





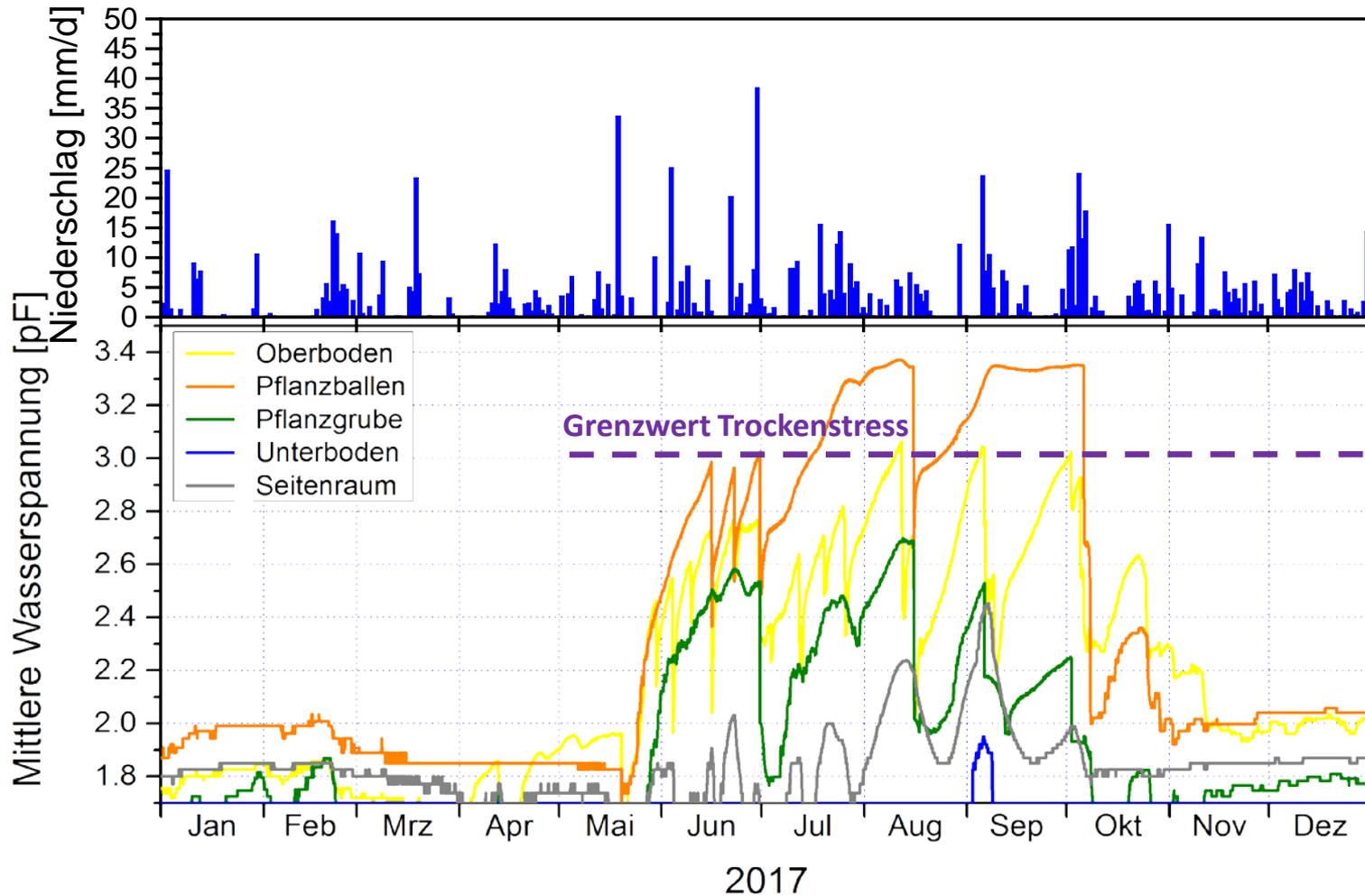
Verlauf Bodenwasserspannung bei Jungbäumen



