Phytosanierung von CKW – das Projekt PHYTOTOP (Mikrokosmosversuche, Standorte, Modellrechnung)

Bernhard Wimmer, Andrea Watzinger, Johann Riesing, Philipp Holzknecht, Philipp Schöftner, Sarah Quast, Thomas Reichenauer

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Konrad-Lorenz-Straße 42
3430 Tulln

lebensministerium.at

Phytotop – Erkenntnisse aus vorangegangenen Experimenten

- **Aufnahme aus dem Grundwasser**
  - Keine Phytotoxizität
  - TCE wird mit Transpirationsstrom aufgenommen

- **Bildung von Metaboliten**
  - Abbau von TCE und deren Metaboliten während einer Kompostierung TCE kontaminierter Pflanzen

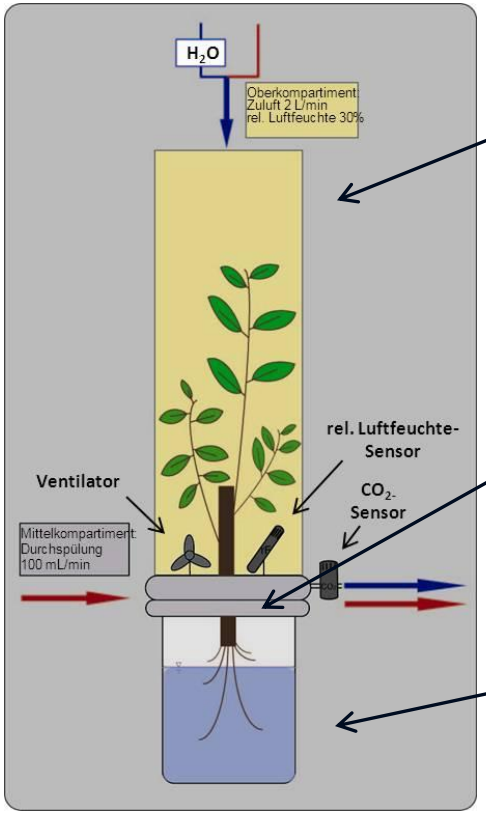
- **Bilanzierung der TCE Aufnahme durch die Pflanze:**

- **Mikrokosmosversuch**
  - TCE Gehalte in der Luft – Transpiration durch die Pflanze

Mikrokosmosversuch

- Messung der TCE-Abgabe an die Atmosphäre
- Quantifizierung der Metabolisierung von TCE

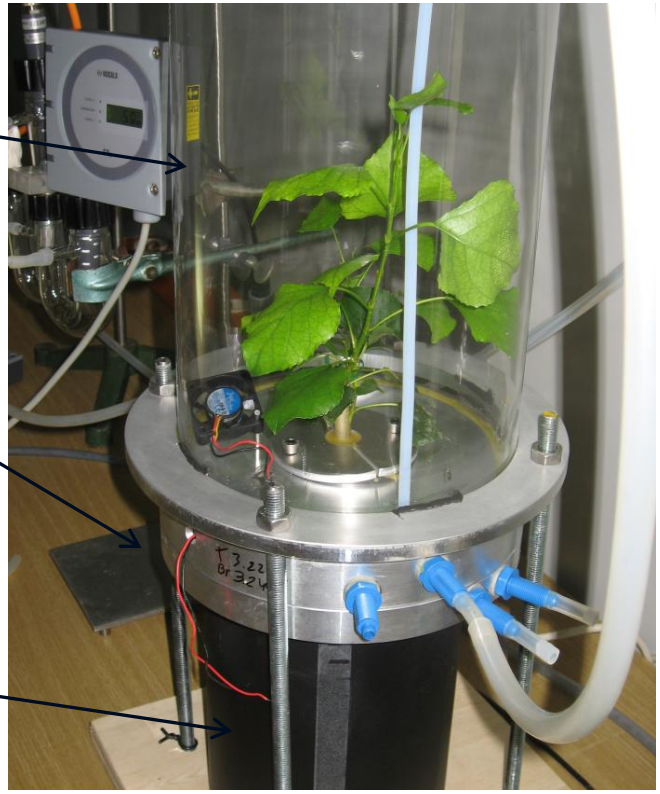
Transpiration von TCE durch Pflanzen - Mikrokomosversuch



Oberes Kompartiment

Mittleres Kompartiment

Unteres Kompartiment



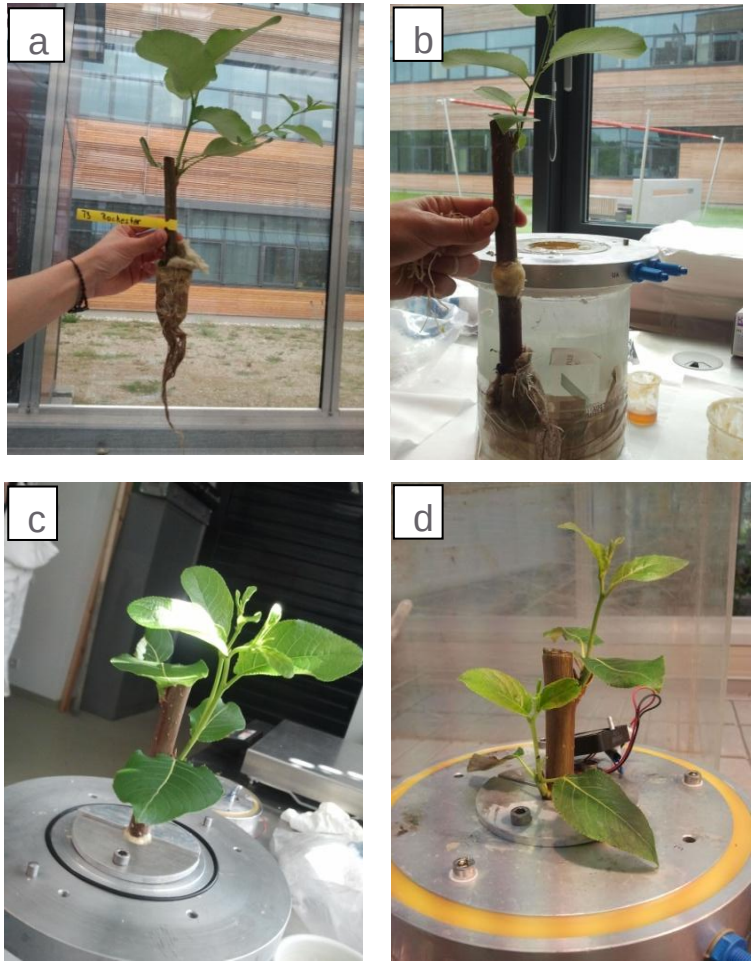
Mikrokosmosversuch – Einbau der Pflanzen

