



Ein Forschungsinstitut  
des ETH-Bereichs

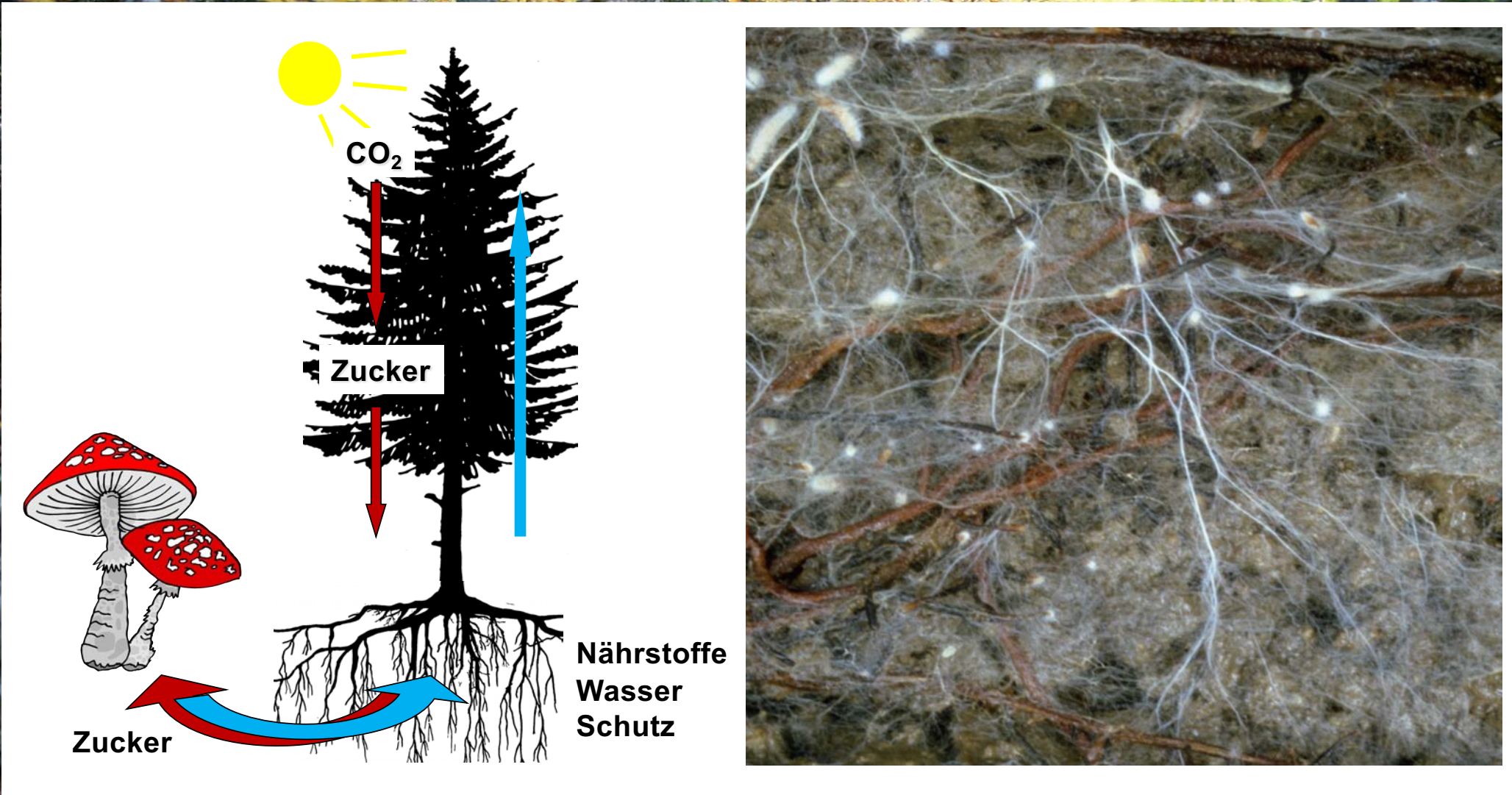
# Mykorrhizapilze und Trockenheit

Martina Peter

Gruppe Ökologische Genetik  
Biodiversität und Naturschutzbiologie  
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

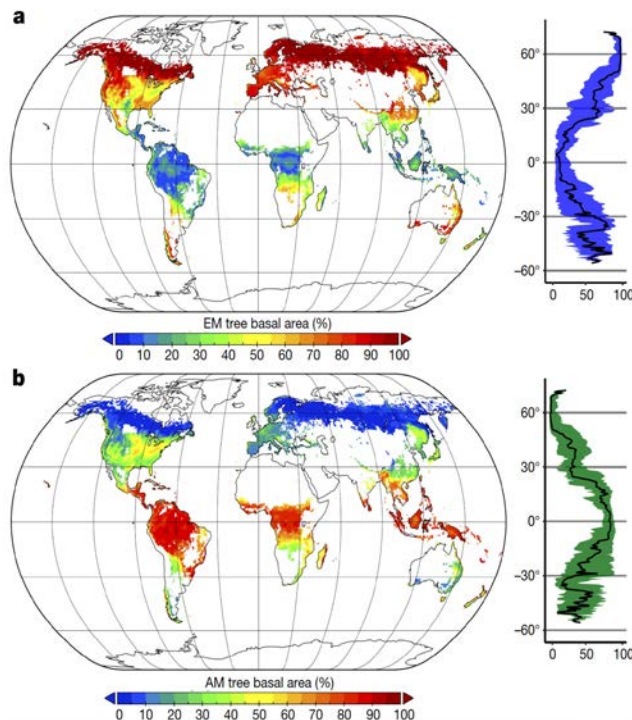


Runder Waldtisch 17.02.2026 WSL  
Waldböden im Klimawandel  
Wasserverfügbarkeit als Schlüsselfaktor



