

Physikalischer Bodenschutz im Wirtschaftswald

Learnings und Praxisempfehlungen



Foto: Jocke Berglund

Themen

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

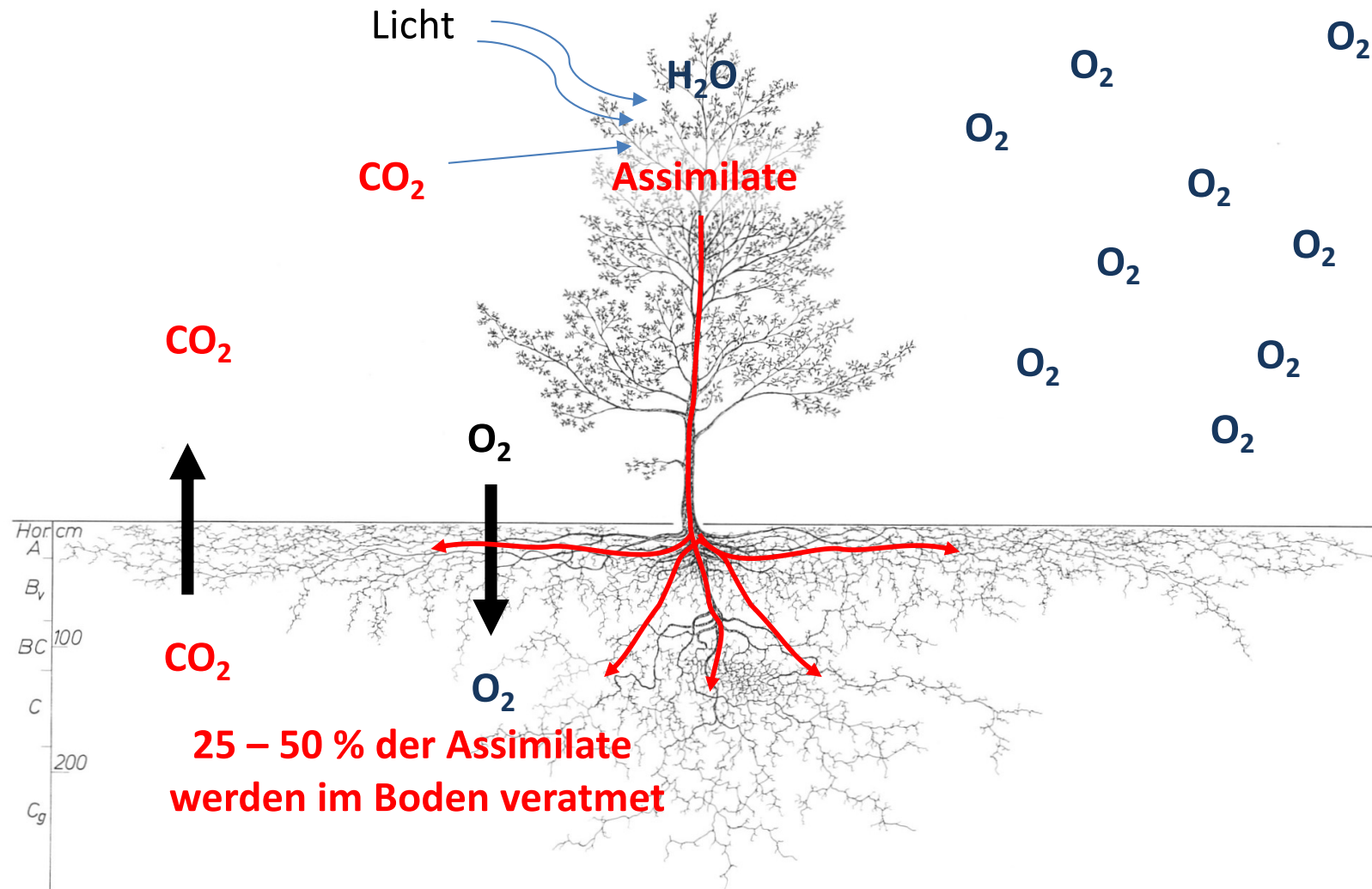
Krümelgefüge auf ungestörtem Boden



Kohärentgefüge auf verdichtetem Boden

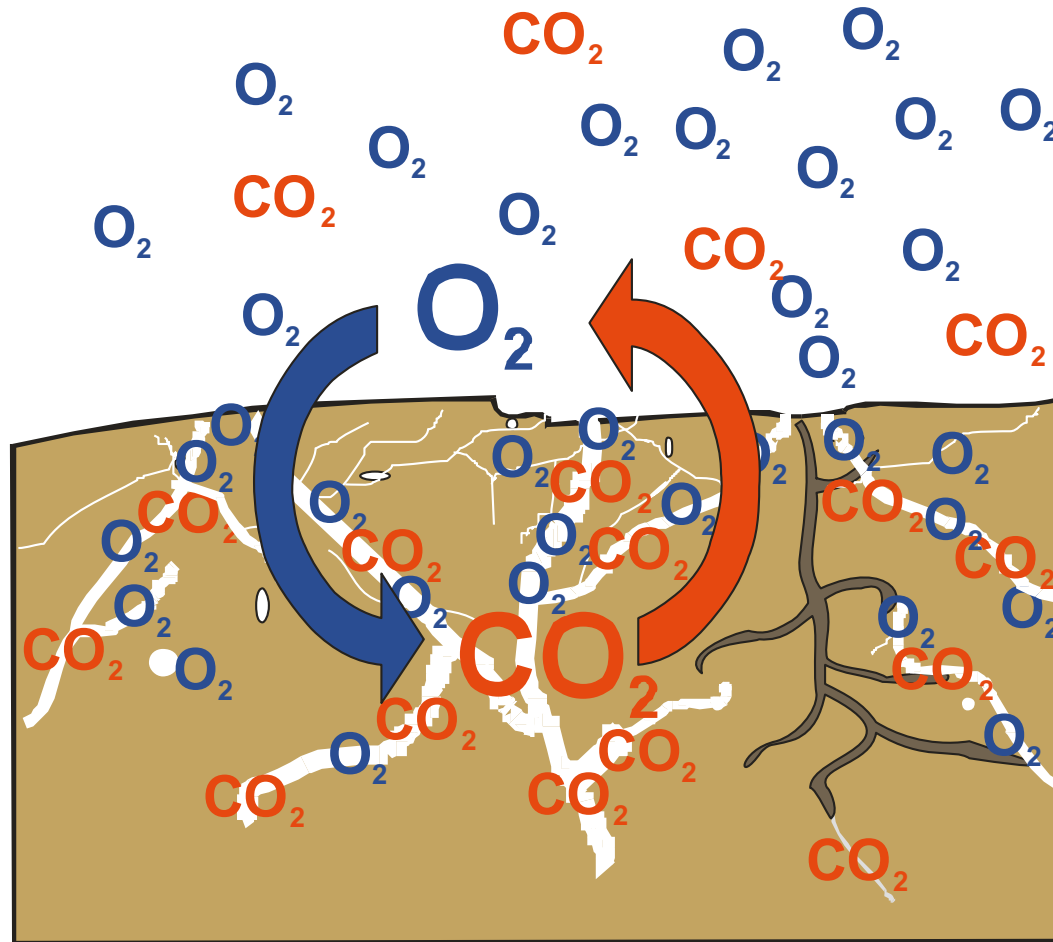


Bodenstruktur und Gasaustausch



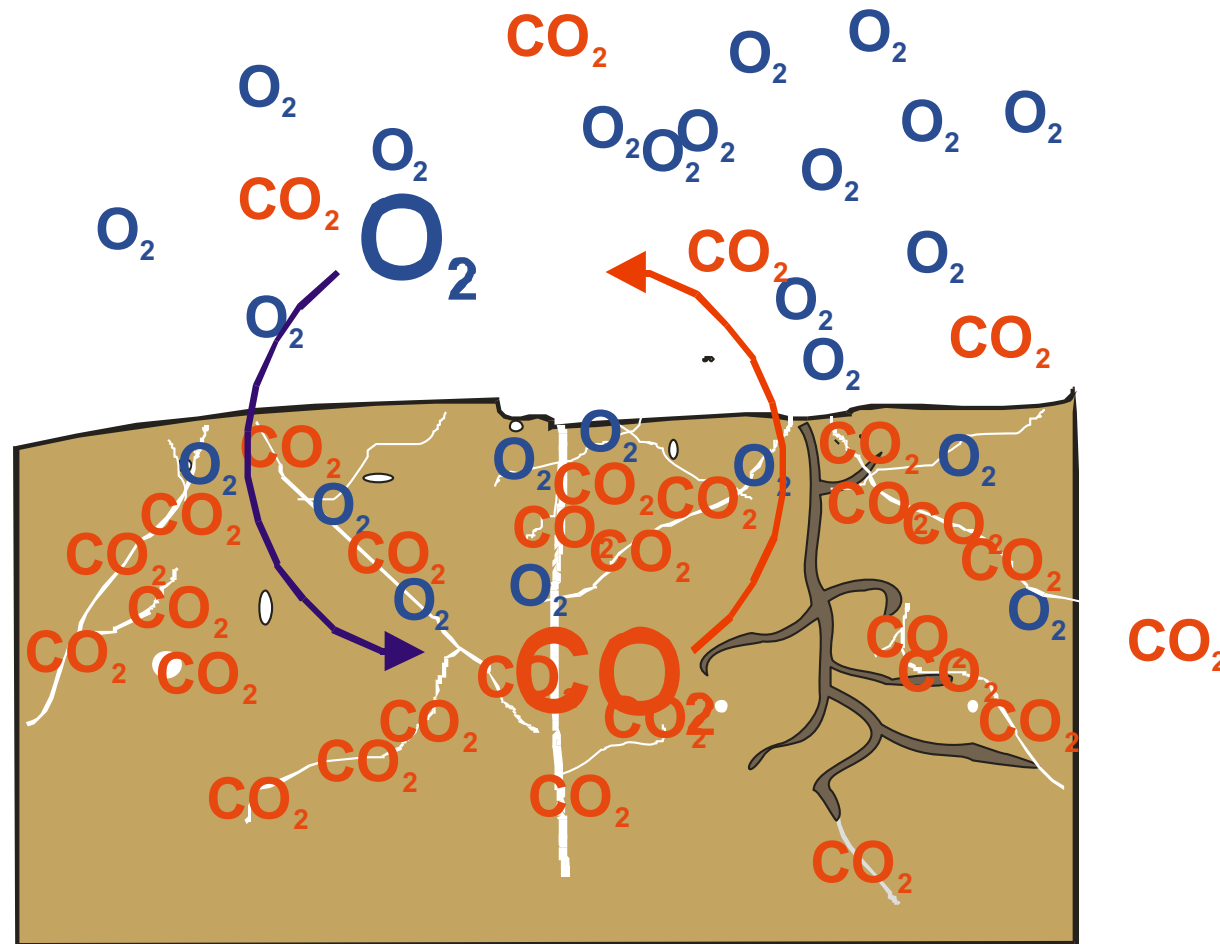
Zeichnung des Wurzelsystems der jungen Stieleiche aus: Kutschera und Lichtenegger 2013