Bewurzelung der Stecklinge (Pappel)

Abdichtung des Stammes mit Bienenwachs

Ventilator zur Luftumwälzung

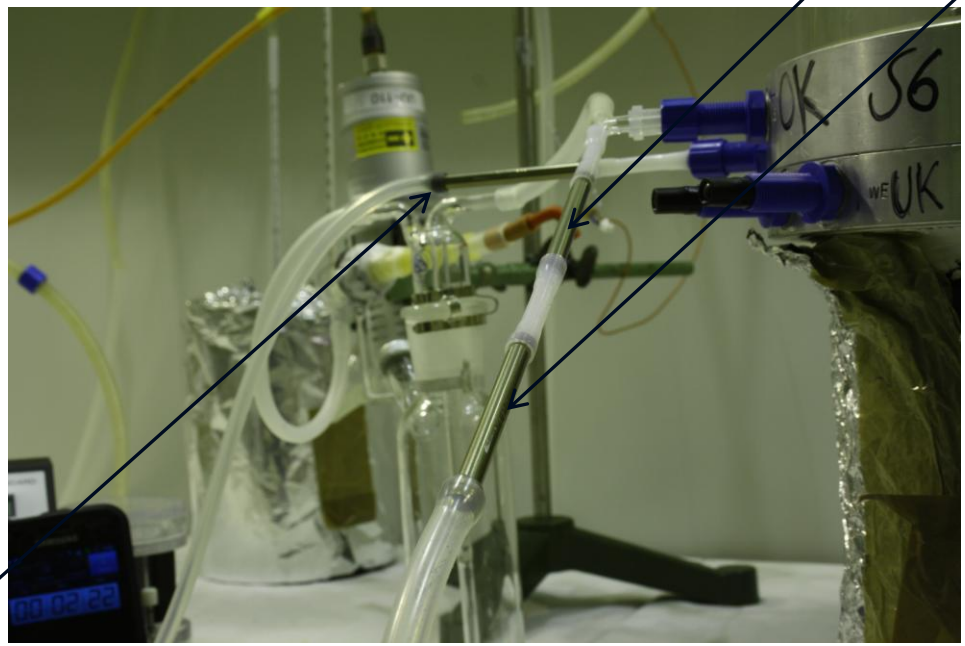
Versorgung der Stecklinge durch Nährlösung



Mikrokosmos Probenahme

Beprobung der Abluft mittels Adsorberröhrchen

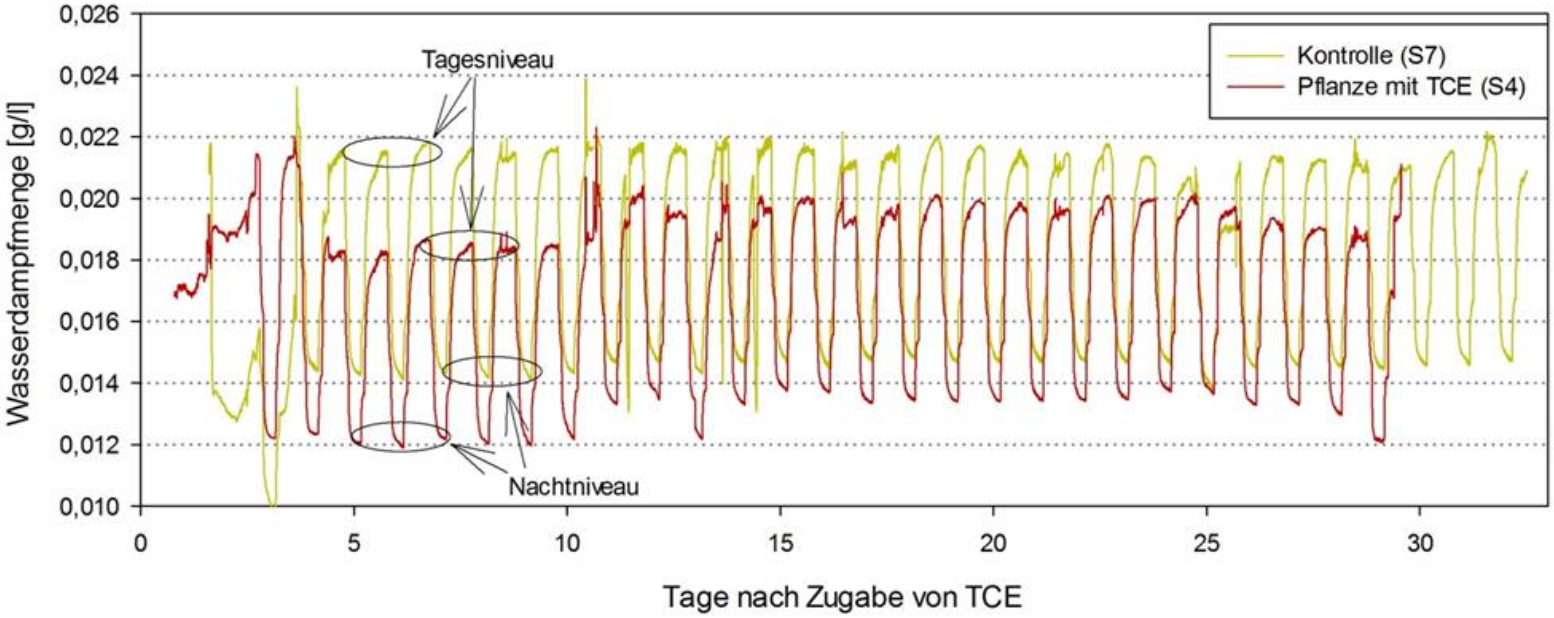
Adsorberröhrchen
Oberes Kompartiment
(Transpiration)



