

Auswirkungen des Anbaus von Pappeln und Weiden auf den Ackerboden

Petra Kahle

Institut für Landnutzung
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Universität Rostock



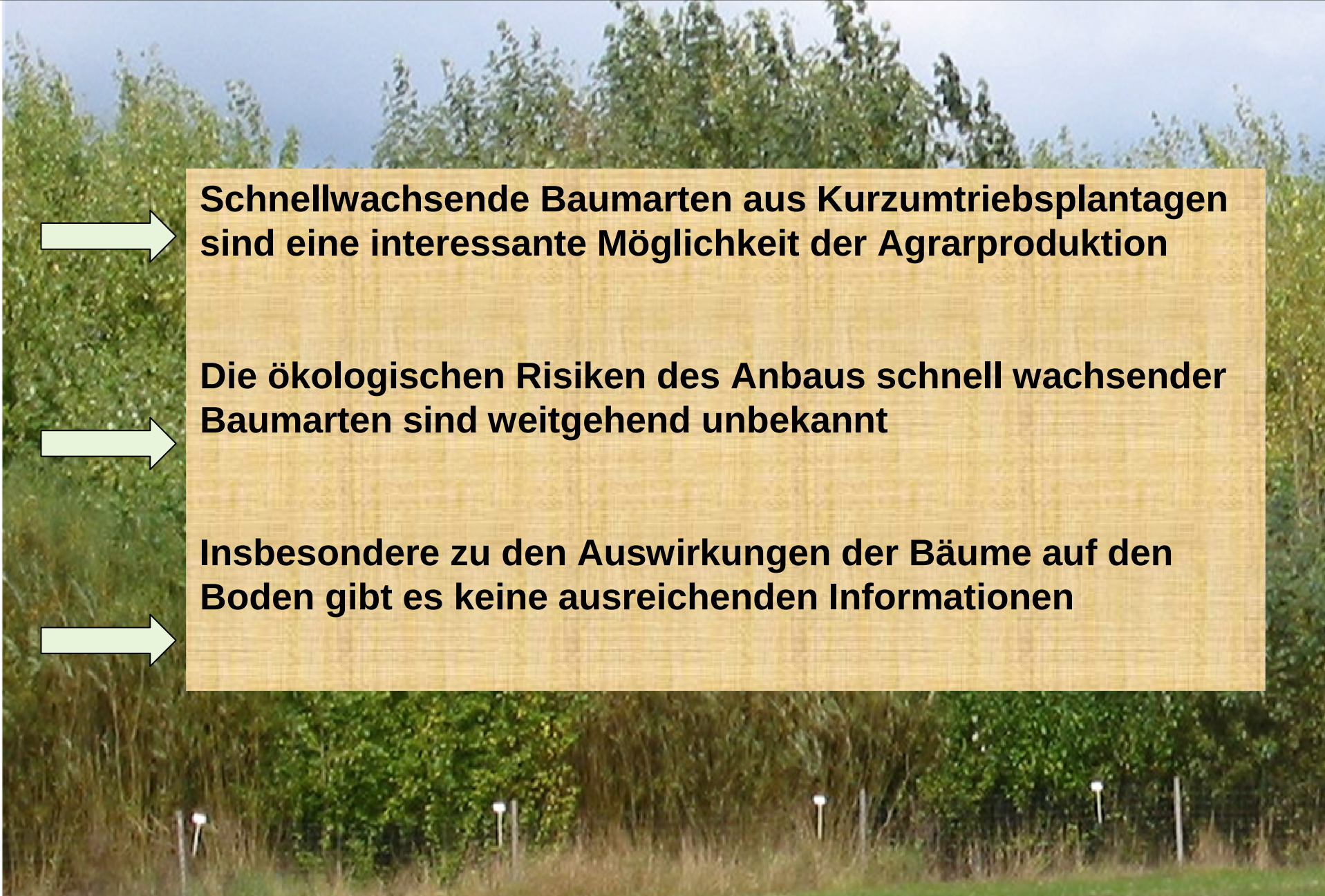
Gliederung

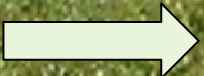
- **Motivation**
- **Zielstellung**
- **Versuchsstandorte und Messprogramm**
- **Ergebnisse**
- **Fazit**

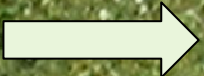
Aspekte der Umweltwirkungen von Kurzumtriebsflächen