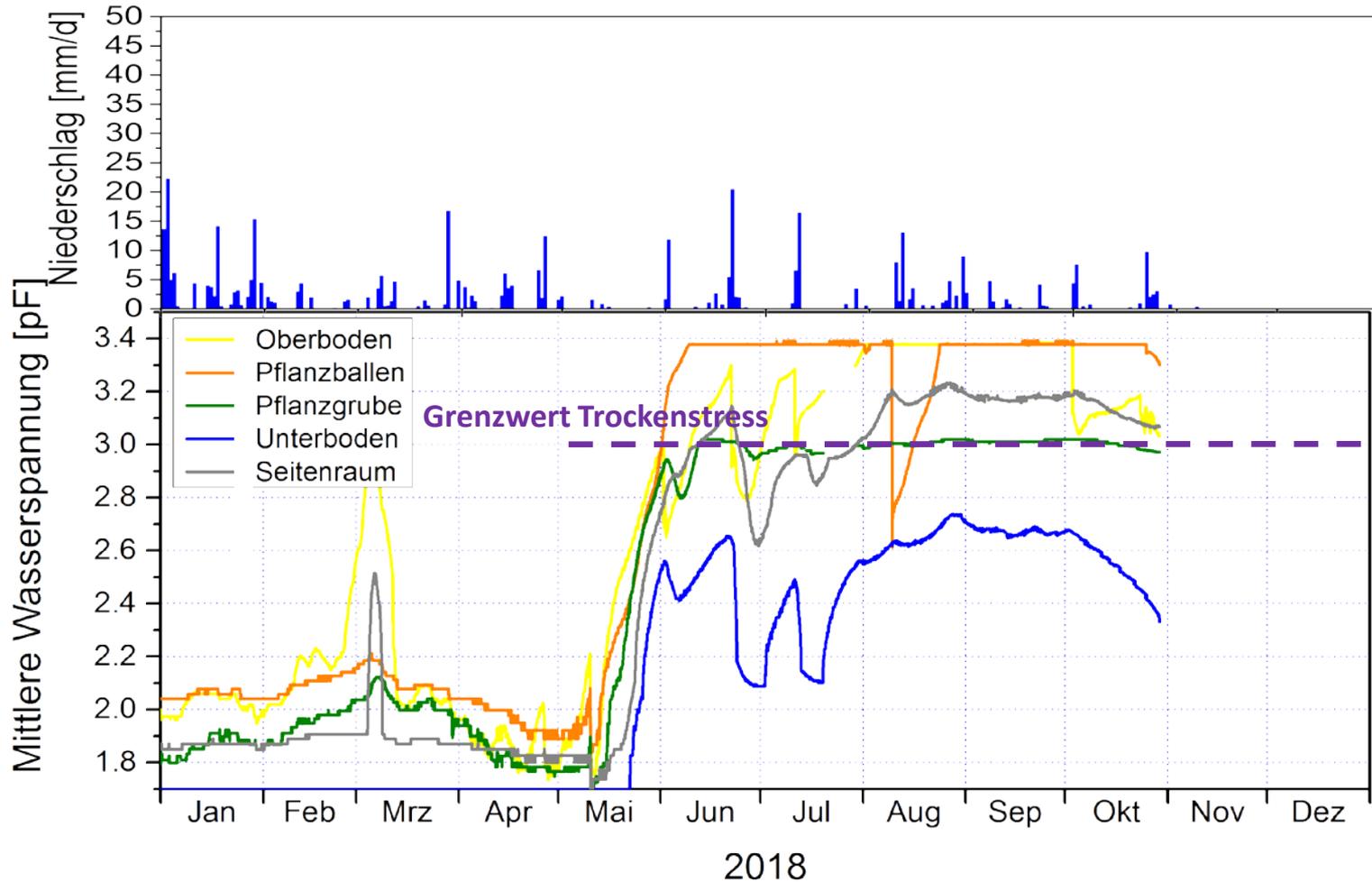
Stieleiche *Quercus robur*
Pflanzjahr 2016