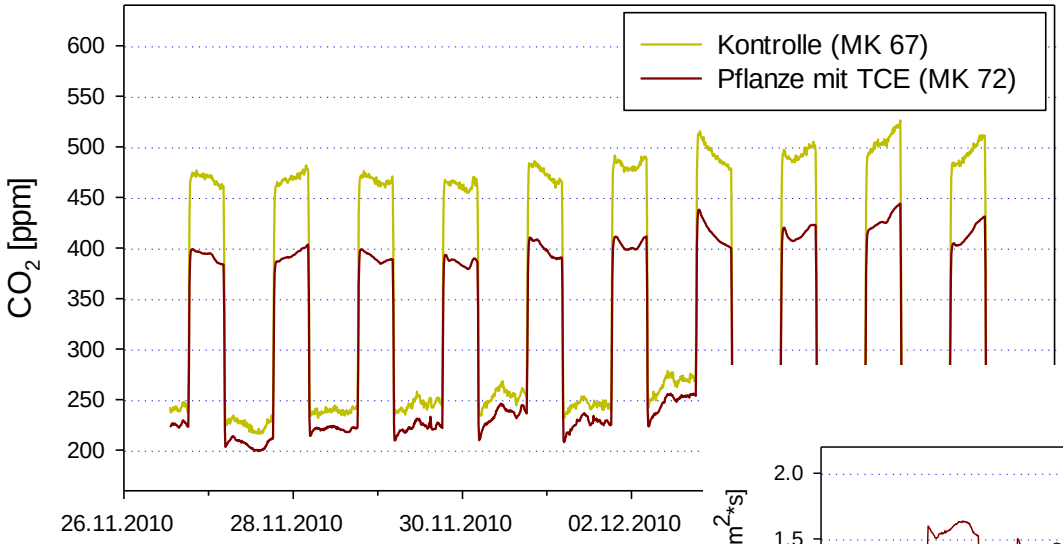
Adsorberröhrchen
Mittleres Kompartiment
(TCE Abgabe aus Stamm, TCE Migration aus unterem Kompartiment)