Bodenstruktur und Gasaustausch



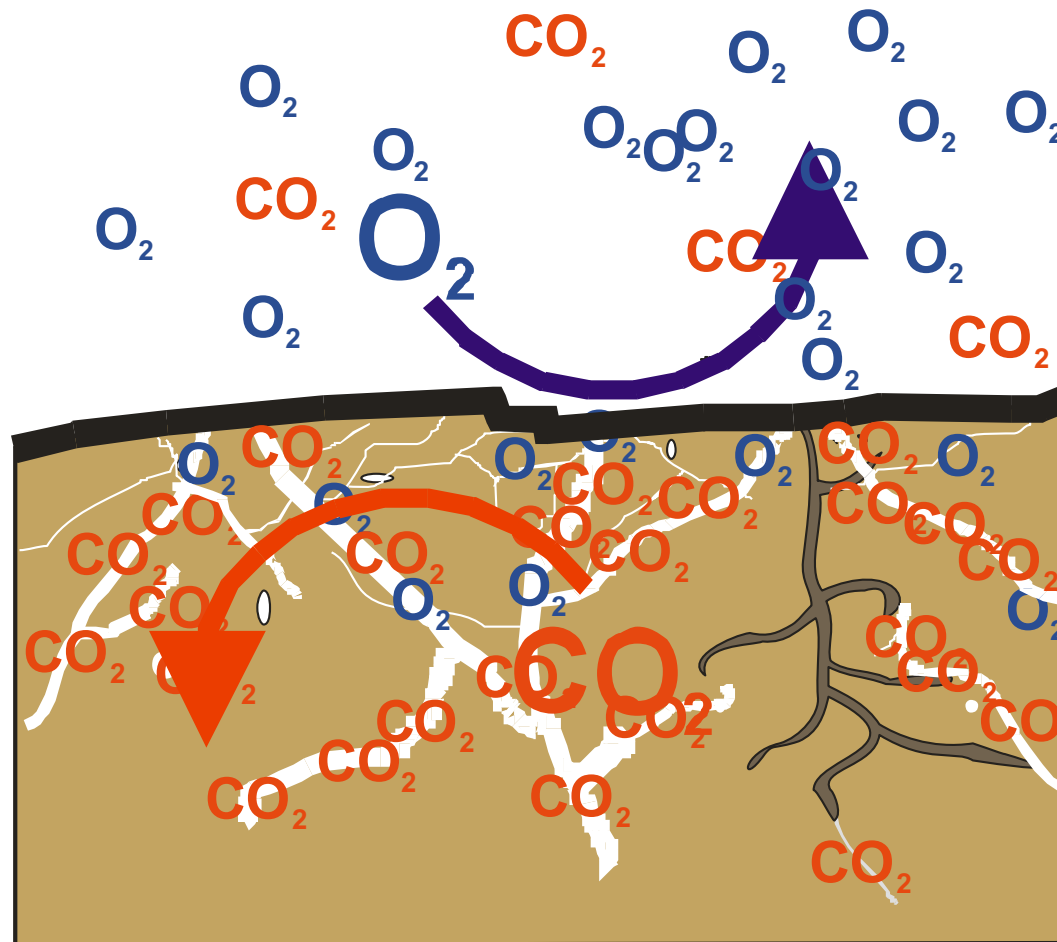
Gasaustausch erfolgt über das Porensystem

Bodenstruktur und Gasaustausch



Verringertes Porenvolumen bedeutet verringerter Gasaustausch

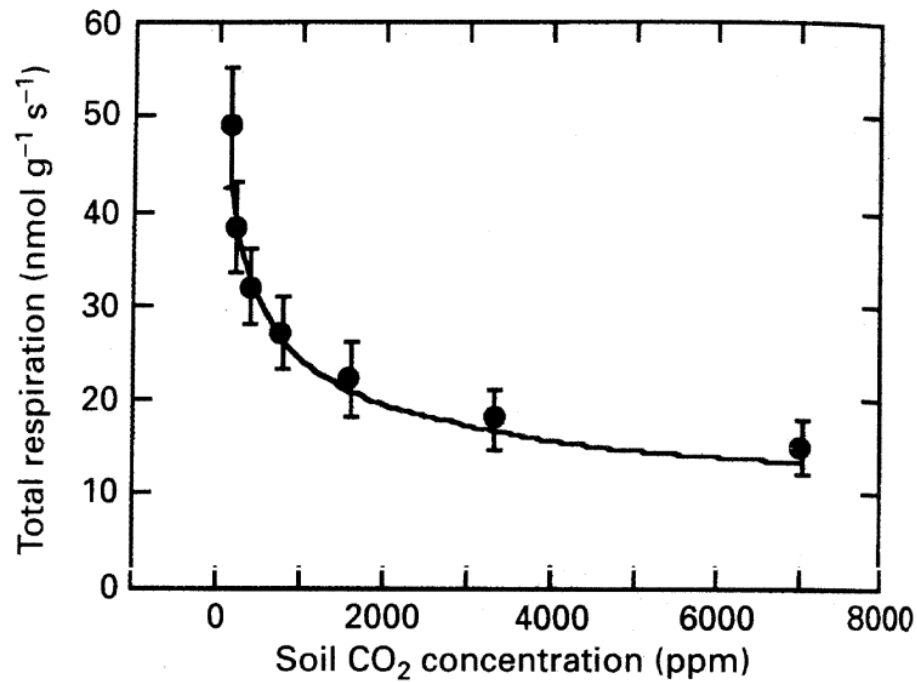
Bodenstruktur und Gasaustausch



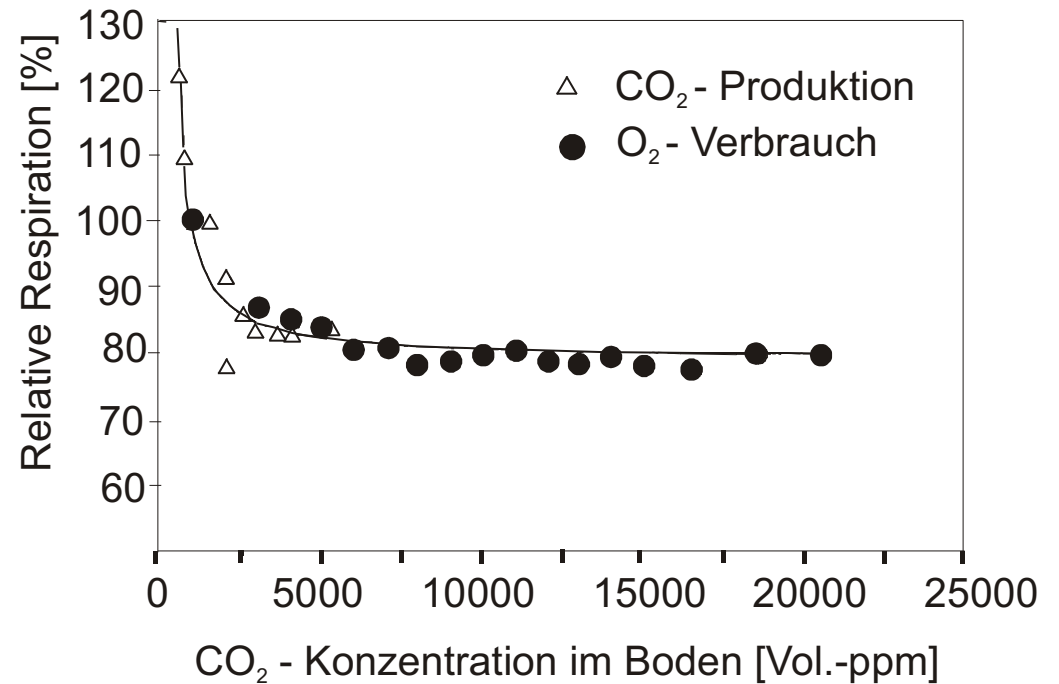
Versiegelung bedeutet: kein Gasaustausch möglich!

