



Foto: Jocke Berglund



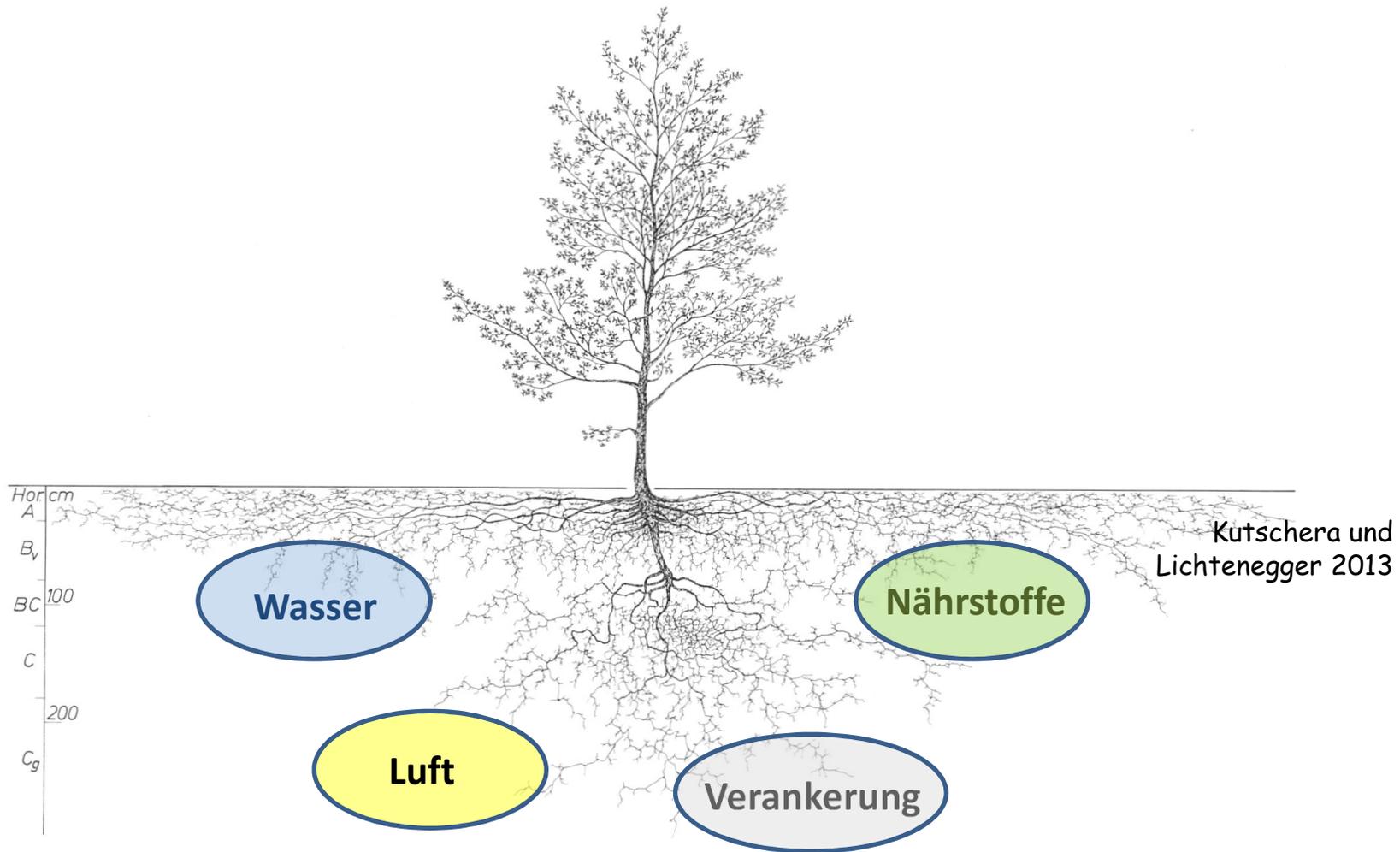
**Bodenschutz durch geordnete Feinerschließung
auch im Katastrophenfall**

Prof. Dr. Thorsten Gaertig
Professur für Angewandte Bodenkunde und Stadtökologie
Fakultät Ressourcenmanagement
HAWK – Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst

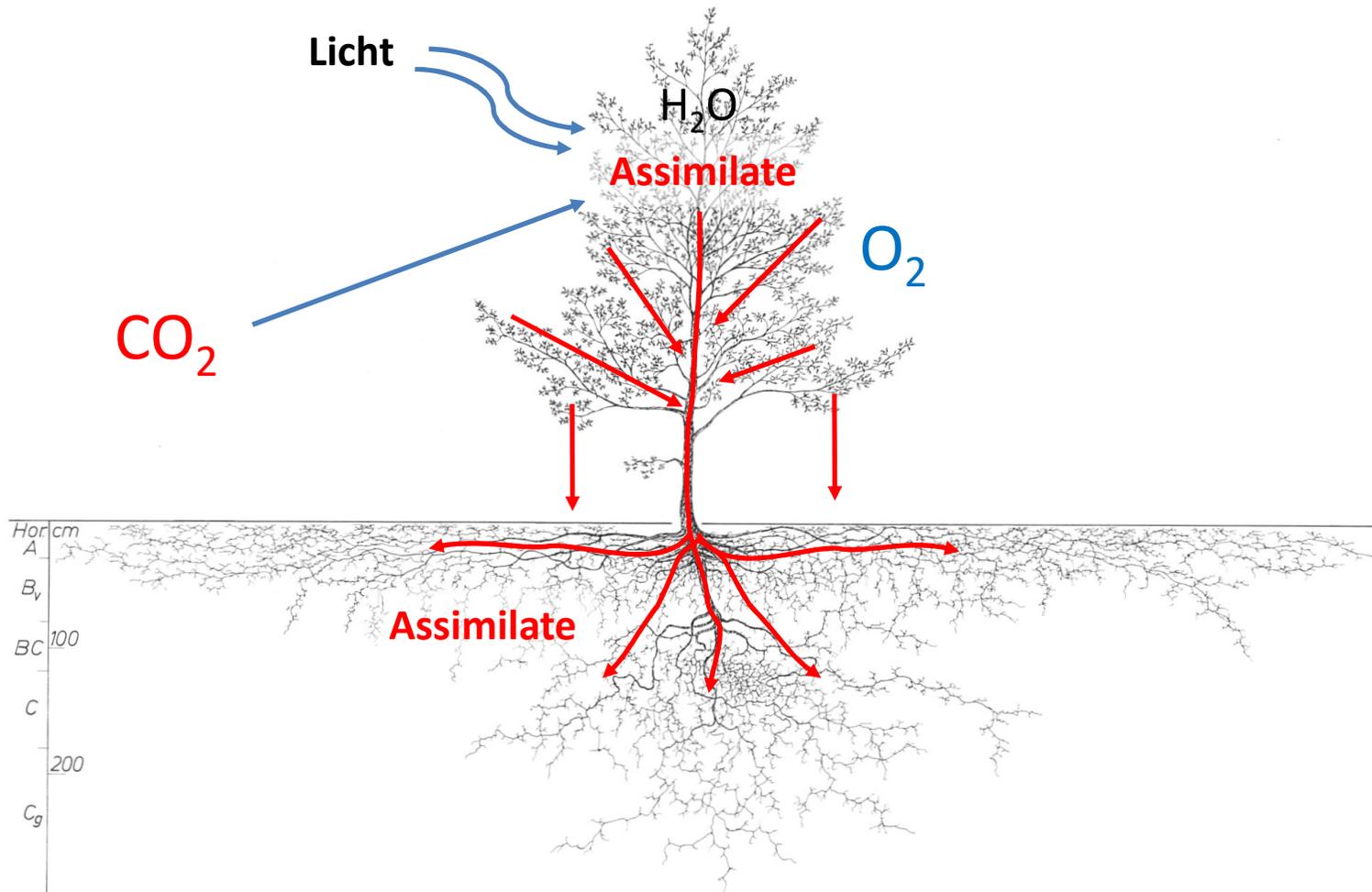
Themen

- Bodenfunktionsstörungen durch Bodenverdichtung
- Regeneration verdichteter Böden
- Bodenschutz und Feinerschließung
 - Vorstellungen Bundesländer zur Feinerschließung
 - Rückegassenabstände und Fahrspurtiefe
 - Erhalt der Tragfähigkeit
 - Integration vorhandener Befahrungslinien
 - Dokumentation der Feinerschließung
- Fazit