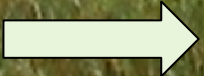
Umweltschutzgut	Risiken bei der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen
Boden	Stoffeinträge Erosion Bodenverdichtung Humusabbau/Humusbilanz
Wasser	Stoffeinträge, insbesondere Nitrat-Stickstoff Senkung des Grundwasserspiegels
Biosphäre	Verringerung der Artenvielfalt (Flora, Fauna)
Atmosphäre	Freisetzung klimarelevanter Gase (Methan)

Quelle: Boelcke, 2006



 **Schnellwachsende Baumarten aus Kurzumtriebsplantagen sind eine interessante Möglichkeit der Agrarproduktion**

 **Die ökologischen Risiken des Anbaus schnell wachsender Baumarten sind weitgehend unbekannt**

 **Insbesondere zu den Auswirkungen der Bäume auf den Boden gibt es keine ausreichenden Informationen**

Prüfung der Auswirkungen schnellwachsender Bäume auf ausgewählte **chemische, physikalische und biologische Eigenschaften nach 12 jährigem Anbau auf Ackerboden**

Prüfaspekte

- (1) Veränderungen über die Zeit
- (2) Vergleich mit baumlosen Referenzflächen

Versuchsstandorte und Messprogramm



- Versuchsanlagen der LFA M-V in Gültzow und Vipperow
- randomisierte Blockanlagen in dreifacher Wiederholung
- Bodenprobenahme: 1993, 1999/2000, 2005
- Umtriebszeit 3 bzw. 6 Jahre

Kennzeichnung der Versuchsstandorte

Standort	Temp. (°C)/ Niederschlag (mm)	Ausgangs- gestein	Bestandes- alter im Prüfjahr	Parz.-größe (m²)/ Zahl der Wieder- holungen
Gültzow	8,2/543	Geschiebe- mergel	12	135/3
Vipperow	8,0/640	Geschiebe- mergel	12	135/3

Bodenformen:

Gültzow:

Braunerde aus Moränensand

Vipperow:

Parabraunerde-Pseudogley aus Moränensand über Moränenlehm

Versuchsstandorte und Messprogramm

Eigenschaften der Oberböden (0 – 30 cm) an den Versuchsstandorten

Parameter	Gülzow	Vipperow
Körnung (%), Ton, Schluff, Sand	5,6/ 23,8/ 70,6	5,1/ 21,9/ 73,0
Bodenart	SI2	SI2
pH (CaCl ₂)	5,1	5,8
KAK (cmol kg ⁻¹)	5,5	6,2
P/K (mg kg ⁻¹) pflanzenverfügbar	7,1/ 11,6	4,8/ 7,7
P/K-Gehaltsklasse nach LUFA Rostock	C/D	D/D
Trockenrohdichte ρ_d (g cm ⁻³)	1,70	1,58
Porenvolumen PV (%)	35,1	39,9
Porengrößenverteilung (Vol-%), GP, MP, FP	3,7/ 26,1/ 5,3	10,9/ 24,5/ 4,5
Wasserretention (Vol-%), $\Theta_{pF1,7}$ / $\Theta_{pF2,48}$ / $\Theta_{pF4,2}$	31,4/ 25,4/ 5,3	29,0/ 22,7/ 4,5

In die Bodenuntersuchung einbezogene Parzellen mit schnellwachsenden Bäumen an den Standorten Gülzow und Vipperow

<i>Botanische Gruppen</i>	<i>Sorte/Klon</i>
Hybridpappeln	
<i>P. trichocarpa</i> x <i>P. deltoides</i>	Rap
<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	Max 1,Max 3
<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	10/85(49)
Weiden	
<i>S. viminalis</i>	Zieverich, Weide 10
<i>S. viminalis</i> x <i>S. purpurea</i>	Weide 8
<i>S. caprea</i> x <i>S. viminalis</i>	Weide 6



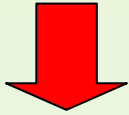
Gülzow

4 Pappel- und 2 Weidenklone/-sorten

Vipperow

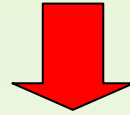
1 Pappel- und 3 Weidenklone/-sorten

Untersuchungsparameter in den Bodentiefen 0-10 cm und 10-20 cm



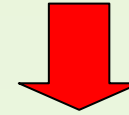
chemisch

- pH-Wert
- Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und Gesamtstickstoff (N_t)
- OBS-Gehalt
- C- und N-Vorrat
- Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium



physikalisch

- Trockenrohdichte
- Substanz- und Porenvolumen
- Anteile an Grob-, Mittel- und Feinporen
- Wasserretention



biologisch

- Dehydrogenase-Aktivität (DHA)

