

Urbane Pflanztechniken – Rahmenthema „Baumpflanzung“

***Mykorrhiza* und ihre Bedeutung bei Baumpflanzungen an urbanen Straßenstandorten**

Dr. Josef V. Herrmann

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

8. Symposium Stadtgrün 2018 - Urbane Pflanztechnologien
BMEL Berlin, 14. November 2018

Mykorrhiza und ihre Bedeutung bei Baumpflanzungen

Josef V. Herrmann
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Fachzentrum Analytik
Veitshöchheim

Im Rahmen des langfristig angelegten Projekts „Stadtgrün 2021“ der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau wurden anhand verschiedener ökophysiologischer Kriterien potenziell zukunftsträchtige Baumarten aus geobotanischen Räumen, die auch den zukünftigen urbanen Standortbedingungen entsprechen, ausgewählt.

Die Baumarten wurden im Herbst 2009/Frühjahr 2010 in drei bayerischen Städten (Würzburg, Hof/Münchberg, Kempten) mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen aufgepflanzt. Die Baumsubstrate entsprachen den FLL- „Empfehlungen für Baumpflanzungen“

Straßenbäume sind seit jeher einer Vielzahl von Stressfaktoren ausgesetzt. In Gewächshaus- und Freilandversuchen konnten positive Effekte von Mykorrhiza-Pilzpräparaten auf das Wachstum und die Vitalität von Sämlingen und Jungpflanzen verschiedener Baumarten beobachtet werden.

Um die Wirksamkeit von Mykorrhiza-Pilzpräparaten zu testen, wurde an den drei Standorten bei je 4 der 8 Bäume (bzw. 3 von 6 Bäumen) zur Pflanzung ein Mykorrhiza-Pilzpräparat eingebracht. Dabei wurde entsprechend des Mykorrhizatyps jeder Baumart ein vom Hersteller empfohlenes Präparat eingesetzt. Bei der Auswahl der Präparate war vor allem entscheidend, dass die Produktion in Deutschland erfolgte, um so ein auf die hiesigen Verhältnisse ökophysiologisch adaptiertes Arten- und Stammspektrum der Mykorrhiza-Pilze bestmöglich sicherzustellen.

Um einen Überblick über die Mykorrhizierung der Ballenware („Baumschulmykorrhiza“) zu gewinnen, wurden bei der Pflanzung die Wurzelballen oberflächlich geöffnet und, soweit vorhanden, repräsentative Feinwurzeln entnommen.

Zur Verfolgung des jahreszeitlichen Verlaufes der Mykorrhizierung wurden die Bäume nach der Etablierungsphase ab Herbst 2011 bis Ende 2014 jeweils im Frühjahr zum Austrieb, im Herbst und im Jahr 2012 zusätzlich im Sommer beprobt und die Wurzeln morphologisch, mikroskopisch und molekularbiologisch charakterisiert.

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf den Standort Würzburg und hier auf *Carpinus betulus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Magnolia kobus*, *Ostrya carpinifolia*, *Parrotia persica*, *Quercus cerris* und *Tilia tomentosa*. Um den Einfluss des Standortes auf die Mykorrhizierung zu verifizieren, wurden im Jahr 2014 die Baumarten *Carpinus betulus*, *Fraxinus pennsylvanica* und *Ostrya carpinifolia* auch in Hof und Kempten in die Untersuchungen einbezogen.

Ergebnisse

Die im Projekt „Stadtgrün 2021“ gepflanzten Bäume waren als Baumschulware bereits umfassend mykorrhiziert. Nachdem in den Baumschulen keine Mykorrhiza-Pilzpräparate eingesetzt wurden, handelte es sich offensichtlich um native Mykorrhiza („Baumschulmykorrhiza“).

Die Inokulation mit den Mykorrhiza-Pilzen zeigte keinen Einfluss auf die Vitalität und die vegetative Entwicklung der Bäume.

Mykorrhiza-Pilzpräparate bei der Baumpflanzung erbrachten im Vergleich zu den nicht inokulierten Varianten keine Unterschiede in Bezug auf die Häufigkeit und die Intensität der Mykorrhizierung, sowie in Bezug auf das Metagenom (Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften)

Den Baumspezies lassen sich spezifische Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften zuordnen

Der Standort beeinflusst die Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften

Einige Pilzgattungen der „Baumschulmykorrhiza“ sind auch in den Jahren nach der Pflanzung nachweisbar

Ausblick

Wenn Mykorrhiza-Pilzpräparate nicht länger nur eine vage Option für die Arbokultur bleiben, sondern zu wirksamen Bioeffektoren im Sinne der Stressmoderation bei Stadtbäumen weiterentwickelt werden sollen, so müssen neben der konsequenten Umsetzung der jetzt schon geltenden Standards für die Baumkultur in der Stadt die ökophysiologisch relevanten Defizite definiert und die hierfür adäquaten bodenbiologischen Komponenten auf der Basis von Rhizosphärengemeinschaften (Mykorrhizapilze und Bakterien) erarbeitet werden.

- ☞ Mykorrhiza-Pilzpräparate bei der Baumpflanzung erbrachten im Vergleich zu nicht inokulierten Varianten keine Unterschiede
 - Häufigkeit und Intensität der Mykorrhizierung
 - Metagenom (Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften)

Mykorrhiza und ihre Bedeutung bei Baumpflanzungen an urbanen Straßenstandorten

Ergebnisse aus dem
Projekt „Stadtgrün 2021“

J. V. Herrmann

8. Symposium Stadtgrün 2018
BMEL, Berlin, 14. November 2018



Albert Bernhard FRANK

(1839 – 1900)

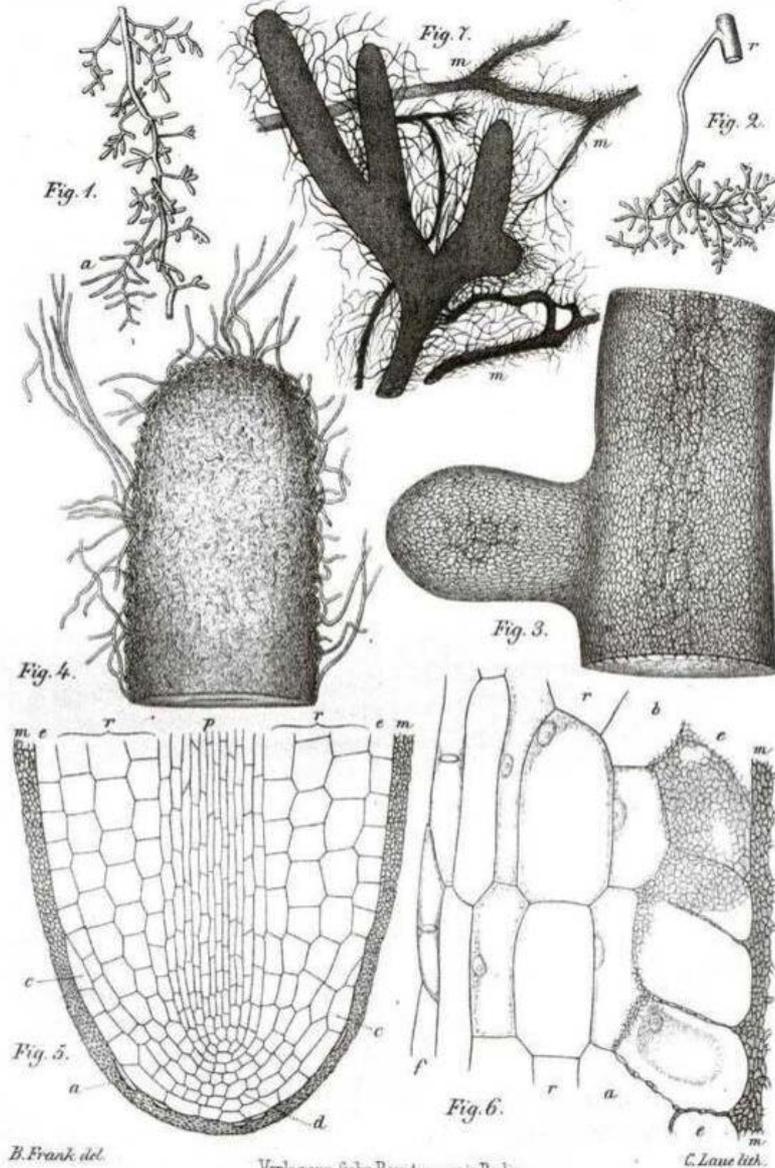
Kaiserlicher Geheimer Regierungsrat
ab 1881 Professor der
Pflanzenphysiologie
an der Kgl. landw. Hochschule in Berlin

**Ueber den gegenwärtigen Stand der
Trüffelfrage und die damit zusammen-
hängende Ernährung gewisser
Bäume durch Wurzelpilze.**

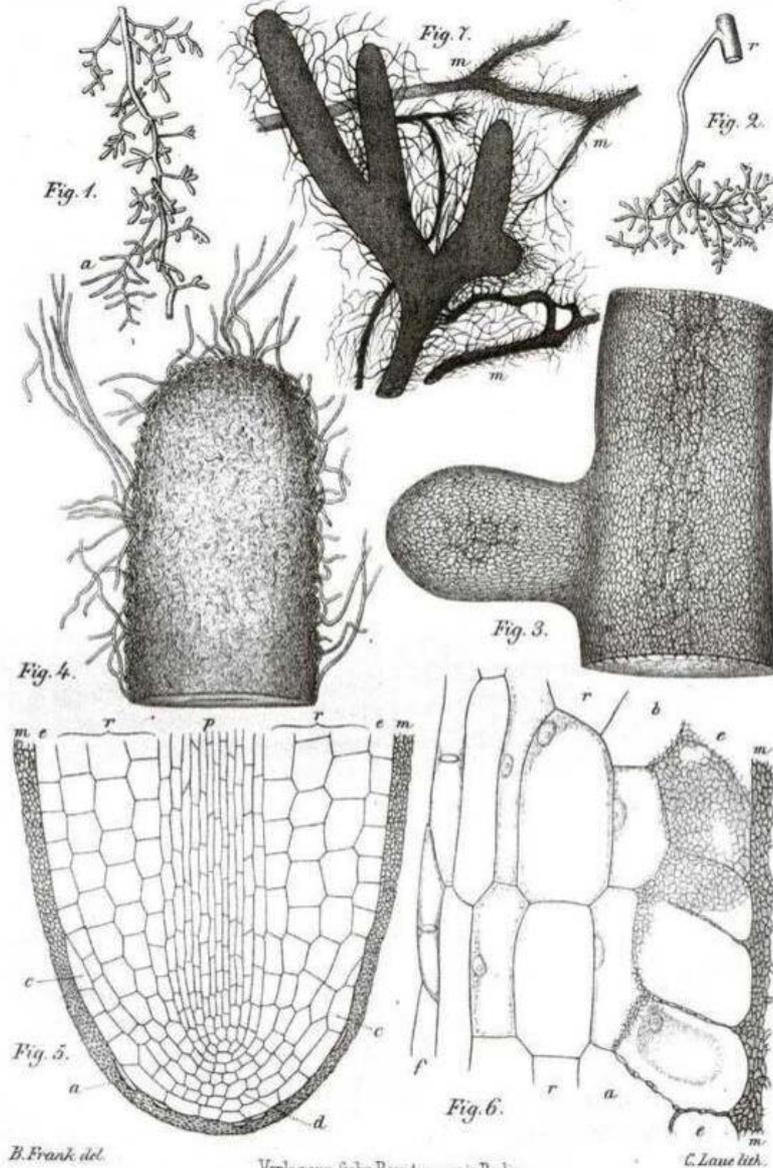
Vortrag,
gehalten in der Jahresversammlung des Ver-
eins zur Beförderung des Gartenbaues, am
21. Juni 1885

von
Prof. Dr. A. B. FRANK.