Transpiration der Pflanzen im Mikrokosmosversuch

Ausgetragenen Wasserdampfmenge durch Transpiration

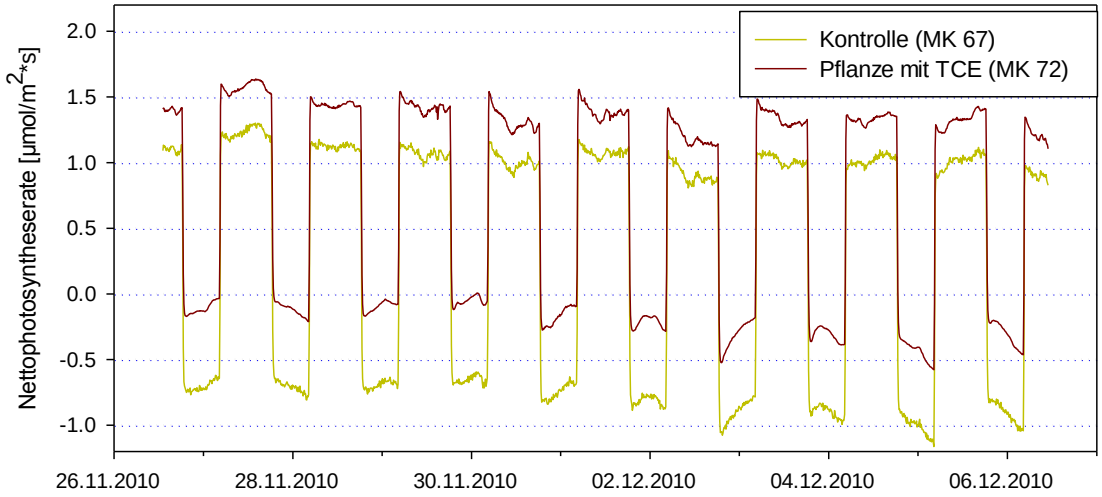


CO2 – Messungen / Nettophotosyntheserate

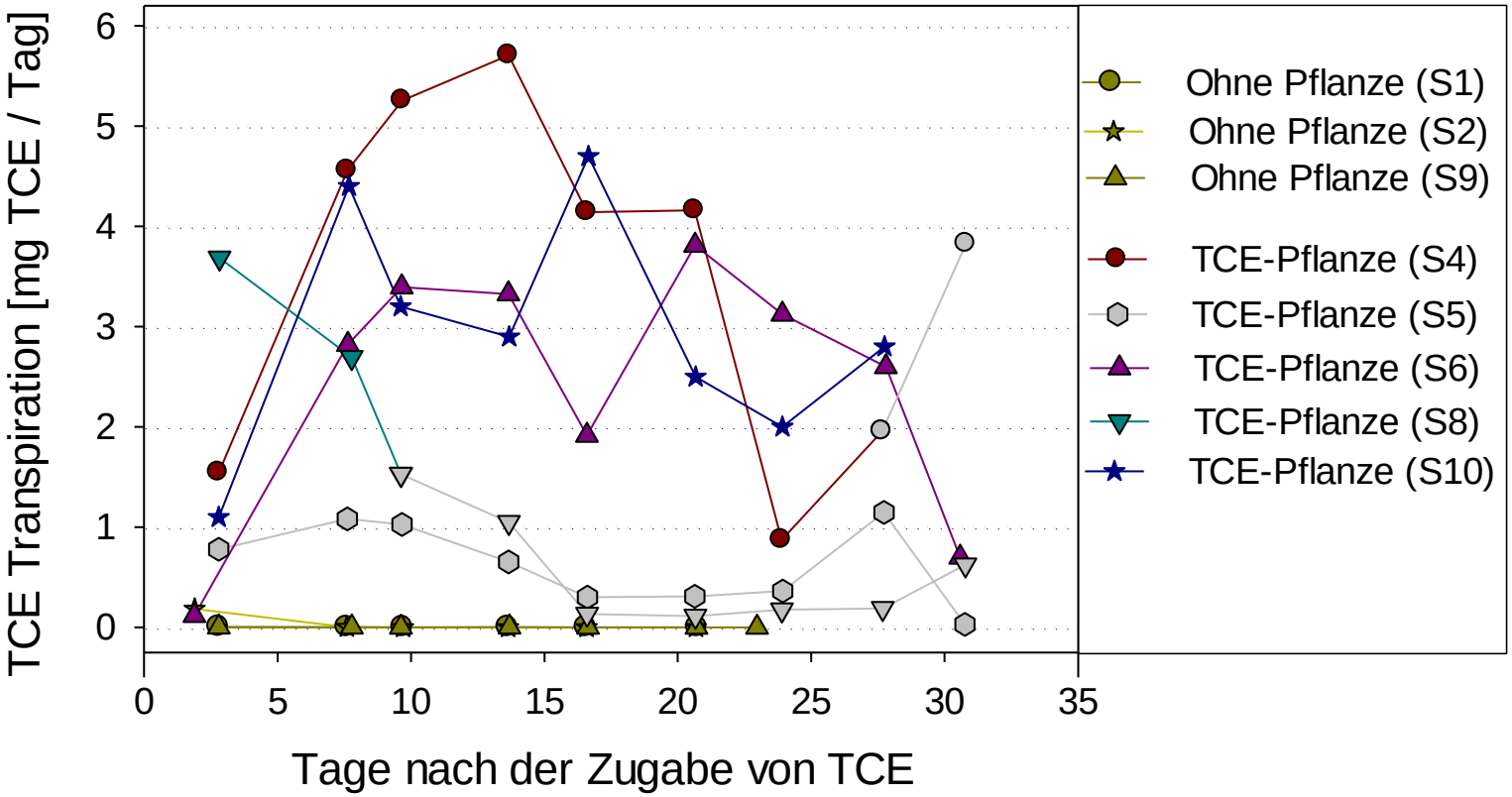


CO2 Verlauf in der Abluft der Mikrokosmen

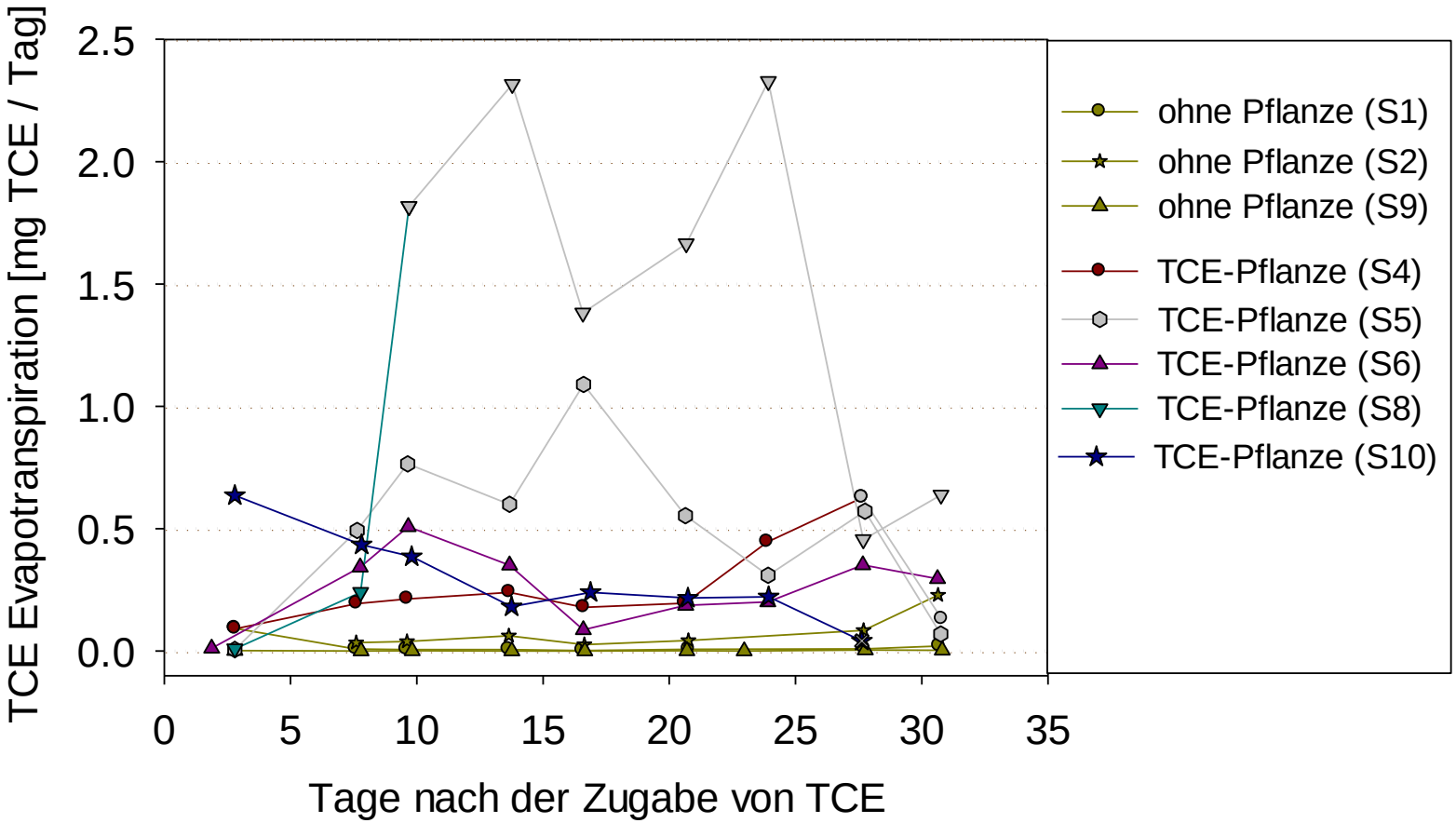
Nettophotosyntheseraten



TCE Abgabe durch die Pflanzen (Oberkompartiment)