Ergebnisse

Veränderung chemischer Eigenschaften des Oberbodens (0-20 cm) an den Versuchsstandorten im Zeitraum 1993-2005

<i>Jahr/Variante</i>	<i>C_{org}</i>	<i>N_t</i>	<i>C/N</i>	<i>OBS</i>	<i>pH</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
	%			%	(CaCl ₂)	mg 100 ⁻¹ g	
Gülzow							
1993	0,73	0,086	8,5	1,26	5,6	6,6	15,0
1999/Bäume	1,03 ^a	0,093	11,1	1,78 ^a	5,5	7,8	16,5
2005/Bäume	1,04 ^a	0,103 ^a	10,1	1,79 ^a	5,7	6,2 ^b	12,7 ^b
Vipperow							
1993	0,77	0,093	8,3	1,33	5,9	7,6	17,7
2000/Bäume	1,02 ^a	0,116 ^a	8,8	1,76 ^a	6,4	6,5	19,2
2005/Bäume	1,17 ^a	0,109	10,7	2,02 ^a	6,4	5,5	11,9 ^b

^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993

^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

*0-30 cm für P und K

Ergebnisse

Veränderung chemischer Eigenschaften des Oberbodens (0-20 cm) an den Versuchsstandorten im Zeitraum 1993-2005

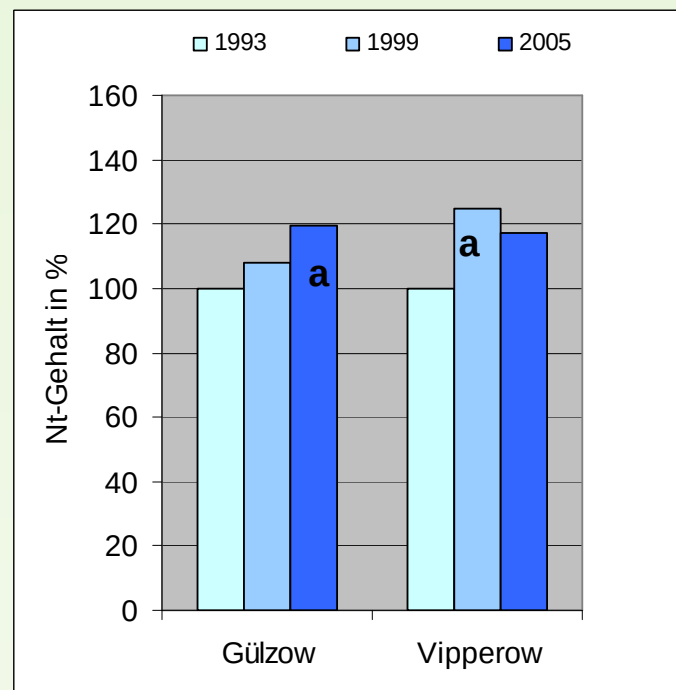
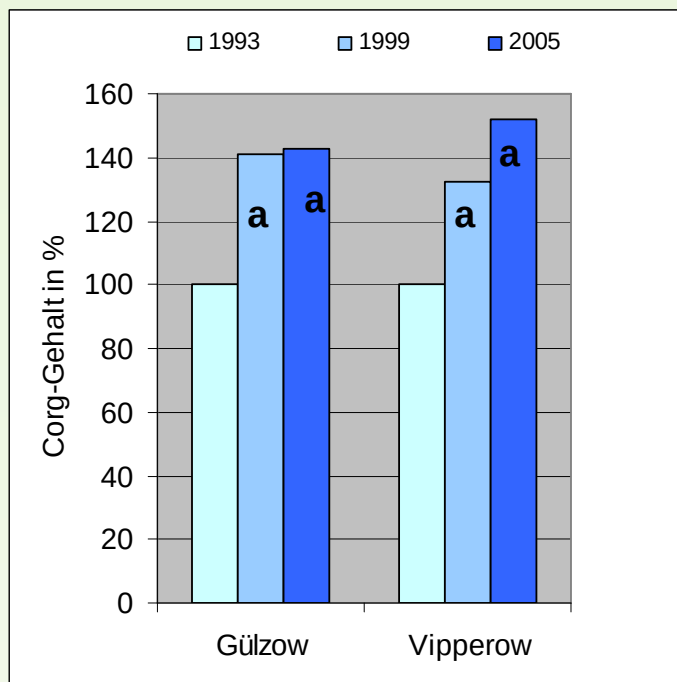
<i>Jahr/Variante</i>	<i>C_{org}</i> %	<i>N_t</i>	<i>C/N</i>	<i>OBS</i> %	<i>pH</i> (CaCl ₂)	<i>P</i> mg 100 ⁻¹ g	<i>K</i>
Gülzow							
1993	0,73	0,086	8,5	1,26	5,6	6,6	15,0
1999/Bäume	1,03 ^a	0,093	11,1	1,78 ^a	5,5	7,8	16,5
2005/Bäume	1,04 ^a	0,103 ^a	10,1	1,79 ^a	5,7	6,2 ^b	12,7 ^b
Vipperow							
1993	0,77	0,093	8,3	1,33	5,9	7,6	17,7
2000/Bäume	1,02 ^a	0,116 ^a	8,8	1,76 ^a	6,4	6,5	19,2
2005/Bäume	1,17 ^a	0,109	10,7	2,02 ^a	6,4	5,5	11,9 ^b