# Mykorrhiza-Symbiosetypen der Bäume

## Globale Verbreitung der Mykorrhizatypen (% Basalfläche)



### Ektomykorrhiza

- 1800 Baumarten
- 60% aller Stämme weltweit



- Föhrengewächse
- Buchenartige
- Weidengewächse
- Linden

### Arbuskuläre

### Endomykorrhiza

- 23'600 Baumarten



- Ahorne
- Mehlbeeren
- Esche
- Kirschbaum
- Ulmen
- Robinie
- Eibe

Steidinger et al 2019

# Ektomykorrhizapilze – äusserst vielfältig



- Über 20'000 Pilzarten weltweit (ca 2000 in CH)
- Über 200 Arten in Reinbeständen
- Ein Baum bis zu 150 Arten
- Funktionen komplementär und redundant
- Dynamische Gemeinschaft

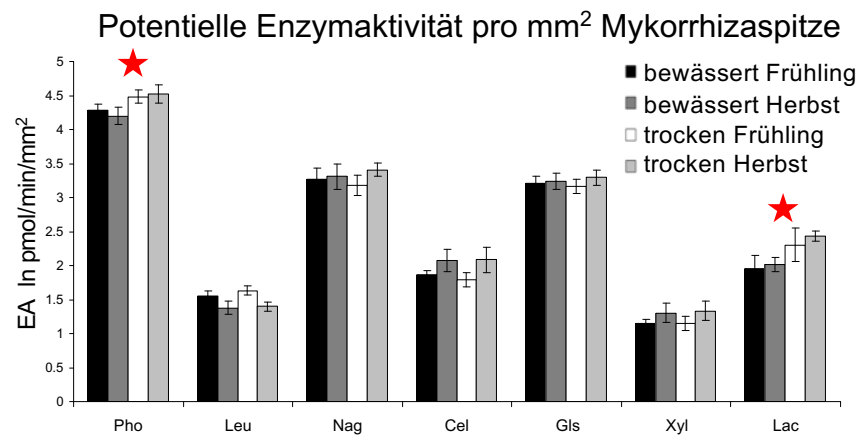
# Ektomykorrhizapilze und Trockenheit

## Veränderte Zusammensetzung, aber oft keine Reduktion der Diversität und qualitativen Funktionalität

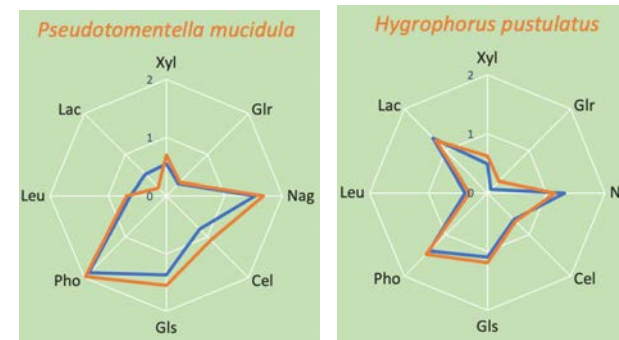
- Beispiel Bewässerungsexperiment Pfywald (trockener Föhrenbestand)
  - Keine Veränderung der Mykorrhizapilzvielfalt (2007-2017)
  - Veränderung der Zusammensetzung (2007-)



+ 600mm (ca Verdoppelung jährl. Niederschlag)



Enzymaktivitätsprofile Mykorrhizapilze

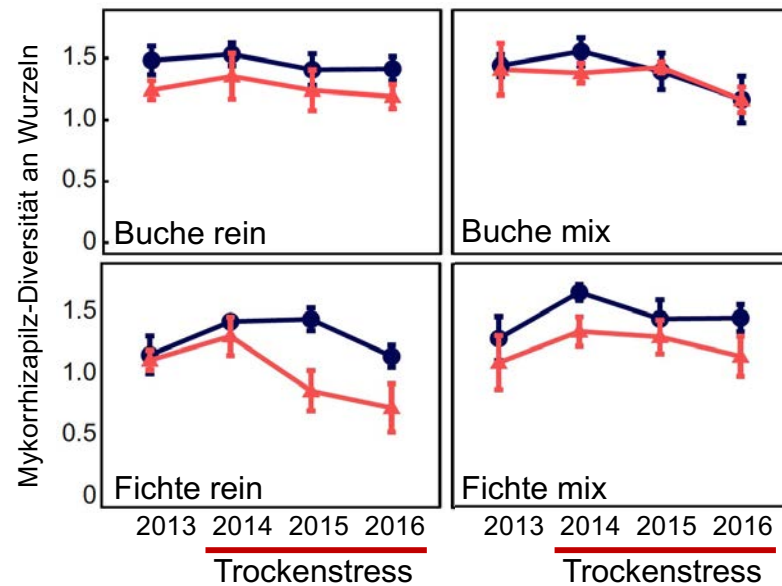


Hutter PhD ETHZ 2014, Hartmann et al. 2017, Mathys MSc ETHZ 2020, Peter & Pritsch 2024