Zusammenhang zwischen der CO₂-Konzentration der Bodenluft und der Wurzelrespiration

Respiration von Douglasienwurzeln
(Qi et al. 1994, verändert)



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

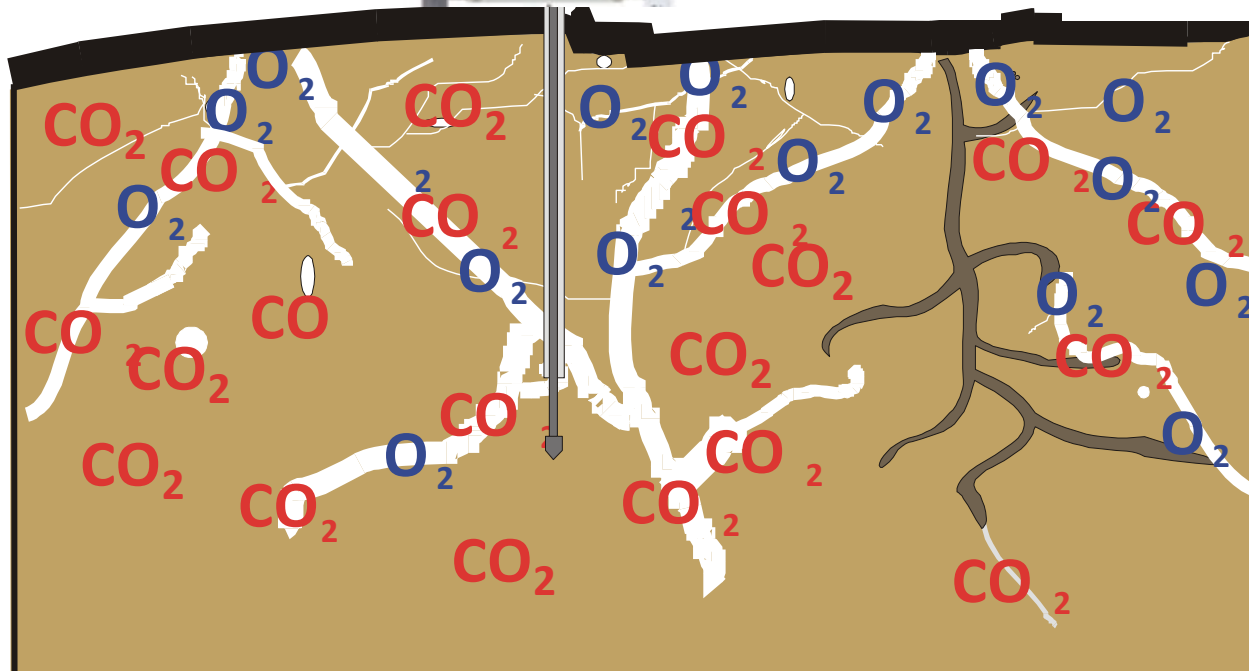


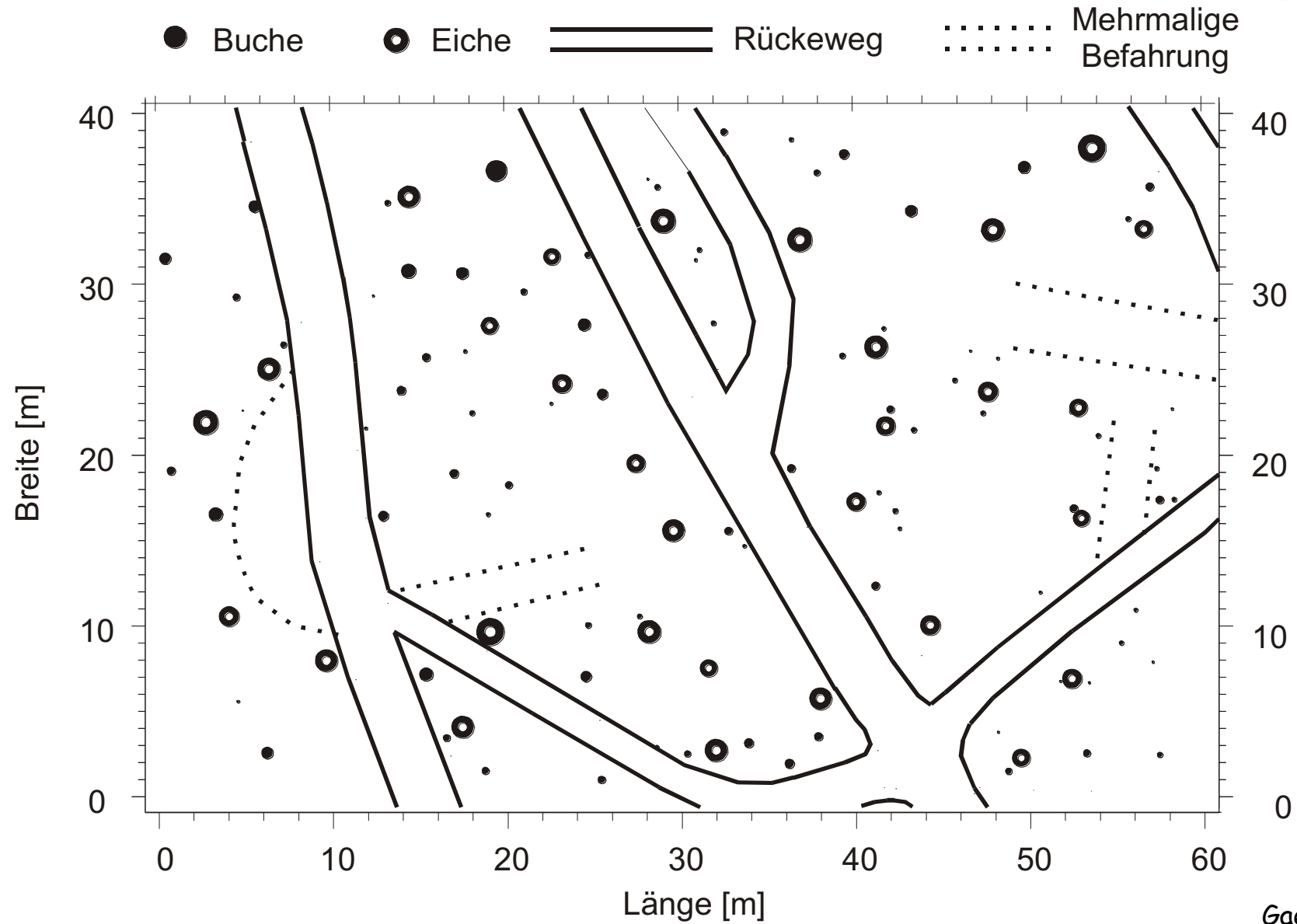
Identifikation von Belüftungstörungen im Boden