2016

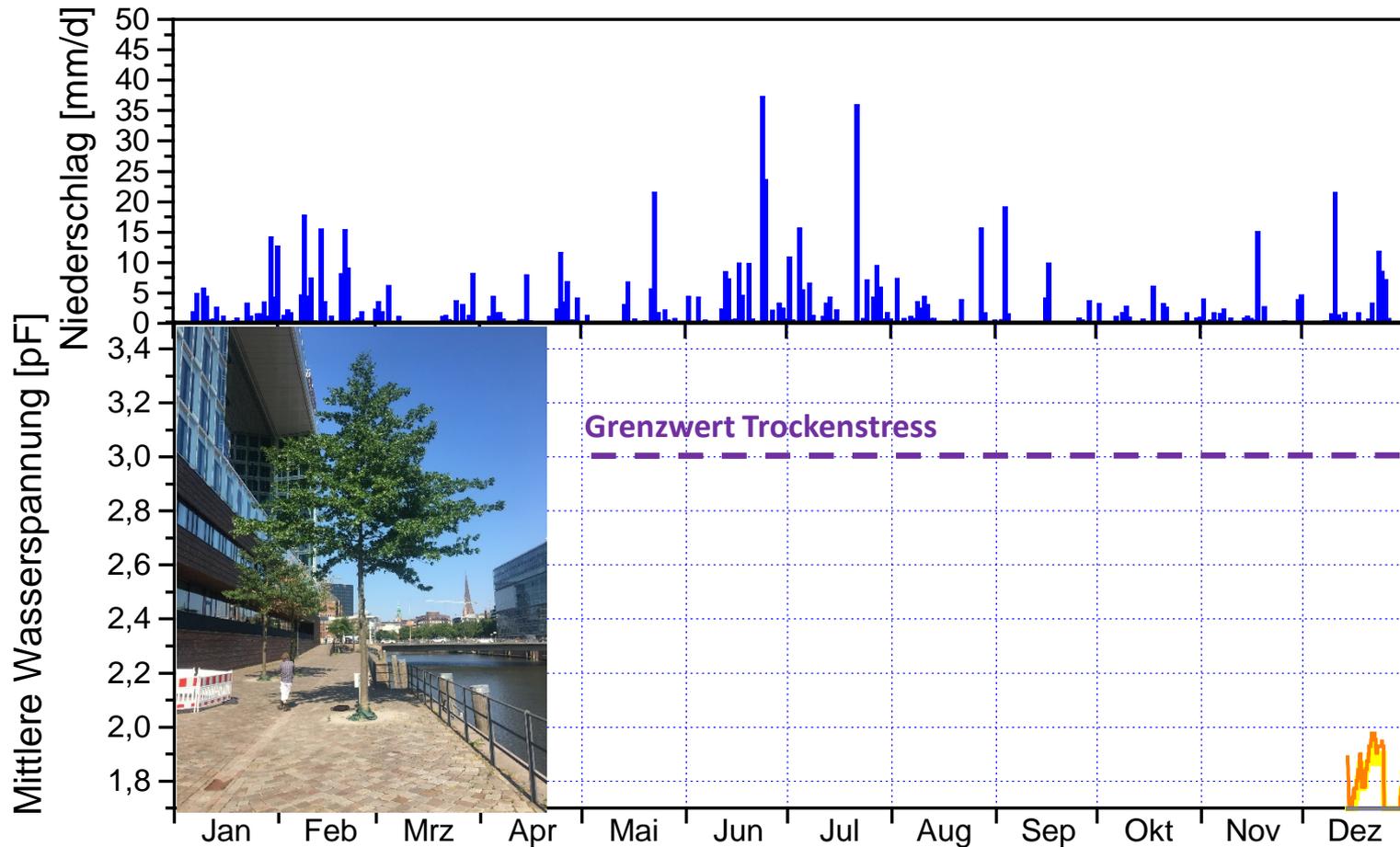
Verlauf Bodenwasserspannung bei Jungbäumen