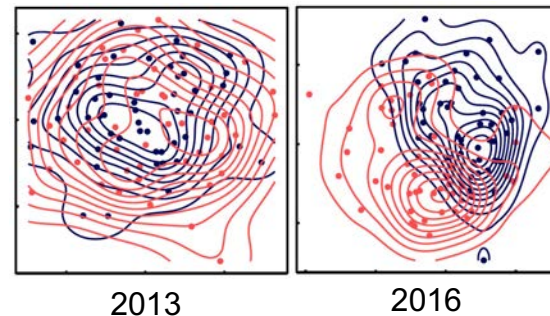
# Ektomykorrhizapilze und Trockenheit

## Veränderte Zusammensetzung, aber oft keine Reduktion der Diversität und qualitativen Funktionalität

- Beispiel Trockenstress-Experiment Kranzberger Forst (mesophile Fichten/Buchen Rein-/Mischbestände)



Mykorrhizapilz-Gemeinschaft an Bu- und Fi-Wurzeln



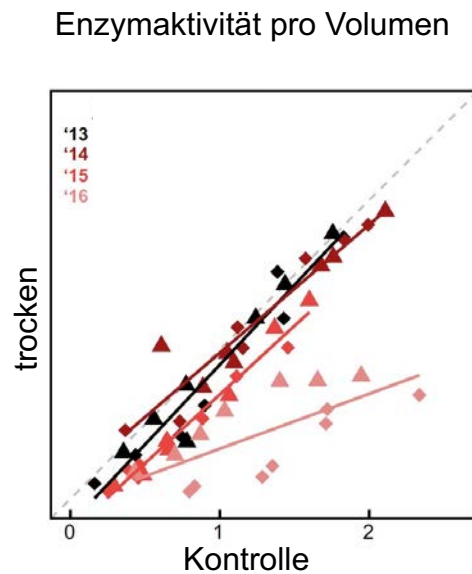
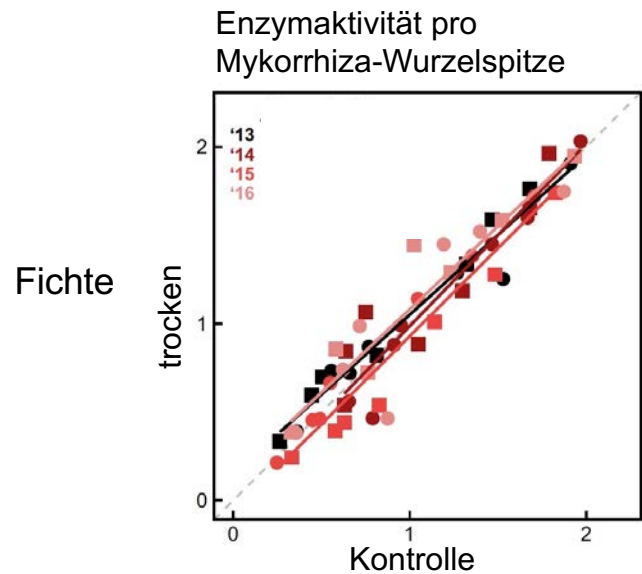
70% Reduktion der Niederschläge

Nickel et al 2018, Peter & Pritsch Bündnerwald 2024

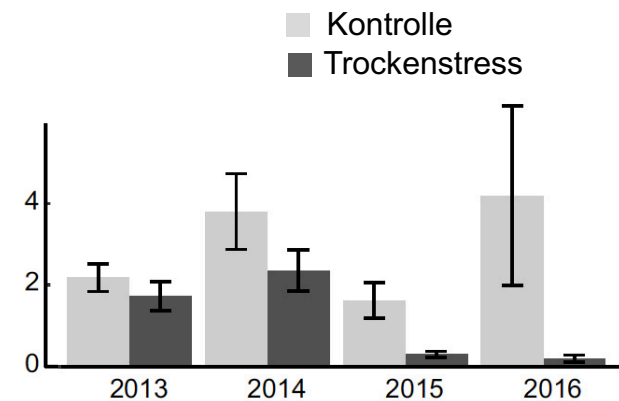
# Ektomykorrhizapilze und Trockenheit

## Veränderte Zusammensetzung, aber oft keine Reduktion der Diversität und qualitativen Funktionalität

- Beispiel Trockenstress-Experiment Kranzberger Forst



Vitale Mykorrhiza-Wurzelspitzen /cm<sup>3</sup>



Nickel et al 2018

# Ektomykorrhizapilze und Trockenheit

## Mykorrhizapilzgemeinschaft tolerant gegenüber Trockenstress

- Geringere Wasserverfügbarkeit
  - Veränderte Zusammensetzung der Mykorrhizapilzarten
  - Diversität und qualitative Funktionalität meist unverändert
  - Weniger Feinwurzeln (Nickel 2018, Brunner 2019)
  - Quantitative Funktionalität beeinträchtigt
- Diverse Mykorrhizapilzgemeinschaft ist tolerant gegenüber Trockenstress
- Reduzierte Diversität durch zusätzliche Stressfaktoren wie zB hohe Stickstoffeinträge schwächt Pufferkapazität