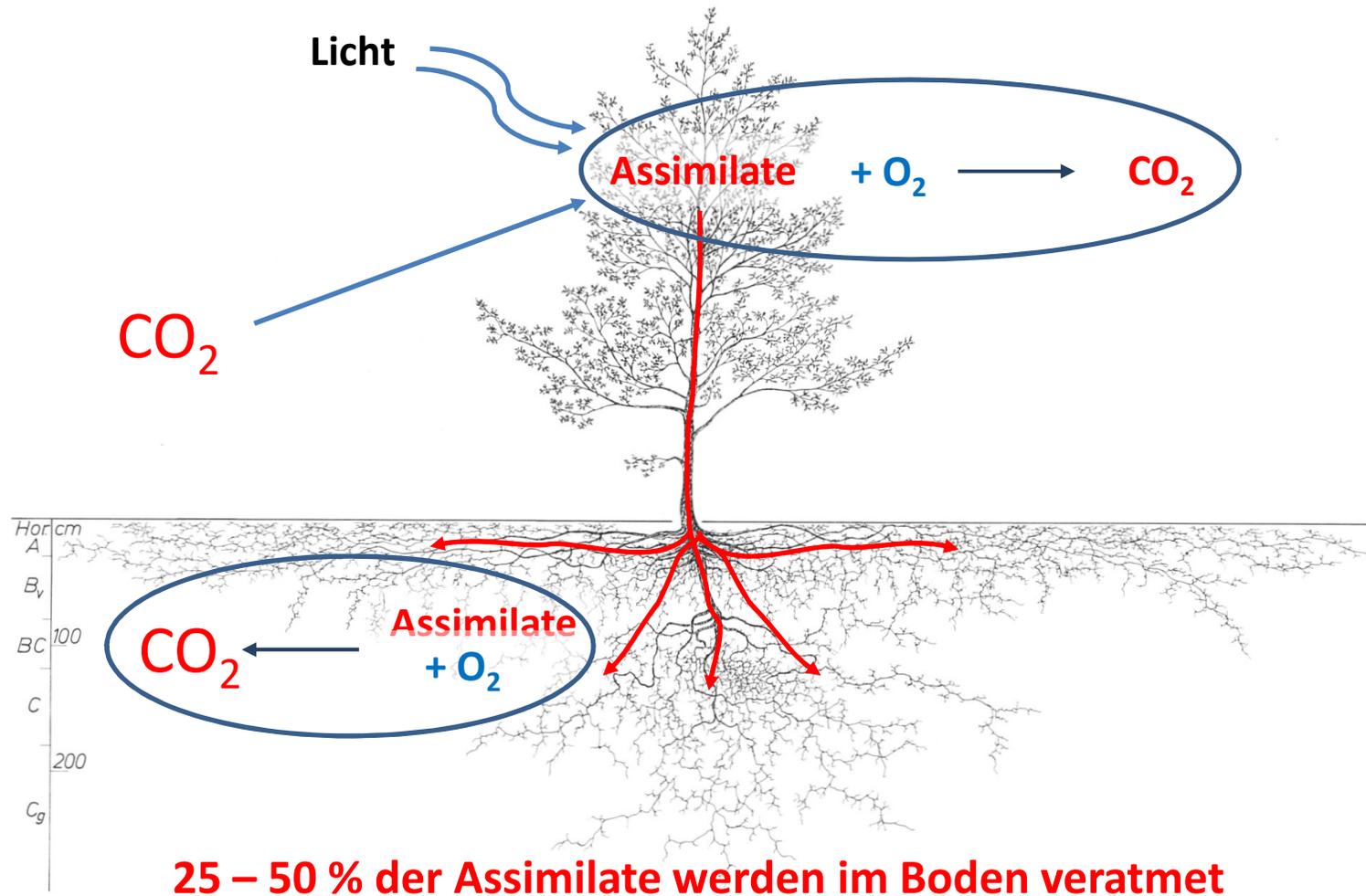
Ansprüche des Baumes an den Boden



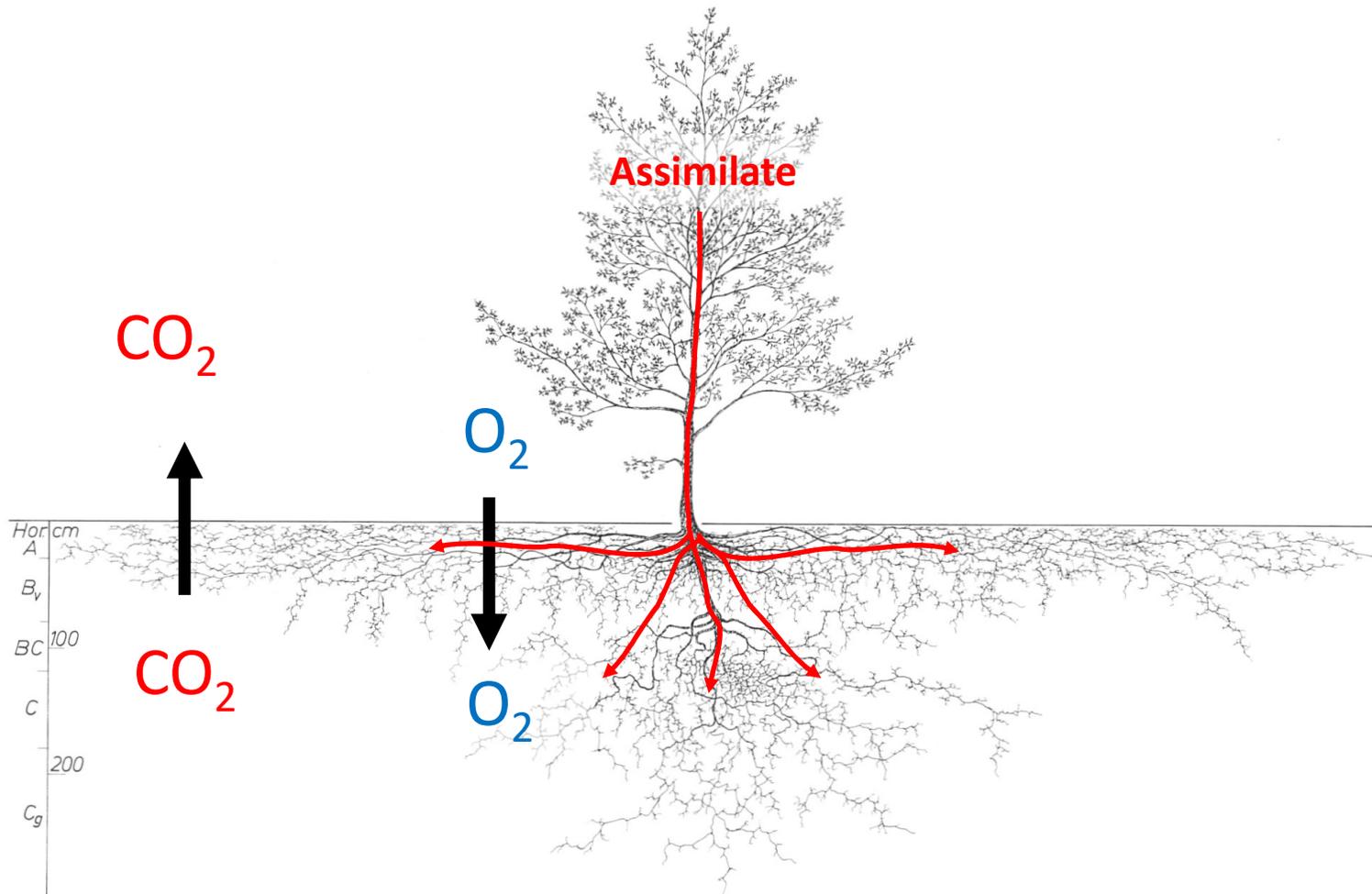
Kohlenstoffkreislauf eines Baumes



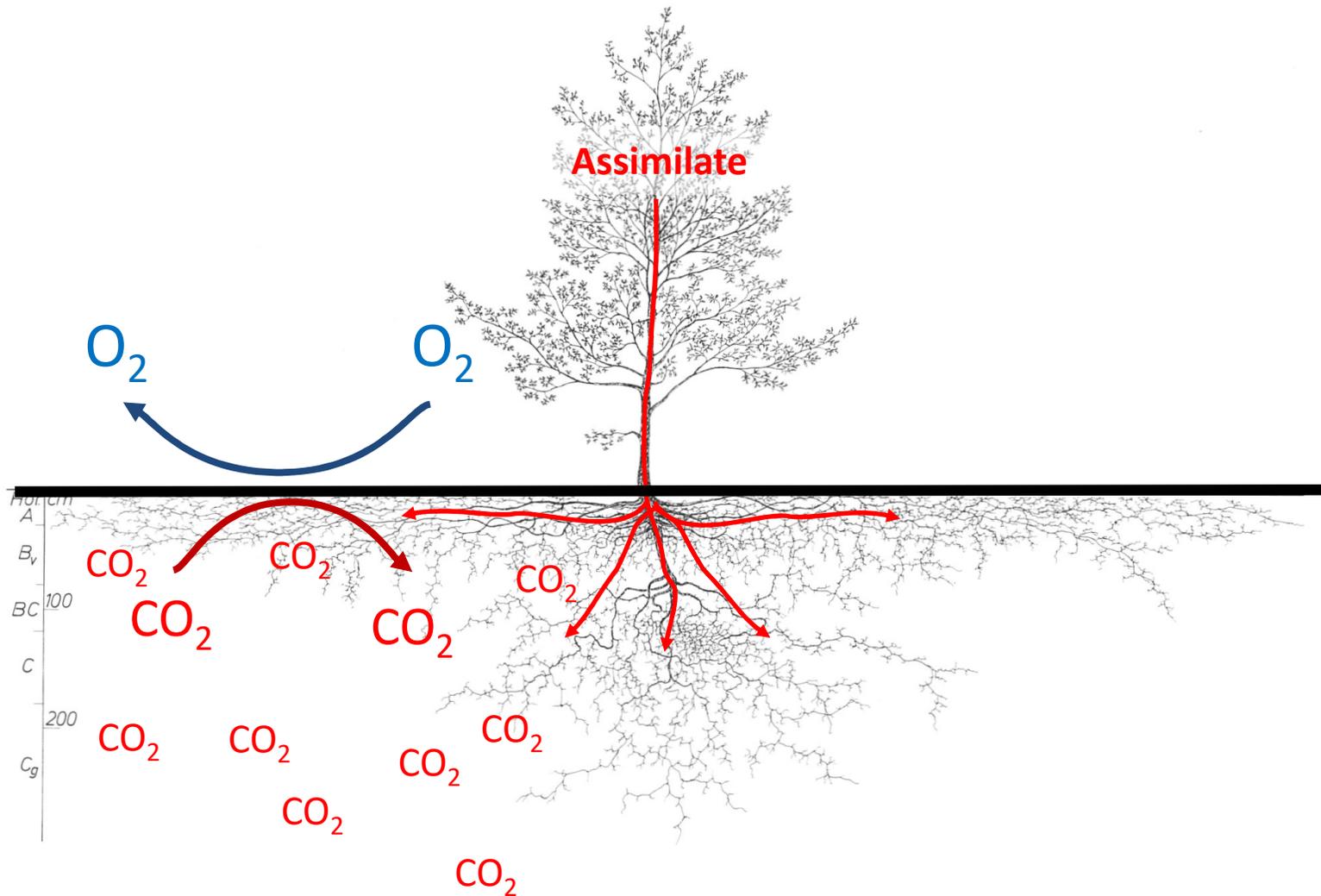
Veratmung von Assimilaten



Bodengasaustausch Boden / Atmosphäre



Bodengasaustausch Boden / Atmosphäre



Krümelgefüge auf ungestörtem Boden

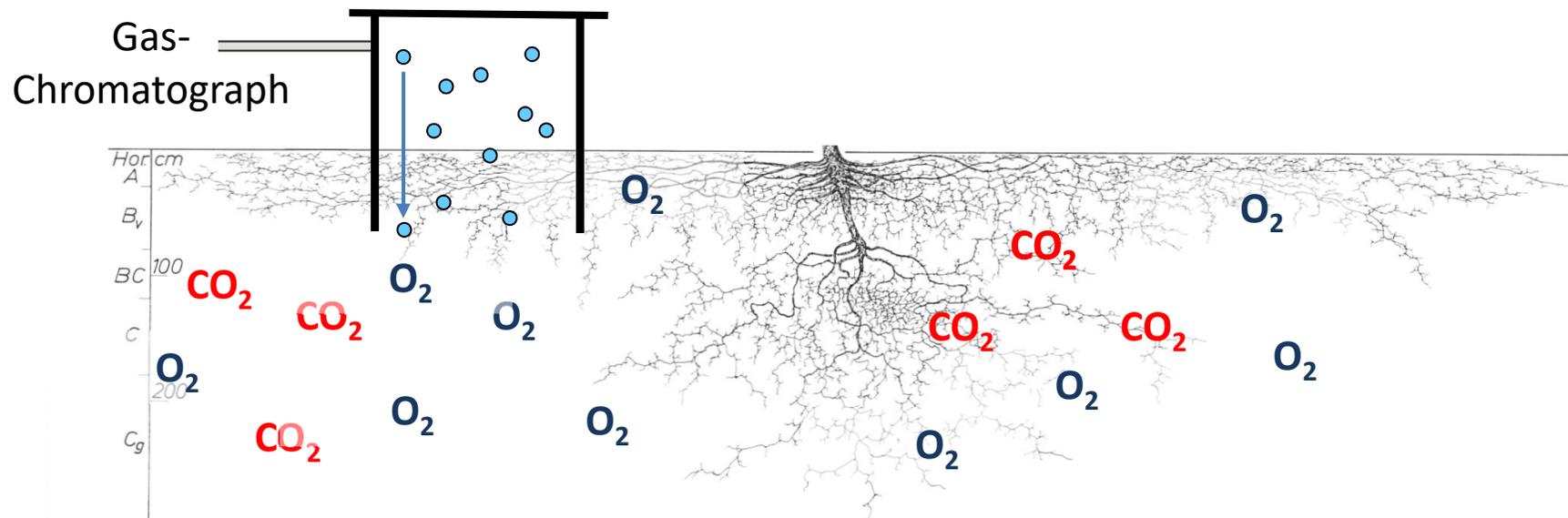


Kohärentgefüge auf verdichtetem Boden



Wie lassen sich Störungen des Gashaushalts messen?

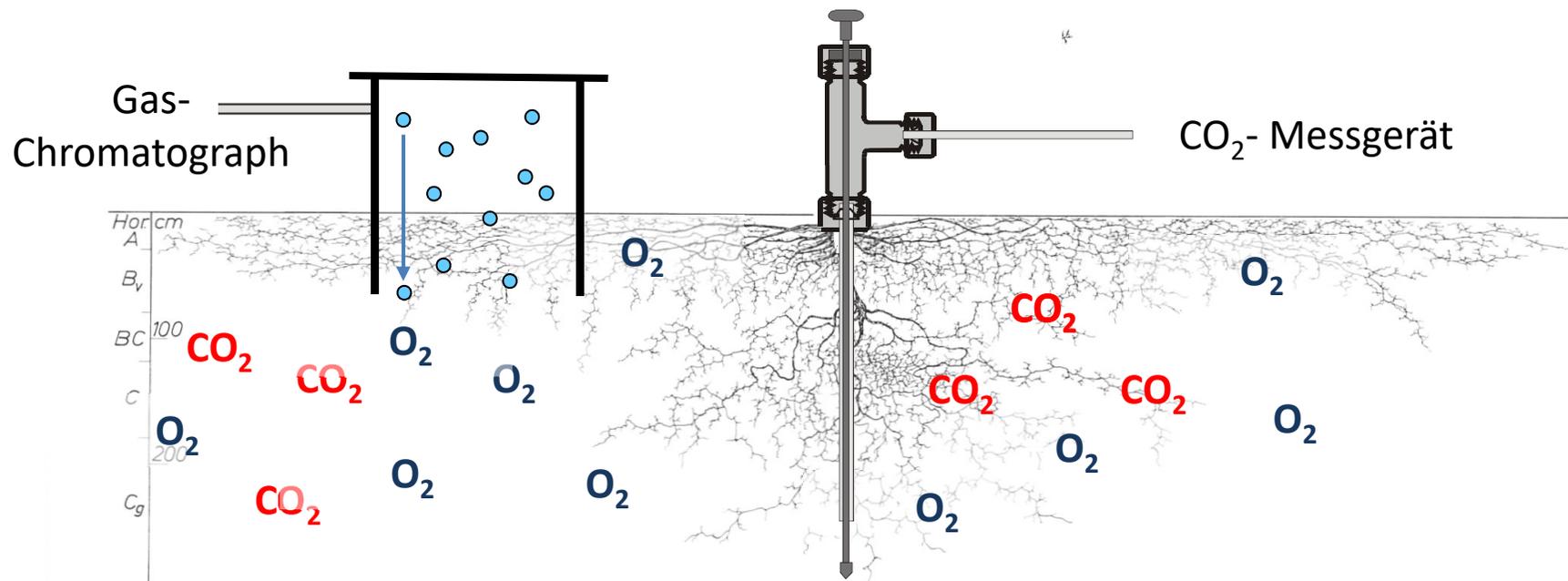
Gasdurchlässigkeit (Gasdiffusionskoeffizient)



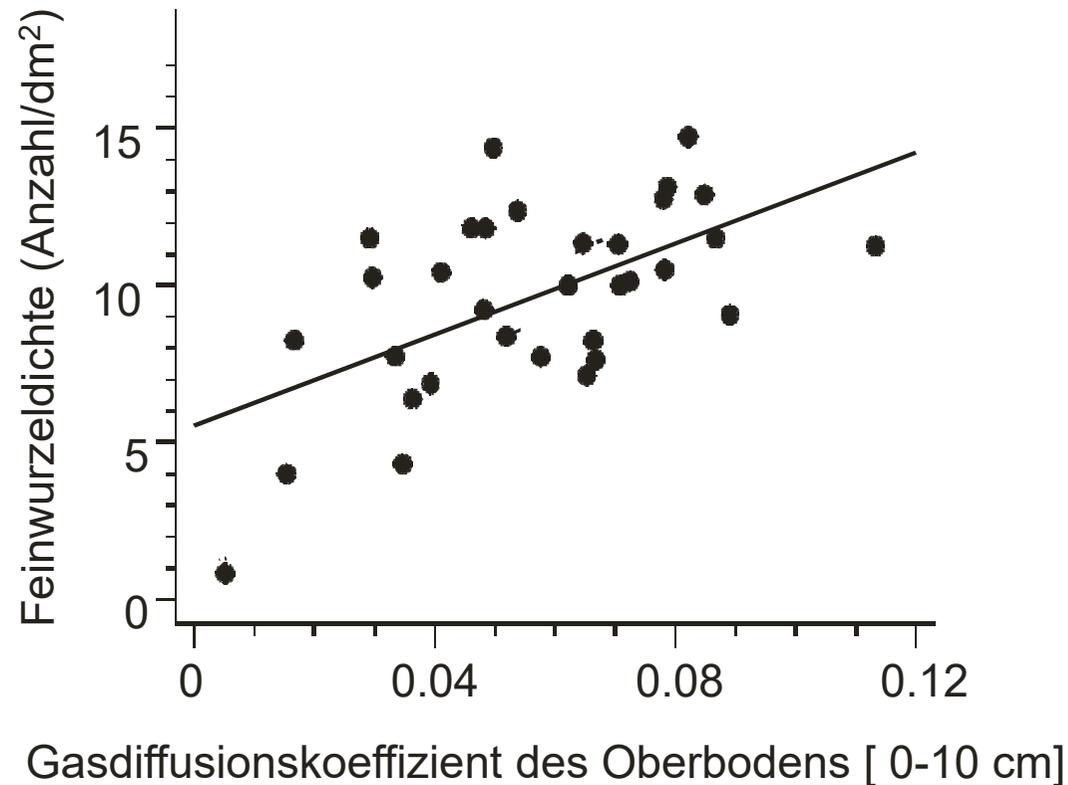
Wie lassen sich Störungen des Gashaushalts messen?