Se. Excellenz der Herr Mi-
nister für Landwirthschaft, Domänen und
Forsten hat mich daher mit der An-
stellung von Untersuchungen in dieser
Richtung beauftragt, ... ob es nicht
möglich ist, auch andere wildwachsende
essbare Schwämme, und unter ihnen die
köstlichsten aller Pilzfrüchte, die Trüffeln,
der Kultur zugänglich zu machen.



Es zeigte sich, dass sämtliche feinen Saugwurzeln der Bäume, unter denen Trüffeln wachsen, mit einem Pilzmycelium (Pilzgewebe) in innigster gegenseitiger Verbindung sich befinden, und zwar so, dass beide Theile zusammen gewissermassen ein einheitliches Organ darstellen, welches ich als Pilzwurzel, **Mycorhiza**, bezeichnet habe, und welches auch gestaltlich durch seine kurze dicke, vielästige, daher oft korallenartige Büschel bildende Form sich auszeichnet, ein Organ, welches weder Pilz noch Pflanzenwurzel allein ist, sondern ein Doppelwesen, in welchem beide Theile zu gemeinsamer Thätigkeit verbunden sind und auch gemeinsam fortwachsen.



B. Frank del.

Verlag von Gebr. Borntraeger in Berlin.

C. Laue lith.

Die gewöhnlichen Wurzelhaare kann die Mycorrhiza, da sie durch den Pilzmantel daran gehindert ist, nicht bilden, und so wird die Wasser- und Nahrungsaufnahme in die eigentliche Wurzel ganz und gar durch den Pilzmantel bewirkt. Auch gehen häufig von dem letzteren eine Menge Pilzfäden in den Boden hinein und verwachsen an vielen Punkten mit den Bodenbestandtheilen gerade so wie es sonst die Wurzelhaare der Pflanzenwurzel thun, vertreten die Rolle der Wurzelhaare und führen so der Wurzel Boden-nährstoffe zu.

Er selbst empfängt dafür von der Pflanze wahrscheinlich assimilierte organische Baustoffe, die er zu seiner Ernährung bedarf, ...

Ektomykorrhiza



50 μm

O. carpinifolia

Ektomykorrhiza



C. betulus

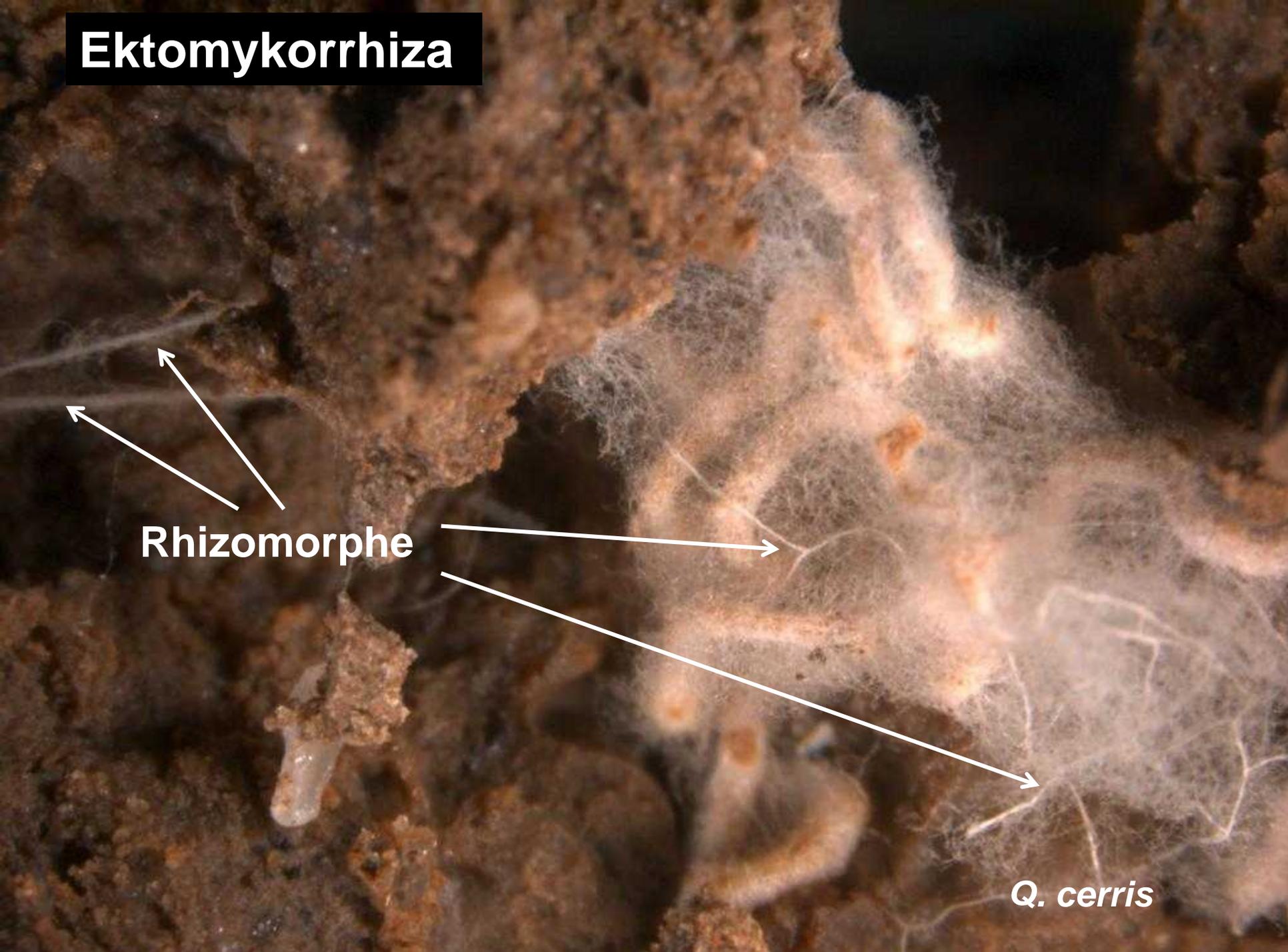
Ektomykorrhiza

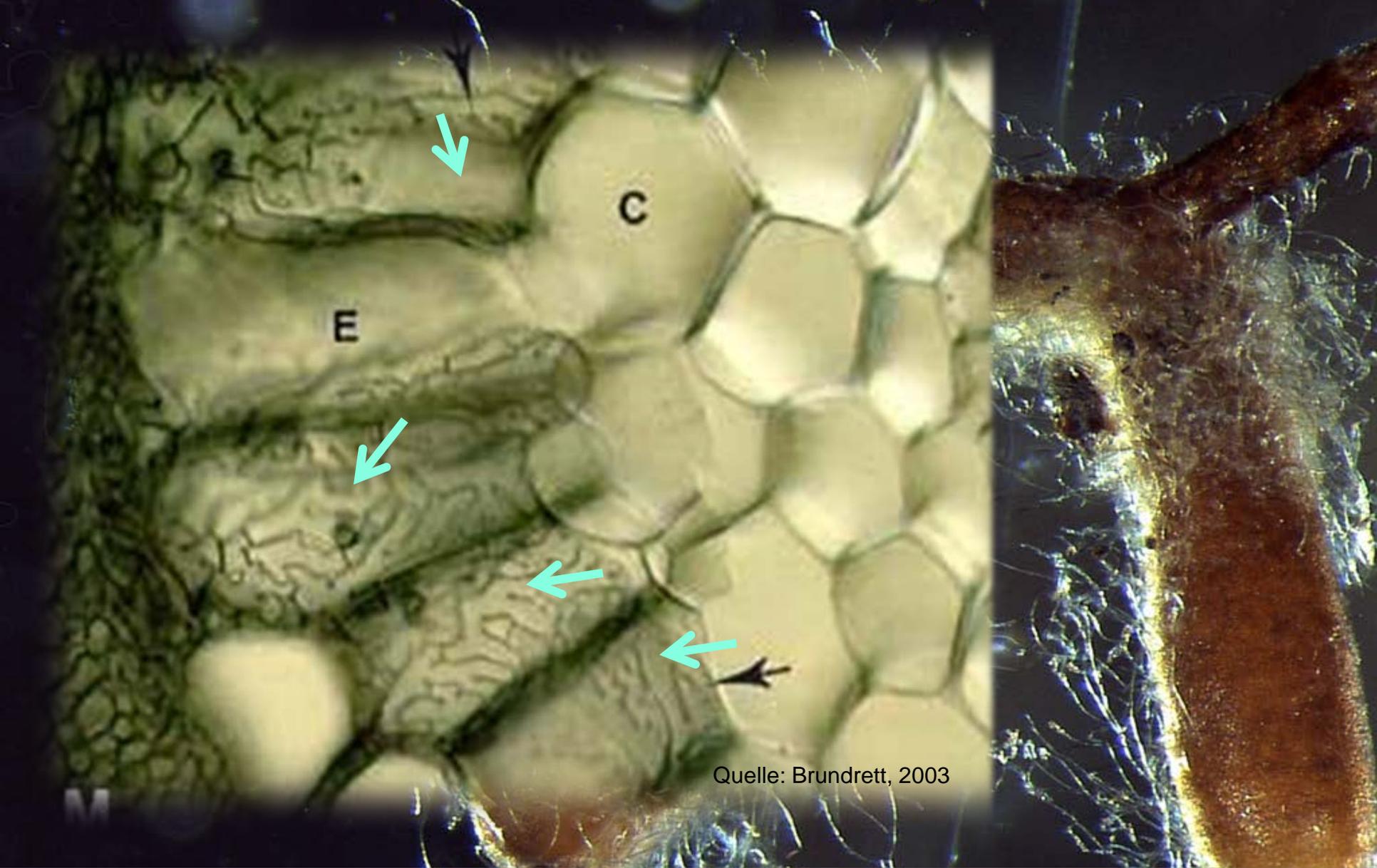


Ektomykorrhiza

Rhizomorphe

Q. cerris





Quelle: Brundrett, 2003

Hartig'sches Netz (Pfeile)