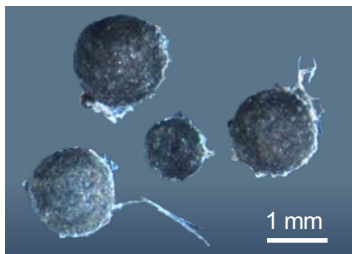
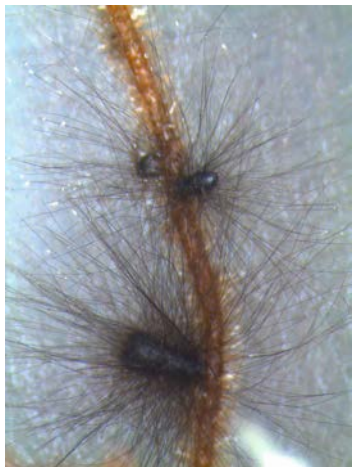
# Ektomykorrhizapilze und Trockenheit

## Trockenheitstolerante Arten übernehmen Funktionen

- Funktionen werden von **besser angepassten Arten** übernommen
  - Genetische Anpassung innerhalb einer Art?
  - Steigern sie Trockenheitstoleranz ihrer Wirtsbäume?
  - Nutzung für Aufforstungen an kritischen Standorten?
  
- Untersuchungen an ***Cenococcum geophilum***
  - „WATER“ Evoltree, „Blacksecret“ Labex Arbre/WSL, „MAGIC“ Labex Arbre/SwissForestLab, „PhytOakmeter“ DFG/SNF
- Untersuchungen an ***C. geophilum*** und anderen Mykorrhizapilzarten
  - MycReforest Velux Forestry Call 2024

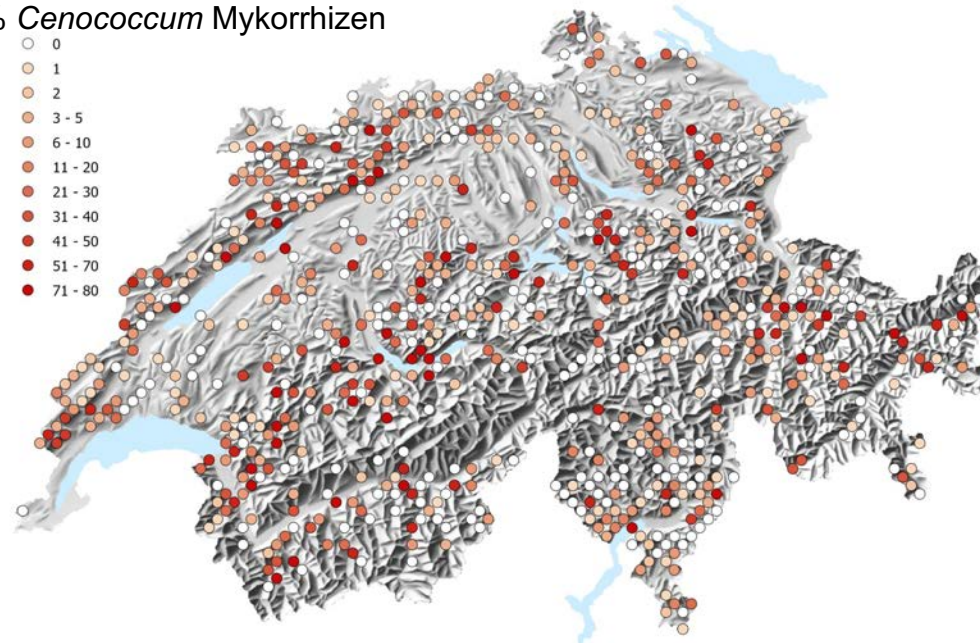
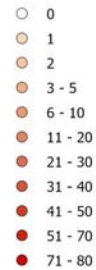
# *Cenococcum geophilum* und Trockenheit

## Häufiger Mykorrhizapilz an Wurzeln der meisten Bäume



- Generalist
- Häufig an Baumwurzeln in vielen Waldökosystemen

% *Cenococcum* Mykorrhizen



- 730 LFI-Plots (2023)
- Wurzeln von 2 Bodenproben (ø 5 cm x 10 cm)