^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993

^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

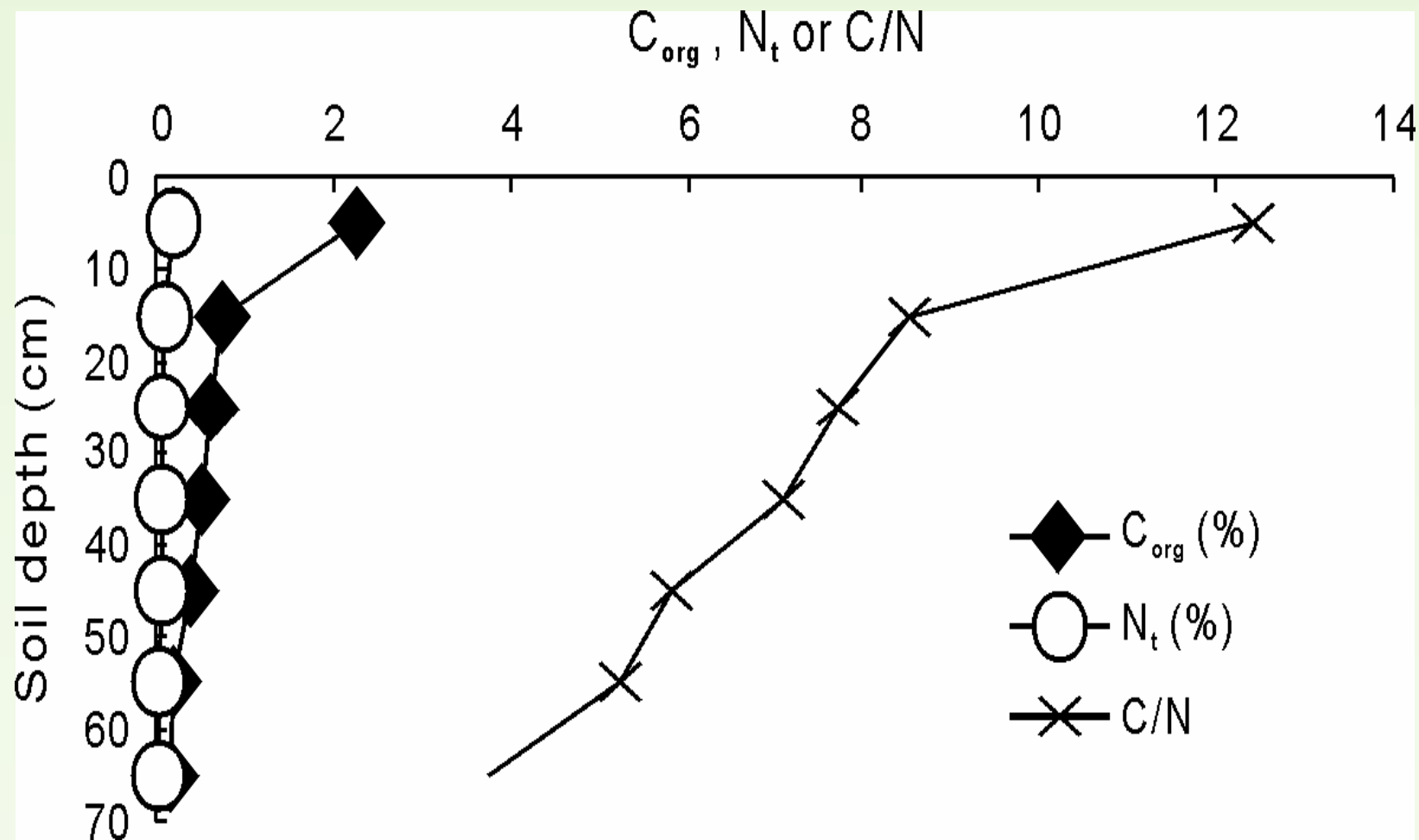
*0-30 cm für P und K

Vergleich der relativen C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens an den Versuchsstandorten im Zeitraum 1993 - 2005



^a = signifikant verschieden von 1993 (Signifikanzniveau 0,05)

Verteilung der Gehalte an C_{org} und N_t sowie C/N-Verhältnisse nach 6 jähriger Standdauer der Bäume in verschiedenen Bodentiefen am Standort Vipperow (2000)



Veränderung der OBS-Gehalte in Versuchs- und Kontrollflächen (0-20 cm)