Gasdurchlässigkeit
(Gasdiffusionskoeffizient)

CO₂-Konzentration
der Bodenluft

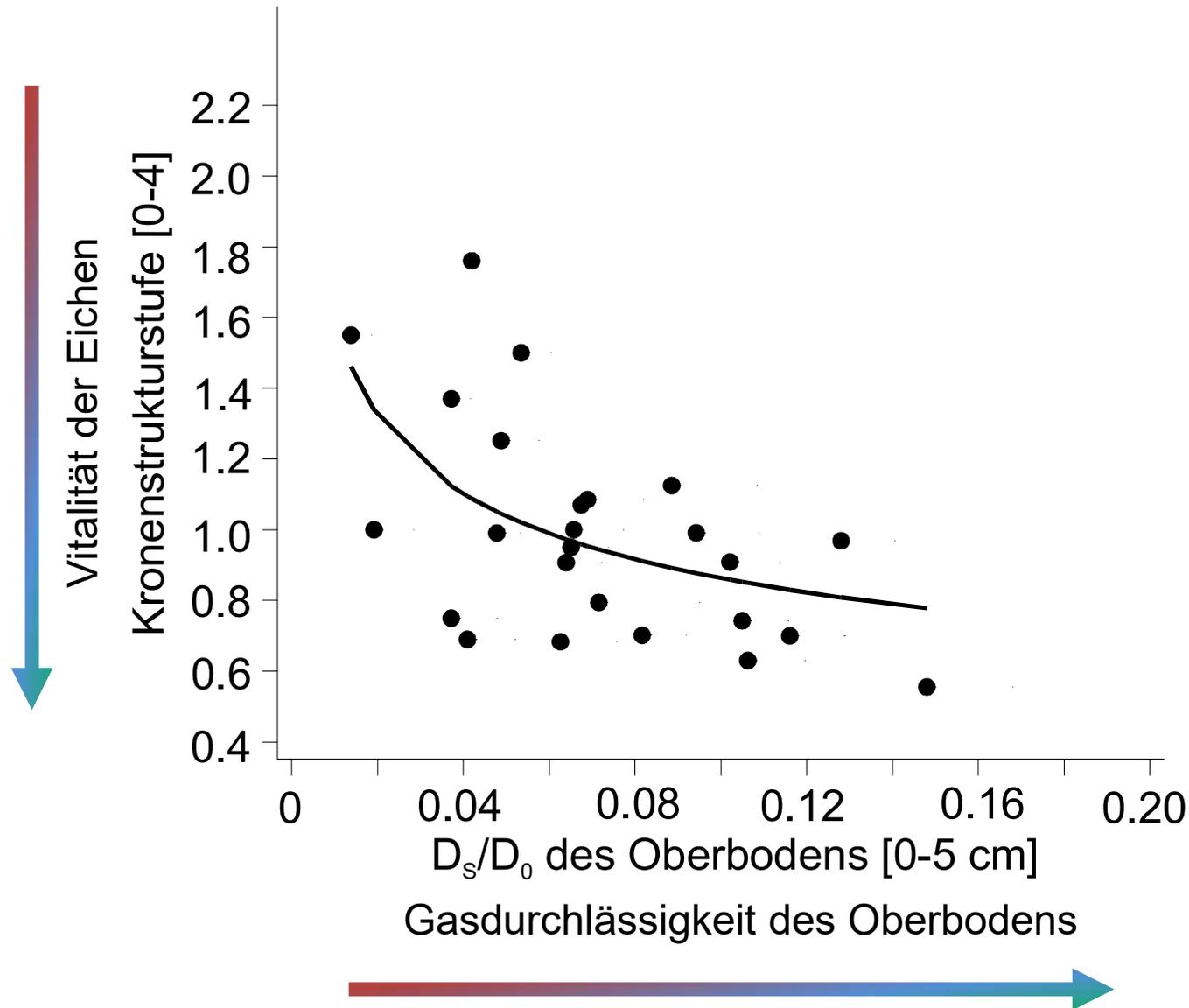


Feinwurzeldichte in Abhängigkeit von der Bodenbelüftung

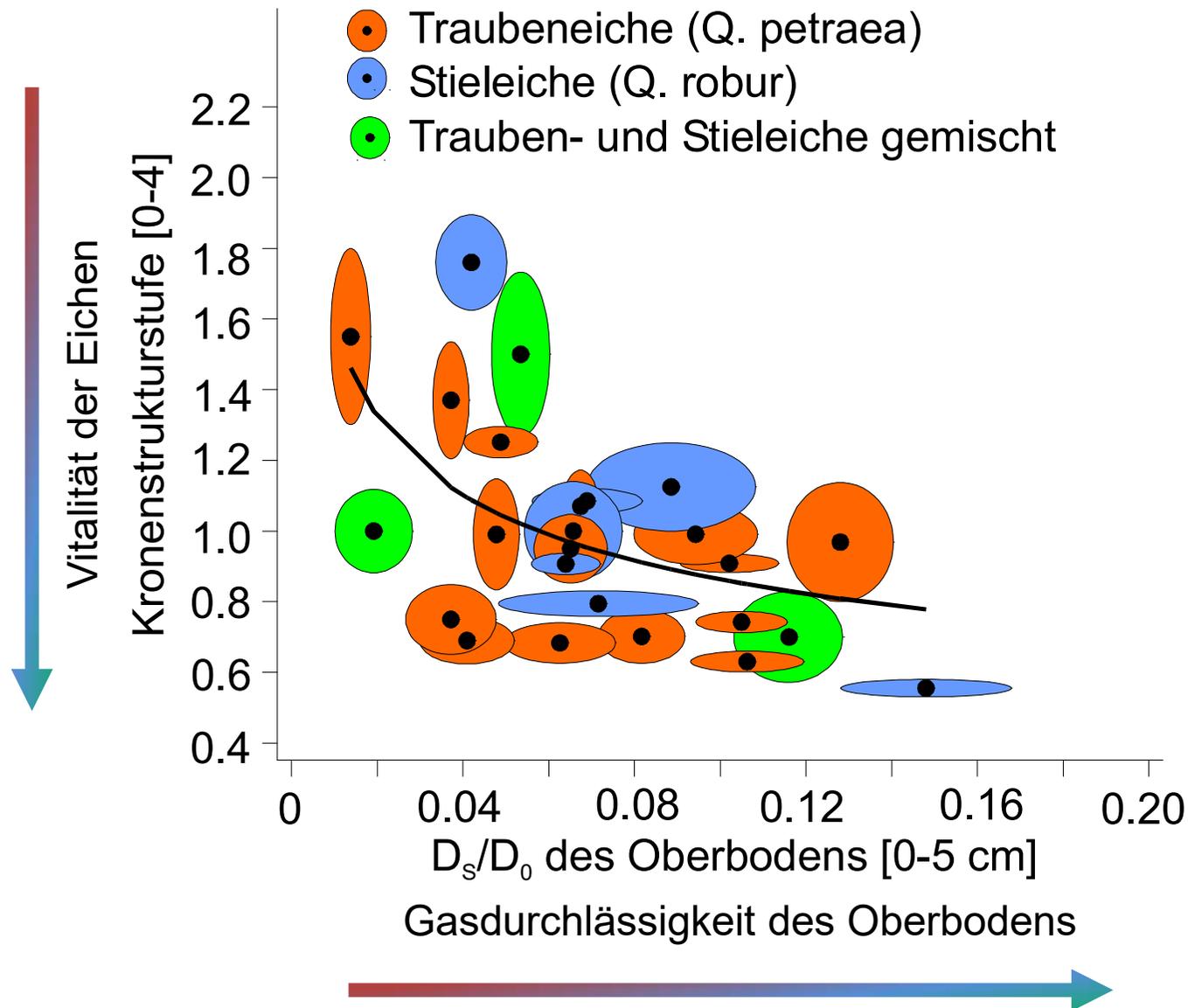


Jeder Punkt repräsentiert einen Eichenbestand in Baden-Württemberg
10 Messungen Gasdurchlässigkeit / Wurzeln an 2 m² Profilwand

Bodenbelüftung und Vitalität von Eichen



Bodenbelüftung und Vitalität von Eichen



Störungen der Bodenbelüftung



Störung der Sauerstoffversorgung der Wurzeln



Verringerung der Wurzelatmung



Verringerung des Wurzelwachstums

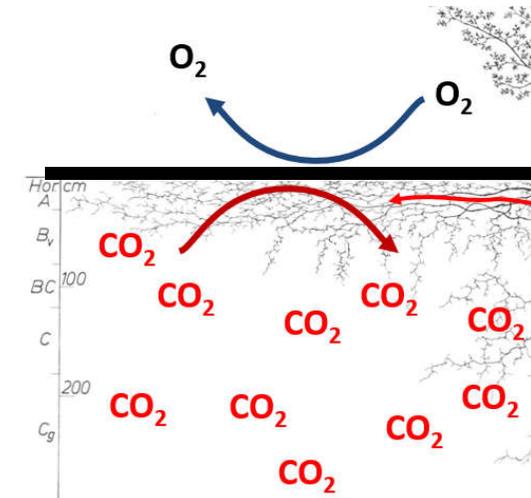


Verringerung der Wasser und Nährstoffaufnahme

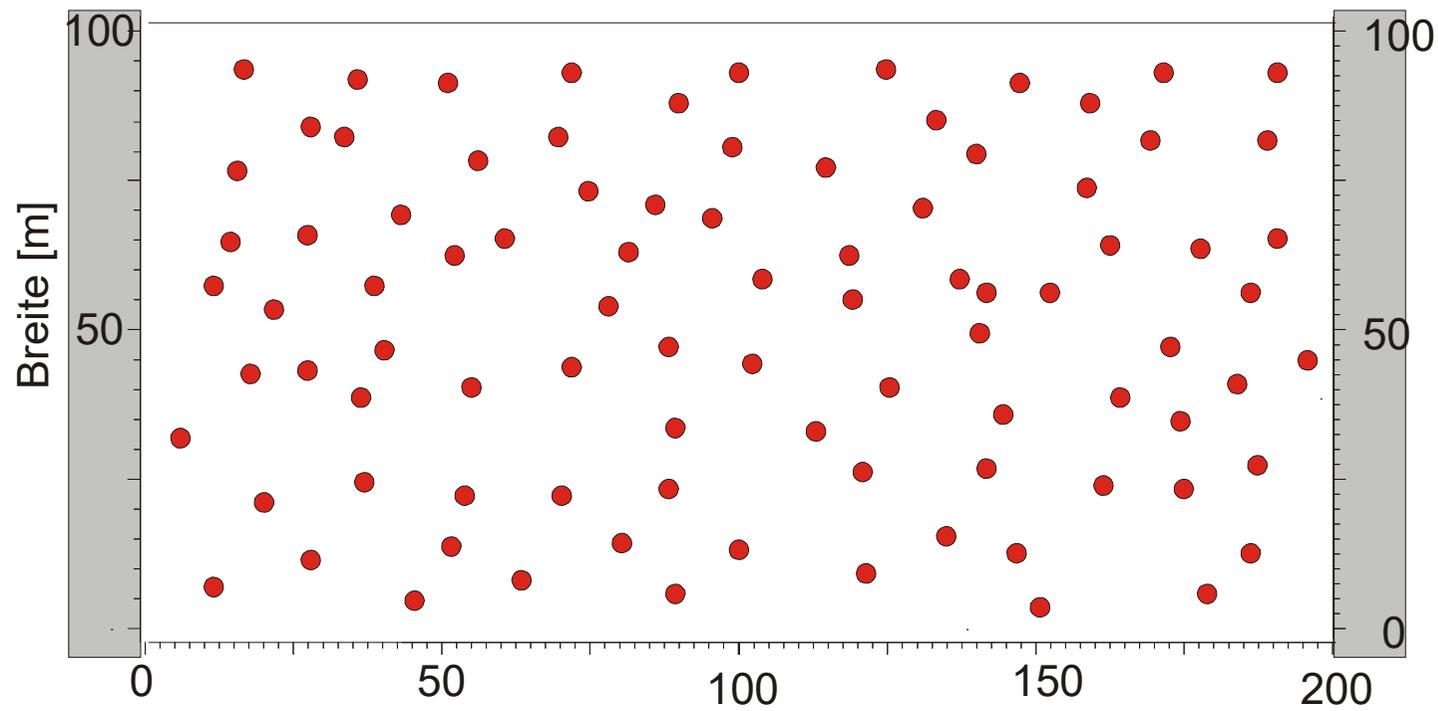


Verschiedenste Reaktionen des Baumes:

- Verringertes Wachstum
- Aststerben und Absprünge in der Krone...



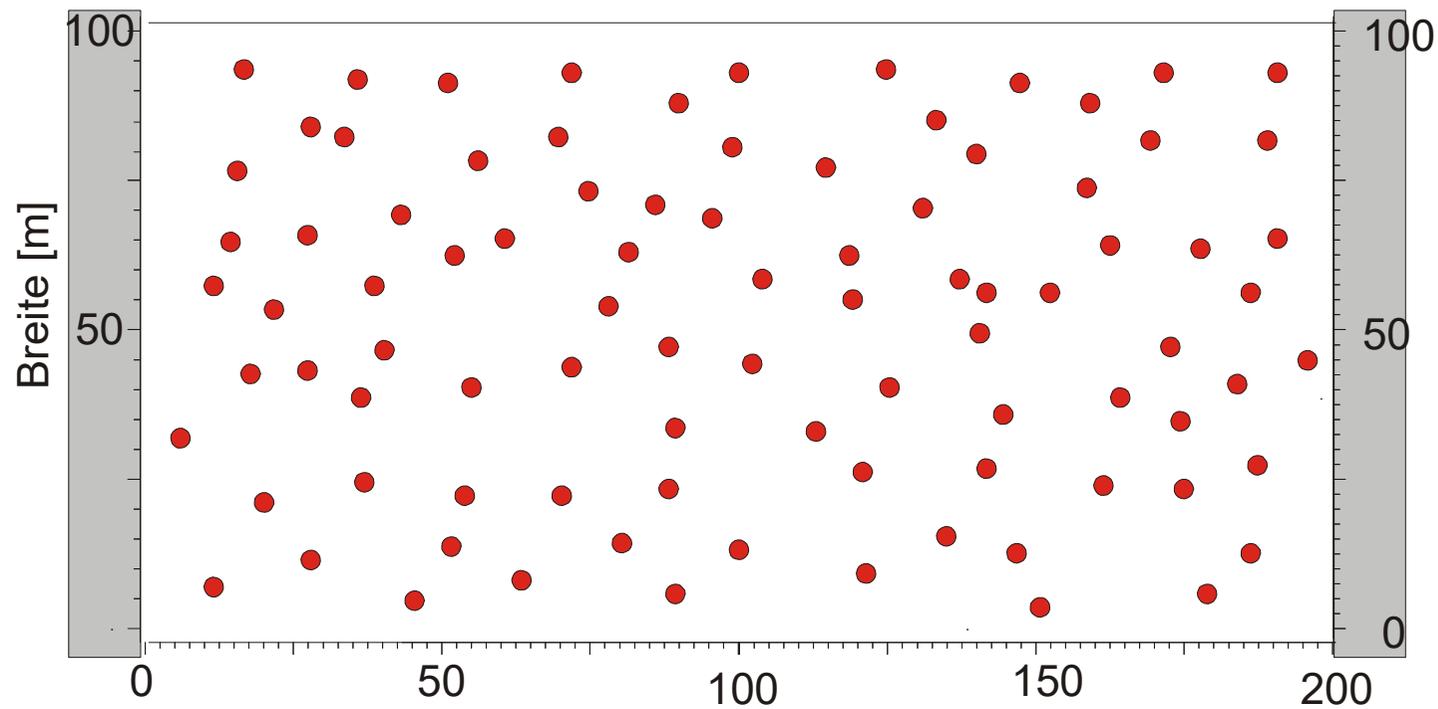
Wie sollen Waldböden befahren werden?