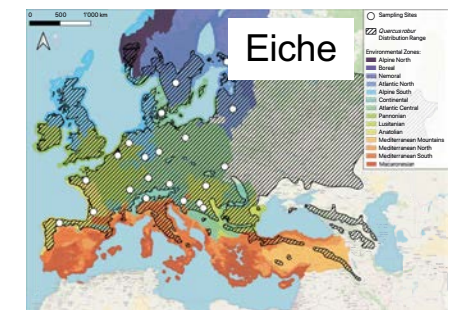
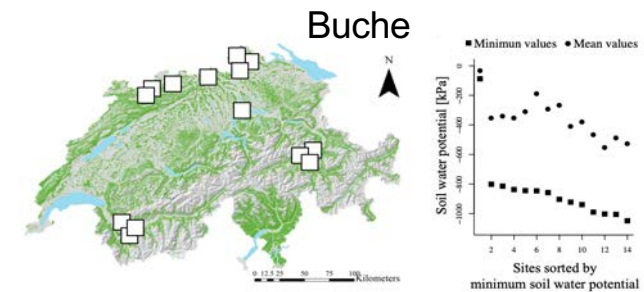
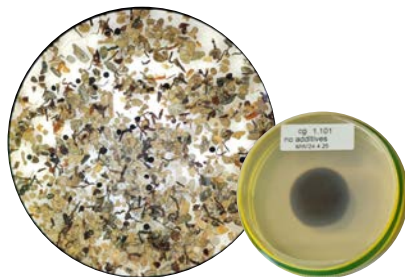
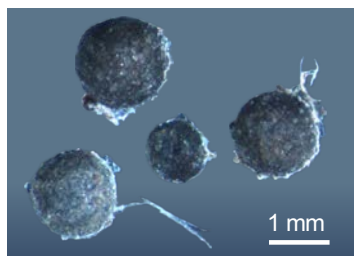


# *Cenococcum geophilum* und Trockenheit

## Häufiger Mykorrhizapilz an Wurzeln der meisten Bäume



- Generalist
  - Häufig an Baumwurzeln in vielen Waldökosystemen
  - Stark melanisiert
  - Trockenresistent
  - Dauerorgane (Sklerotien) im Boden
- Genomische Untersuchungen der Diversität und lokalen Anpassung, sowie Funktionalität der Individuen



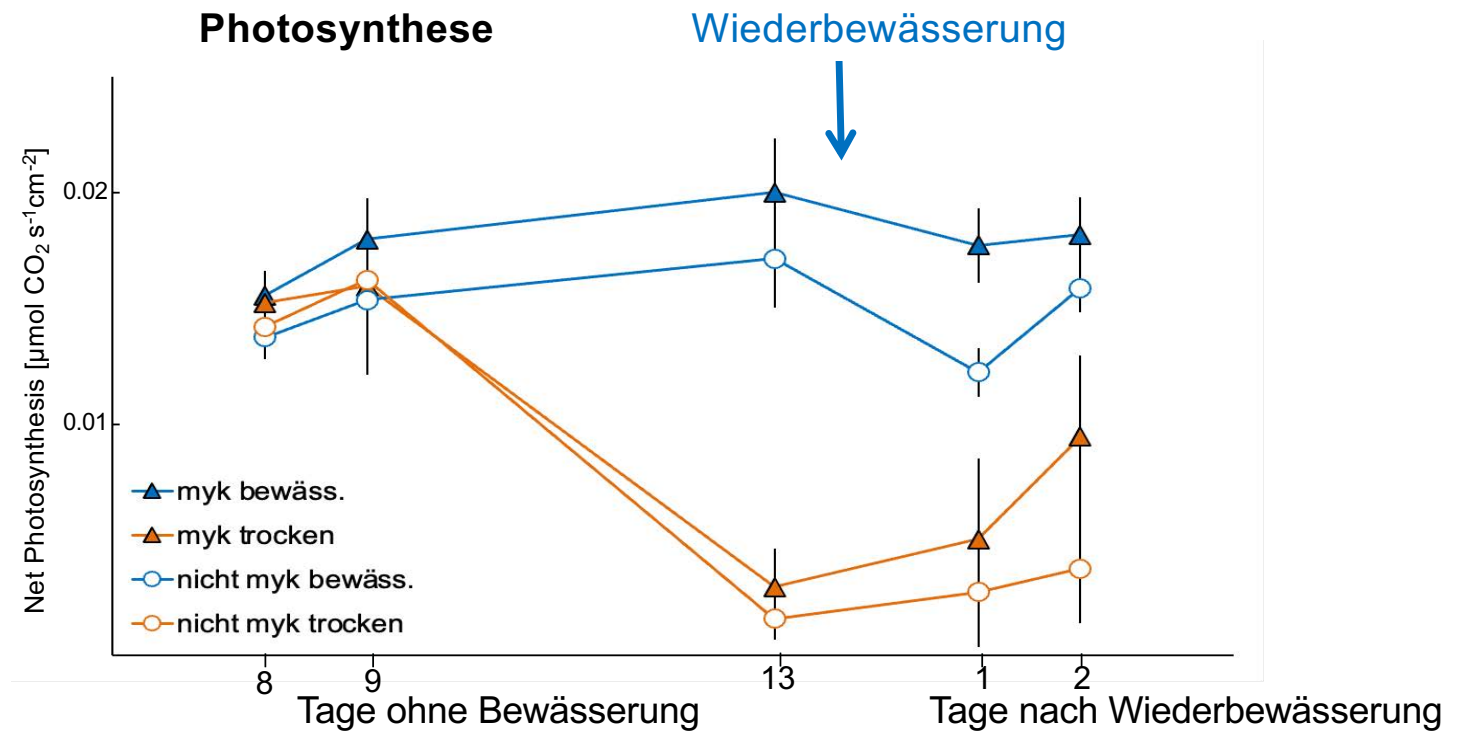
# Effekt *C. geophilum* auf Wirtsbäume

## Klimakammer-Experimente Stamm 1058 aus Pfywald mit Föhren

– Föhrensämlinge (1-jährig)