Humus (%)	Gülzow			Vipperow		
	Bäume	Referenz	Acker	Bäume	Referenz	Acker
1993	1,26	1,26	-	1,33	1,33	-
1999	1,78*	1,45	-	1,76*	0,67	-
2005	1,79*	1,83	1,22**	2,02*	1,40**	1,48**

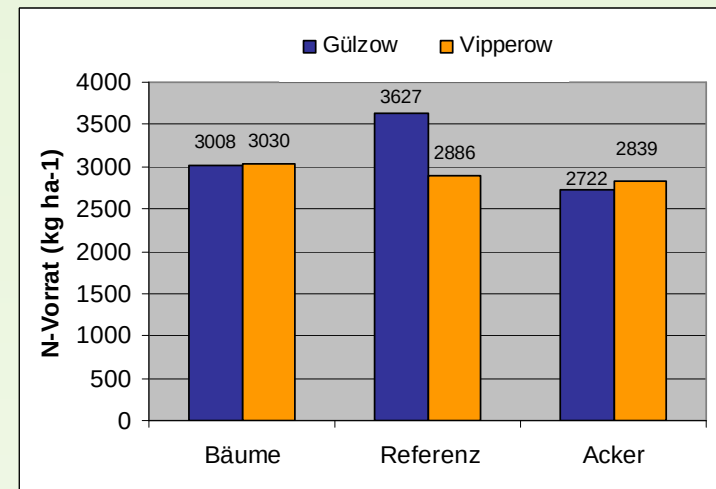
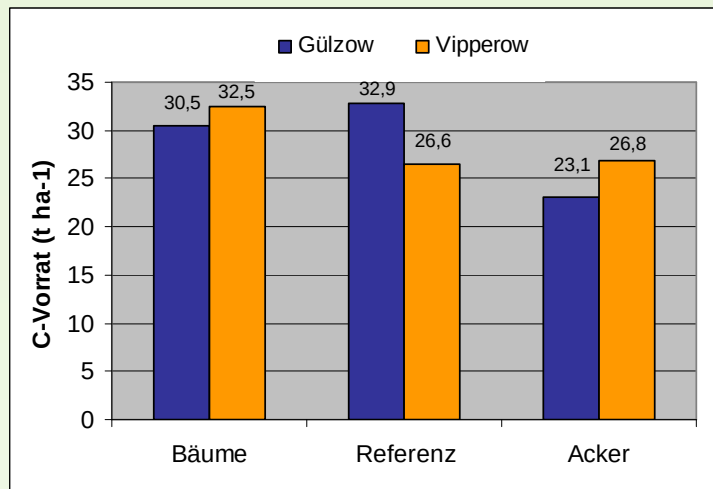
* signifikant verschieden zu 1993

** signifikant verschieden zu 1999/ Bäume

Baumparzellen weisen gegenüber dem Ackerland deutlich höhere OBS-Gehalte auf

Baumlose Referenzparzellen innerhalb der Plantagen sind aufgrund von Krautschicht und Laubstreu für Vergleichszwecke nicht geeignet