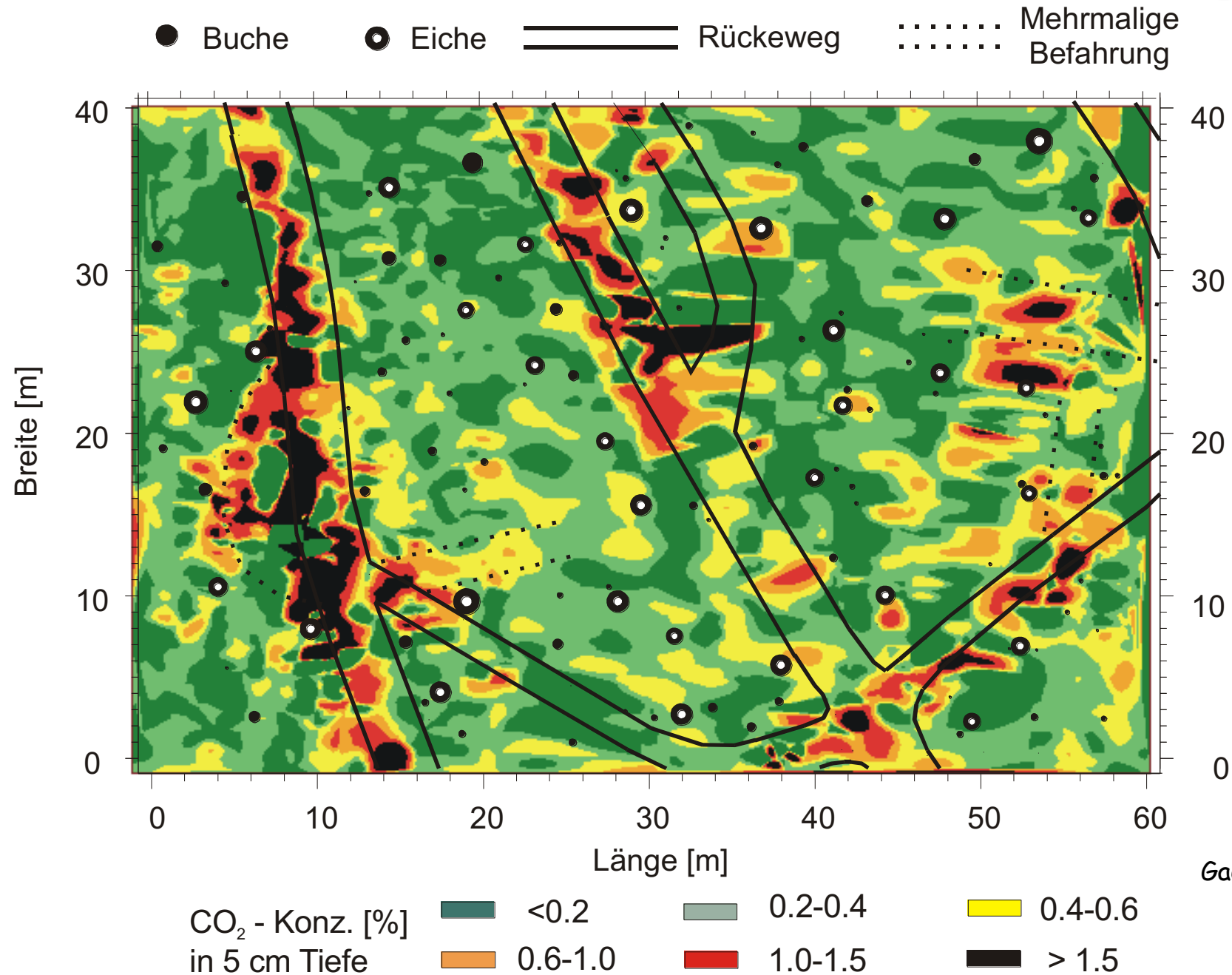


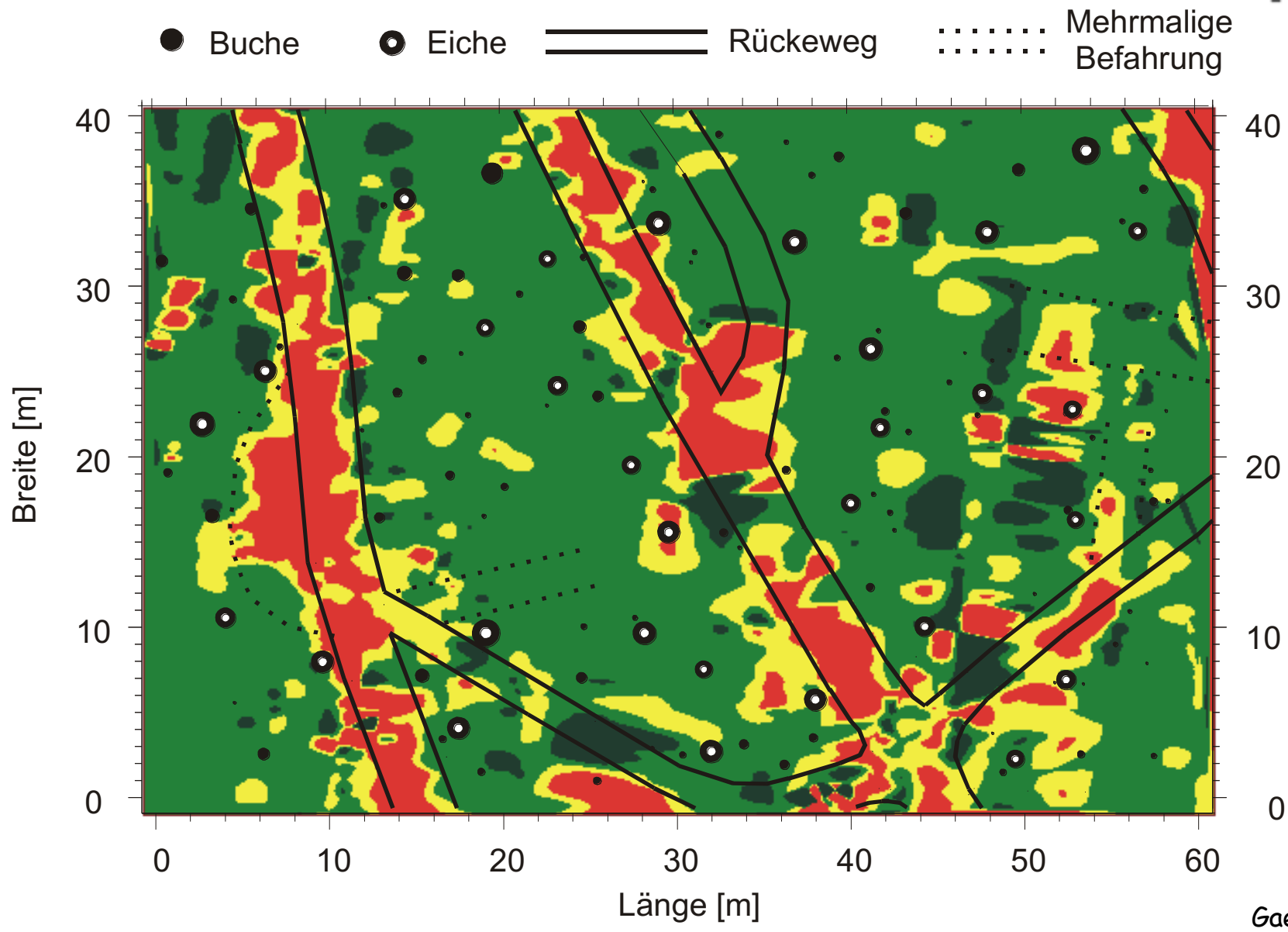
„Integrierender
Parameter“

CO₂-Konzentration
der Bodenluft









Feinwurzeldichte
(Anzahl/dm²):

■ hoch (>20)

■ normal (6-20)

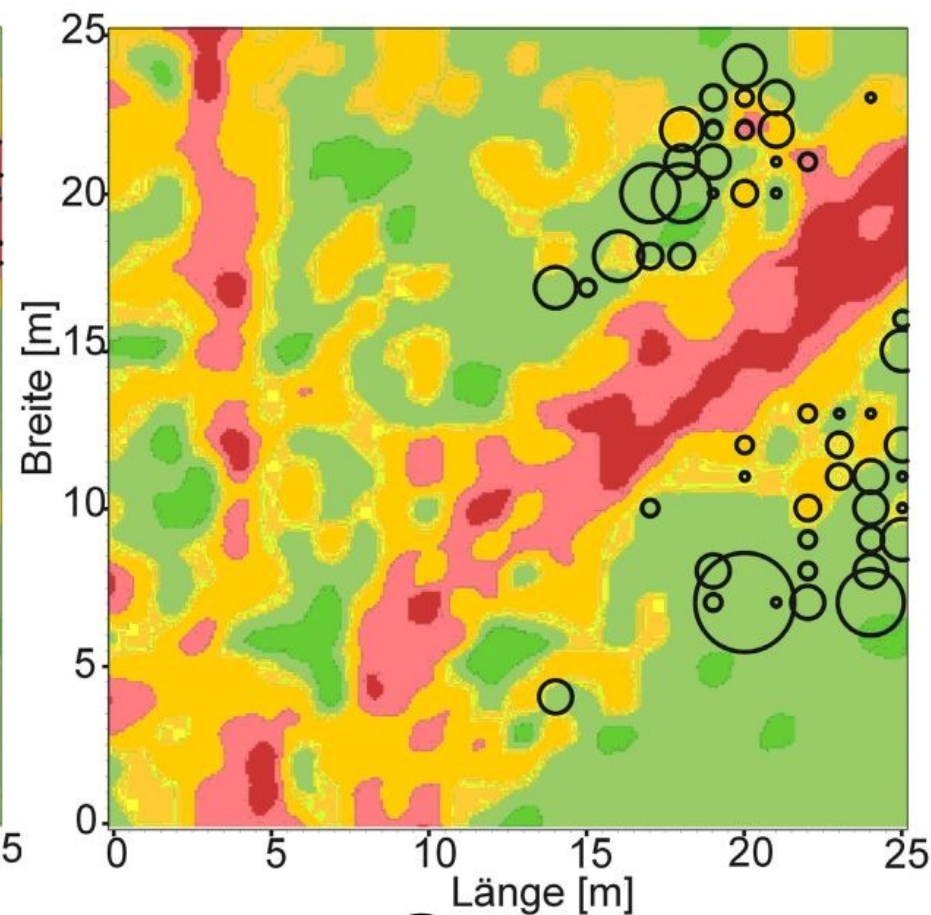
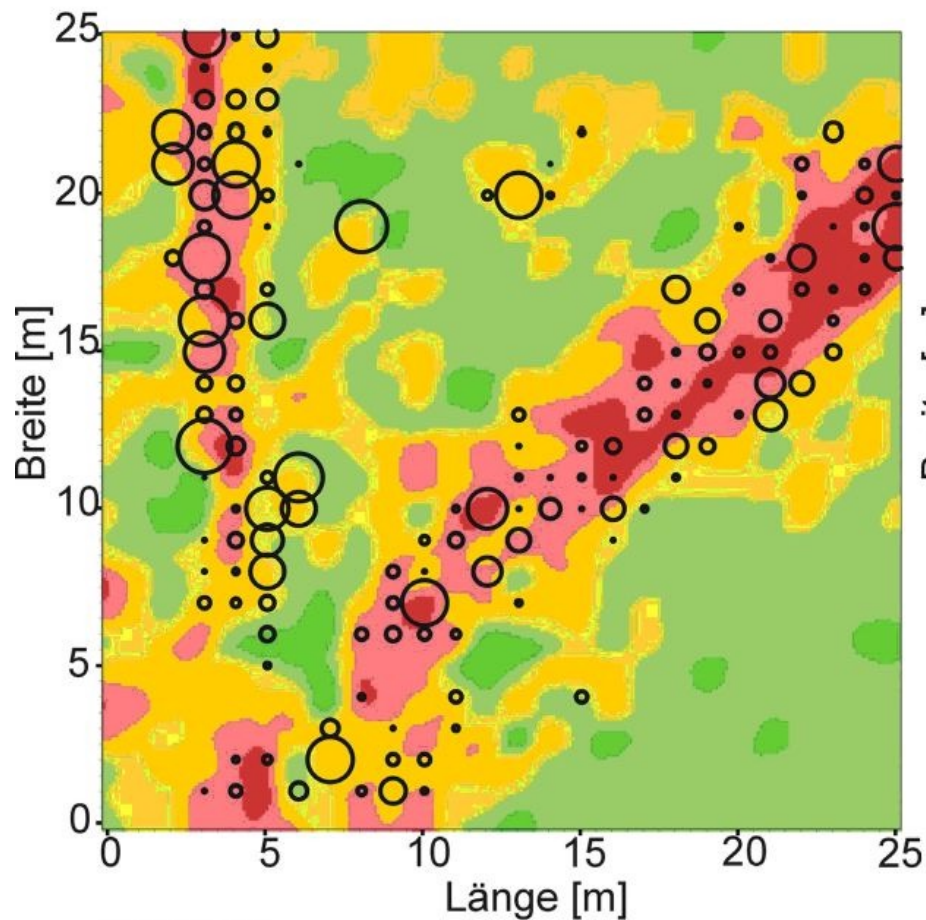
■ gering (1-5)