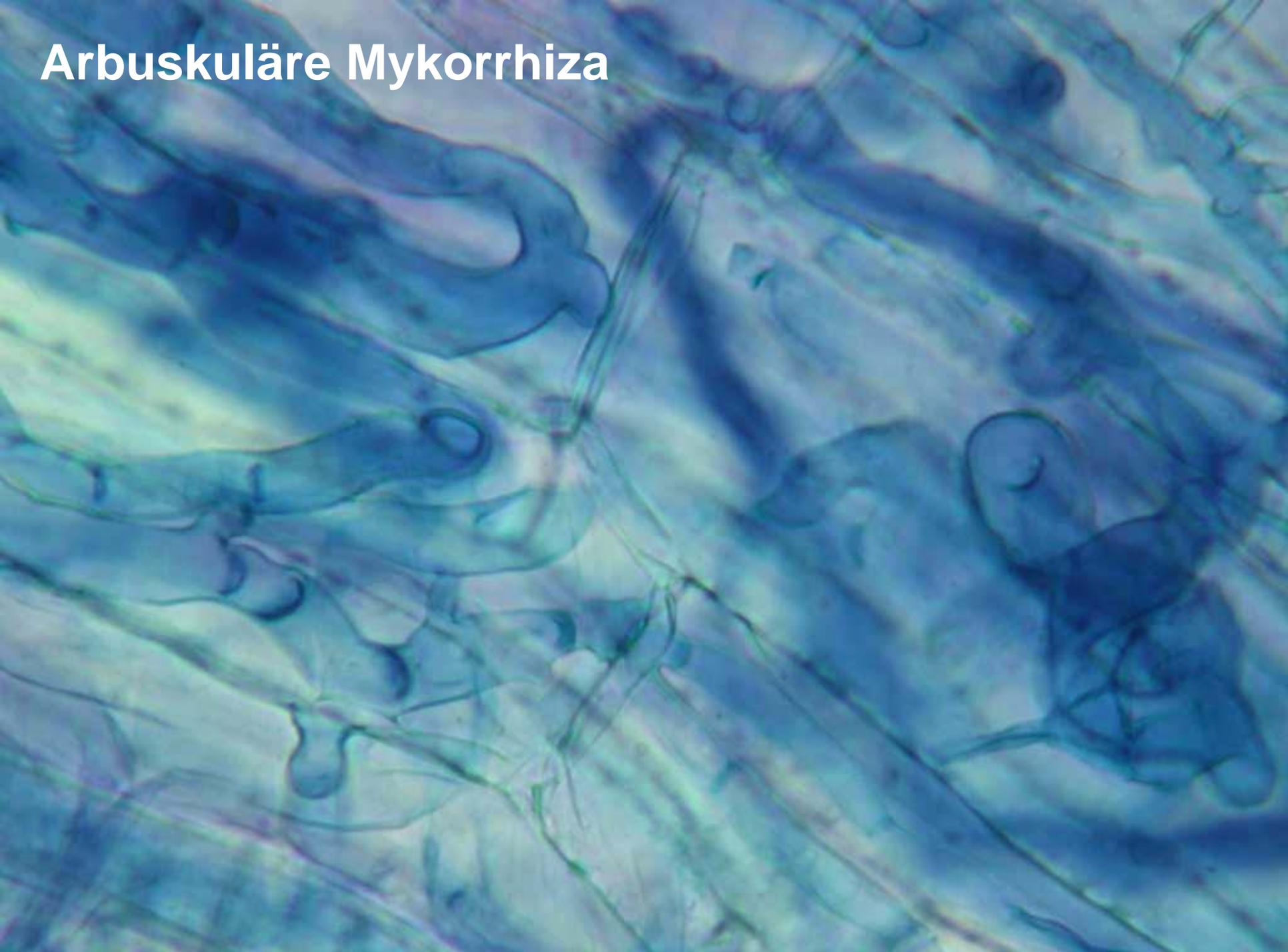
Mykorrhiza-Pilze „umwachsen“ die Rindenzellen des Wirtes mit netzartigem Geflecht ☞ Stoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze

Ektomykorrhiza Warum?

Pflanzen	
über 5.000 Arten	
Familie	Beispiel
Pinaceae	Kiefer, Fichte, Tanne
Fagaceae	Eiche, Buche
Betulaceae	Birke
Fabaceae	Akazie

Pilze		
ca. 2.000 Arten		
Abteilung	Ordnung	Beispiel
Basidiomycota	Agaricales	<i>Amanita, Boletus, Suillus</i>
		<i>Tricholoma, Russula, Lactarius</i>
	Sclero-dermatales	<i>Scleroderma, Rhizopogon</i>
Ascomycota	Pezizales	<i>Tuber, Gyromitra</i>
Fungi imperfecti		<i>Cenococcum graniforme</i>