Kalkulation der C_{org} - und N_t -Vorräte nach 12 jähriger Standdauer der Bäume



Saldo 1993 - 2005

Gülzow: + 6, 3 t C ha⁻¹ und + 176 kg N ha⁻¹

Vipperow: + 9,1 t C ha⁻¹ und + 203 kg N ha⁻¹

8,3 t C ha⁻¹ (aus Anfall Laubstreu
und Feinwurzelmasse, C-Gehalt
und Abbaubarkeit der Biomasse)

Plausibilität

Ergebnisse

Veränderung chemischer Eigenschaften des Oberbodens (0-20 cm) an den Versuchsstandorten im Zeitraum 1993-2005

<i>Jahr/Variante</i>	<i>C_{org}</i> %	<i>N_t</i>	<i>C/N</i>	<i>OBS</i> %	<i>pH</i> (CaCl ₂)	<i>P</i> mg 100 ⁻¹ g	<i>K</i>
Gülzow							
1993	0,73	0,086	8,5	1,26	5,6	6,6	15,0
1999/Bäume	1,03 ^a	0,093	11,1	1,78a	5,5	7,8	16,5
2005/Bäume	1,04 ^a	0,103 ^a	10,1	1,79a	5,7	6,2 ^b	12,7 ^b
Vipperow							
1993	0,77	0,093	8,3	1,33	5,9	7,6	17,7
2000/Bäume	1,02 ^a	0,116 ^a	8,8	1,76	6,4	6,5	19,2
2005/Bäume	1,17 ^a	0,109	10,7	2,02	6,4	5,5	11,9 ^b

^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993

^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

*0-30 cm für P und K

Ergebnisse

Veränderung chemischer Eigenschaften des Oberbodens (0-30 cm) an den Versuchsstandorten im Zeitraum 1993-2005

<i>Jahr/Variante</i>	<i>C_{org}</i> %	<i>N_t</i> %	<i>OBS</i> %	<i>pH</i>	<i>P</i> <i>mg</i> <i>100⁻¹ g</i>	<i>GK*</i>	<i>K</i> <i>mg</i> <i>100⁻¹ g</i>	<i>GK*</i>
Gülzow								
1993	0,73	0,086	1,26	5,6	6,6	C	15,0	D
1999/Bäume	1,03	0,093	1,78	5,5	7,8	C	16,5	D
2005/Bäume	1,04	0,103	1,79	5,7	6,2 ^b	C	12,7 ^b	D
Vipperow								
1993	0,77	0,093	1,33	5,9	7,6	C	17,7	D
2000/Bäume	1,02	0,116	1,76	6,4	6,5	C	19,2	D
2005/Bäume	1,17	0,109	2,02	6,4	5,5	B/C	11,9 ^b	C/D

^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993

^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

*GK = Gehaltsklasse nach LUFA Rostock

Fazit zu den chemischen Eigenschaften der Böden

- deutliche Humusanreicherung im Oberboden
- innerhalb des Oberbodenhorizontes zunehmende Differenzierung im Hinblick auf die Versorgung mit organischer Bodensubstanz
- nahezu unveränderte pH-Werte
- Tendenz zur Minderung der P- und K-Gehalte, ohne Auswirkung auf die Einordnung in die Gehaltsklassen nach LUFA Rostock

Beeinflussung physikalischer Eigenschaften des Oberbodens (0-20 cm) an den Versuchsstandorten Gülzow und Vipperow

	<i>Jahr Variante</i>	ρ_d <i>g*cm⁻³</i>	<i>PV</i> %	<i>Porenverteilung</i> %			<i>Wasserretention</i> %		
				<i>GP</i>	<i>MP</i>	<i>FP</i>	$\theta_{pF1,7}$	$\theta_{pF2,48}$	$\theta_{pF4,2}$
Gülzow	1993	1,65	37,8	12,7	19,7	5,3	25,0	22,7	5,3
	1999/Bäume	1,57 ^a	40,9 ^a	9,2 ^a	26,1 ^a	5,5	31,7 ^a	24,7	5,5
	2005/Bäume	1,46 ^{a,b}	44,8 ^{a,b}	13,8 ^b	25,1	6,0	31,1 ^a	22,2 ^b	6,0
Vipperow	1993	1,52	42,3	9,7	28,3	4,3	32,6	24,3	4,3
	2000/Bäume	1,32 ^a	49,8 ^a	14,5	30,8 ^a	4,5	35,2 ^a	19,0 ^a	4,5
	2005/Bäume	1,39 ^a	47,5 ^a	12,8	29,7	5,0	34,7	22,7	5,0