Verlauf Bodenwasserspannung bei Jungbäumen

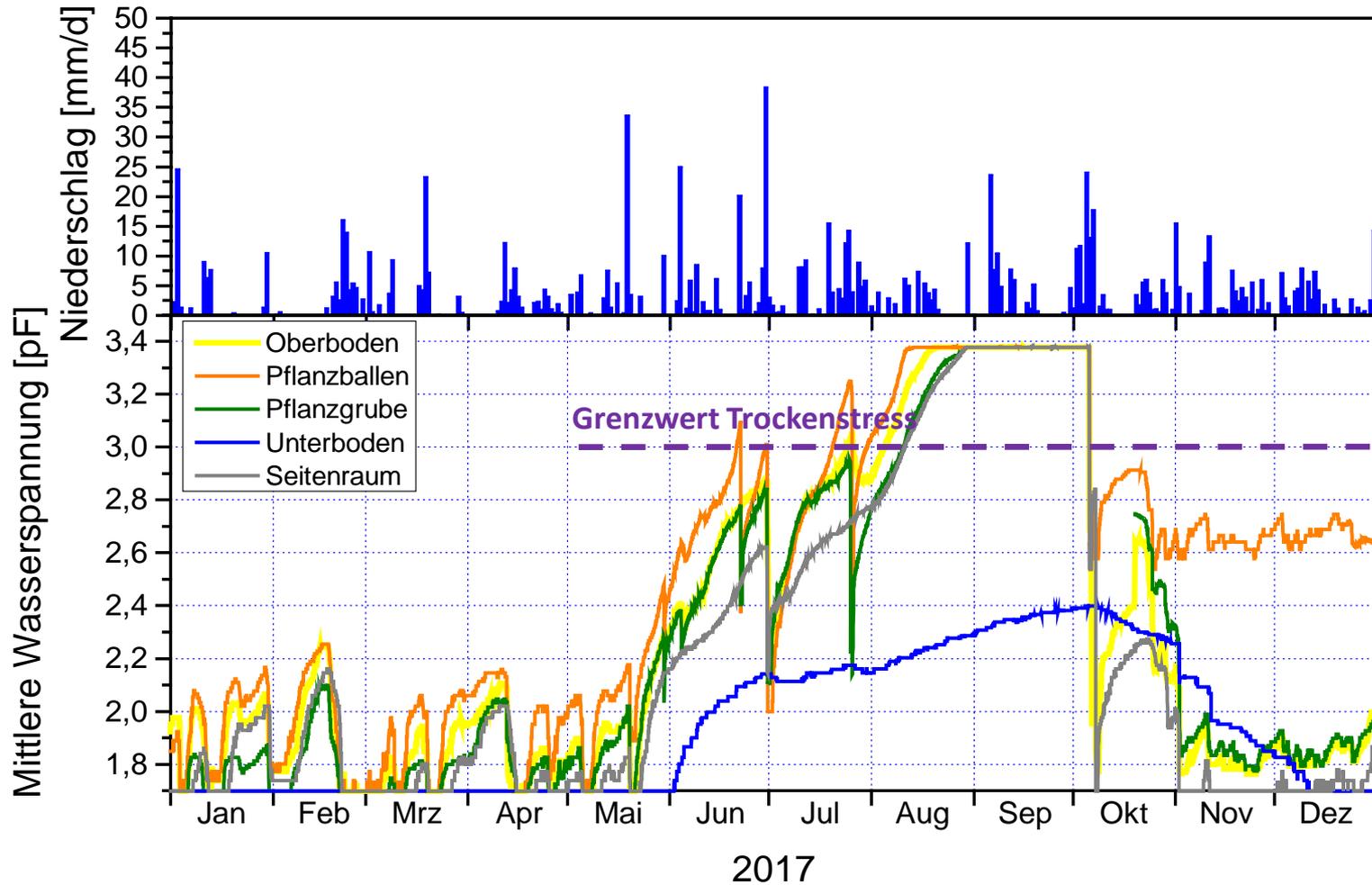


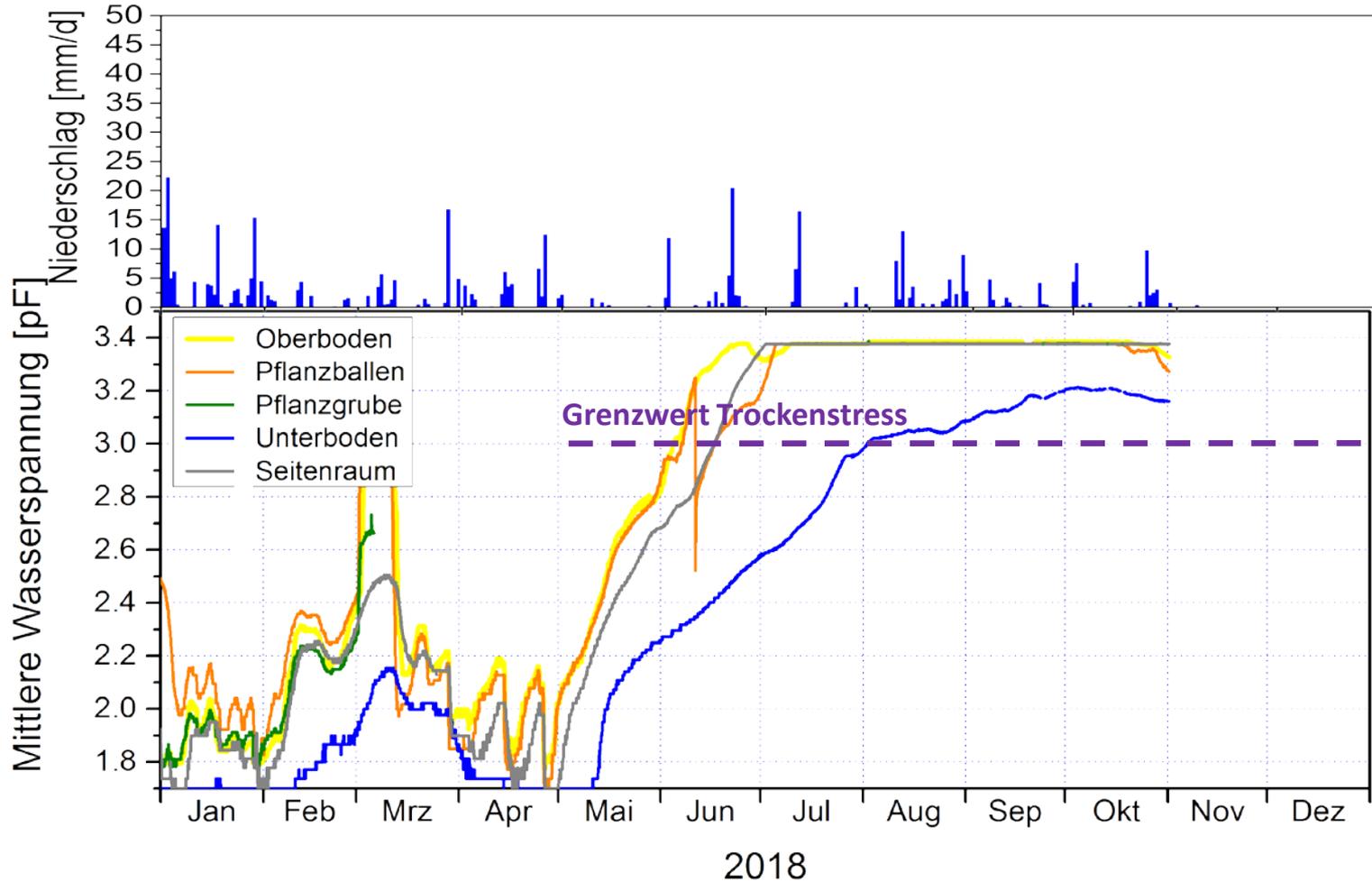
Verlauf Bodenwasserspannung bei Jungbäumen



Sumpfeiche, *Quercus palustris*
Pflanzjahr 2012

2016





Zusammenfassung

Durch welche Eigenschaften sind Böden der Straßenbäume gekennzeichnet?