Peter et al 2016



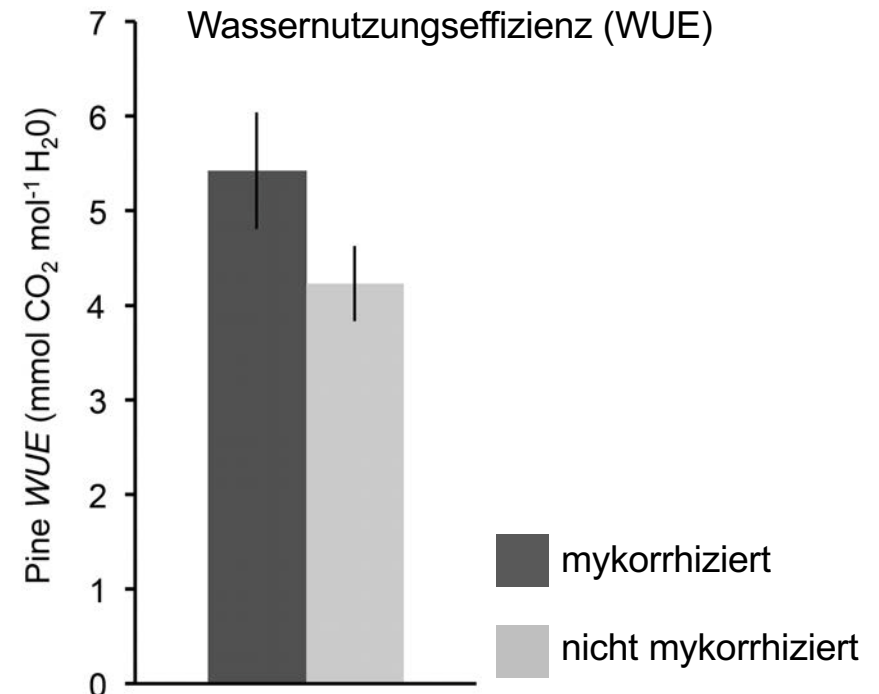
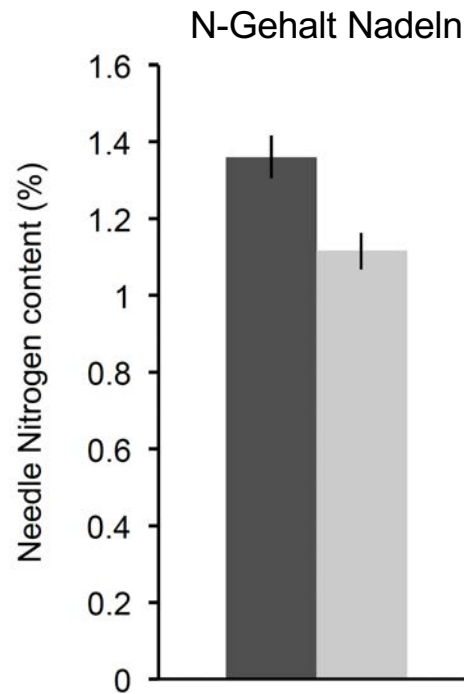
# Effekt *C. geophilum* auf Wirtsbäume

## Klimakammer-Experimente Stamm 1058 aus Pfywald

– Föhrensämlinge (1-jährig)