Arbuskuläre Mykorrhiza

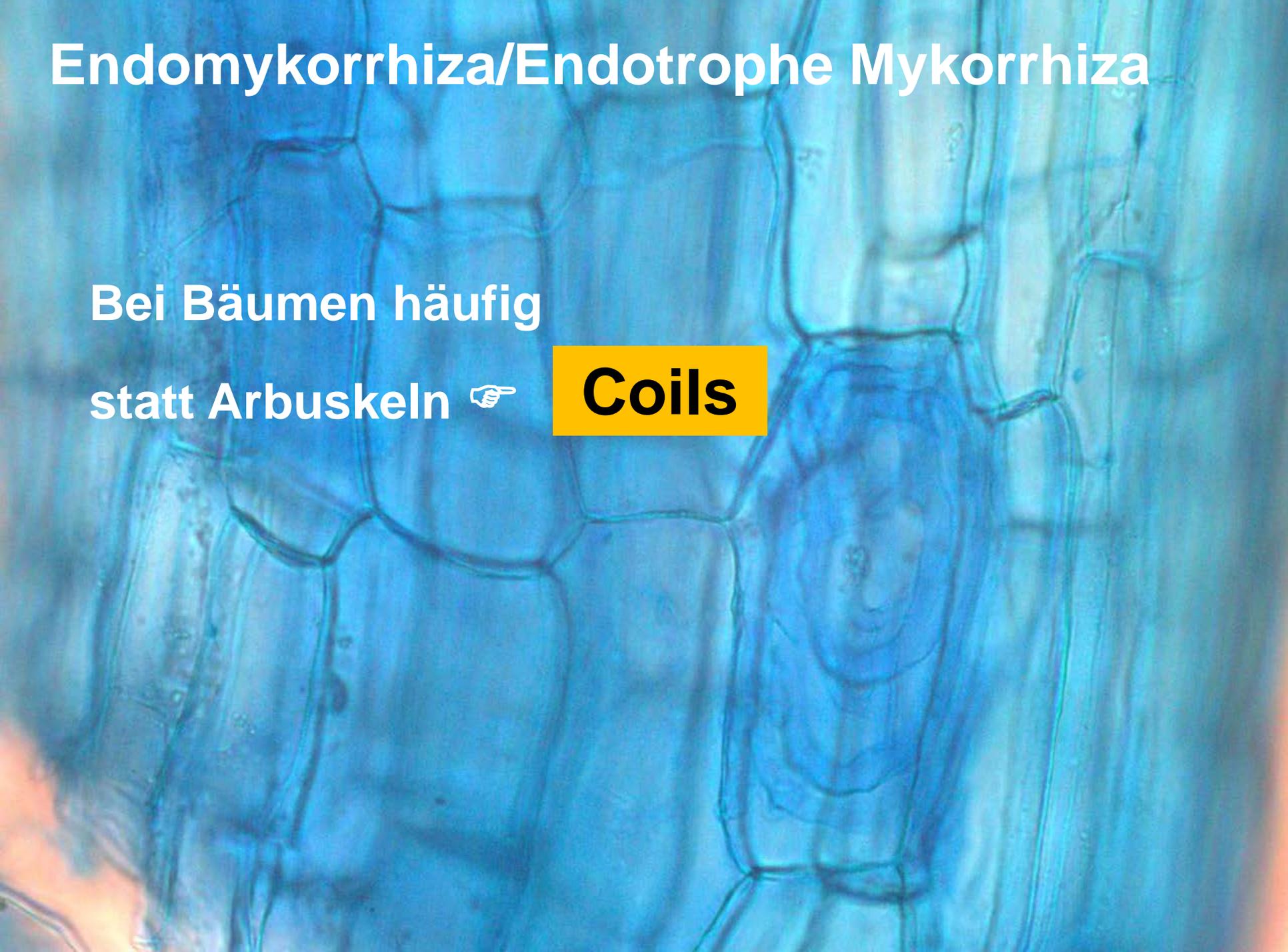


Endomykorrhiza/Endotrophe Mykorrhiza

Bei Bäumen häufig

statt Arbuskeln 

Coils

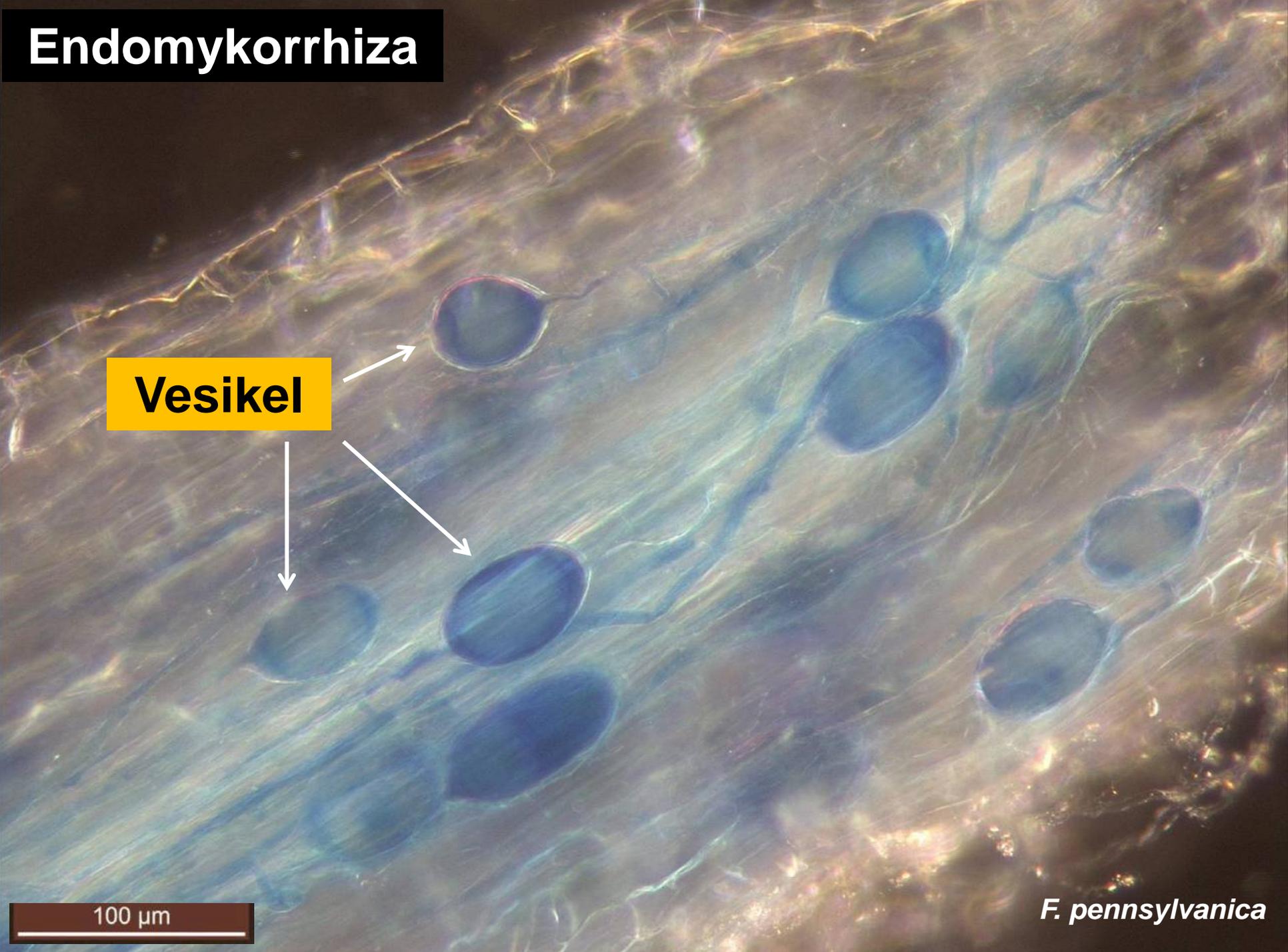


Endomykorrhiza

Vesikel

100 μm

F. pennsylvanica



Endomykorrhiza

Pflanzen	Pilze		
über 200.000 Arten	ca. 200 Arten (obligat biotroph)		
<ul style="list-style-type: none">▪ Krautige Pflanzen▪ Gehölze	Abteilung Glomeromycota	Ordnung Glomales	Gattungen <i>Glomus</i> <i>Acaulospora</i> <i>Entrophospora</i> <i>Scutellospora</i> <i>Gigaspora</i>

Leistungen der Pflanze für die Mykorrhiza-Pilze

- ☞ Bis zu 30 % ihrer Kohlenhydrate „tritt“ die Pflanze an die Mykorrhiza-Pilze ab!

Leistungen der Pilze für die Pflanze

Verbesserung der Pflanzenernährung

- ☞ Wasserversorgung
- ☞ Phosphatversorgung
- ☞ Stickstoff-, Spurenelementaufnahme

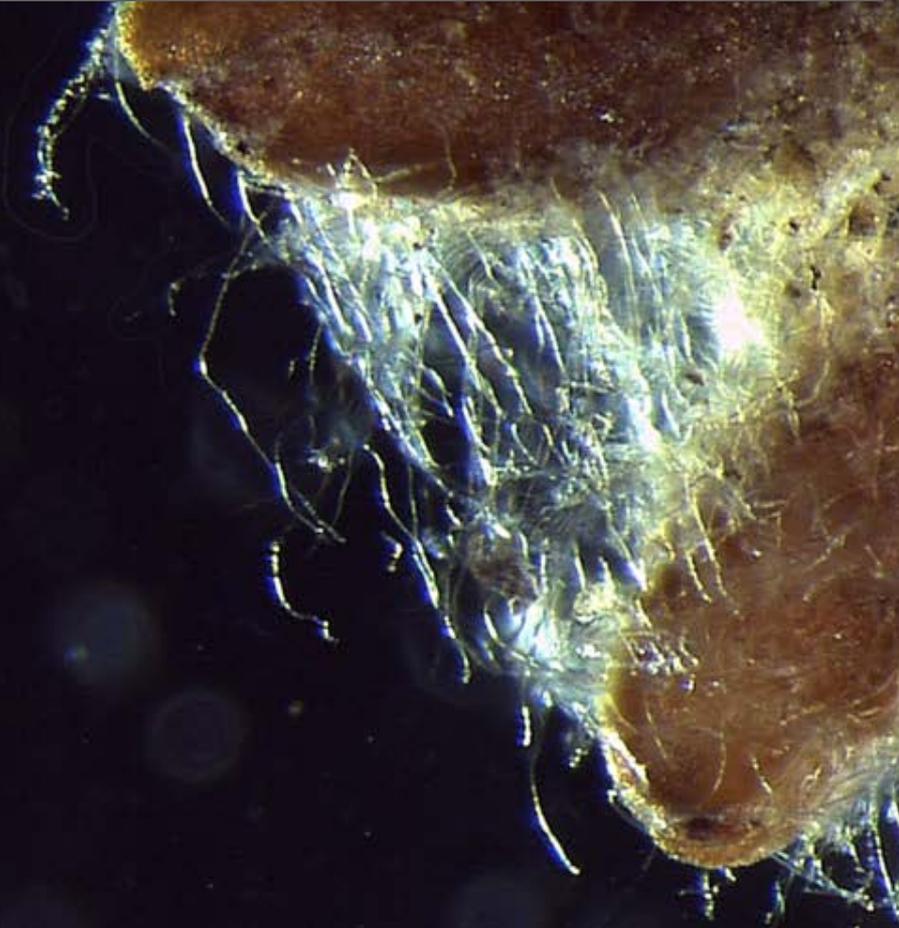
Verbesserung der Bodenstruktur

- ☞ „Verbauung“ der Bodenaggregate
- ☞ Erhöhung der Gefügestabilität
- ☞ Luft-, Wasserhaushalt
(↑Bodenfruchtbarkeit)

Erhöhung der Widerstandsfähigkeit

- ☞ Trockenstress
- ☞ Salzstress
- ☞ Bodenversauerung
- ☞ Schwermetallbelastungen
- ☞ Ozon
- ☞ Saurer Regen

- ☞ Schaderreger
(Pilze, Bakterien, Nematoden)
 - ☞ „antiphytopathogene Potenz“



Straßenbäume unter Stress ...

Windspitzen
„Straßenschluchten“

„Strahlung“
(UV, PAR)

Schadstoffimmissionen

„Trockenstress“

☞ ... Gefährdung der „**Vitalität**“

Spätfrost

erhöhte Temperaturen
(Rückstrahlung
Gebäude, Glasflächen,
versiegelte Flächen)

Disposition

- Schädlinge
vorhandene (Prachtkäfer)
eingewandert (Wollige Napschildlaus)
eingeschleppt (Asiat. Citrusbockkäfer)
- Pathogene
Pilz (Gefäßmykosen), Bakterien

Beschädigungen
(Wurzel, Stamm, Kronen)

Einträge
Urin, Streusalz

beengte Baumgruben
(technische Infrastruktur)

Bodenverdichtung, Versiegelung
(Luftaustausch, Wasserversorgung)

Projekt „Stadtgrün 2021“

☞ „Straßenbaumarten der Zukunft“

Pflanzung 2009/2010

20 Baumarten

- Klimawandel
- Urbane Straßenstandorte
 - Hof/Münchberg
 - Würzburg
 - Kempten

☞ Mykorrhiza-Pilzpräparate
als „Antistressfaktor“ ?



Projekt Stadtgrün 2021 - „Baumschul-Mykorrhiza“

Pflanzung Würzburg
Winterhalbjahr 2009/2010)