■ kaum lebende Feinwurzeln

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

Carex remota

Gymnocarpium dryopteris



Verformungs-
schaden: ■ sehr stark ■ stark ■ deutlich ■ gering ■ kein

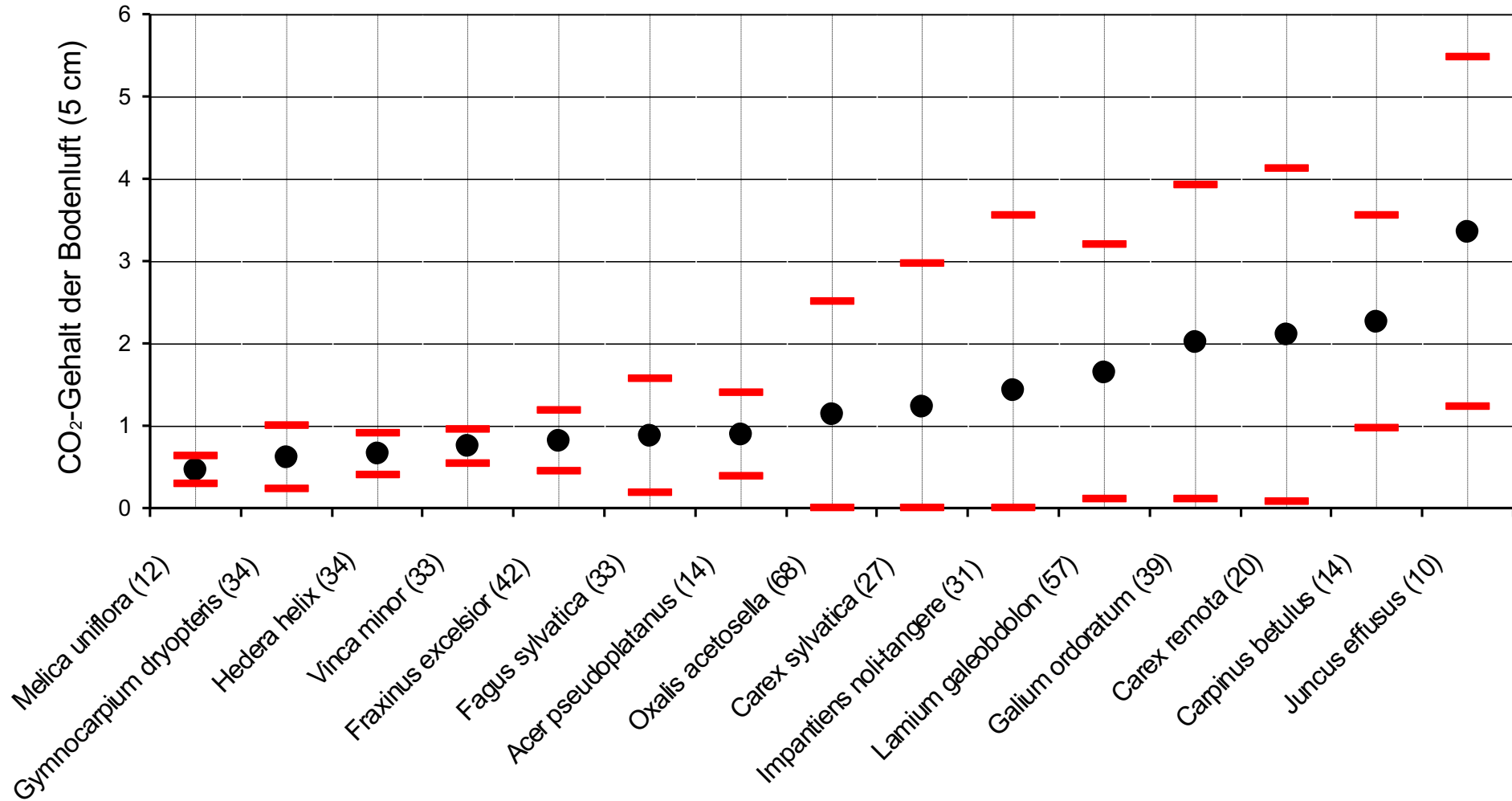
großes Vorkommen: ○ ○
geringes Vorkommen: ○

Koch 2008

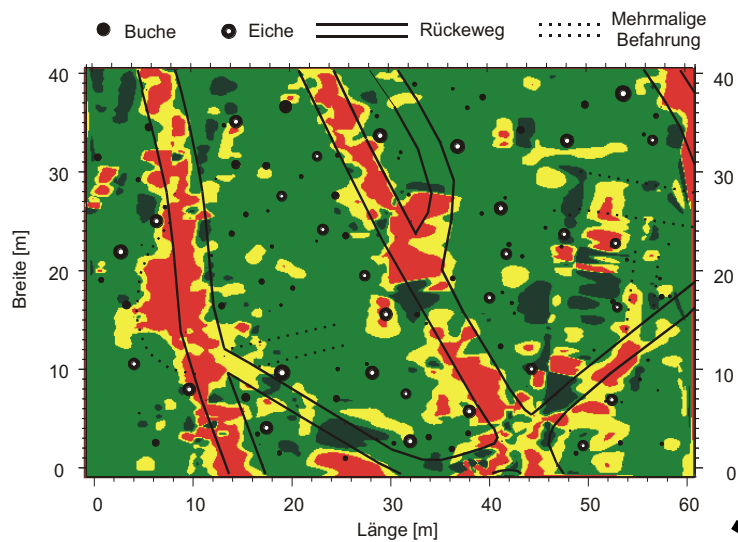
Veränderte Waldbodenvegetation auf der Rückegasse



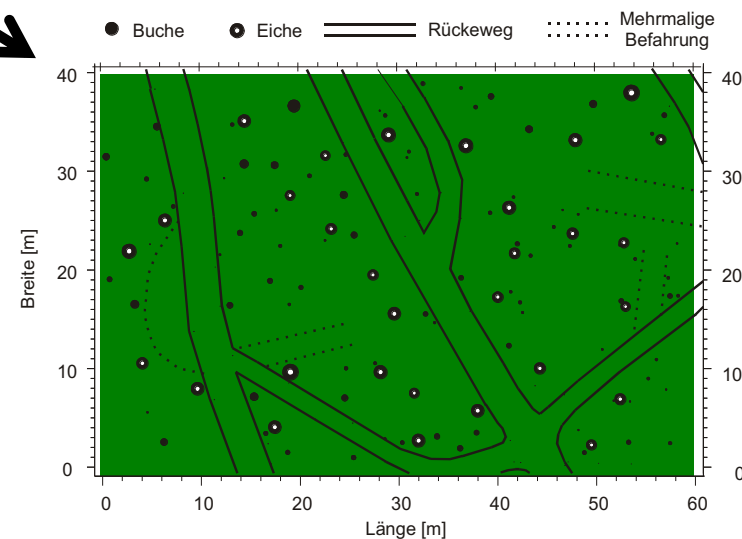
Durchschnittliche CO₂-Konzentration unter den häufigsten Pflanzen



Dörr 2009



Natürliche Regeneration verdichteter Böden





Natürliche Regeneration verdichteter Böden

Quellen und
Schrumpfen von Ton

Bioturbation z.B. Regenwürmer



Natürliche 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			
20 Jahre			
30 Jahre			
40 Jahre			

nach Ebeling et al 2017

Natürliche 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	0,9

nach Ebeling et al 2017

Folgerung für die Feinerschließung – Teil I

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

Wenn die Funktionsfähigkeit der Rückgasse dauerhaft beeinträchtigt ist, sollte der dauerhafte Erhalt der technischen Befahrbarkeit Ziel des physikalischen Bodenschutzes sein.