Beispiel: Buchenbestand

Erschließung: 2 parallele Waldwege

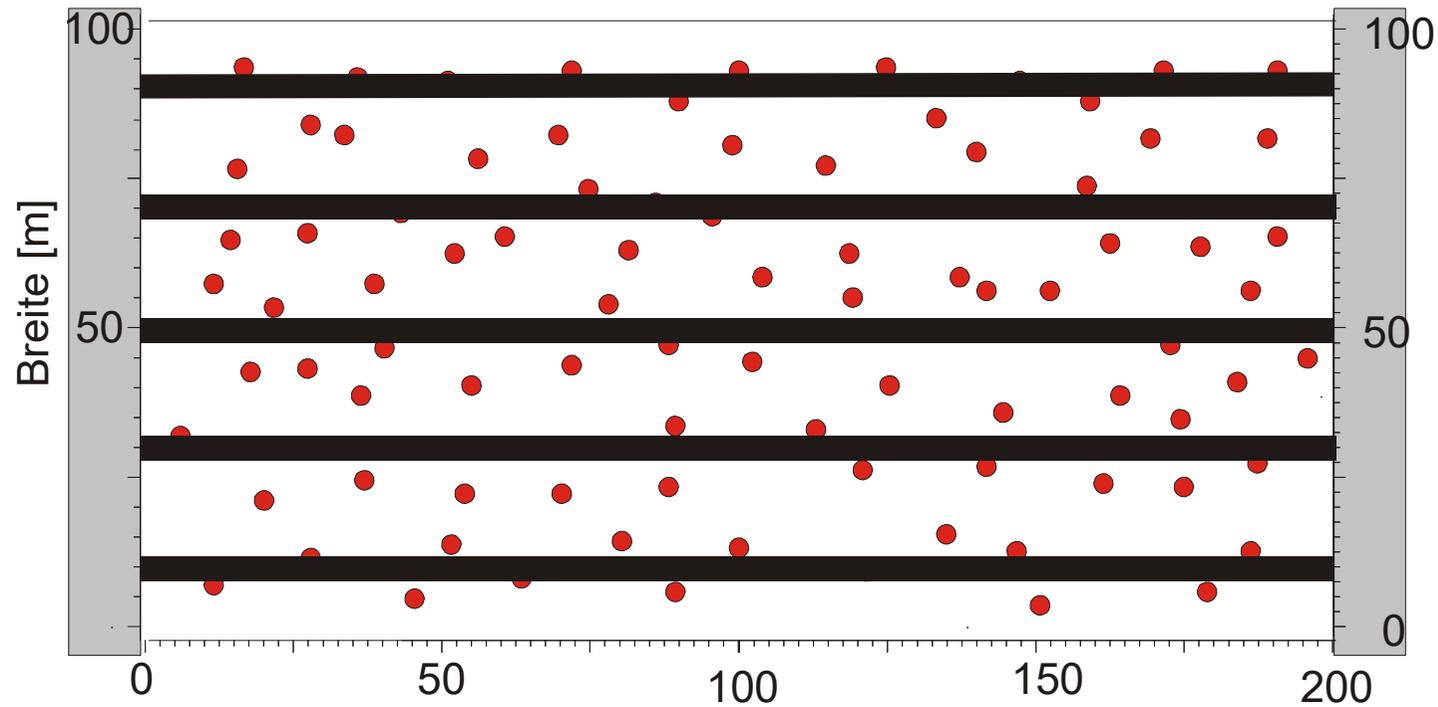
Künftige Nutzung: Alle 10 Jahre 50 Bäume.



Beispiel: Buchenbestand

Erschließung: 2 parallele Waldwege

Künftige Nutzung: Alle 10 Jahre 50 Bäume.

**Variante 1:** Konstantes Rückenetz.

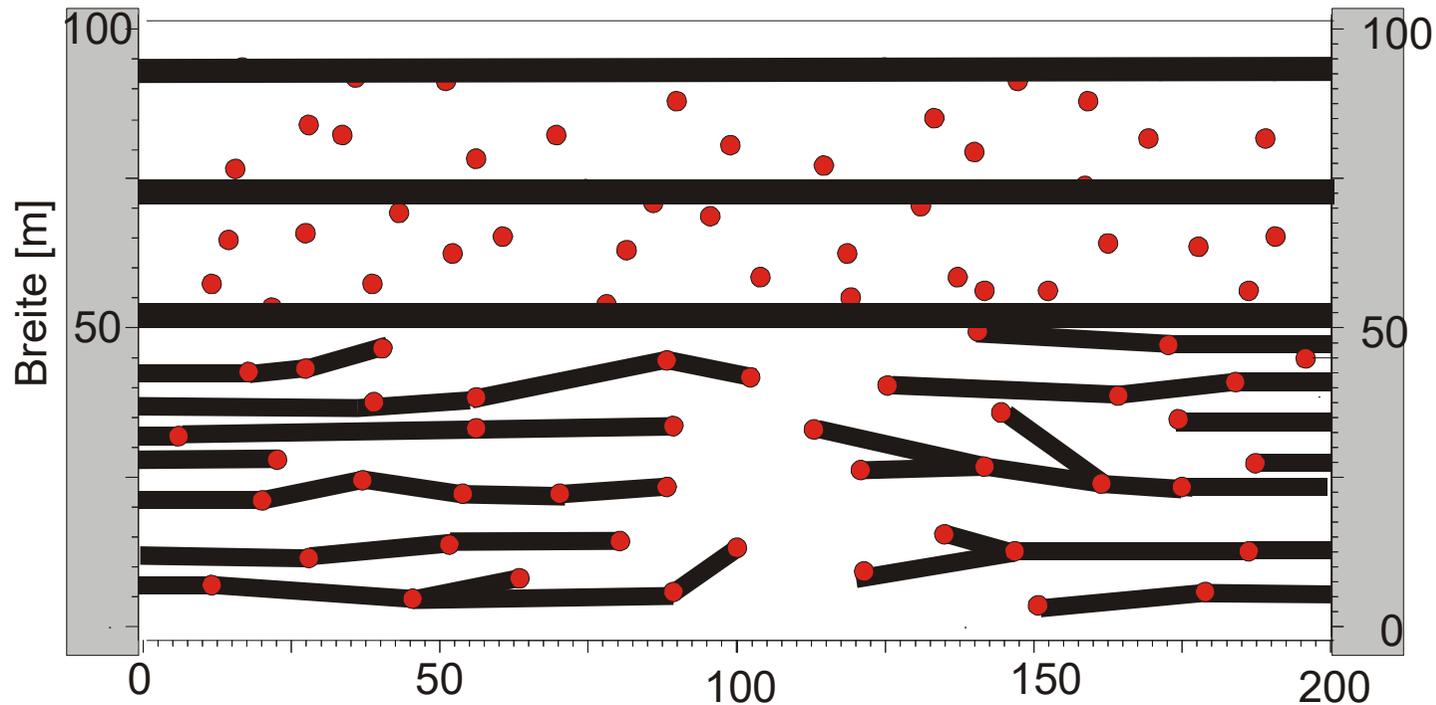
Gassenabstand 20 m -> 5 Befahrungslinien

100m lang, 4 m breit.

Beispiel: Buchenbestand

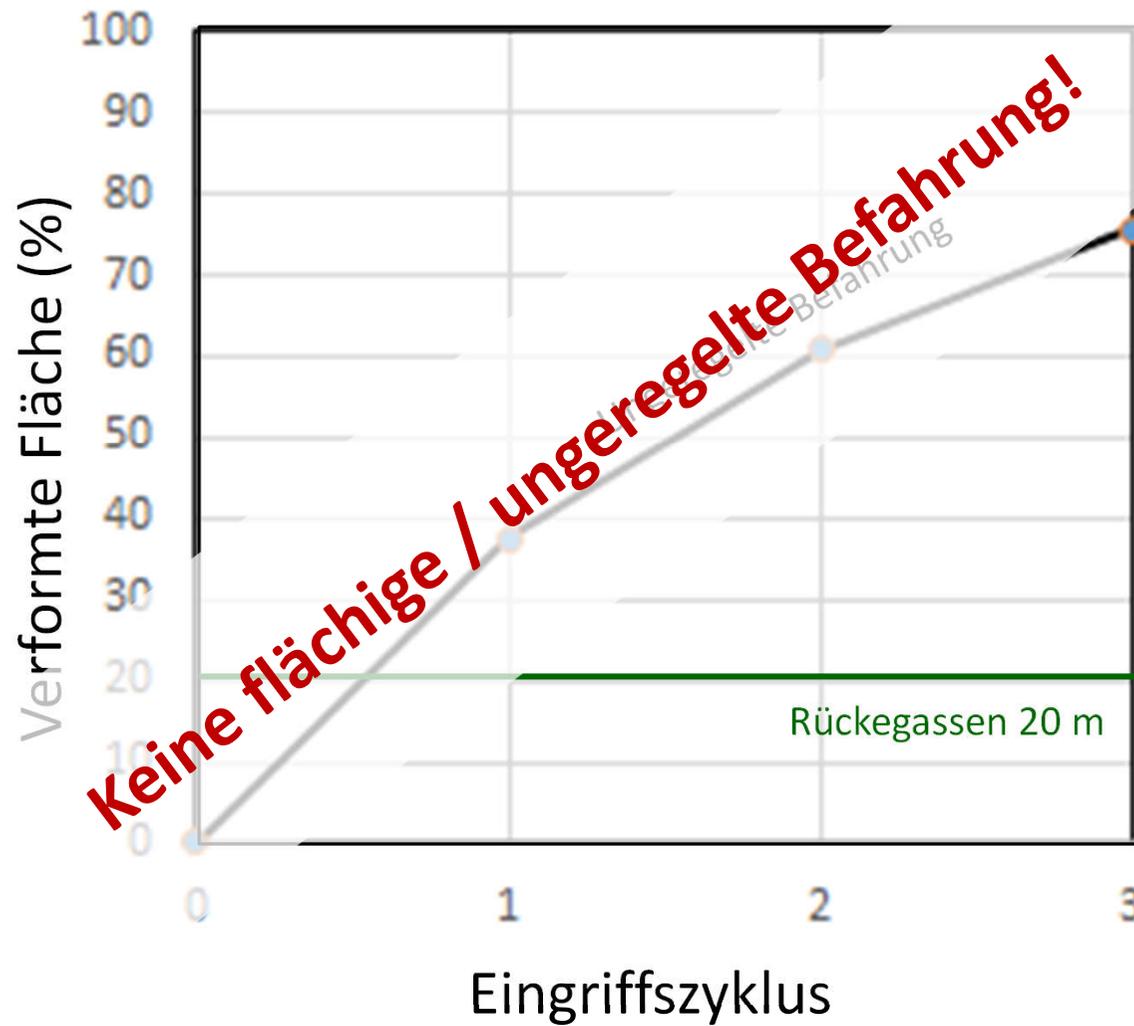
Erschließung: 2 parallele Waldwegen

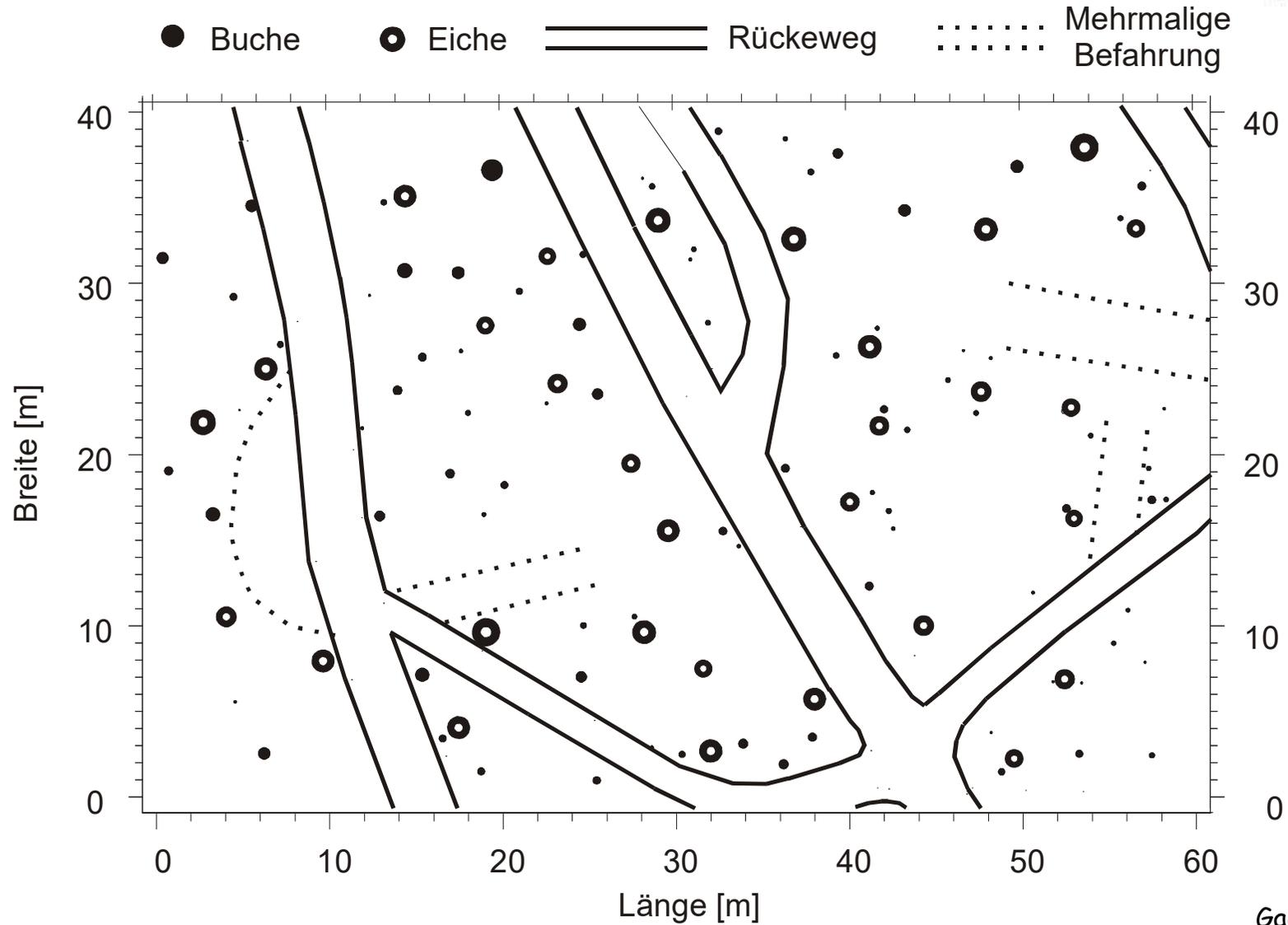
Künftige Nutzung: Alle 10 Jahre 50 Bäume.