TCE Abgabe Mittelkompartiment

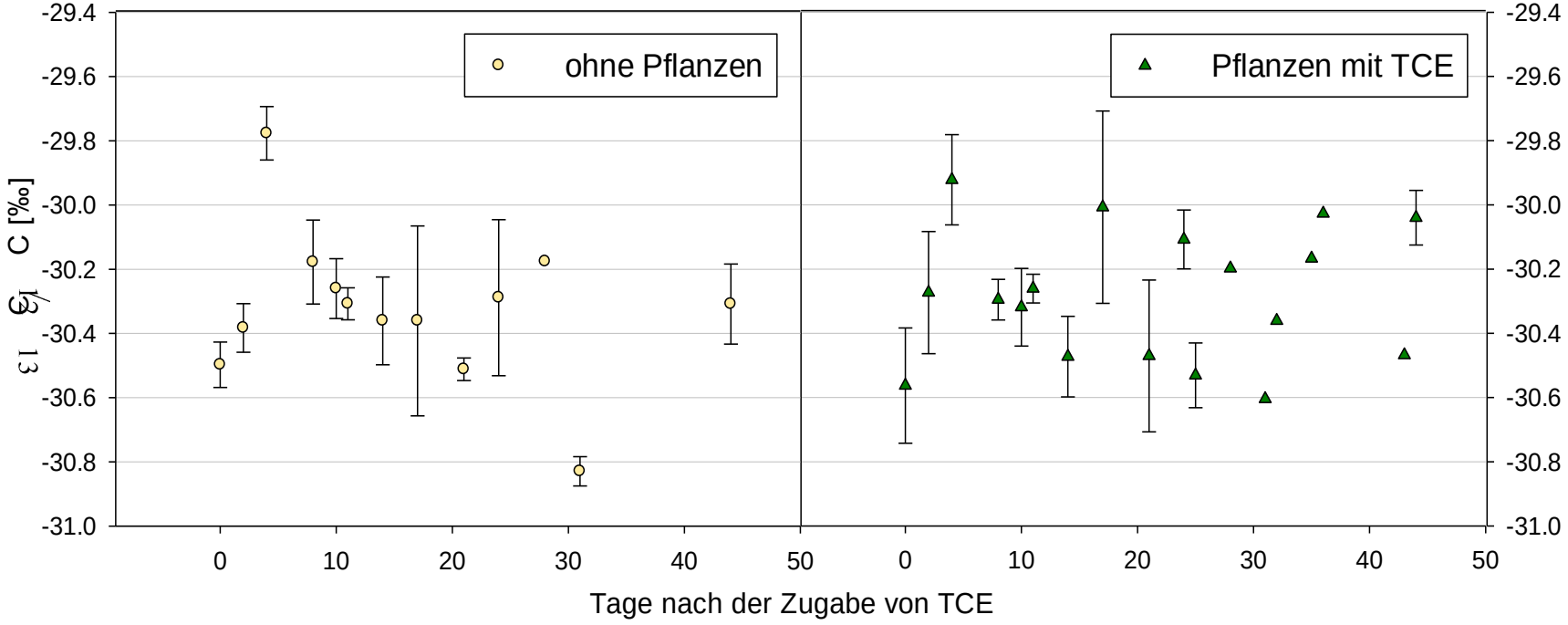


TCE und Metaboliten in den Mikrokosmospflanzen

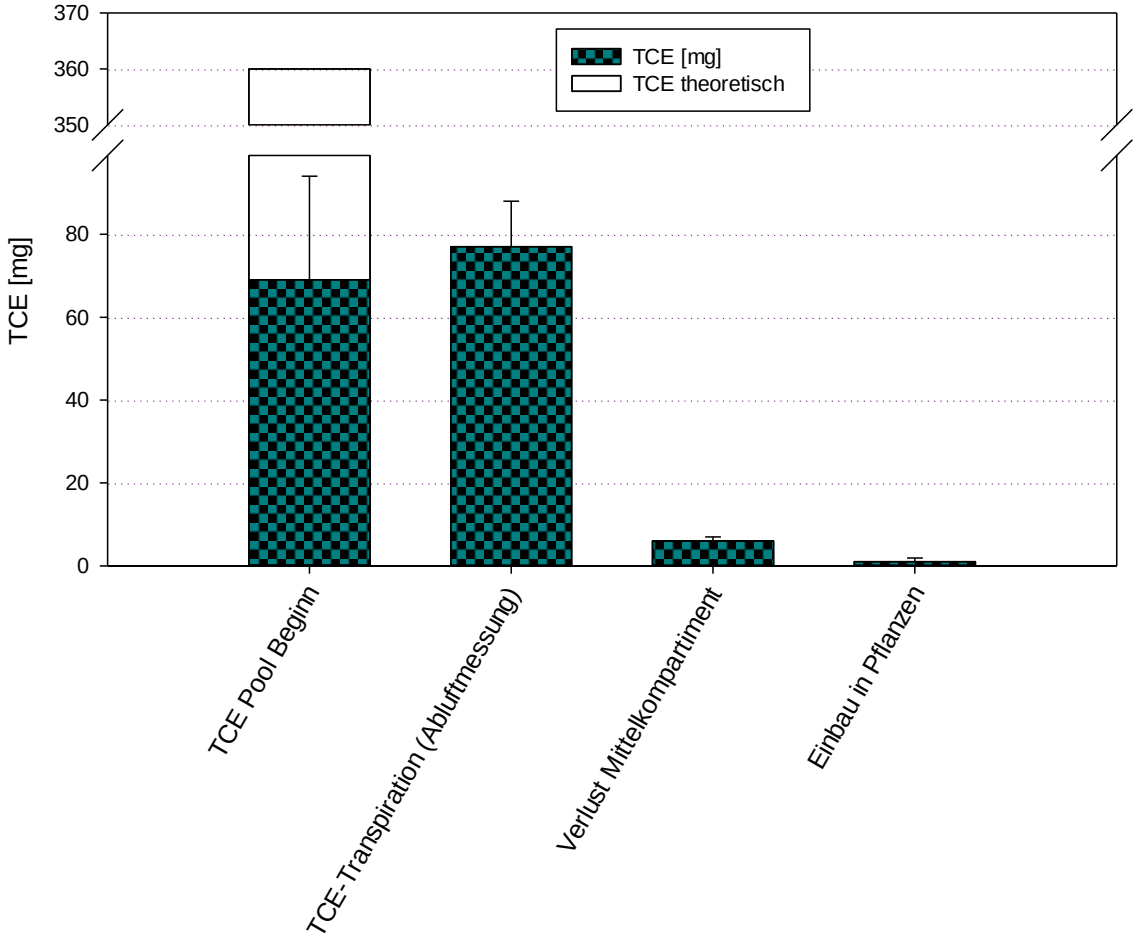
Blatt	TCE [nmol/g]	TCOH-frei [nmol/g]	TCOH-Glu [nmol/g]	TCOH-gesamt [nmol/g]
Blatt (Mikrokosmos S6)	< BG	1.2	11.7	12.9
Rinde (Mikrokosmos S6)	90.8	1.6	19.9	21.6
Wurzel (Mikrokosmos S6)	36.8	0.9	1.7	2.6

Abbau von TCE während des Mikrokosmosexperimentes?

Bestimmung des **δ^{13}C-TCE in den Nährlösungen der Mikrokosmen**



Mikrokosmen - TCE Bilanzierung



Geringe TCE-Gehalte in Pflanzen

- Sämtliche Metaboliten sind analytisch schwer erfassbar (Stamm ist nicht extrahierbar)
- Kleine Pflanzen – TCE in großen Pflanzen hat längere Aufenthaltszeit
- Hohe Konzentrationen in Nährlösung
- Abbau in Pflanzen mittels Endophyten