Auf tonigen und biologisch aktiven Böden (hoher pH-Wert) kann nach zwei Jahrzehnten eine funktionelle Regeneration in den Bereichen Gas- und Wasserhaushalt beobachtet werden.

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

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

Rückegassenabstand – Regelungen aus der Praxis

Schleswig-Holstein
Saarland

FSC-Standard

(40m max. 13%)

Übrige Bundesländer
40m (20m)

Bayern
30m

Niedersachsen
Mecklenburg-Vorpommern
20 m

Thüringen
25 / 45 m

eng (20m)

weit (40m)

Rückgassenabstand

Befahrene Fläche

->Wasser-, Luft- und Nährstoffversorgung des Gesamtbestandes

Beschädigte Randbäume

Anteil lebensraumstypischer Pflanzengesellschaften

Belastung der einzelnen Rückgasse -> Tragfähigkeit

Nährstoffakkumulation in Reisigmatten und deren Rückführung

Anreiz für Verlassen der Rückgasse

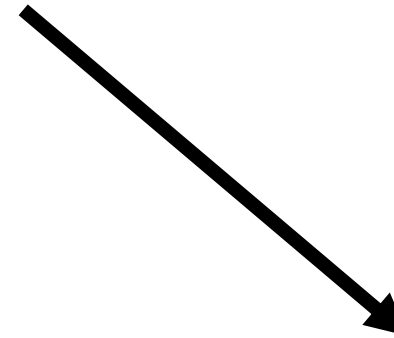
Zwischenflächenbelastung durch Schleifen von Holz

Mechanisierungsgrad und **Arbeitssicherheit**

Artenvielfalt durch Sonderbiotop

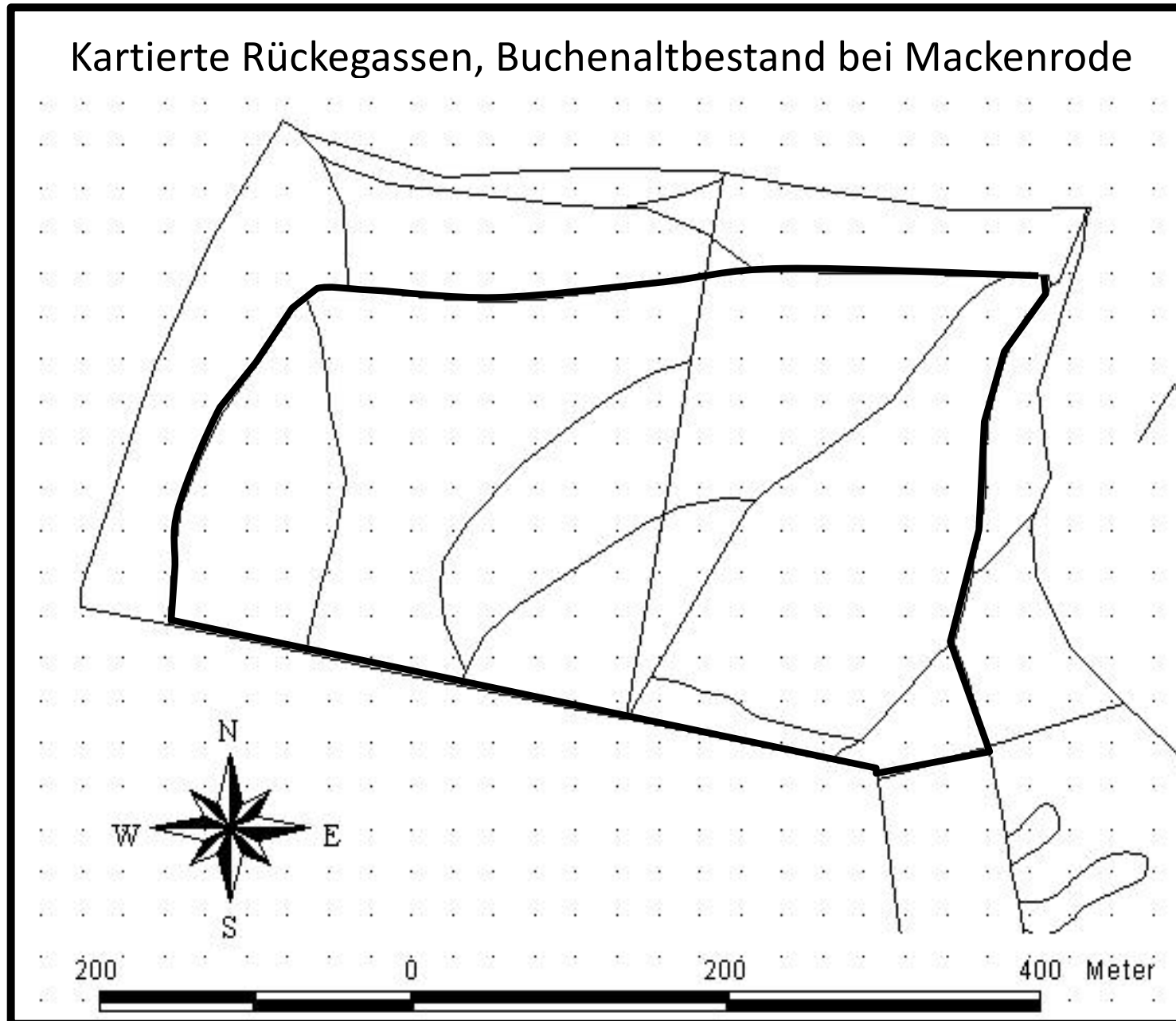
Rückegassenabstand

Auf Standorten die nicht regenerieren, ist die Integration vorhandener Fahrspuren in ein Feinerschießungssystem wichtiger als ein definierter Zielabstand!



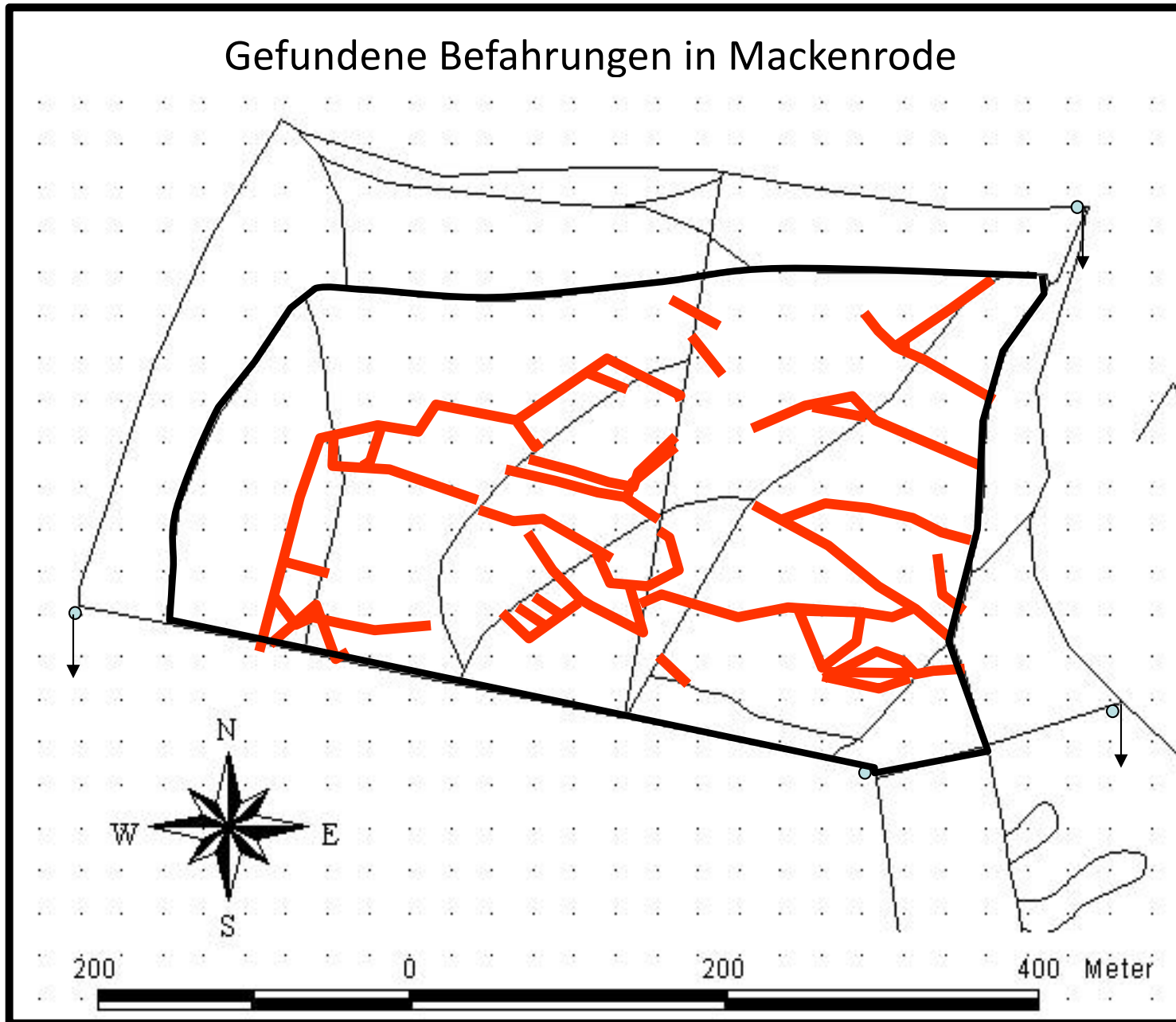
	Regenerationsindex Gasdiffusion / CO ₂ (unbefahren / Fahrspur)					
10 Jahre	0,6	0,4	0,6	0,3	0,8	0,4
20 Jahre	0,8	1,0	0,9	0,6	-	-
30 Jahre	1,0	0,9	1,1	1,0	0,5	0,5
40 Jahre	-	-	0,7	0,9	0,6	1,0