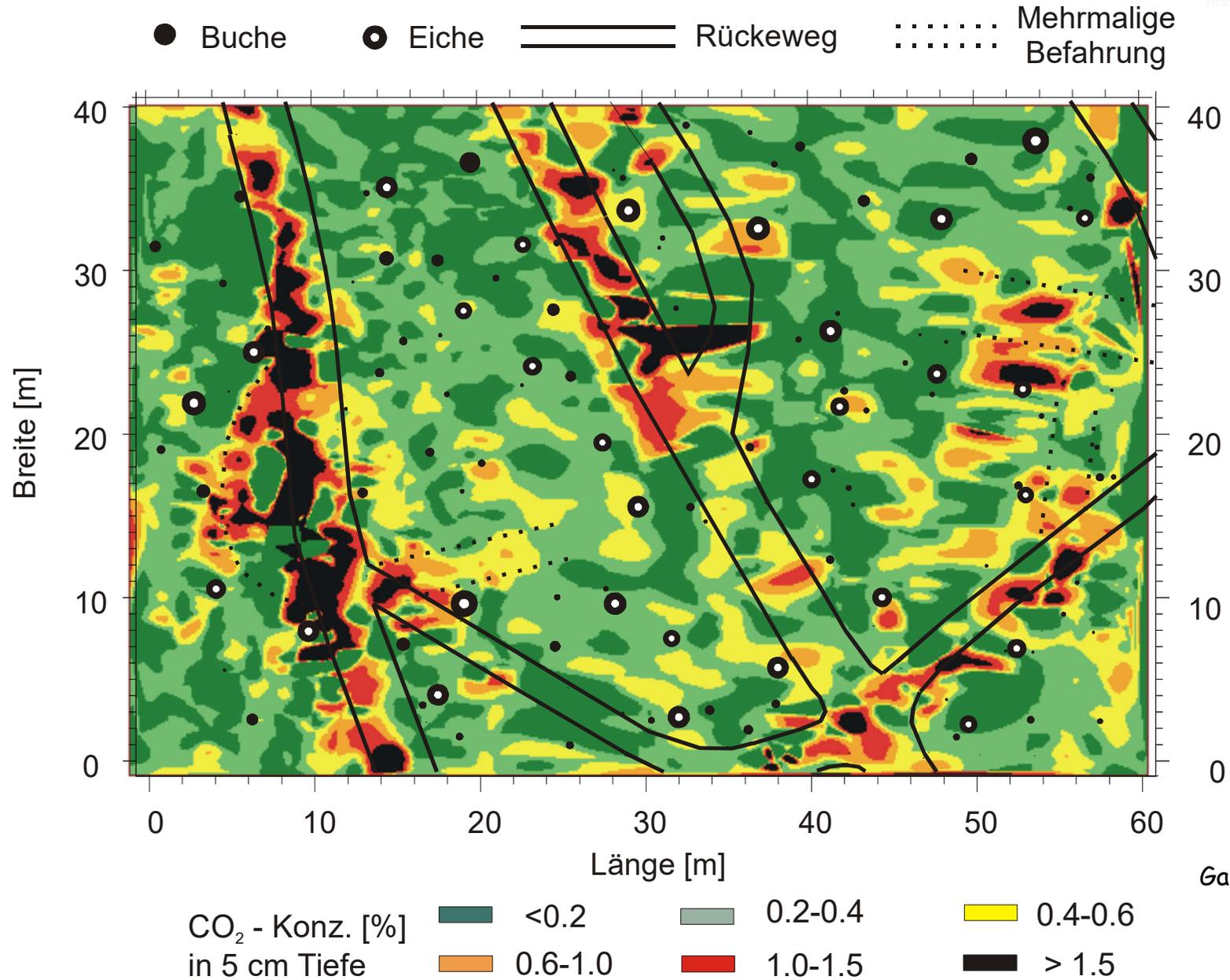
**Variante 2: Ungeregelte Befahrung.**

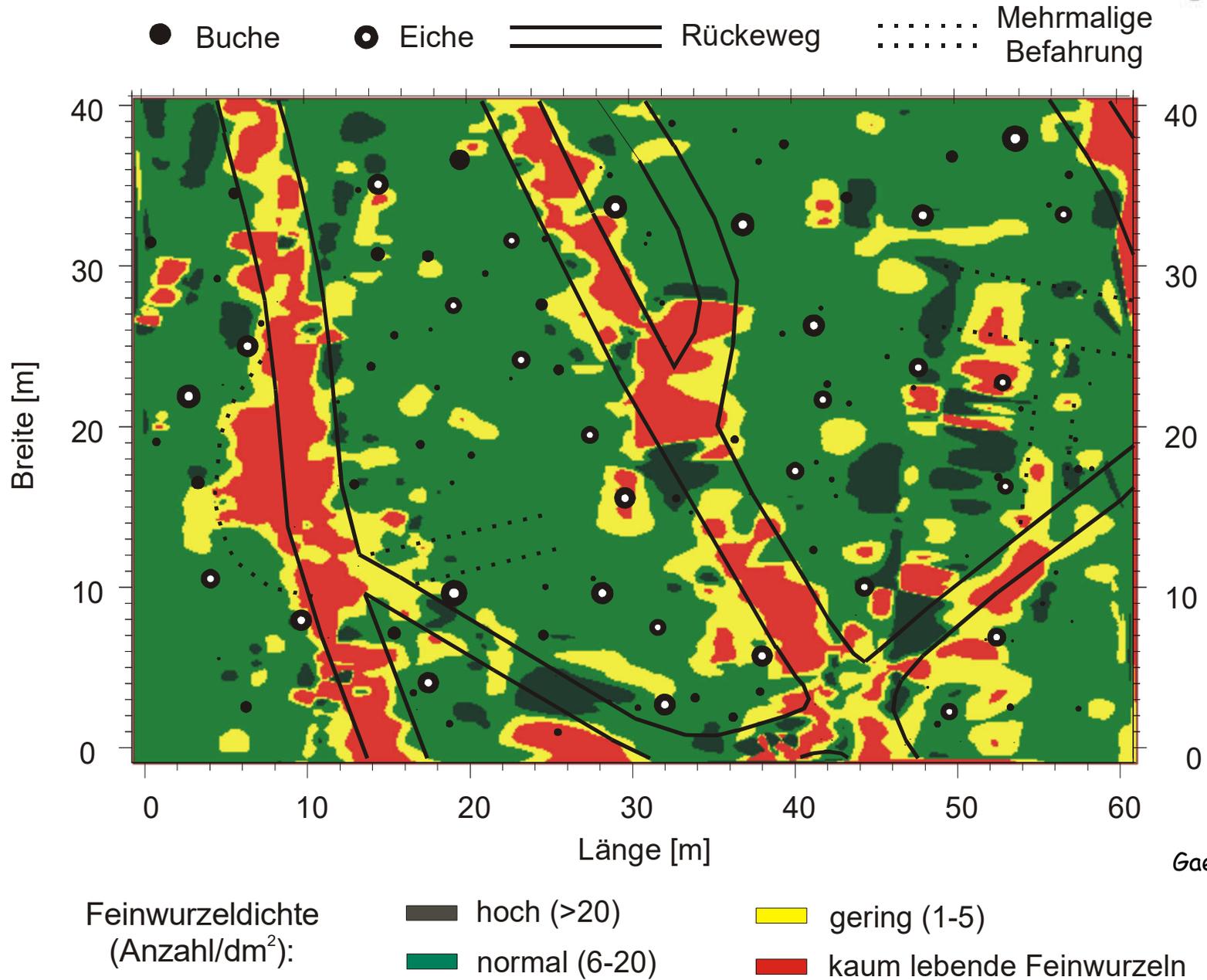
Mittlere Rückedistanz: 50m. Jede Befahrungslinie wird 2 mal genutzt.

Befahrungsdichte: Pro ha werden 3750 m² bzw. 37,5 % der Fläche beim ersten Eingriff befahren.