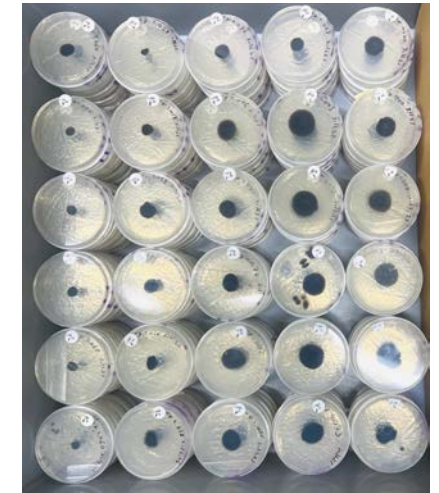
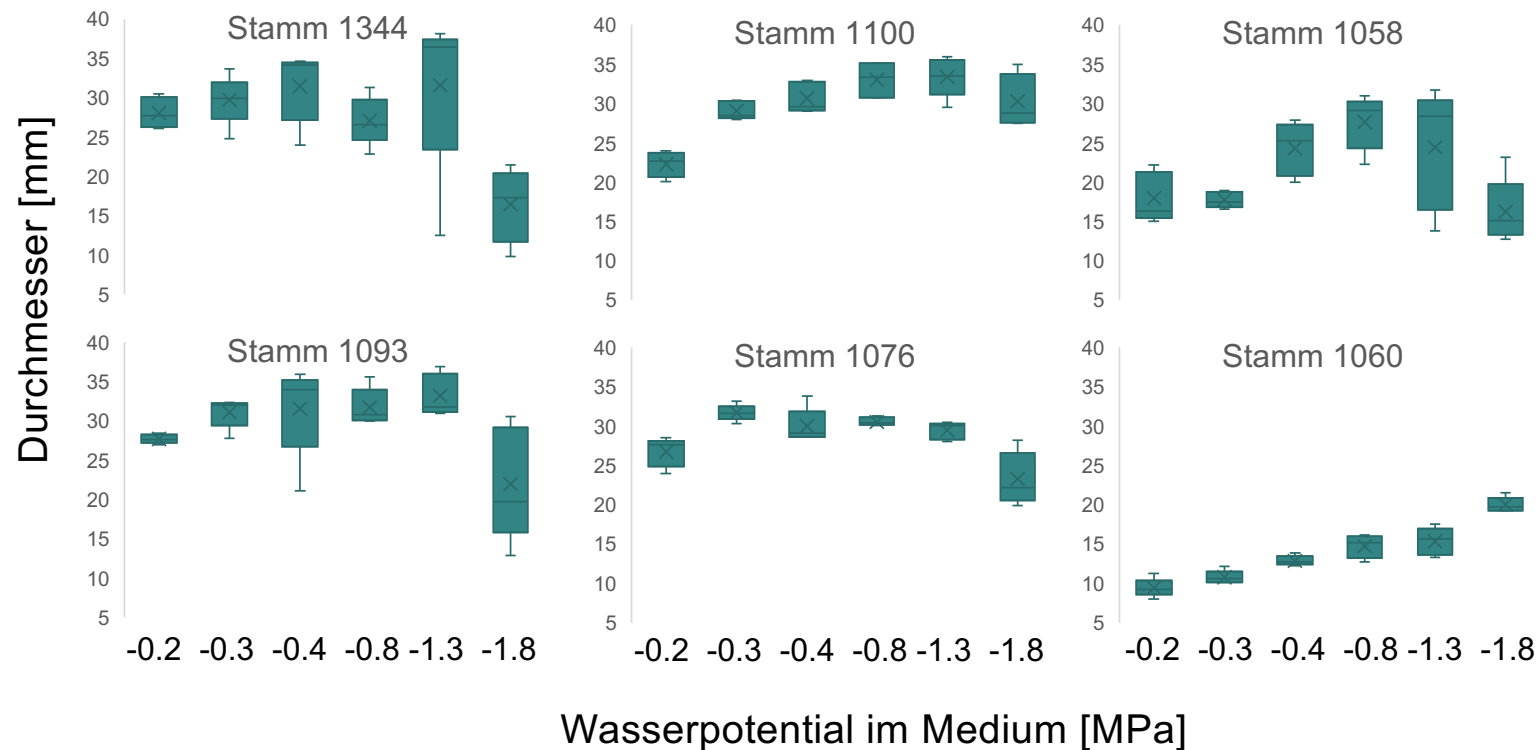


Peter et al 2016



# *C. geophilum*-Stämme und Trockenheit

## Wachstumsexperiment Myzelien



# Mykorrhiza-Impfung für Aufforstungen?

## Velux Projekt Forestry Call 2024 „MycReforest“

- F/CH/SE Zusammenarbeit INRAe Grand Est Nancy, WSL, SLU Uppsala und der Praxis
- Überprüfen der
  - **Wirkung einer Pilzinokulierung auf Physiologie, Wachstum und Überlebensrate von Setzlingen**
  - **Entwicklung der eingebrachten und natürlich vorhandenen Pilze über die Zeit**
  - **Anwendbarkeit zusammen mit Praxis**



- **WP1: Feld-Trockenstress-Experiment** INRAE Nancy Champenoux
  - 3 Baumarten: Traubeneiche, Douglasie, Waldföhre
  - 5 Inokulationen: 3 Mykorrhizapilze / Standard Pflanzgarten / Microbiota
- **WP2: Gewächshaus-Trockenstress-Wiederbewässerungs-Experiment**
  - 1 Baumart: Waldföhre
  - 6 Inokulationen: 4 *Cenococcum*-Stämme (WSL) / Standard / Microbiota  
4 *Suillus*-Stämme (SLU) / Standard / Microbiota
- **WP3: Aufforstungen** in 4 trockenen Waldstandorten
  - 2 Baumarten je nach Standort
  - 3 Inokulationen: Mykorrhizapilz / Standard Pflanzgarten / Microbiota
- **WP4: Zusammenarbeit mit Praxis:** Entwicklung, Machbarkeit, Bekanntmachung

# Mykorrhiza-Impfung für Aufforstungen?

## In der Schweiz verboten!

- F/CH/SE Zusammenarbeit INRAe Grand Est Nancy, WSL, SLU Uppsala und der Praxis
- Überprüfen der
  - **Wirkung einer Pilzinokulierung auf Physiologie und Überlebensrate von Setzlingen**
  - **Entwicklung der eingebrachten und natürlich vorhandenen Pilze über die Zeit**
  - **Machbarkeit zusammen mit Praxis**



## Rechtliche Grundlagen – Düngerverordnung (DüV)

- Die Definition von Düngemitteln nach DüV ist sehr weit gefasst:

### - [Art. 2 Begriffe](#)

<sup>1</sup> In dieser Verordnung bedeuten:

- a. *Dünger*: Stoff, Zubereitung oder Mikroorganismus mit der Funktion, Pflanzen oder Pilze mit Nährstoffen zu versorgen oder deren Ernährungseffizienz zu verbessern;
- Mykorrhiza sind Mikroorganismen, die Pflanzen mit Nährstoffen versorgen. Daher zählen sie auch zu den Düngemitteln.