Kartierte Rückegassen, Buchenaltbestand bei Mackenrode

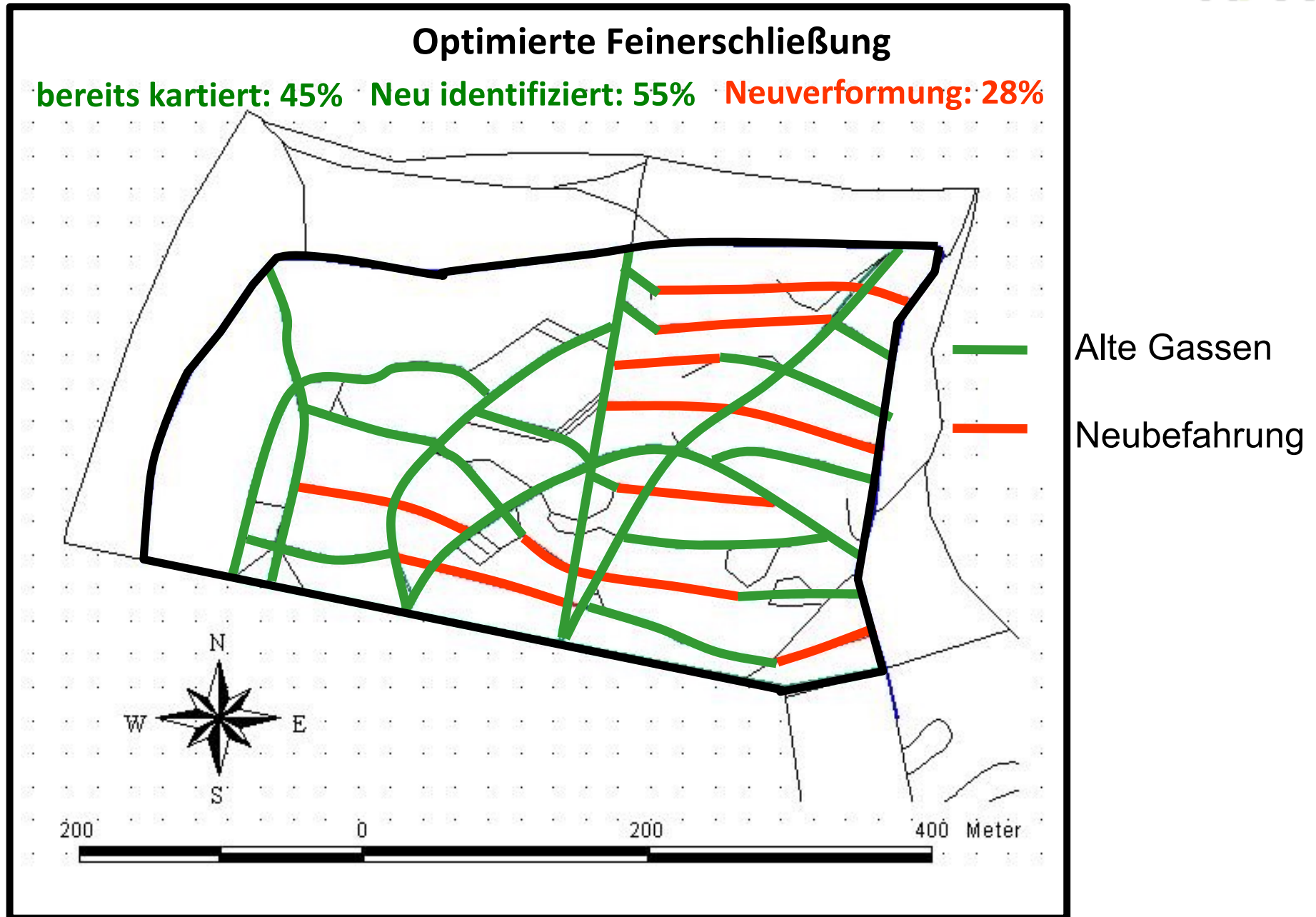


(Trumpa 2007)

Gefundene Befahrungen in Mackenrode



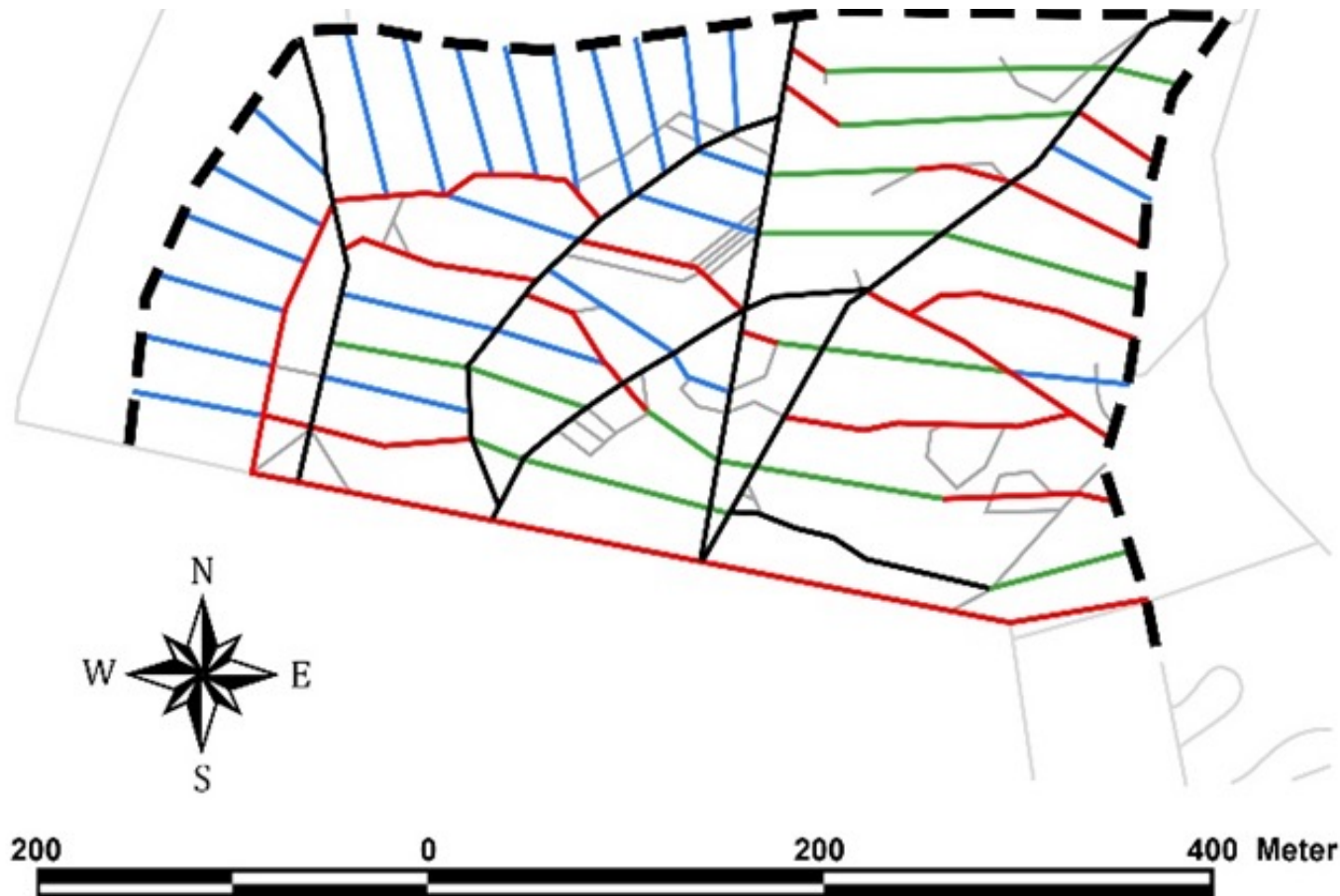
(Trumpa 2007)



(Trumpa 2007)

Optimierte Feinerschließung

- Rückegassen in Forstbetriebskarte
- LKW-Weg
- Vorhandene Rückegassen, nicht kartiert
- Ungenutzte Befahrungen
- Neue Rückegassen bei 40m Feinerschließung
- Neue Rückegassen bei 20m Feinerschließung