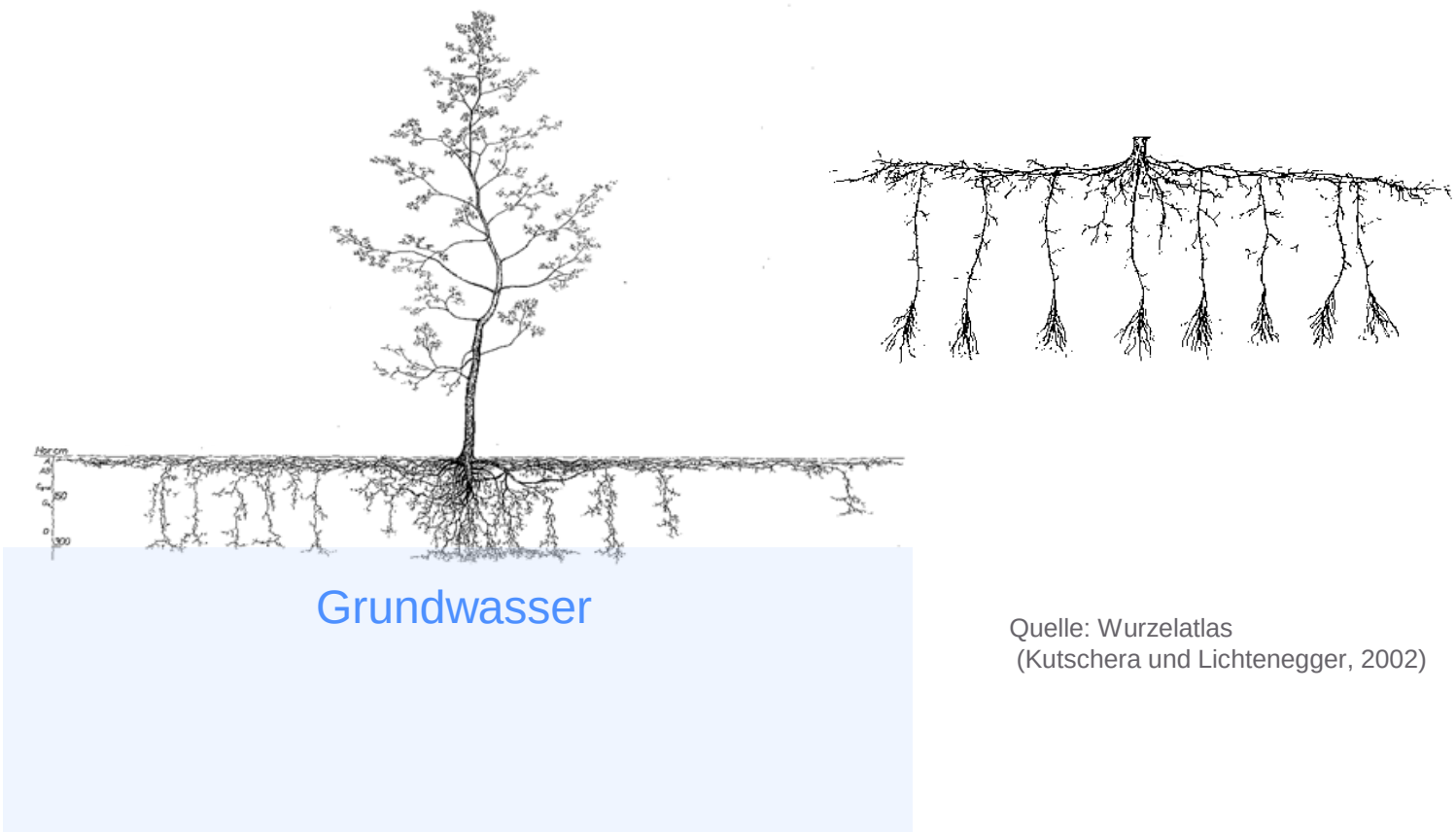
Zusammenfassung Mikrokosmosergebnisse

- TCE wird mit dem Transpirationsstrom 1:1 in die Pflanze aufgenommen
- Keine Pflanzentoxizität (Schwarzpappel) bis zu 620 mg/l erkennbar
- Kein mikrobieller Abbau während des Mikrokosmosexperimentes
- Der größte Teil des von den Stecklingen aufgenommenen TCEs ging in die Atmosphäre

Wasseraufnahme von Bäumen aus dem Grundwasser

Schadstofffracht an LCKWs durch Grundwasserentnahme:

Verdunstete Wassermenge aus GW x Schadstoffkonzentration



Quelle: Wurzelatlas
(Kutschera und Lichtenegger, 2002)

Verdunstung von Bäumen

Durchschnittliche ET geschlossener Bestände

- Immergrüne Nadelwälder (mittelalt/alt) 600-700 mm/a
- Laubwald (alt) 500-600 mm/a
- Geschlossener Buchenbestand 500-600 mm/a

Grundwasserdurchfluss:

Aquiferbreite 10 m
Aquifermächtigkeit: 5 m
Gefälle 3 ‰
Durchlässigkeit: 10^{-3} m/s

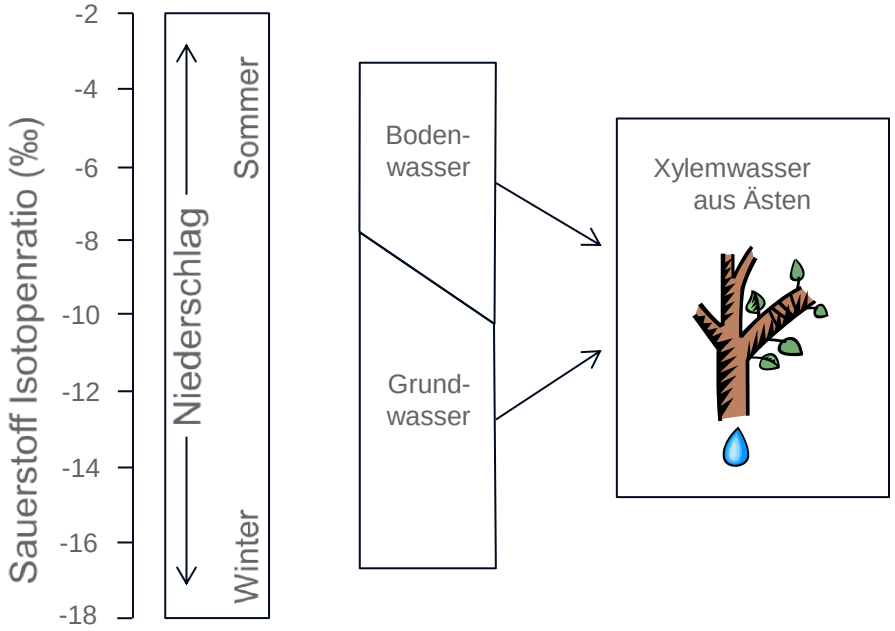
Durchfluss: 13 m^3/Tag

Verdunstung Wald:

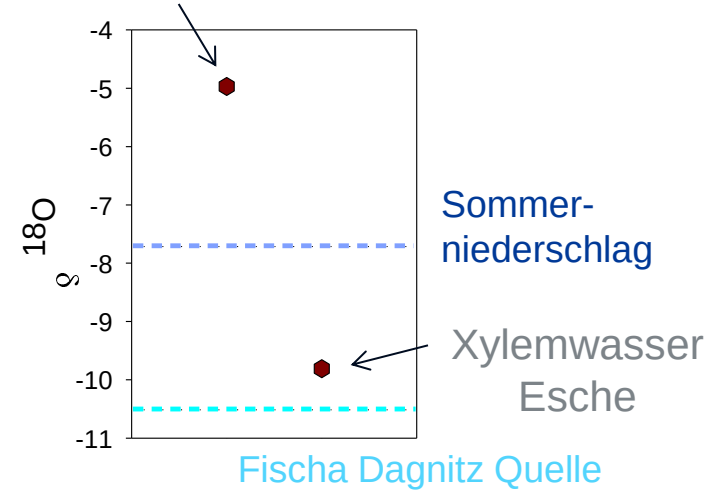
Breite Wald: 10 m
Länge Wald: 50 m

1 – 2 m^3/Tag

Anteil Grundwasser an Transpiration? Wasserisotopie



Fischa Dagnitz Quelle



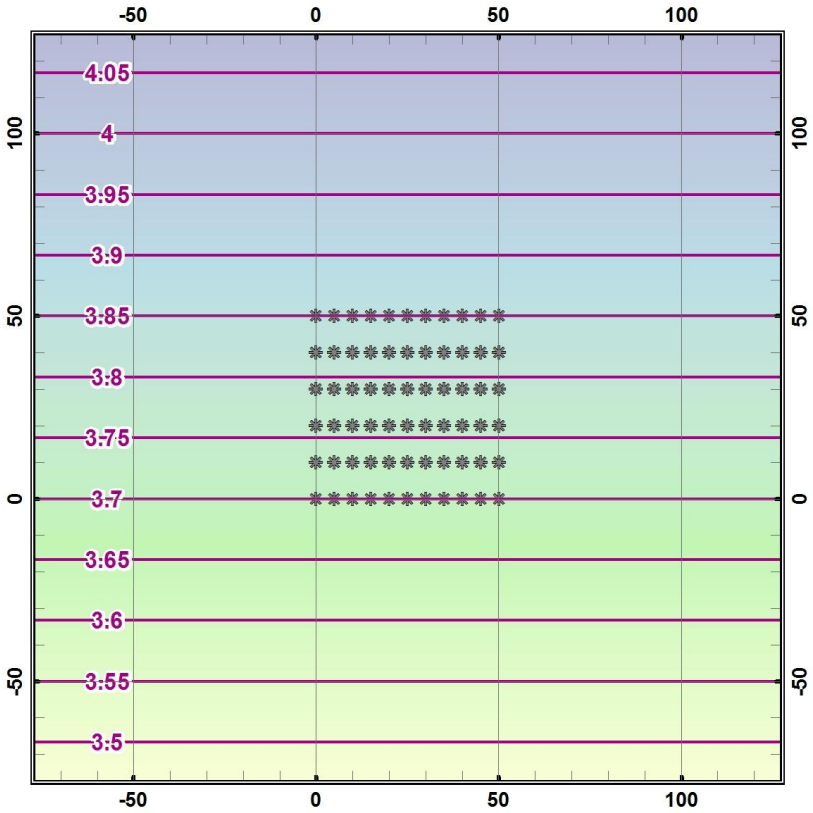
Anteil Grundwasser: 80 - 90 %

Anteil Bodenwasser: 10 - 20 %

(Quelle: Ehleringer et al.)

Modellierung der Grundwasserbeeinflussung durch Bäume

Grundwassermodell VisualAEM (Strack et al.)



Anströmrichtung:	NORD
Entnahmerate pro Baum:	0 l/d
Grundwassergefälle:	3 ‰
Porösität:	10 %
Aquifermächtigkeit:	5 m
Referenzhöhe des Grundwasserspiegels (bei x = 25 , y = 100):	4 m

Bäume 50 m x 50 m

Hydraulisches Potential [m]

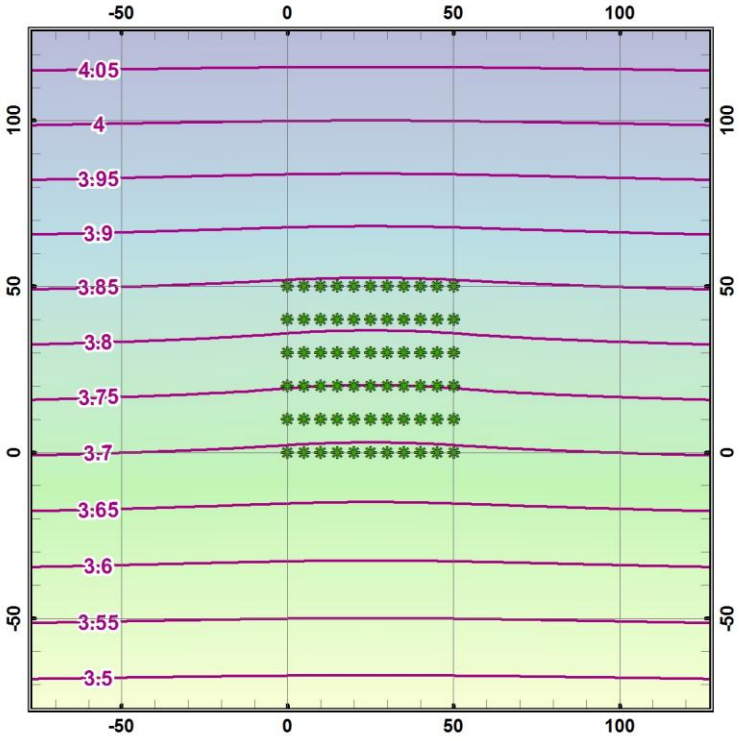
Hydraulisches Potential [m]

High : 4.41

Low : 2.72

Modellierung der Grundwasserbeeinflussung durch Bäume

Durchlässigkeit des Aquifers: 10-3 m/s



Kf = 10 e-3

Anströmrichtung:	NORD
Entnahmerate pro Baum:	200 l/d
Grundwassergefälle:	3 ‰
Porösität:	10 %
Aquifermächtigkeit:	5 m
Referenzhöhe des Grundwasserspiegels (bei x = 25 , y = 100):	4 m