**Probennahme (bei der Pflanzung,
vor Mykorrhiza-Pilzinokulation)**

☞ **Mykorrhizierung der Baumwurzeln**

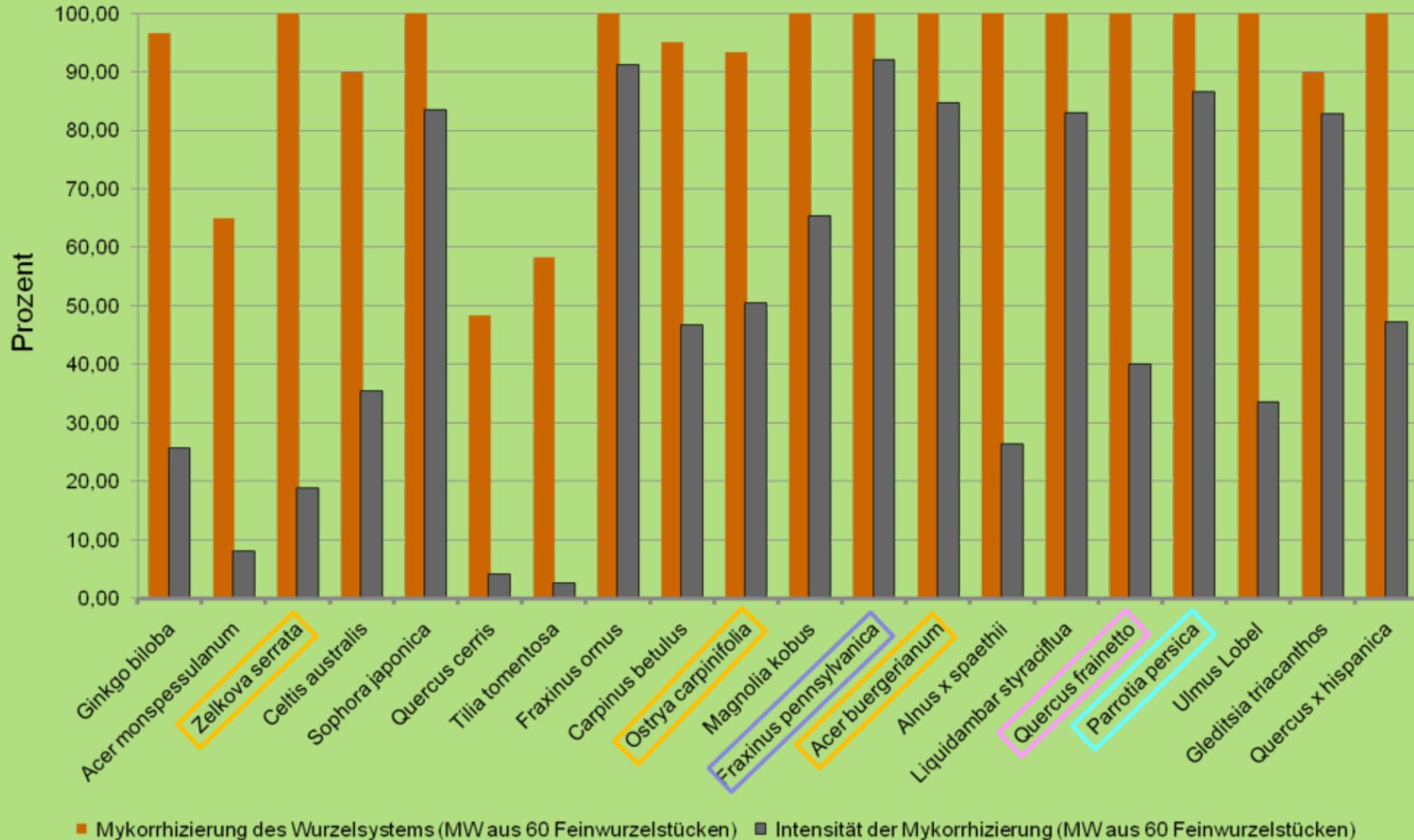
☞ **Sporen Endo-Mykorrhizapilze**

➤ **Ballensubstrat**

➤ **Pflanzsubstrat**

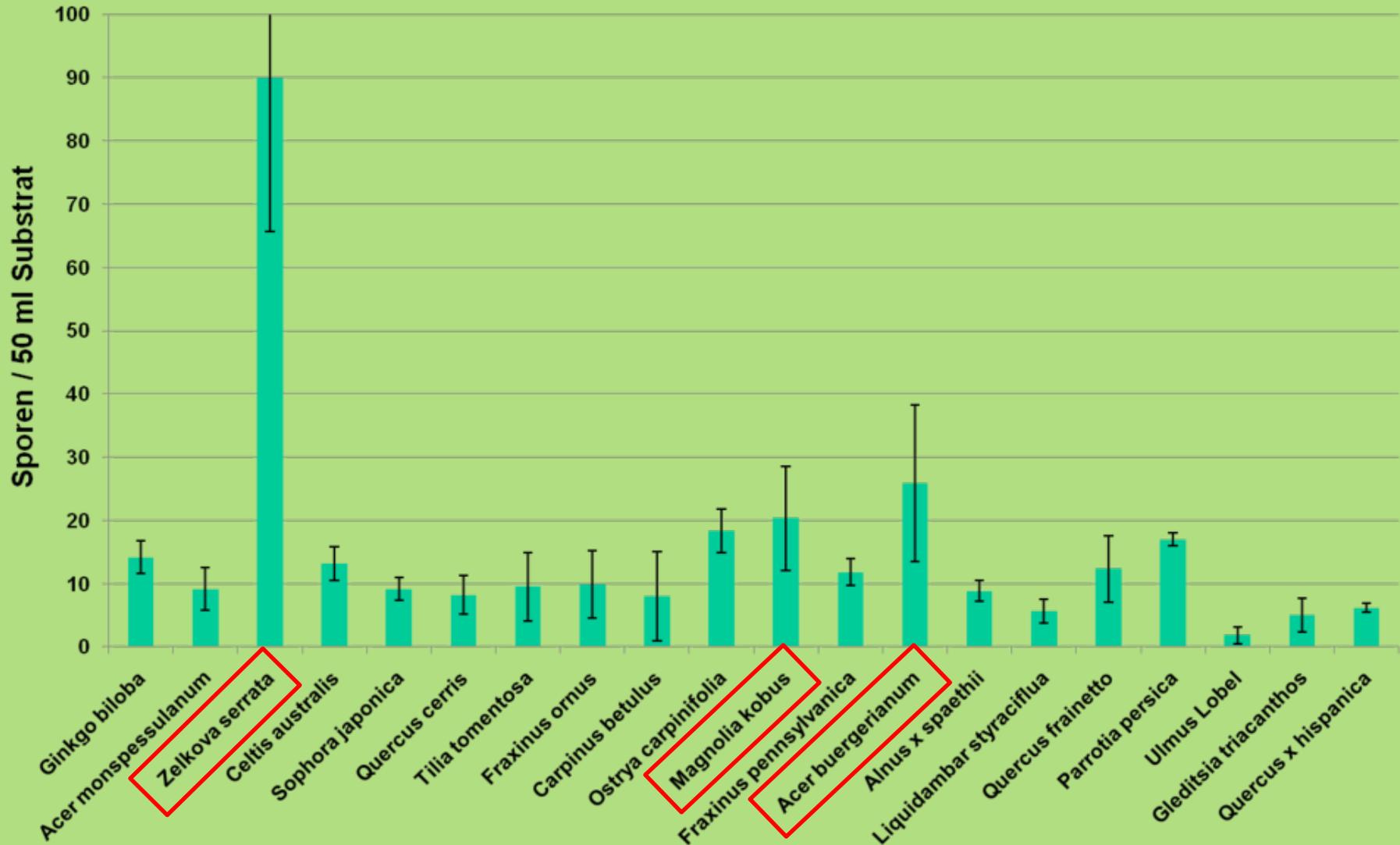
Projekt Stadtgrün 2021 - „Baumschul-Mykorrhiza“

Endo-Mykorrhizierung



Projekt Stadtgrün 2021 - „Baumschul-Mykorrhiza“

Endo-Mykorrhiza: Sporenanzahl im Ballensubstrat (MW: 6 Proben)



Projekt Stadtgrün 2021 - „Baumschul-Mykorrhiza“

Endo-Mykorrhiza-Diversität im Ballensubstrat

	<i>Zelkova serrata</i>	<i>Magnolia kobus</i>	<i>Acer buergerianum</i>
Pilzspezies	1. <i>Glomus claroideum</i>	<i>G. constrictum</i> *	<i>G. constrictum</i> *
	2. <i>G. intraradices</i>	<i>G. claroideum</i>	<i>G. sinuosum</i> **
	3. <i>G. constrictum</i> *	<i>G. intraradices</i>	<i>G. fasciculatum</i>
sonstige	<i>G. verruculosa</i>	<i>G. mossae</i>	<i>G. intraradices</i>
	<i>G. mossae</i>	<i>G. aggregatum</i>	<i>G. mosseae</i>
	<i>G. etunicatum</i>	<i>G. geosporum</i>	<i>G. etunicatum</i>
	<i>G. mortonii</i> **	<i>G. aureum</i>	<i>G. claroideum</i>
	<i>Paraglomus occultum</i>	<i>G. microcarpum</i>	<i>G. mortonii</i> **
		<i>G. badium</i>	<i>G. geosporum</i>
		<i>P. occultum</i>	<i>G. aureum</i> **
		<i>Archaeospora trappei</i>	<i>G. badium</i> **
		<i>Acaulospora</i> sp. ähnlich <i>A. lacunosa</i>	<i>G. irregulare</i>
			<i>Arch. trappei</i>
Anzahl der Spezies	8	12	13
Diagnostik: Dr. F. OEHL, Agroscope Zürich		* häufiger in Wiesen, ungestörten Böden ** charakteristisch für Wiesen, ungestörte Böden	

Projekt Stadtgrün 2021 – Baumsubstrate: Mykorrhiza

Bestimmung der Endomykorrhiza-Sporenanzahl

Zwischen 2 und 13 (MW 7,5) Sporen
Endomykorrhiza- Pilze je 50 ml Baumsubstrat

- ☞ Baumsubstrate kaum Einfluss auf die
weitere Mykorrhizierung der Bäume



Projekt „Stadtgrün 2021“ - Mykorrhiza-Pilzpräparate

Inokulate

Kontrolle „nicht inokuliert“

Präparate „A“

- **EnM** Endomykorrhiza („AM“)
Claroideoglomus etunicatum
Rhizophagus irregularis
Claroideoglomus claroideum

Präparate „B“

- **EnM** von „A“
- **EkM** Ektomykorrhiza-Pilze
Tongrauer Tränenfälbling (*Hebeloma crustuliniforme*)
Kahler Krempling (*Paxillus involutus*)
Gemeiner Erbsenstreuling (*Pisolithus tinctorius*)
Rötlicher Lacktrichterling (*Laccaria laccata*)
Fliegenpilz (*Amanita muscaria*)
Steinpilz (*Boletus edulis*)
Erd-Warzenpilz (*Thelephora terrestris*)
Maronenröhrling (*Xerocomus badius*)



Verlässliche Produktherkunft!

Projekt Stadtgrün 2021 – Baumarten

Versuchsbaumarten	Mykorrhizotyp	Stammumfang	Aufwandmenge/ Baum (l)
<i>Acer buergerianum</i>	EnM	16/18	0,5
<i>Acer monspessulanum</i>	EnM	16/18	0,5
<i>Alnus x spaethii</i>	EkM	18/20	0,5
<i>Carpinus betulus</i> Frans Fontaine	EkM	18/20	0,5
<i>Celtis australis</i>	EnM	20/25	0,8
<i>Fraxinus ornus</i>	EnM/ EkM	16/18	0,5
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Summit	EnM/ EkM	16/18	0,5
<i>Ginkgo biloba</i>	EnM	14/16	0,5
<i>Gleditsia triacanthos</i> Skyline	EnM	18/20	0,5
<i>Liquidambar styraciflua</i>	EnM	18/20	0,5
<i>Magnolia kobus</i>	EnM	18/20	0,5
<i>Ostrya carpinifolia</i>	EkM	18/20	0,5
<i>Parrotia persica</i>	EnM/ EkM	18/20	0,5
<i>Quercus cerris</i>	EkM	20/25	0,8
<i>Quercus frainetto</i> Trump	EkM	16/18	0,5
<i>Quercus x hispanica</i> Wageningen	EkM	16/18	0,5
<i>Sophora japonica</i> Regent	EnM	18/20	0,5
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	EnM/ EkM	18/20	0,5
<i>Ulmus</i> Lobel	EnM/ EkM	20/25	0,8
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	EnM/ EkM	16/18	0,5