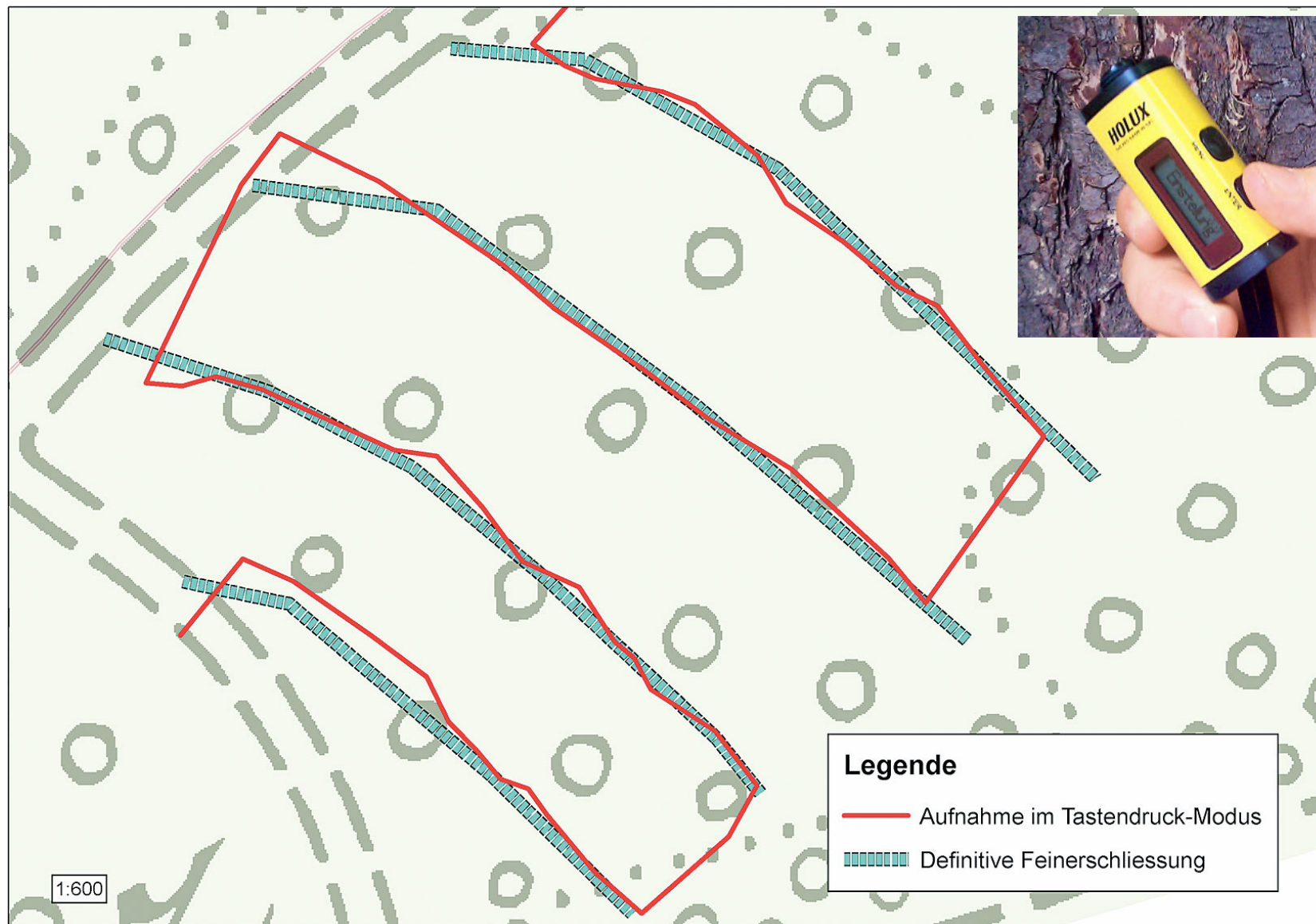


(Trumpa 2007)

Wo sind die Rückegassen?

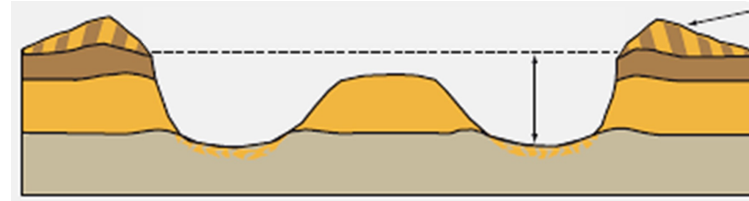


Foto: Kurt Seebauer

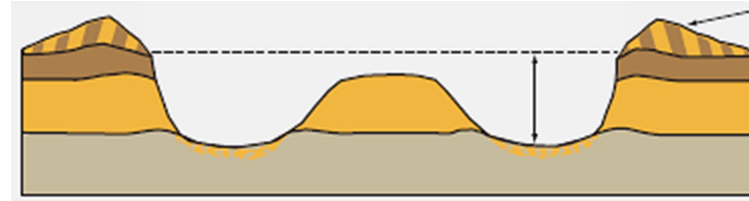


https://www.waldwissen.net/technik/holzernte/boden/wsl_gps_bodenverdichtung/wsl_gps_bodenverdichtung_gps_gross

Fahrspurtiefe



Fahrspurtiefe



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

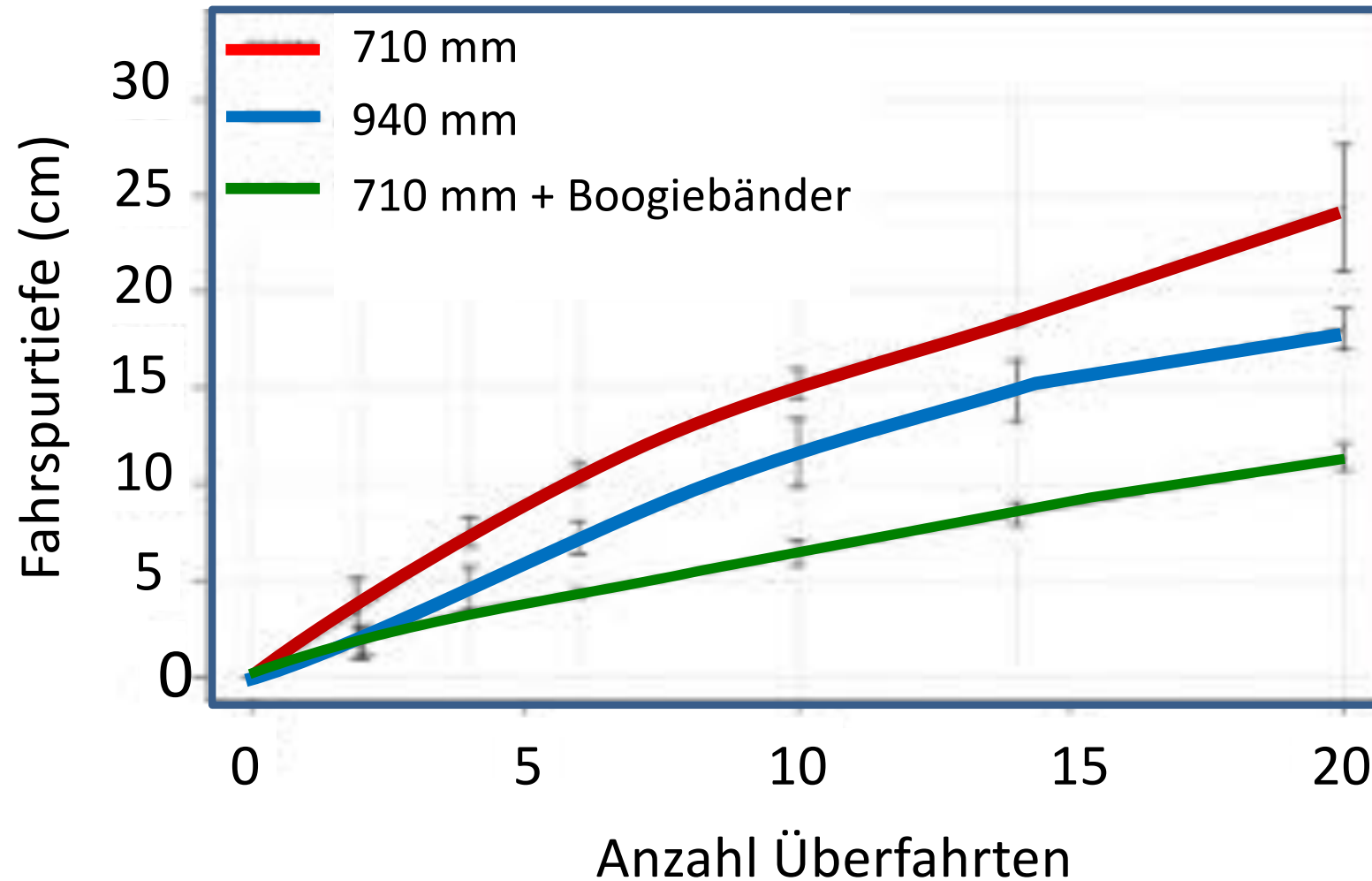
Thüringen

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

Niedersachsen

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

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 5	8 15	/ ja	 Grundbruch
Vaake	Ut3	-100	John Deere 1270e	24	161	1	6	/	
			Ponse Buffalo (Forwarder)	28	243	1 5	7 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
			Hägglands	6,6	16	5	2	Nein	elastisch

(verändert nach Riggert 2016)

Folgerung für die Feinerschließung - Teil II

- 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. Vorhandene Fahrspuren sind unter Inkaufnahme suboptimaler Erschließung bei der (Neu)Anlage des Feinerschließungssystems in diese zu integrieren**
- 4. Die Rückegasse ist das Zielobjekt des physikalischen Bodenschutzes**
-> permanent
-> wiederauffindbar (auch im Kalamitätsfall)
-> Im Vordergrund steht der langfristige Erhalt der Tragfähigkeit



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Fragen? Kommentare? –Gerne!