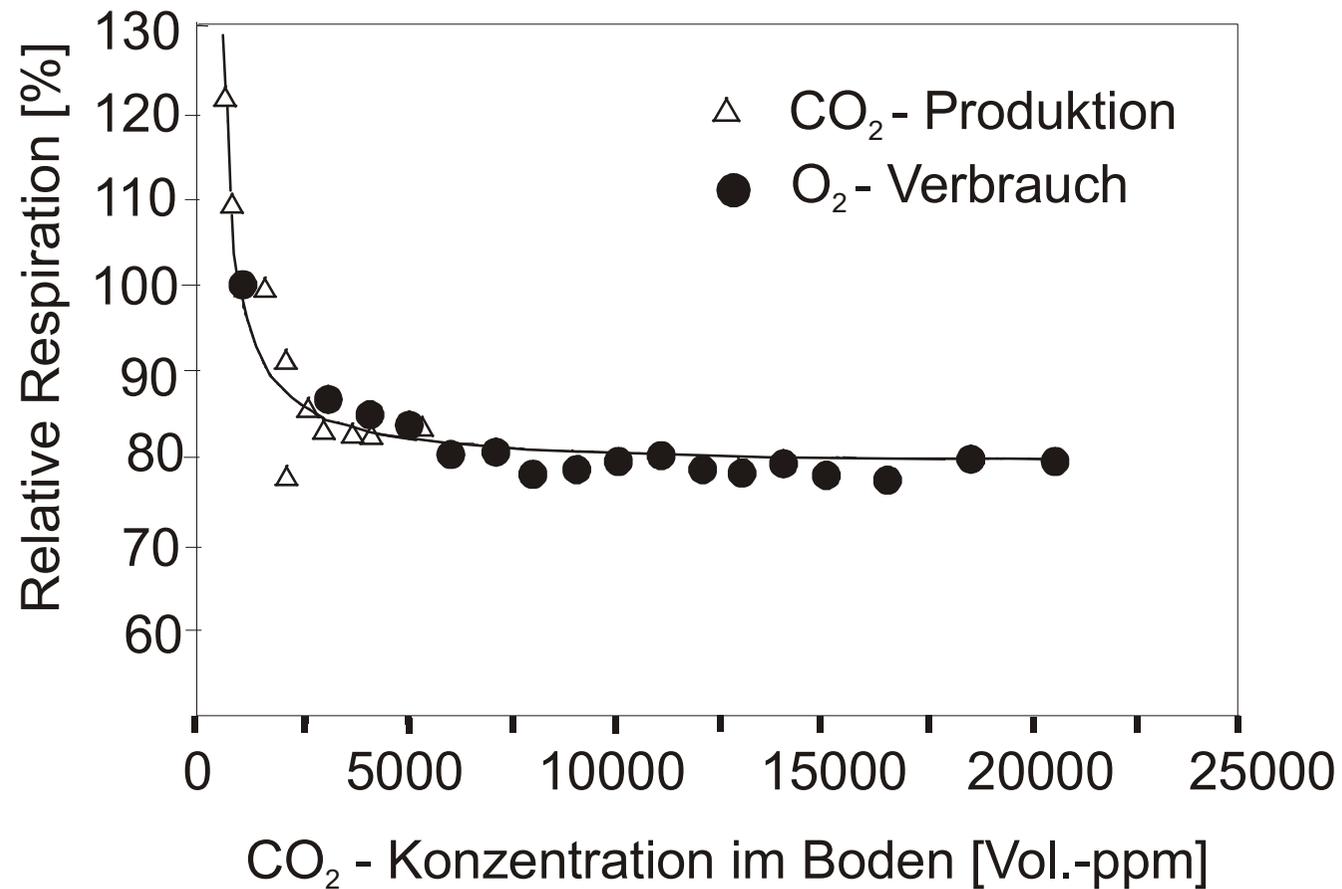




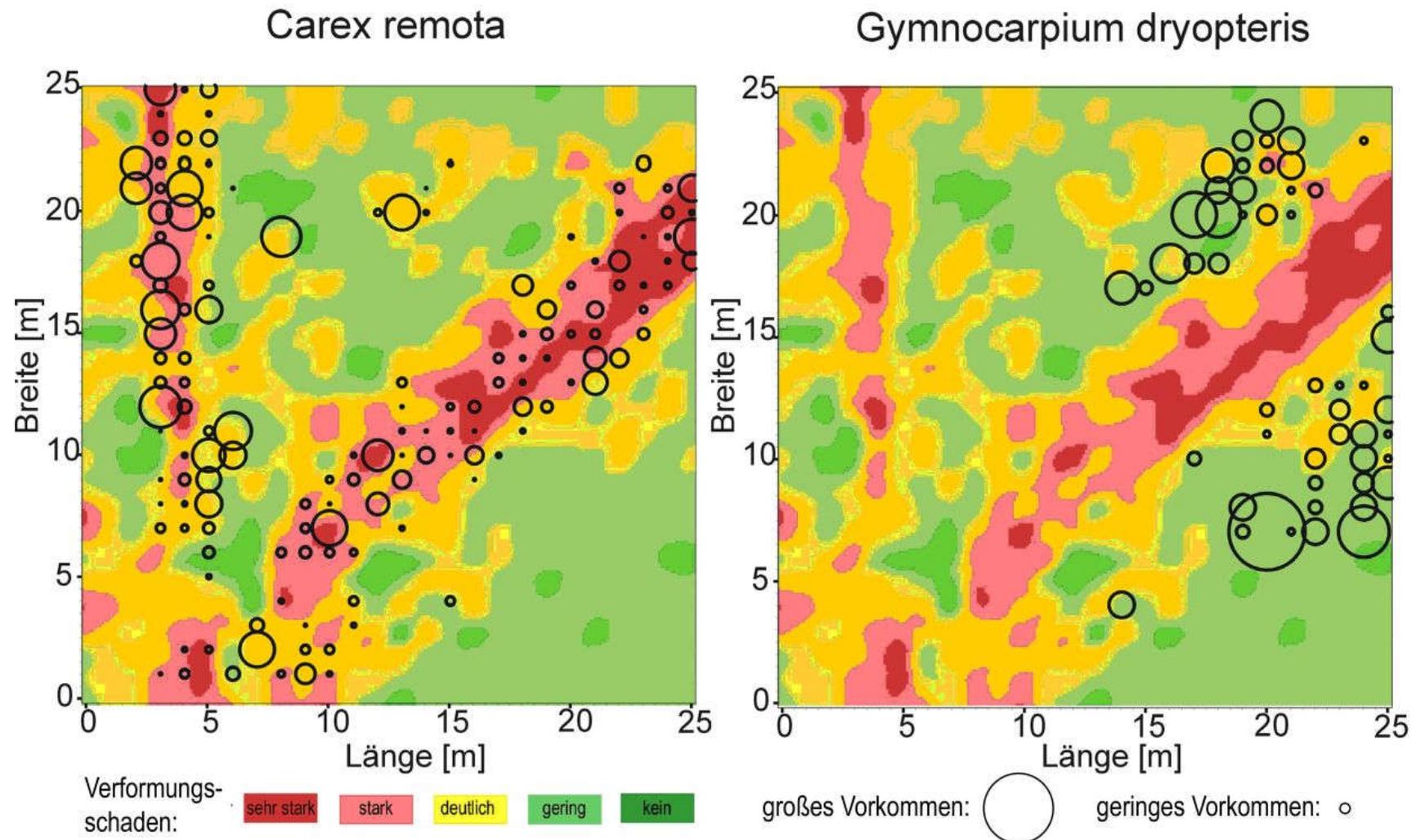


Gaertig 2001

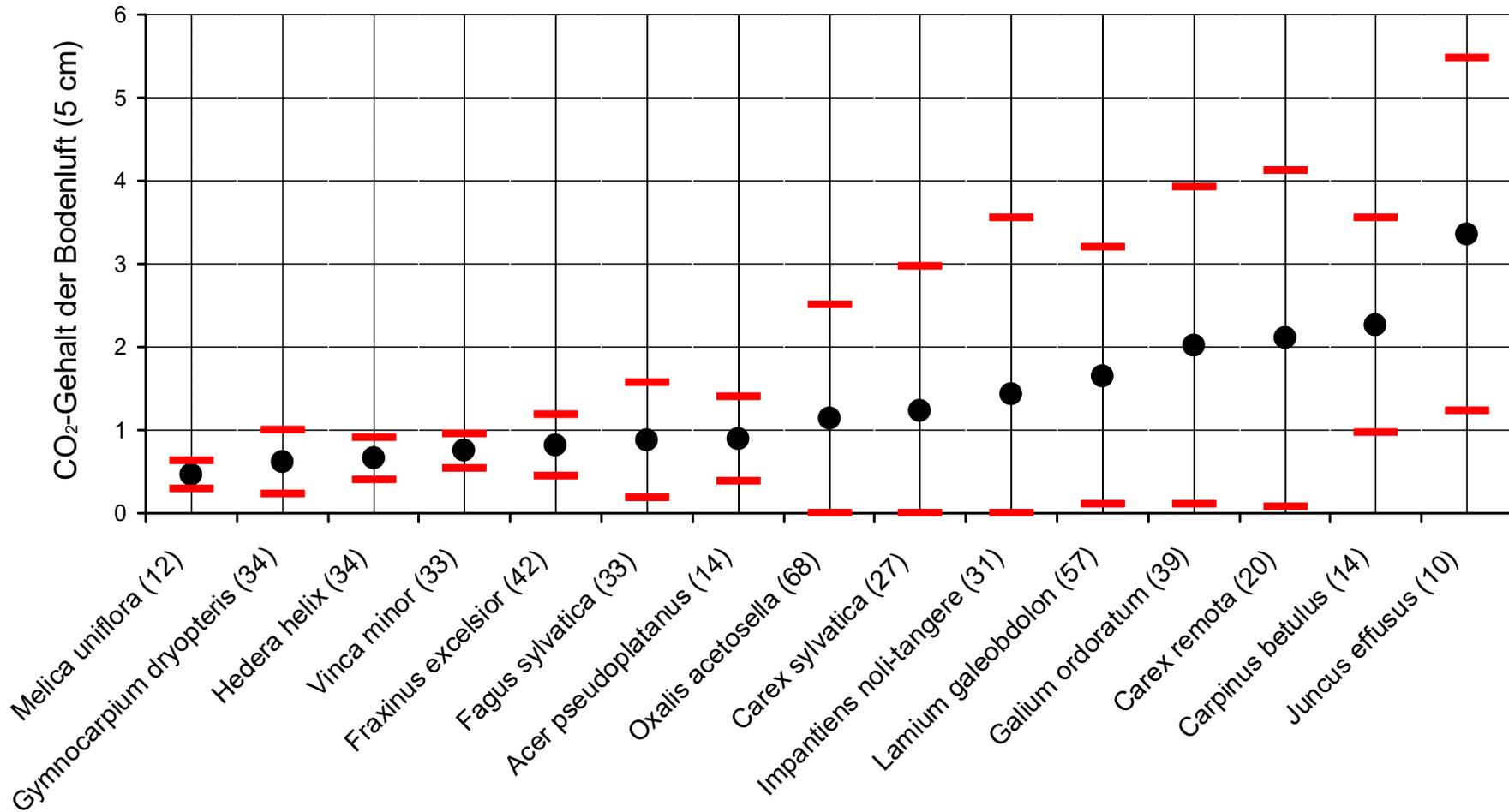
Wurzelrespiration von *Acer saccharum* (Burton et al. 1997)



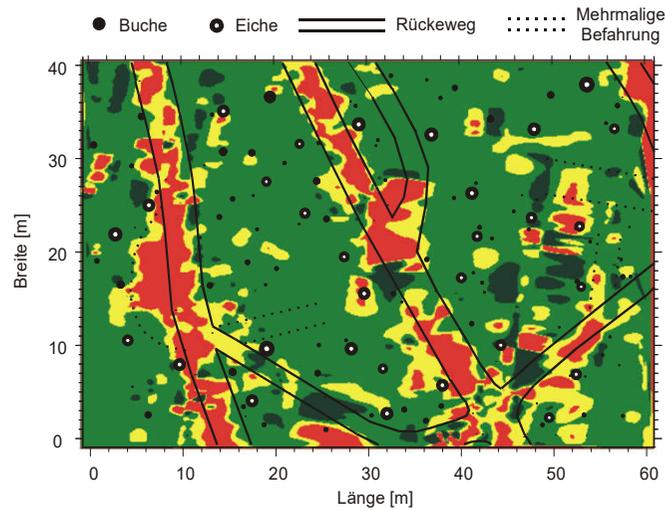
Verbreitung von Winkelsegge (*C. remota*) und Eichenfarn (*G. dryopteris*) in Abhängigkeit von der Bodenverdichtung



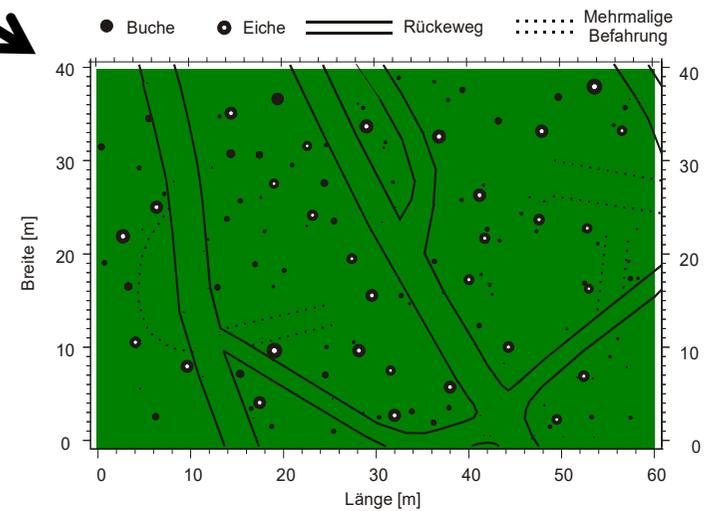
Durchschnittliche CO₂-Konzentration unter den häufigsten Pflanzen



Dörr 2009



Natürliche Regeneration verdichteter Böden



Dauer der natürlichen Regeneration verdichteter Böden

	Göttinger Wald		Solling		Heide	
Humusform	Mull		mullartiger Moder		rohhumusartiger Moder	
pH _{H2O}	± 6,5		± 4,2		± 4,1	
Ton (%)	± 57		± 24		± 3	
Schluff (%)	± 40		± 55		± 15	
Probepunkte mit Regenwürmern (%)	32		17		9	
	Regenerationsindex Gasdiffusion / CO₂ (unbefahren / Fahrspur)					
10 Jahre	0,6	0,4	0,6	0,3	0,8	0,4
20 Jahre	0,8	1,0	0,9	0,6	-	-
30 Jahre	1,0	0,9	1,1	1,0	0,5	0,5
40 Jahre	-		0,7	0,9	0,6	1,0

nach Ebeling et al 2017

Folgerung für die Feinerschließung

Die regelmäßige Benutzung der Rückegassen (alle 5-10 Jahre) geht auf allen Standorten mit dauerhaften Funktionsverlusten des Bodens einher.

Befahrungslinien, die nur in einer Phase des Bestandeslebens genutzt werden können sich auf vielen Standorten nach 2 - 3 Jahrzehnten erholen.

Mögliches Konzept

- Engeres Rückegassennetz als „potenzielle“ Feinerschließung
- Weiteres Rückegassennetz als dauerhaft genutztes System aus Rückegassen

Rückegassenabstand

Schleswig-Holstein
Saarland
FSC-Standard

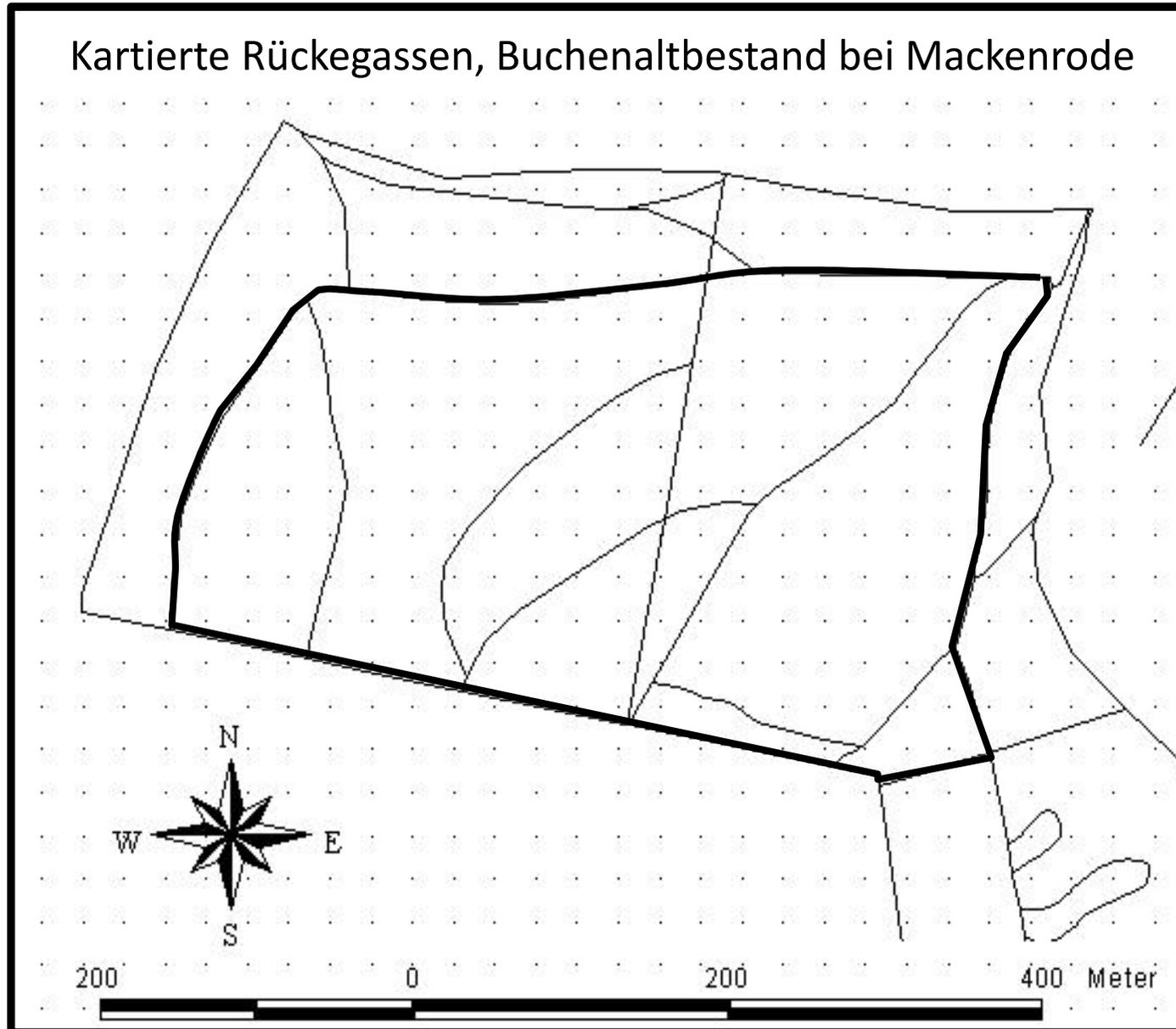
Übrige Bundesländer
40m (20m)

Bayern
30m

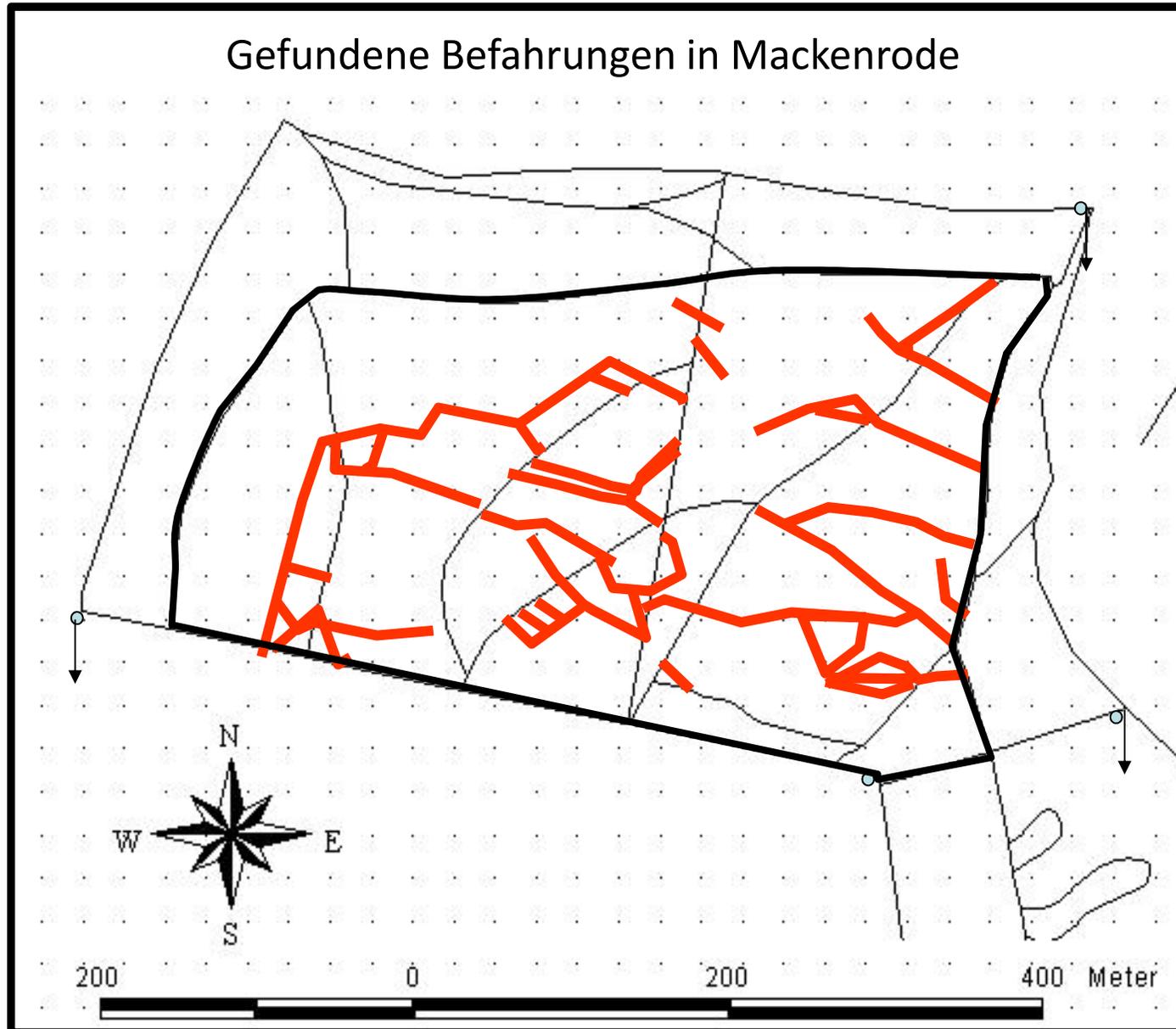
Niedersachsen
Mecklenburg-Vorpommern
20 m