EnM: Endomykorrhiza (AM) EkM: Ektomykorrhiza

Projekt „Stadtgrün 2021“ - Inokulation Mykorrhiza-Pilze

2009/2010



FLL-Substrat

Mittlerer Zuwachs im Stammumfang seit der Pflanzung 2010

Differenz > 5 cm

Würzburg	o. Myk	mit Myk
<i>A. buergerianum</i>	13,8	16,3
<i>A. monspessulanum</i>	17,7	14,5
<i>Alnus x spaethii</i>	27,0	29,0
<i>C.betulus</i> Frans fontaine	11,5	13,8
<i>Celtis australis</i>	14,0	14,8

Hof/ Münchberg	o. Myk	mit Myk
<i>A. buergerianum</i>	*	*
<i>A. monspessulanum</i>	10,5	5,7
<i>Alnus x spaethii</i>	16,8	17,2
<i>C.betulus</i> Frans fontaine	9,3	4,8
<i>Celtis australis</i>	tot	tot

Kempton	o. Myk	mit Myk
<i>A. buergerianum</i>	7,0	9,8
<i>A. monspessulanum</i>	10,8	9,0
<i>Alnus x spaethii</i>	32,0	31,8
<i>C.betulus</i> Frans fontaine	6,5	7,7
<i>Celtis australis</i>	8,3	11,3

Kein nachweisbarer Einfluss der „Mykorrhiza-Behandlung“ auf das Wachstum der Versuchsbäume

<i>Ostrya carpinifolia</i>	19,5	17,3
<i>Parrotia persica</i>	8,8	12,0
<i>Quercus cerris</i>	14,8	16,8
<i>Q. frainetto</i> Trump	22,5	19,3
<i>Q. hispanica</i> Wageningen	12,0	8,0
<i>Sophora japonica</i> Regent	16,0	11,5
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	22,0	19,3
<i>Ulmus</i> Lobel	14,8	14,7
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	14,5	18,3
	cm	cm

<i>Ostrya carpinifolia</i>	13,0	9,8
<i>Parrotia persica</i>	7,1	6,1
<i>Quercus cerris</i>	11,8	11,4
<i>Q. frainetto</i> Trump	7,4	7,1
<i>Q. hispanica</i> Wageningen	10,5	11,8
<i>Sophora japonica</i> Regent	16,3	18,3
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant **	20,1	19,6
<i>Ulmus</i> Lobel	11,4	13,0
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	9,7	8,5
	cm	cm

<i>Ostrya carpinifolia</i>	7,7	9,7
<i>Parrotia persica</i>	9,5	8,8
<i>Quercus cerris</i>	5,5	10,0
<i>Q. frainetto</i> Trump	11,0	11,3
<i>Q. hispanica</i> Wageningen	9,0	10,0
<i>Sophora japonica</i> Regent	12,0	11,3
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	14,3	10,5
<i>Ulmus</i> Lobel	20,7	19,3
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	17,0	18,5
	cm	cm

Projekt „Stadtgrün 2021“ – Mykorrhiza-Untersuchungen

Versuchsbaumarten	Mykorrhizatyp	Würzburg		
		2011 (H)	2012 (F,S,H)	2013 (F,H)
<i>Acer buergerianum</i>	EnM	X		
<i>Acer monspessulanum</i>	EnM	X		
<i>Alnus x spaethii</i>	EkM	X		
<i>Carpinus betulus</i> Frans Fontaine	EkM	X	S, H	X
<i>Celtis australis</i>	EnM	X		
<i>Fraxinus ornus</i>	EnM/ EkM	X		
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Summit	EnM/ EkM	X	X	X
<i>Ginkgo biloba</i>	EnM	X		
<i>Gleditsia triacanthos</i> Skyline	EnM	X		
<i>Liquidambar styraciflua</i>	EnM	X		
<i>Magnolia kobus</i>	EnM	X	X	X
<i>Ostrya carpinifolia</i>	EkM	X	X	X
<i>Parrotia persica</i>	EnM/ EkM	X	X	X
<i>Quercus cerris</i>	EkM	X	X	X
<i>Quercus frainetto</i> Trump	EkM	X		
<i>Quercus x hispanica</i> Wageningen	EkM	X		
<i>Sophora japonica</i> Regent	EnM	X		
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	EnM/ EkM	X	X	X
<i>Ulmus</i> Lobel	EnM/ EkM	X		
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	EnM/ EkM	X		

EnM: Endomykorrhiza (AM)

EkM: Ektomykorrhiza

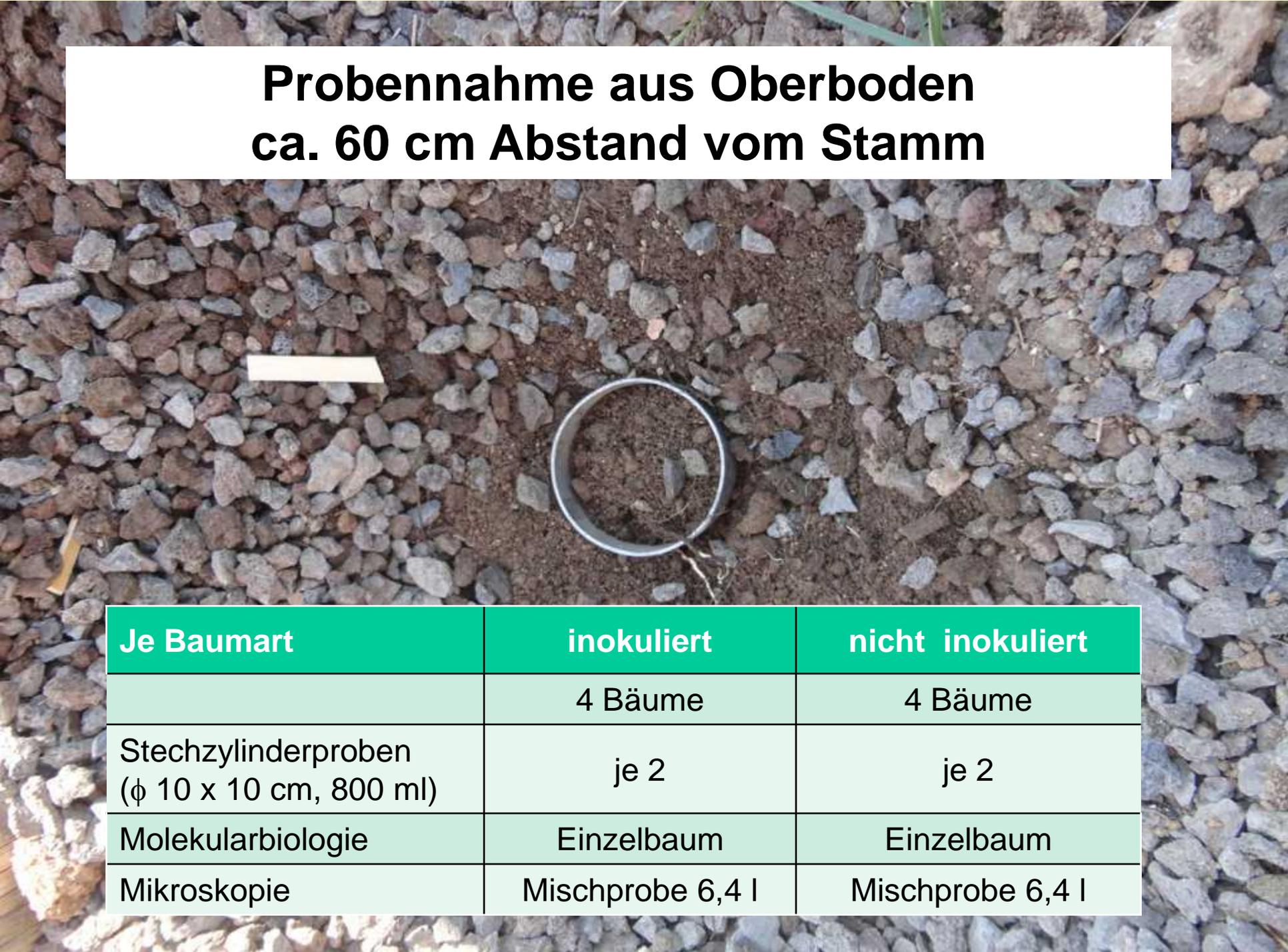
Projekt „Stadtgrün 2021“ – Mykorrhiza-Untersuchungen

Versuchsbaumarten	Mykorrhizatyp	Würzburg			Würzburg/ Hof/ Kempton
		2011 (H)	2012 (F,S,H)	2013 (F,H)	2014 (F,H)
<i>Acer buergerianum</i>	EnM	X			
<i>Acer monspessulanum</i>	EnM	X			
<i>Alnus x spaethii</i>	EkM	X			
<i>Carpinus betulus</i> Frans Fontaine	EkM	X	S, H	X	X
<i>Celtis australis</i>	EnM	X			
<i>Fraxinus ornus</i>	EnM/ EkM	X			
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Summit	EnM/ EkM	X	X	X	X
<i>Ginkgo biloba</i>	EnM	X			
<i>Gleditsia triacanthos</i> Skyline	EnM	X			
<i>Liquidambar styraciflua</i>	EnM	X			
<i>Magnolia kobus</i>	EnM	X	X	X	
<i>Ostrya carpinifolia</i>	EkM	X	X	X	X
<i>Parrotia persica</i>	EnM/ EkM	X	X	X	
<i>Quercus cerris</i>	EkM	X	X	X	
<i>Quercus frainetto</i> Trump	EkM	X			
<i>Quercus x hispanica</i> Wageningen	EkM	X			
<i>Sophora japonica</i> Regent	EnM	X			
<i>Tilia tomentosa</i> Brabant	EnM/ EkM	X	X	X	
<i>Ulmus</i> Lobel	EnM/ EkM	X			
<i>Zelkova serrata</i> Green Vase	EnM/ EkM	X			

EnM: Endomykorrhiza (AM)

EkM: Ektomykorrhiza

Probennahme aus Oberboden ca. 60 cm Abstand vom Stamm



Je Baumart	inokuliert	nicht inokuliert
	4 Bäume	4 Bäume
Stechzylinderproben (ϕ 10 x 10 cm, 800 ml)	je 2	je 2
Molekularbiologie	Einzelbaum	Einzelbaum
Mikroskopie	Mischprobe 6,4 l	Mischprobe 6,4 l



**Pflanzballen
im Profilschnitt**

**Auswurzelung durch ober-
flächennahe Seitenwurzeln**



Feinwurzelextraktion

Mikroskopische Untersuchung der Mykorrhiza

Bestimmung der Ektomykorrhiza



Häufigkeit der Mykorrhizierung (Frequenz)

Anzahl der Wurzelspitzen mit Strukturen von Ektomykorrhiza in 4 x 0,1 g Feinwurzeln (☞ %)