# Fazit

- Diverse Mykorrhizapilzgemeinschaften tolerant gegenüber Trockenstress
- Trockenheitsangepasste Mykorrhizapilzarten übernehmen Funktionen
- Mykorrhizierung steigert in der Regel die Trockenheitstoleranz der Wirtsbäume
- Identifizierung und Erforschung von trockenheitstoleranten Mykorrhizapilzarten und –individuen im Gange.
- Nutzen und Gefahr einer Mykorrhiza-Impfung für Aufforstungen an problematischen Standorten muss überprüft werden
- Anwendung in der Schweiz zur Zeit nicht erlaubt, da sie als Dünger gelten.
- Gesetzliche Anpassung (ChemRRV Ausnahmegewilligung) ist bestrebenswert

# Verdankungen

**WSL** Kolleginnen und Kollegen, v.a. Benjamin Dauphin, Felix Zimmermann, Felix Fracchia, Pino Gyurech, Lorenz Walther, René Graf, Mara Wieser, Simon Egli, Andri Baltensweiler

**Ecogenomics lab INRAe Nancy**, va. Aurélie Deveau, Annegret Kohler, Claire Veneault-Fourrey, Francis Martin

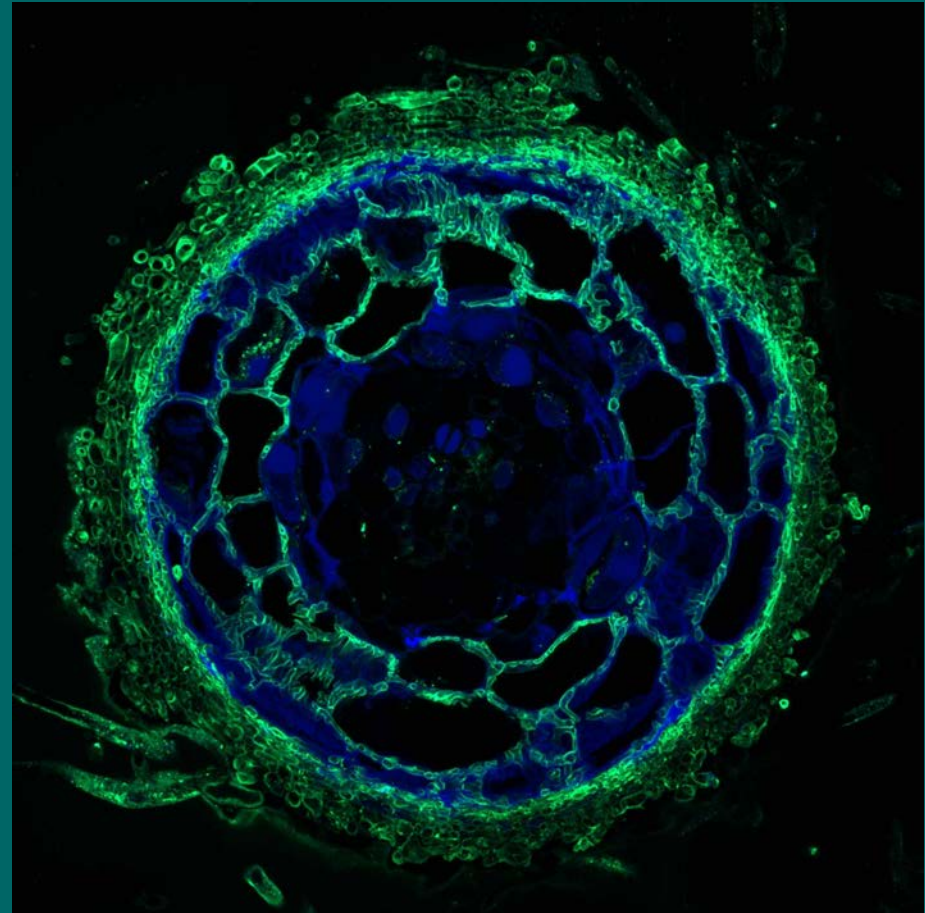
**Helmholtz Zentrum München** Karin Pritsch

**Uni Neuenburg** Daniel Croll

**SLU Uppsala** Judith Felten

**PhytOakmeter** Konsortium, v.a. Marie-Lara Bouffaud, Sylvie Herrmann, Mika Tarkka, Lars Opgenoorth

**Finanz./ Tech. Support:** DOE JGI, GDC ETHZ, Evoltree Network of Excellence, Laboratory of Excellence ARBRE, Région Lorraine, WSL/ARBRE Blacksecret & MAGIC, SNF/DFG PhytOakmeter



VELUX STIFTUNG



PHYTOAKMETER



Schweizerischer Nationalfonds