- Abgrabungen und anthropogene Aufschüttungen, meist sandige Substrate, oft Beimengungen technogenen Substrats
- Schadstoff- und Streusalzkonzentrationen unauffällig

Ist ausreichend O₂ im Wurzelraum vorhanden?

- Belüftung bei einigen Standorte nicht optimal:
 - CO₂-Gehalte im Sommer mehrere Monate über wurzelverträglichen Grenzwerten (5 von 6 Standorten),
 - Unterschreitung von O₂-Minimalkonzentrationen für Wurzeln im Sommer möglich (3 von 6 Standorten)



Wann und wie lange treten Trockenheitsphasen auf?

- Trockenstress für Bäume im Sommer/ Herbst kann durch Saftflussmessungen und Isotopensignal bestätigt werden; z.T. nicht bei alten etablierten Bäumen – Wurzelverteilung?
- Austrocknungsphase dauerte bis zu 4-6 Monate in einzelnen Bodenschichten
- abhängig von Niederschlägen & Versiegelung
- an unseren Standorten keine Korrelation zu Bodenparametern, wegen Ähnlichkeit der Bodenparameter

Wie unterscheidet sich die Wasserversorgung von Jung- und Altbäumen?

- Pflanzgrubensubstrate trocknen auch in „normalen“ Jahren deutlich aus
- Sommer 2018: langanhaltender Austrocknung von Pflanzgrubensubstrat und umgebenen Boden – ökophysiologische Reaktion in Auswertung
- häufigere Bewässerung erscheint notwendig, wirkt nur kurzfristig



Anpassungsstrategien



	Umgang mit Altbäumen	Baumartenwahl bei Neupflanzungen	Verbesserung des Standorts
Maßnahmen	Effektive Schutzmaßnahmen bei Bautätigkeiten im Umfeld von Altbäumen	Zahl der Neu- und Nachpflanzungen erhöhen	Pflanzgruben vergrößern: Wurzelraum sollte etwa so groß sein wie die Krone des ausgewachsenen Baumes; 1,5 m tief, 12 m ³ Volumen; - Baumscheibe mind. 6 m ² (gemäß FLL 2015)
		Auswahl klimarobuster Baumarten und <u>-sorten</u> (siehe Zukunftsbaumliste)	Ggf. Wurzelgräben anlegen
		Artenreiche Pflanzungen	Bodensubstrate mit guter Luft-, Wasser- und Nährstoffversorgung auswählen Verbesserung der Wasserversorgung durch Regenwasserzufuhr prüfen
	Zusammenarbeit von Verkehrsplanung und Landschaftsplanung in Straßenplanungsverfahren		
Sensibilisierung von Verkehrs- und Tiefbauern für den Schutz der Stadtbäume			
Monitoring und begleitende Untersuchung zur Prüfung der Effektivität der Maßnahmen im Zusammenhang mit Krankheiten und Schädlingen, Entwicklung von Abwehrstrategien und deren Berücksichtigung in der fortlaufenden Baumpfleg			

GSKONZEPT

Verändernde Bedingungen

Ausblick

- 1) Die Erfassung der Trockentoleranz potentieller Stadtbaumarten und –sorten (Verbesserung „Zukunftsbaumliste“) und Substratartenwahl soll intensiviert werden (in Kooperation mit Baumschulen).
- 2) Die Möglichkeiten der Verbindung von Aufgaben der Siedlungswasserwirtschaft und derjenigen des Erhalts des Stadtgrüns sind im Einzelfall technisch und ökologisch zu prüfen.
- 3) Das Monitoring des Baumzustands („Straßenbaumkataster“) ist eine Daueraufgabe. Damit lassen sich aber Schadensursachen nur bedingt feststellen – Integration Bodenbewertung. Ohne weitere Begleitforschung ist eine sachgerechte Anpassung an Struktur- und Klimawandel nicht möglich.



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

und an alle Beteiligten insbesondere:

Dr. Alexander Gröngröft, Selina Schaaf-Titel, Dr. Simon Thomsen, Alexander Schütt,
Prof. Dr. Kai Jensen, Dr. Christoph Reisdorff, Anna Sandner
Gerhard Doobe, Annette Wagner