Mikroskopische Untersuchung der Mykorrhiza

Bestimmung der Endomykorrhiza (TROUVELOT 1986)



Je Wurzelmischprobe
eine repräsentative
Stichprobe von 30
Feinwurzeln (1 cm)

Häufigkeit der Mykorrhizierung (Frequenz)

Anzahl der 30 Feinwurzelstücke mit Strukturen von
Endo-Mykorrhiza-Pilze (%)

Intensität der Mykorrhizierung

Umfang, in welchem diese Feinwurzelstücke mit Struk-
turen von Endo-Mykorrhiza-Pilzen besetzt sind (%)



Mykorrhiza - Determination der Pilze/Metagenom

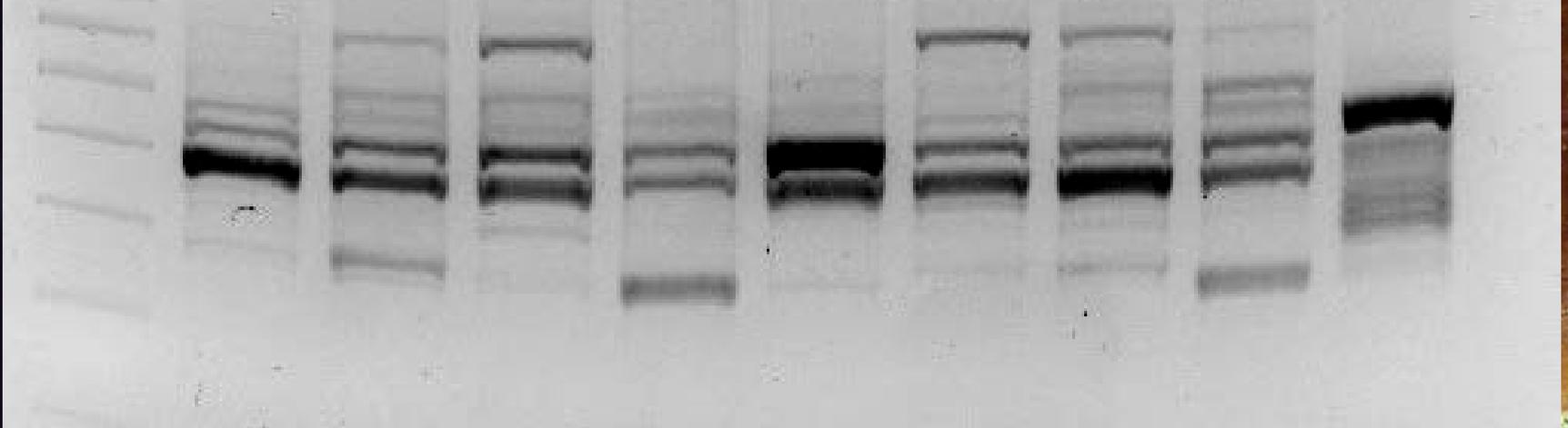
PCR (Ektomykorrhiza)

- Primer ITS1F + ITS4

- Sequenzabgleich gegen NCBI und UNITE

454 Deep Amplicon Sequencing (Ekto/Endomykorrhiza)

Proben Herbst 2012 und Herbst 2014



Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften - Standorte (2014)

Ektomykorrhiza Species	<i>Carpinus betulus</i>				<i>Ostrya carpinifolia</i>				<i>Fraxinus pennsylvanica</i>				Endomykorrhiza Species				
	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton		Ballen	Würzburg	Hof	Kempton
<i>Geopora cervina</i>																	<i>Acaulospora sp.</i>
<i>Geopora sp</i>		X															<i>Acaulospora sp.</i>
<i>Peziza sp KH_00020</i>																	<i>Cetraspora nodosa</i>
<i>Peziza sp</i>		X														X	<i>Claroideoglomeraceae</i>
<i>Pezizaceae sp</i>				X										X			<i>Claroideoglomerus drummondii</i>
<i>Pseudogymnoascus roseus</i>																	<i>Claroideoglomerus sp.</i>
<i>Tarzetia sp</i>			X														<i>Diversispora sp.</i>
<i>Tuber rufum</i>		X							X								<i>Dominikia achra</i>
<i>Tuber rufum f ferrugineum</i>		X															<i>Dominikia indica</i>
<i>Tuber sp</i>																	<i>Dominikia iranica</i>
<i>Entoloma shandongense</i>															X		<i>Dominikia minuta</i>
<i>Hebeloma cavipes</i>																	<i>Dominikia sp.</i>
<i>Hebeloma helodes</i>																	<i>Funneliformis caledonius</i>
<i>Hebeloma lutense</i>				X													<i>Glomeraceae</i>
<i>Hebeloma mesophaeum</i>																	<i>Glomus macrocarpum</i>
<i>Hebeloma salicicola</i>				X													<i>Glomus sp.</i>
<i>Hebeloma sp ME12_E2</i>									X								<i>Kamienska sp.</i>
<i>Hymenogaster griseus</i>			X						X								<i>Paraglomerales/Archaeosporales</i>
<i>Hymenogaster megasporus</i>										X							<i>Rhizophagus clarus</i>
<i>Scleroderma areolatum</i>		X							X								<i>Rhizophagus intraradices</i>
<i>Scleroderma verrucosum</i>		X							X								<i>Rhizophagus invermaium</i>
<i>Tomentella sp</i>		X															<i>Rhizophagus irregularis</i>
																	<i>Rhizophagus sp.</i>
																	<i>Scutellospora dipapillosa</i>
																	<i>Septoglomerus sp.</i>

kein Nachweis	
>0	
>16	
>256	
>2048	

Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften - Standorte (2014)

Ektomykorrhiza Species	<i>Carpinus betulus</i>				<i>Ostrya carpinifolia</i>				<i>Fraxinus pennsylvanica</i>				Endomykorrhiza Species
	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton	Ballen	Würzburg	Hof	Kempton	
<i>Geopora cervina</i>				X									<i>Acaulospora sp.</i>
<i>Geopora sp</i>													<i>Acaulospora sp.</i>
<i>Peziza sp KH_00020</i>													<i>Cetraspora nodosa</i>
<i>Peziza sp</i>													<i>Claroideoglomeraceae</i>
<i>Pezizaceae sp</i>													<i>Claroideoglomerus drummondii</i>
<i>Pseudogymnoascus roseus</i>													<i>Claroideoglomerus sp.</i>
<i>Tarzetia sp</i>													<i>Diversispora sp.</i>
<i>Tuber rufum</i>				X									<i>Dominikia achra</i>
<i>Tuber rufum f ferrugineum</i>													<i>Dominikia indica</i>
<i>Tuber sp</i>													<i>Dominikia iranica</i>
<i>Entoloma shandongense</i>													<i>Dominikia minuta</i>
<i>Hebeloma cavipes</i>													<i>Dominikia sp.</i>
<i>Hebeloma helodes</i>													<i>Funneliformis caledonius</i>
<i>Hebeloma lutense</i>													<i>Glomeraceae</i>
<i>Hebeloma mesophaeum</i>													<i>Glomus macrocarpum</i>
<i>Hebeloma salicicola</i>													<i>Glomus sp.</i>
<i>Hebeloma sp ME12_E2</i>												X	<i>Kamienska sp.</i>
<i>Hymenogaster griseus</i>													<i>Paraglomerales/Archaeosporales</i>
<i>Hymenogaster megasporus</i>				X									<i>Rhizophagus clarus</i>
<i>Scleroderma areolatum</i>				X									<i>Rhizophagus intraradices</i>
<i>Scleroderma verrucosum</i>													<i>Rhizophagus invermaium</i>
<i>Tomentella sp</i>													<i>Rhizophagus irregularis</i>
													<i>Rhizophagus sp.</i>
													X <i>Scutellospora dipapillosa</i>
													<i>Septoglomerus sp.</i>

kein Nachweis		
>0		
>16		
>256		
>2048		

Mykorrhiza bei Straßenbäumen – Erfahrungen

- ☛ Mykorrhiza-Pilzpräparate bei der Baumpflanzung erbrachten im Vergleich zu nicht inokulierten Varianten keine Unterschiede
 - Häufigkeit und Intensität der Mykorrhizierung
 - Metagenom (Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften)
- ☛ Den Baumspesies lassen sich spezifische Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften zuordnen
- ☛ Standort beeinflusst Mykorrhiza-Pilzgemeinschaften
- ☛ Einige Pilzgattungen der „Baumschulmykorrhiza“ sind auch in den Jahren nach der Pflanzung nachweisbar

Leistungen der Pflanze für die Mykorrhizapilze

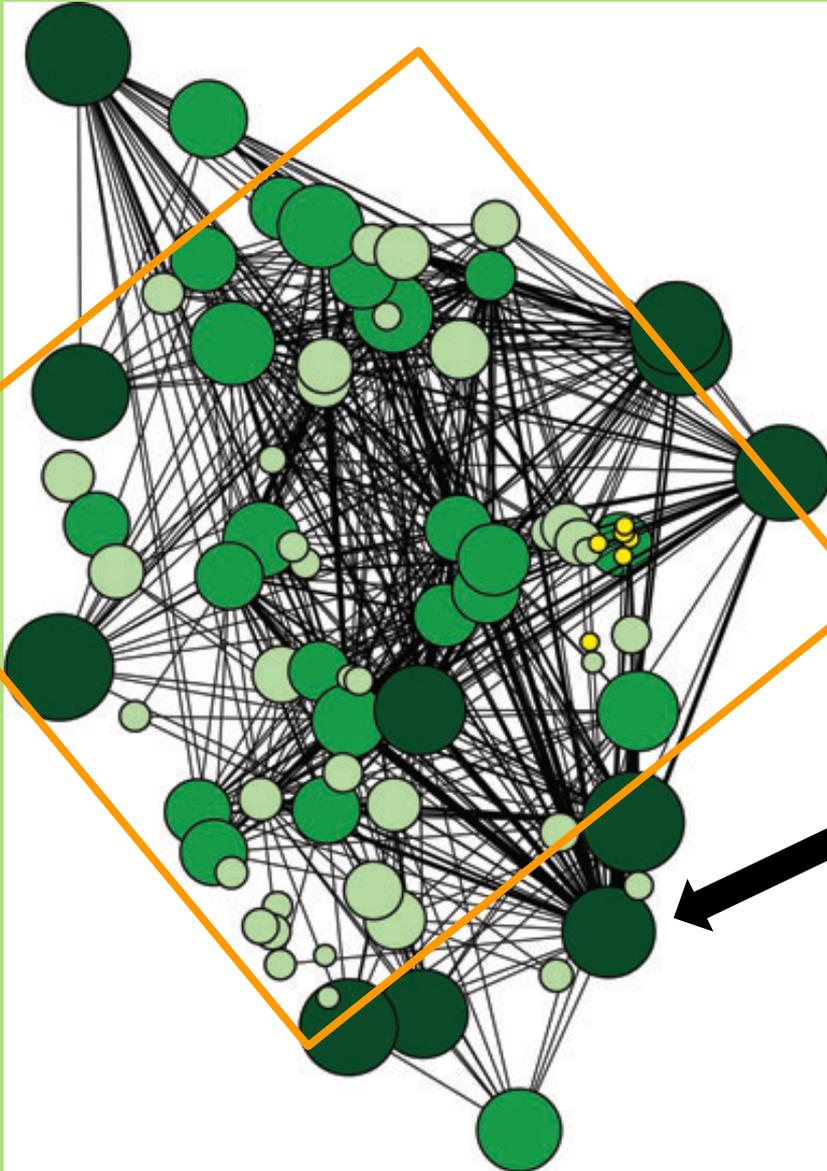
- ☞ Bis zu 30 % ihrer Assimilate „tritt“ die Pflanze Mykorrhiza-Pilzen zu