Thüringen
25 / 45 m

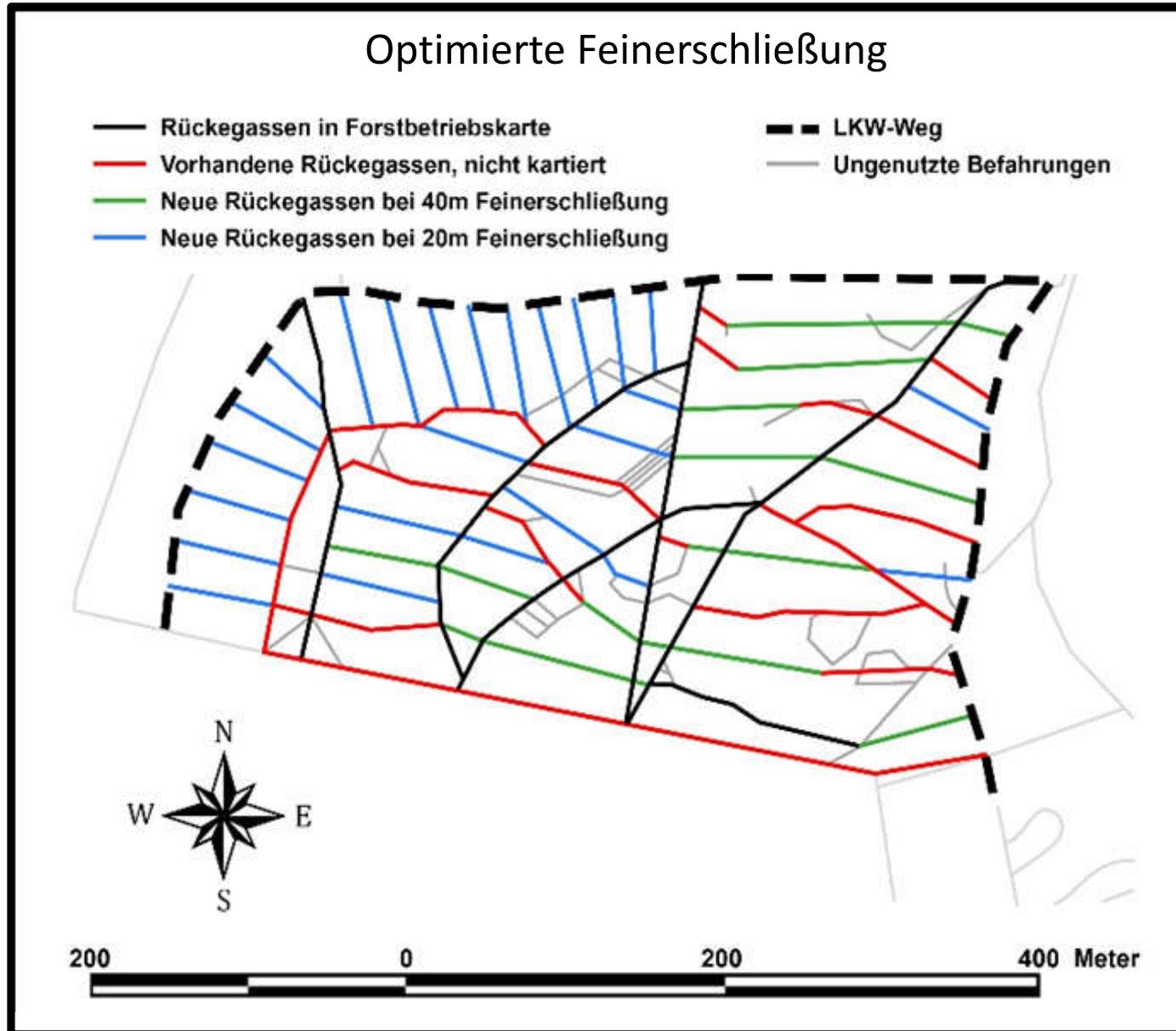
Kartierte Rückegassen, Buchenaltbestand bei Mackenrode



(Trumpa 2007)



(Trumpa 2007)



(Trumpa 2007)

eng (20m)

weit (40m)

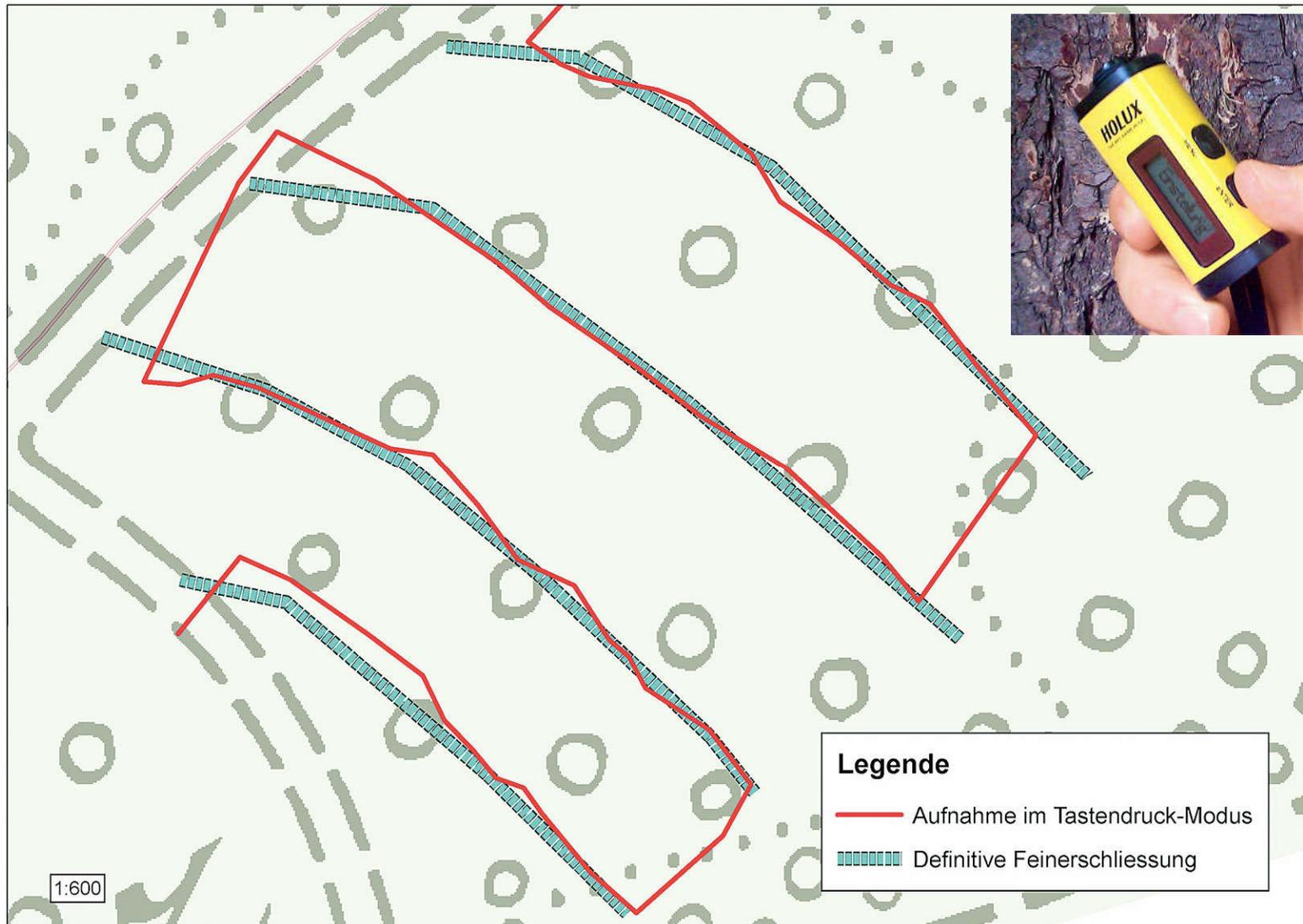
Rückgassenabstand



Wo sind die Rückegassen?

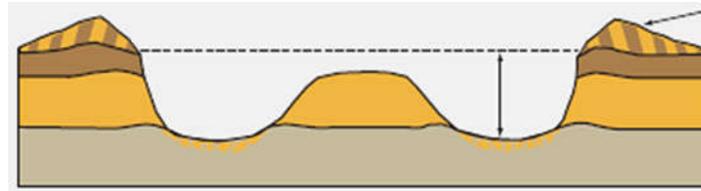


Foto: Kurt Seebauer



https://www.waldwissen.net/technik/holzernte/boden/wsl_gps_bodenverdichtung/wsl_gps_bodenverdichtung_gps_gross

Fahrspurttiefe



Baden-Württemberg

40 cm, auf 10 % der Gasse tiefer

Hessen

„bei >30cm Verlust der dauerhaften Funktionsfähigkeit“

NRW

Bei Spurtiefe >30 cm auf 20 % der Fläche sind Arbeiten einzustellen

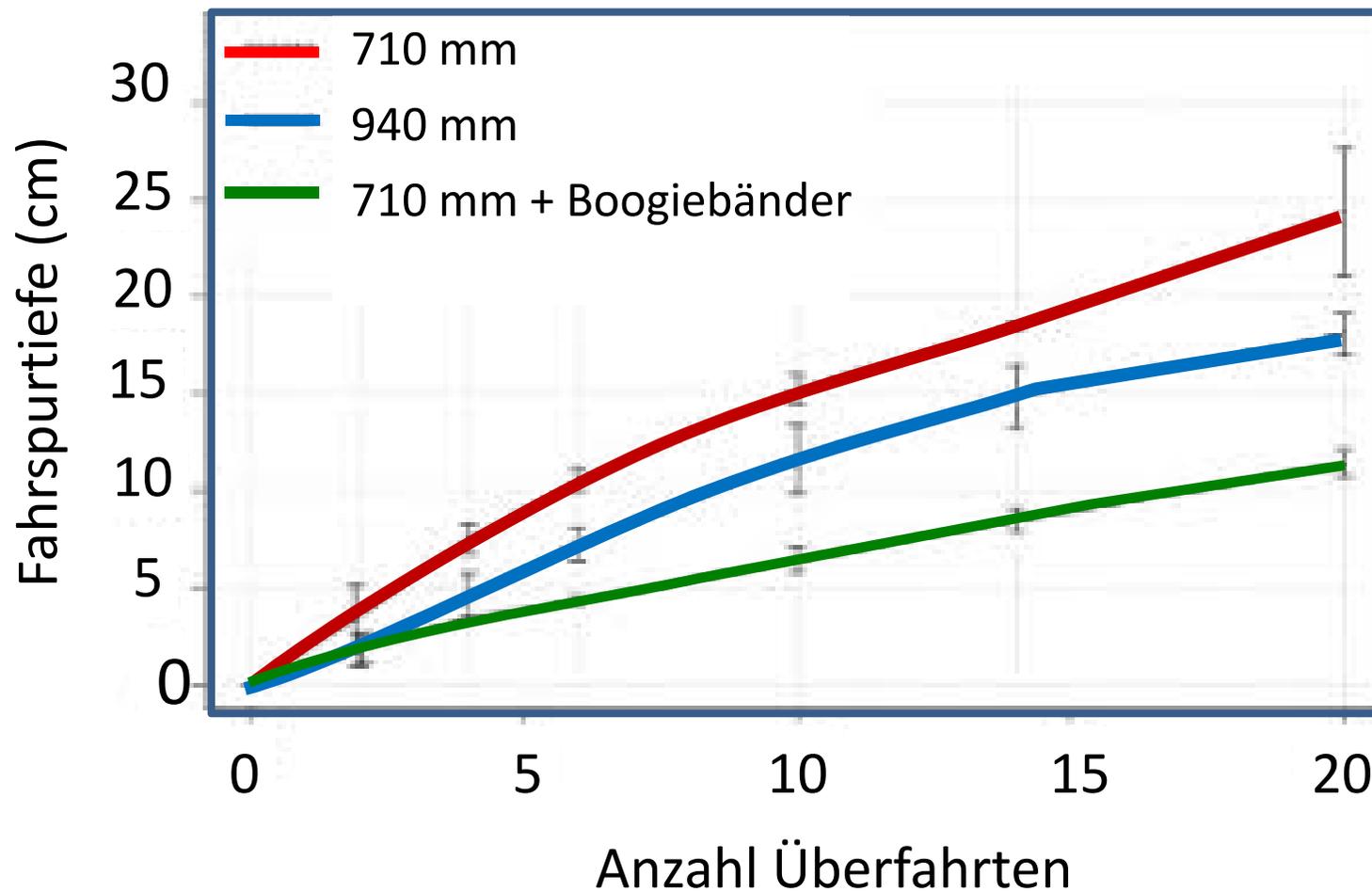
Niedersachsen

Je nach Gefährdungsstufe
15 bzw. 20 cm auf
90 % der Rückegassenlänge

Thüringen

0-30 cm – tolerierbar
30-60 cm kritisch
> 60 cm nicht vertretbar

Fahrspurtiefen beim Forwardereinsatz mit unterschiedlicher Bereifung



(Haas et. al 2016)

Versuchsanordnung							Technische Befahrbarkeit (TF)		
Standort	Textur	ψ_M [hPa]	Maschine	Gewicht [Mg]	Kontakt- flächen- druck [kPa]	Über- fahrten	Spurtiefe [cm]	Verlust TF	Verformung
Reinshof	Ut4	-70	John Deere	24	155	1	6	/	
			Ponse Buffalo (Forwarder)	28	216	1	8	/	
						5	15	ja	Grundbruch
Vaake	Ut3	-100	John Deere 1270e	24	161	1	6	/	
			Ponse Buffalo (Forwarder)	28	243	1	7	/	
						5	12	Ja	Grundbruch
Silberborn	Sl4	-60	John Deere 1270e	24	147	1	5	/	
			Ponse Buffalo (Forwarder)	28	188	1	5	/	
						5	11	Ja	Grundbruch
Göttingen	Ut4	-65	Ponse Buffalo	29	221	10	8	Ja	Grundbruch
			Ponse Buffalo + Moorband			10	6	Nein	plastische
			Ponse Buffalo + Traktionsband			10	8	Ja	Grundbruch
Hasbruch	Sl4	-30	Rottne F14 (Forwarder)	25	89	3	30	Ja	Homogeni- sierung
			EMB Elliator	32	22	7	5	Nein	plastische
Lenglern	Ut3	-200	John Deere 6320	6,5	53	5	5	Nein	plastisch
			Hägglunds	6,6	16	5	2	Nein	elastisch

Fazit zum Bodenschutz durch geordnete Feinerschließung

- 1. Die Befahrung außerhalb festgelegter permanenter Rückegassen ist tabu**
Segregationsprinzip -> Totalschutz im Bestand (80-90 % der Fläche)
-> Inkaufnahme von ökologischen Funktionsverlusten auf der Rückegasse (10-20% des Bestandes)
- 2. Die Erschließungsdichte resultiert aus Abwägungen des Waldbesitzers**
- 3. Integration vorhandener Fahrspuren bei (Neu)Anlage der Feinerschließung**
auch unter Inkaufnahme suboptimaler Erschließung
- 4. Die Rückegasse wird zum Zielobjekt von Waldbodenschutzmaßnahmen**