Bäume 50 m x 50 m

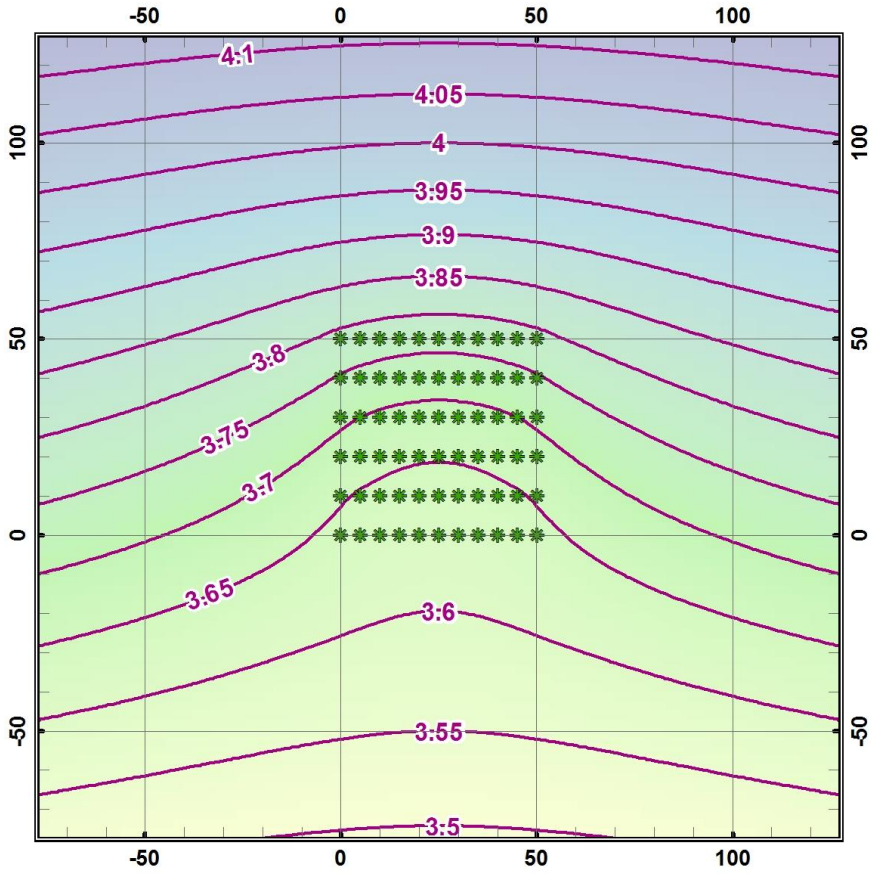
Hydraulisches Potential [m]

Hydraulisches Potential [m]

High : 4.14

Low : 3.30

Modellierung der Grundwasserbeeinflussung durch Bäume



Kf = 10 e-4

Anströmrichtung:	NORD
Entnahmerate pro Baum:	200 l/d
Grundwassergefälle:	3 ‰
Porösität:	10 %
Aquifermächtigkeit:	5 m
Referenzhöhe des Grundwasserspiegels (bei x = 25 , y = 100):	4 m

Bäume 50 m x 50 m

Hydraulisches Potential [m]

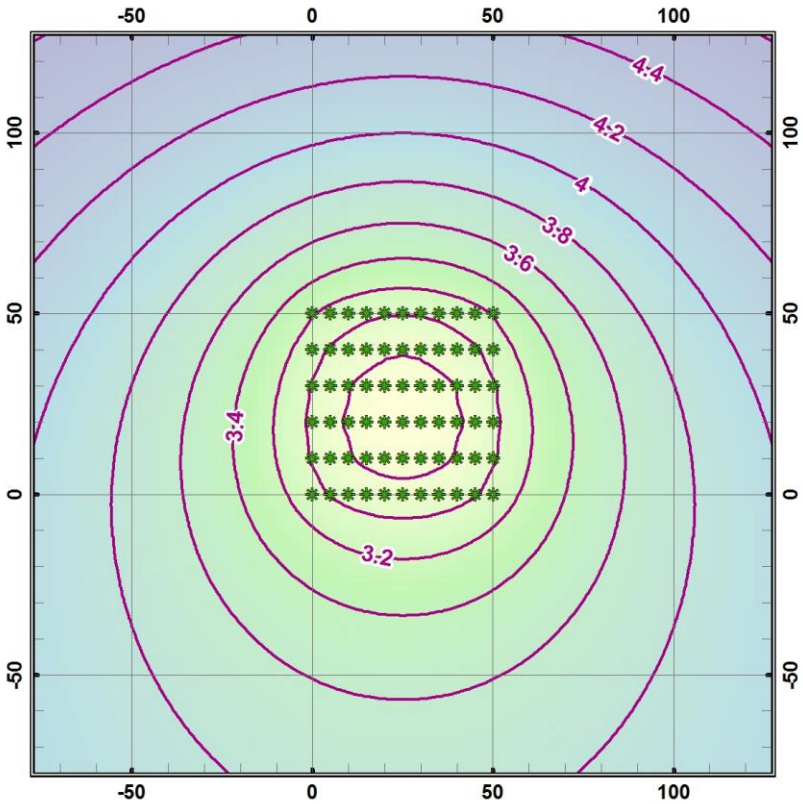
Hydraulisches Potential [m]

High : 4.18

Low : 3.33

Modellierung der Grundwasserbeeinflussung durch Bäume

Durchlässigkeit des Aquifers: 10^{-5} m/s



Kf = 10 e-5

Anströmrichtung:	NORD
Entnahmerate pro Baum:	200 l/d
Grundwassergefälle:	3 ‰
Porösität:	10 %
Aquifermächtigkeit:	5 m
Referenzhöhe des Grundwasserspiegels (bei x = 25 , y = 100):	4 m

Bäume 50 m x 50 m

Hydraulisches Potential [m]

Hydraulisches Potential [m]

High : 4.56

Low : 2.71

Schlussfolgerungen

- Unter geeigneten Aquiferbedingungen ist eine signifikante Wasserentnahme durch Pflanzen möglich
  - GW-Flurabstand (3 - 5 m)
  - Durchlässigkeit (10^{-4} m/s und geringer)
  - Aquifermächtigkeit (<10) ➔ abhängig von Durchlässigkeit

- Größe der bepflanzten Fläche ist auf die Aquiferbedingungen abzustimmen
  ➔ kann an Altlastenstandorten limitierend sein

- Im Laborversuch wird nur eine geringe TCE –Menge in den Pflanzen tatsächlich metabolisiert ➔ Freilanduntersuchungen an ausgewachsenen Bäumen zum Rückhalt und Abbau von LCKW in Pflanzen

- Unterstützung von Pump & Treat oder Kombination mit anderen Sanierungsmethoden, bzw. kostengünstige Sicherungsmethode

Herzlichen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Bernhard Wimmer
Environmental Ressources & Technologies
Health and Environment
Bernhard.wimmer@ait.ac.at
UFT Tulln