Leistungen der Pilze für die Pflanze

- ☞ Verbesserung der Pflanzenernährung
 - Erleichterung der Nahrungsaufnahme
 - Erleichterung der Elementaufnahme
- ☞ Verbesserung der Bodenstruktur
 - Erleichterung der Bodenaggregate
 - Erleichterung der Wurzelstabilität
 - Erleichterung der Wurzelhaftigkeit
- ☞ Verbesserung der Widerstandsfähigkeit
 - Erleichterung der Krankheitsabwehr
 - Erleichterung der Frosttoleranz
 - Erleichterung der Dürretoleranz
- ☞ Schaderreger (Pilze, Bakterien, Nematoden)
 - ☞ „antiphytopathogene Potenz“

Mykorrhiza-Netzwerke - Forst



Douglasien-Forst (Canada)

- Fläche 30 x 30m
- 67 Bäume (4 Altersklassen)

Endomykorrhiza

- *Rhizopogon vesiculosus*
- *Rhizopogon vinicolor*

Verbindung zu 47 anderen Bäumen

- 8 Genotypen *Rhizopogon vesiculosus*
- 3 Genotypen *Rhizopogon vinicolor*

K.J. Beiler et al. 2009

Mykorrhiza ☞ „Leistungskontrolle“

Spannend wird es, wenn eine Pflanze mit unterschiedlich kooperativen Pilzpartnern vergesellschaftet ist: einem „geizigeren“, der pro gelieferte Kohlenhydrat-Einheit weniger Phosphate abliefern, und einem „großzügigeren“, der für seine Ernährung mit mehr Phosphaten „bezahlt“. In einem solchen Fall kann sich die Pflanze entscheiden, dem geizigeren Partner gezielt weniger Kohlenhydrate zur Verfügung stellen. Indem die Pflanze die Nahrungslieferung für ihren weniger kooperativen Pilzpartner drosselt – ihn quasi „aushungert“ – bringt sie ihn dazu, ihr mehr von den begehrten Phosphaten zu liefern. Auf diese Weise wird der Partner dazu gebracht, ihr etwa gleichviel wie der großzügigere Pilz zurückzugeben.

A. Argüello et al. 2016

Mykorrhiza – als Parasit?

„Brûlée“: Die Trüffelmykorrhiza übernimmt das Kommando

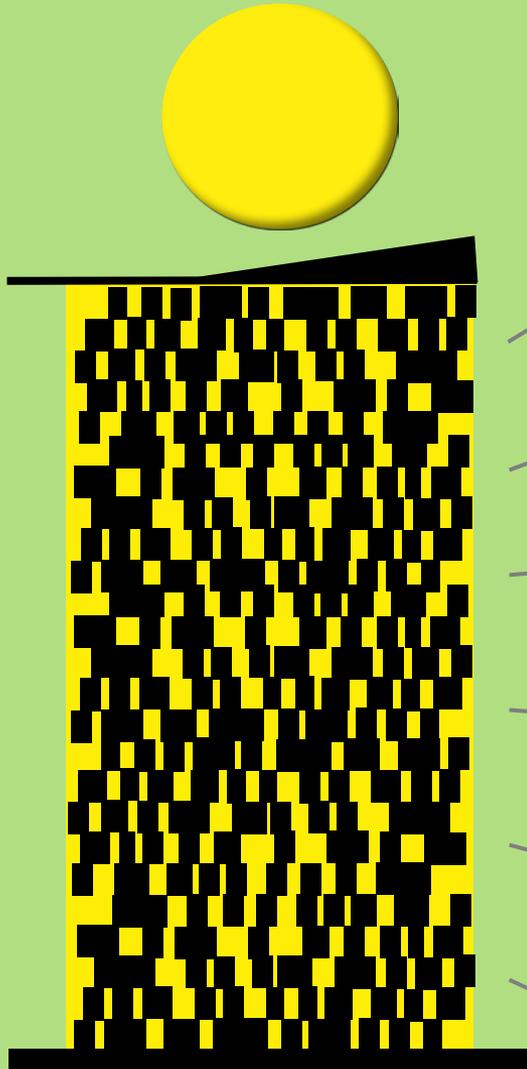


Allelopathie

☞ „Parasitäre Eradiktion der Begleitflora“

Prinzip: „Verdacht“ & Vorsorge

„Mykorrhizapräparate“



Problematische Standortbedingungen

Problematische Baumgruben

Problematische Baum-„Substrate“

Mangelhafte Ballenware

Unzureichende Pflanztechnik

Unzureichende Baumpflege

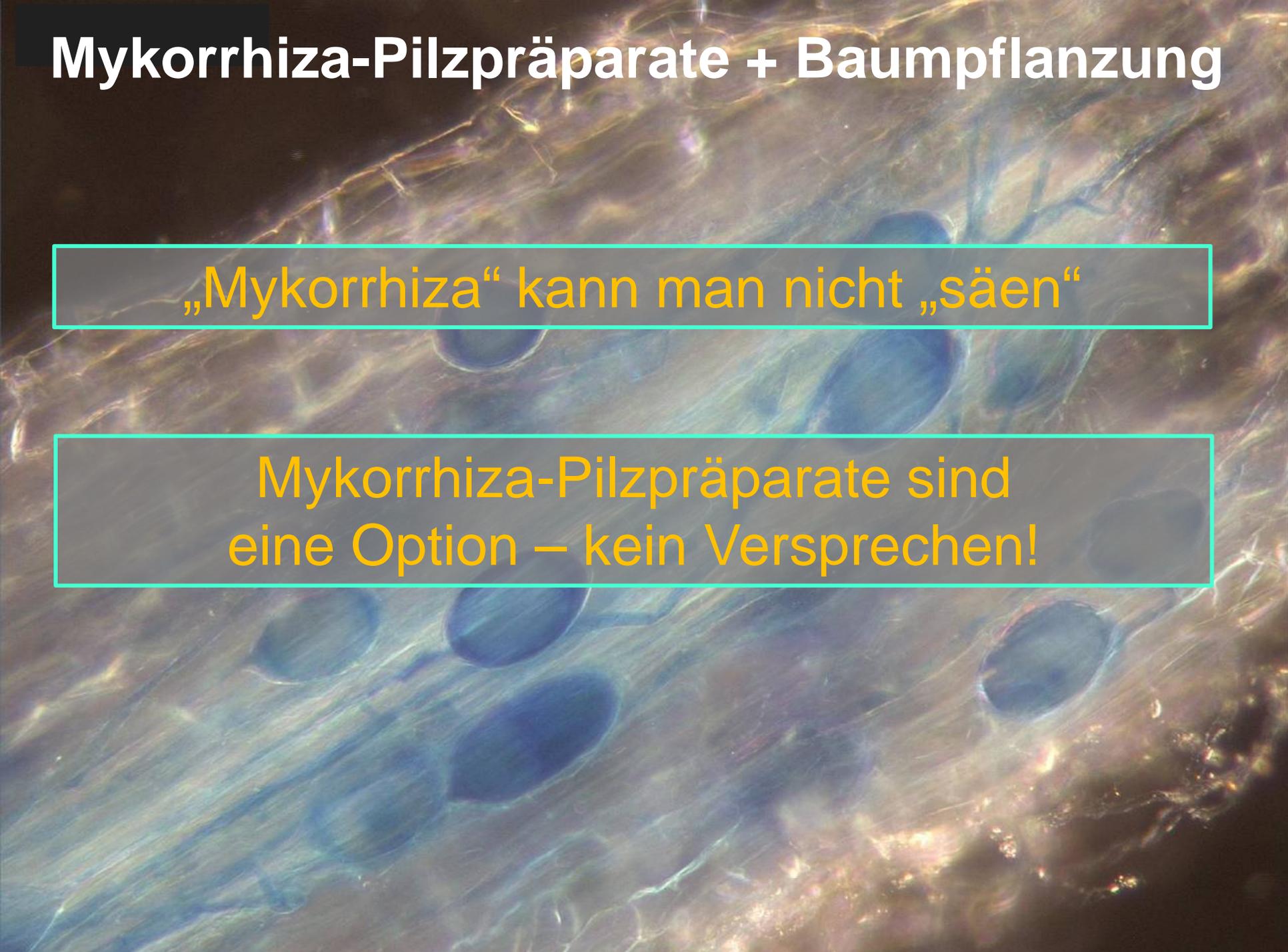
Mykorrhiza-Pilzpräparate + Baumpflanzung

Brauchen Stadtbäume zusätzliche Mykorrhiza-Pilzpartner?

Unter Beachtung der Standards der Baumkultur (Wurzelraum, Qualität Pflanzgut, Substrat, Nährstoffdynamik, Baumpflege ...)

- ☞ Welche Mykorrhiza-Pilze (in Kombination mit Bakterien?) könnten definierbare Problemfelder moderieren?
- ☞ Entwicklung von Mykorrhiza-Pilzpräparaten auf der Basis physiologischer Standortbedingungen, Baumart, Baumalter ...

Mykorrhiza-Pilzpräparate + Baumpflanzung

A microscopic image of plant tissue, likely a root cross-section, stained with a blue dye. The image shows various cellular structures, including large, rounded cells and smaller, more elongated cells. The blue staining highlights specific areas, possibly the cell walls or internal structures of the plant cells, and some of the mycorrhizal structures that are being discussed in the text.

„Mykorrhiza“ kann man nicht „säen“

Mykorrhiza-Pilzpräparate sind
eine Option – kein Versprechen!