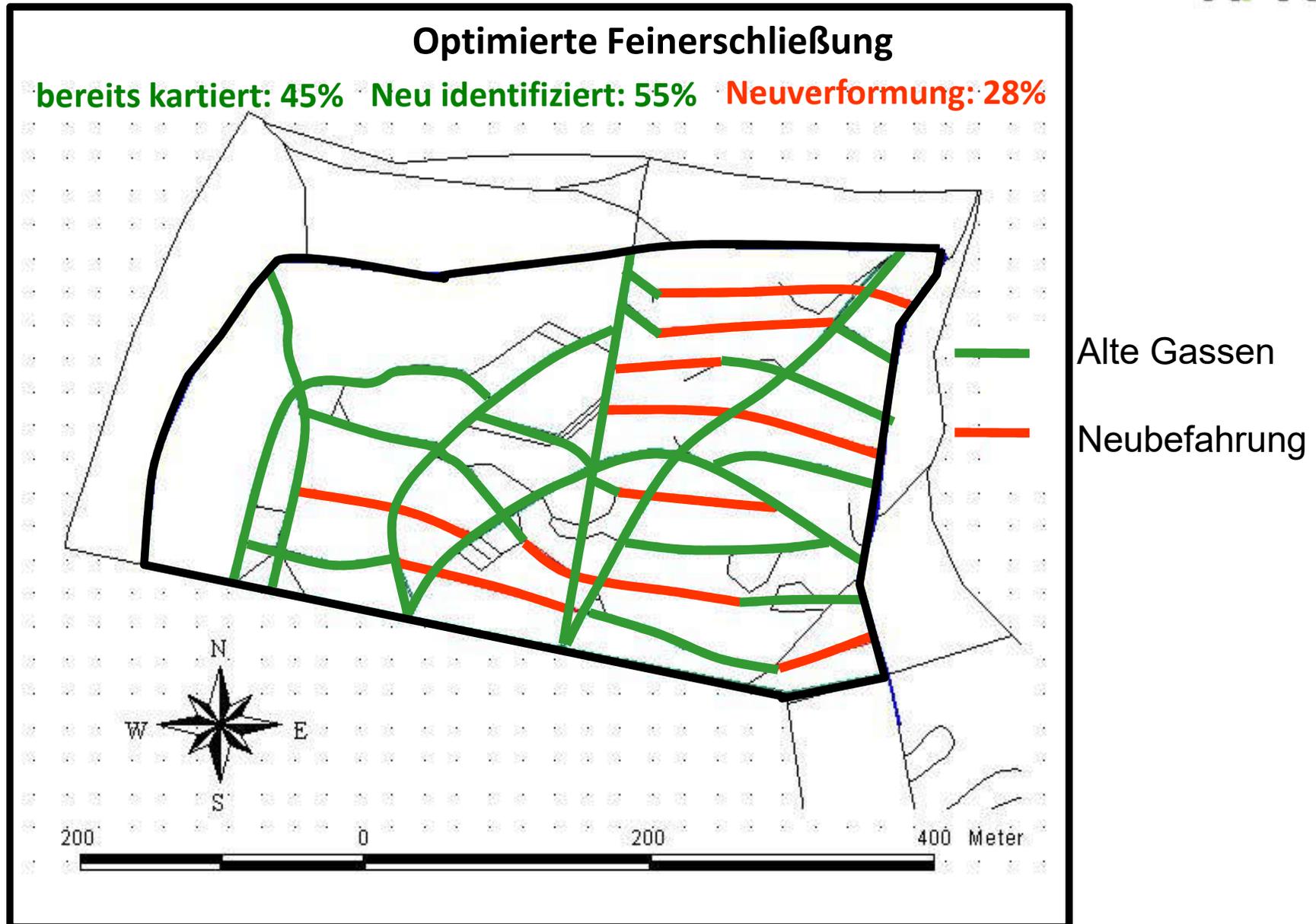
-> **permanent**
langfristige Erhalt der Tragfähigkeit steht Im Vordergrund

-> **wiederauffindbar** (auch im Katastrophenfall)

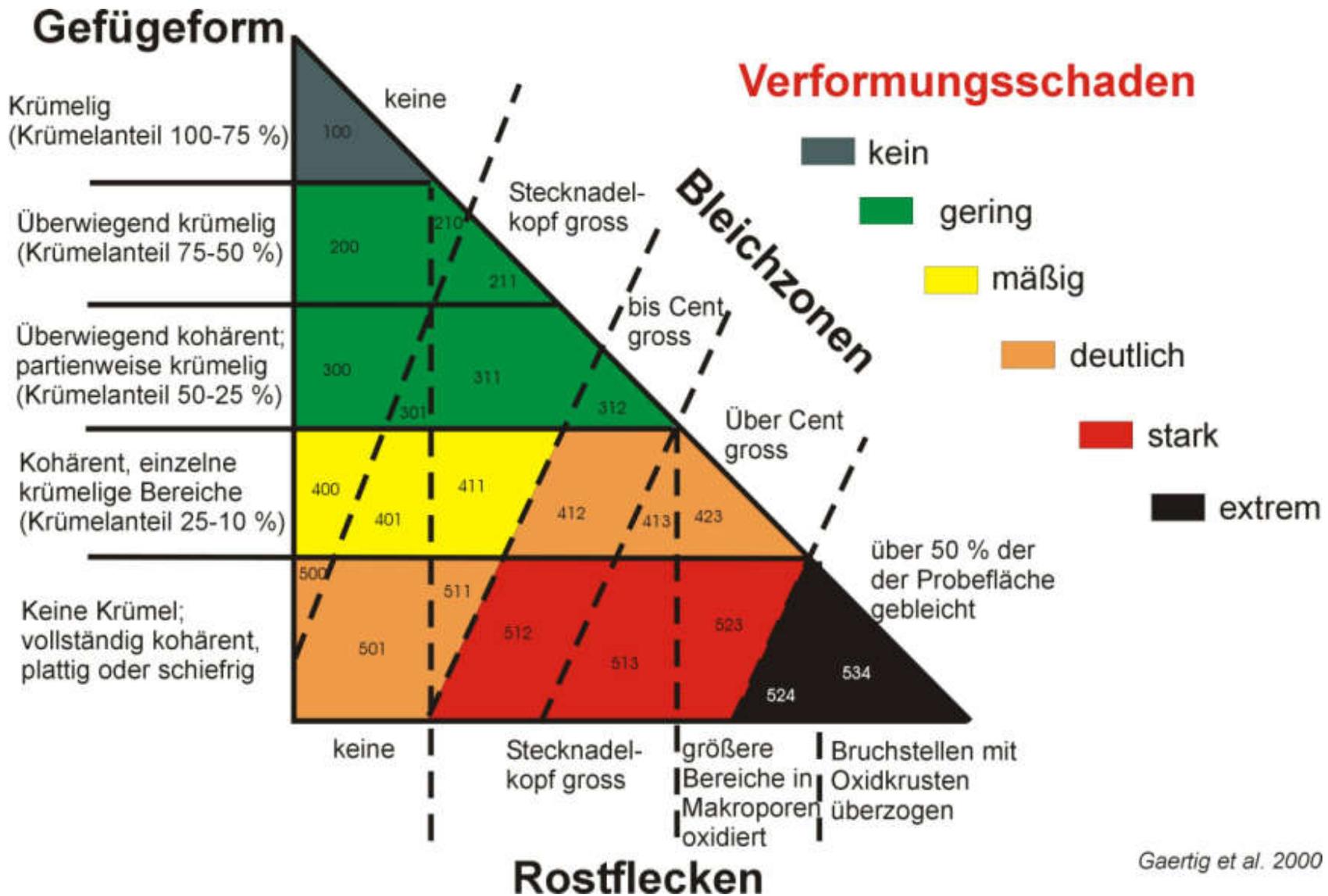


**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Fragen? Kommentare? –Gerne!

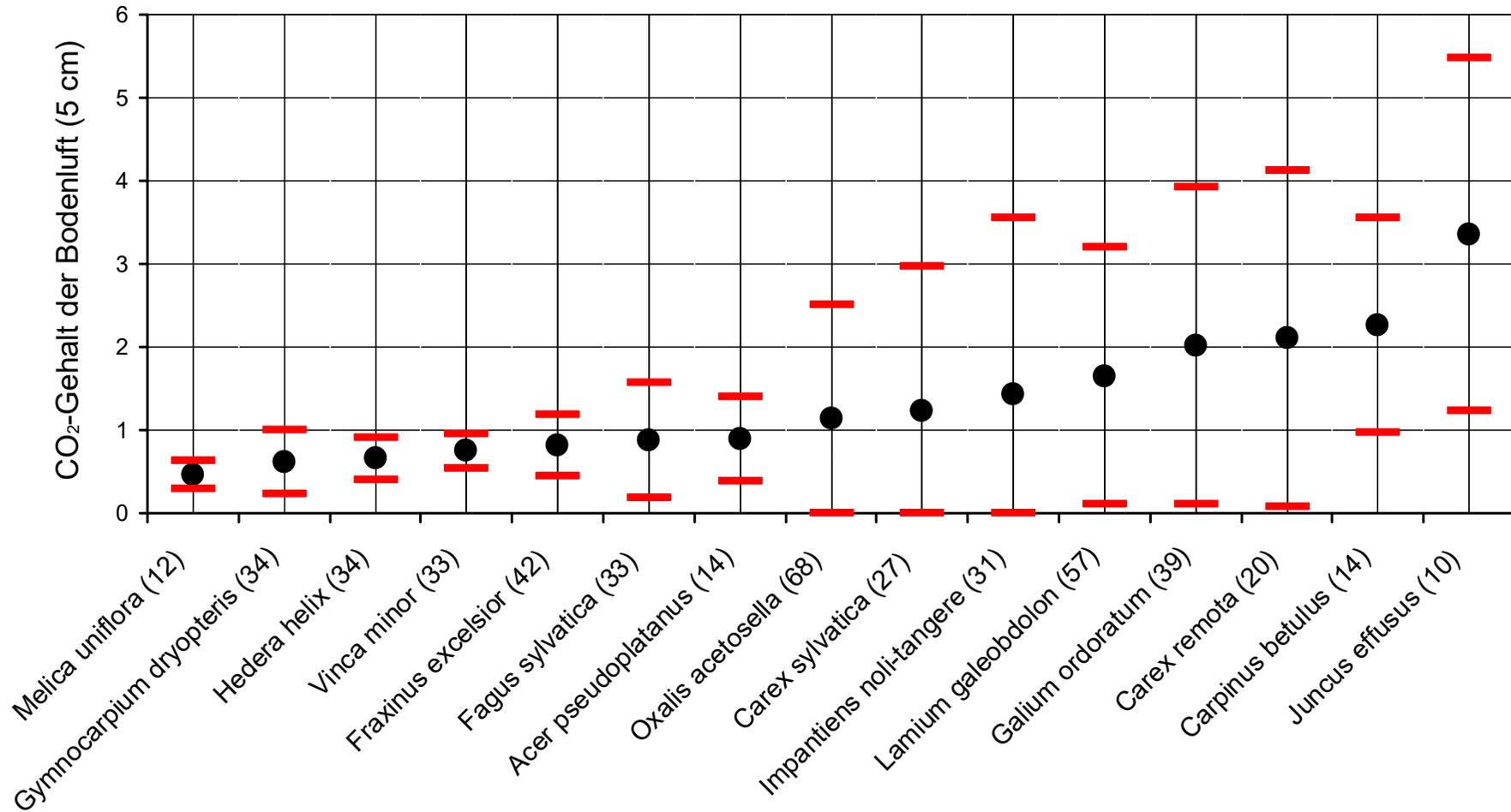


(Trumpa 2007)



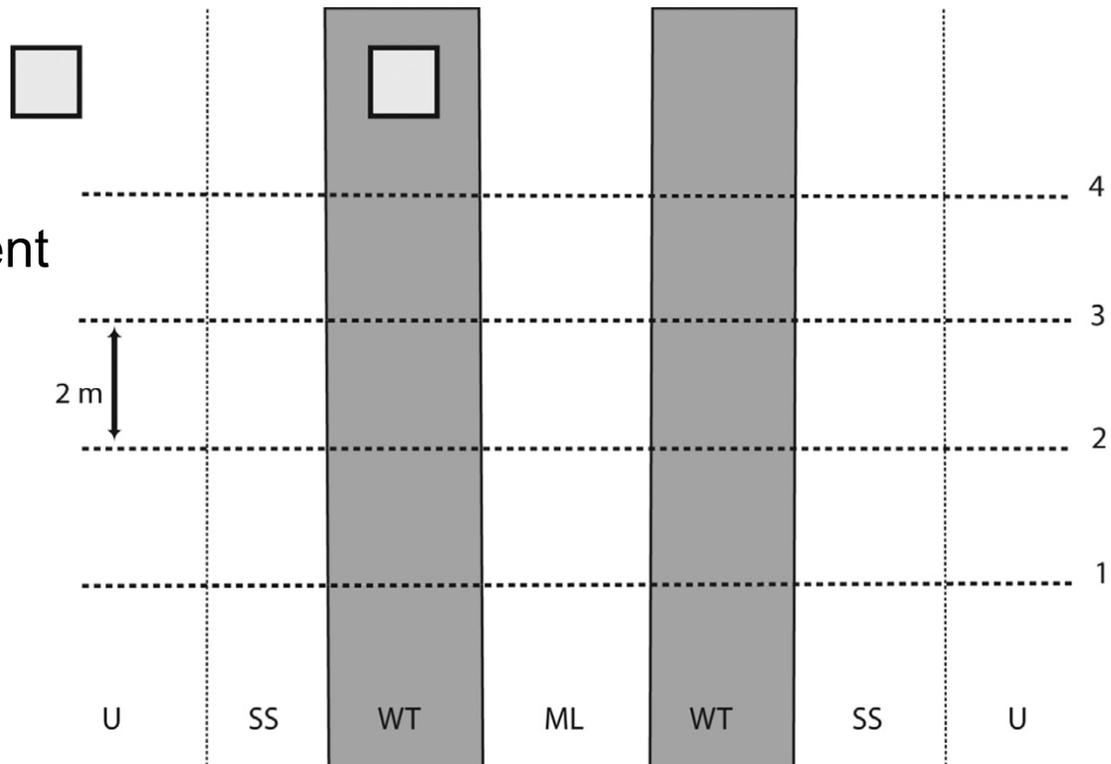
Gaertig et al. 2000

Durchschnittliche CO₂-Konzentration unter den häufigsten Pflanzen



Dauer der natürlichen Regeneration verdichteter Böden

- Gasdiffusionskoeffizient
- CO₂-Konzentration
- Regenwürmer

Ebeling et al
2017

Aerifizieren (Löcher stanzen)



Löcher mit Branntkalk



Ausbringen von kohlensaurem Kalk



Saat von Rasenmischung