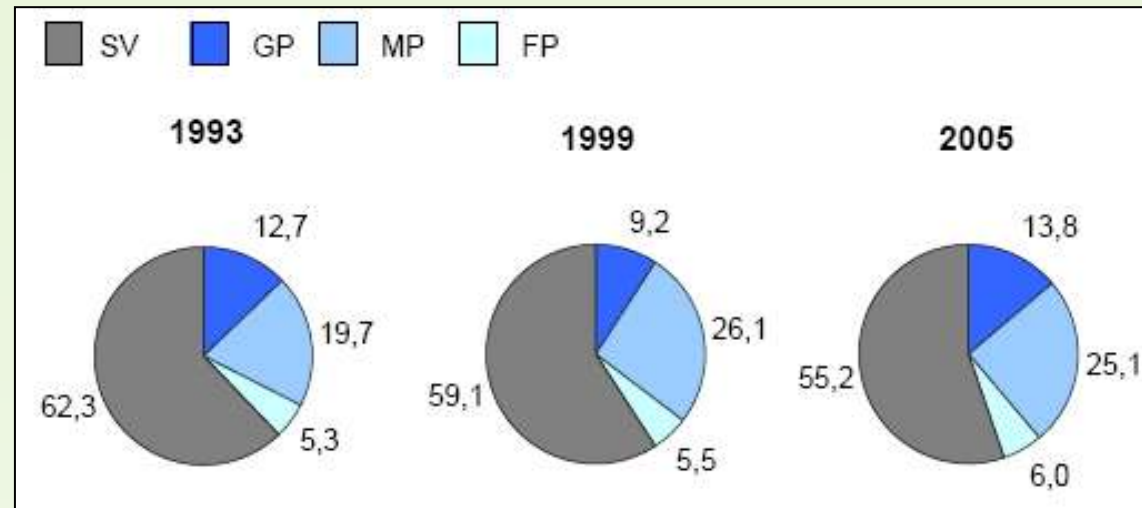
^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993, ^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

Beeinflussung physikalischer Eigenschaften des Oberbodens (0-20 cm) an den Versuchsstandorten Gülzow (GUL) und Vipperow (VIP)

	<i>Jahr Variante</i>	ρ_d <i>g*cm⁻³</i>	<i>PV</i> %	<i>Porenverteilung</i> %			<i>Wasserretention</i> %		
				<i>GP</i>	<i>MP</i>	<i>FP</i>	$\theta_{pF1,7}$	$\theta_{pF2,48}$	$\theta_{pF4,2}$
Gülzow	1993	1,65	37,8	12,7	19,7	5,3	25,0	22,7	5,3
	1999/Bäume	1,57 ^a	40,9 ^a	9,2 ^a	26,1 ^a	5,5	31,7 ^a	24,7	5,5
	2005/Bäume	1,46 ^{a,b}	44,8 ^{a,b}	13,8 ^b	25,1	6,0	31,1 ^a	22,2 ^b	6,0
Vipperow	1993	1,52	42,3	9,7	28,3	4,3	32,6	24,3	4,3
	2000/Bäume	1,32 ^a	49,8 ^a	14,5	30,8 ^a	4,5	35,2 ^a	19,0 ^a	4,5
	2005/Bäume	1,39 ^a	47,5 ^a	12,8	29,7	5,0	34,7	22,7	5,0

^a signifikant verschieden im Vergleich mit 1993, ^b signifikant verschieden im Vergleich mit 1999/ Bäume

Porenanteile (%) in Gülzow 1993-2005 (0-20 cm)



Fazit zu den physikalischen Eigenschaften des Bodens

- aus verringerten Trockenrohdichten resultieren erhöhte Porenvolumina
- Anteile der Porengrößenklassen lassen bislang keine anhaltend gerichtete Beeinflussung erkennen
- Den deutlichsten Effekt weisen die Mittelporen mit durchweg erhöhten Anteilen auf.
- Die Wasserretention wird im Bereich geringer Wasserspannung (pF 1,7) am deutlichsten beeinflusst

Nutzbare Feldkapazität (Vol.-%) der Versuchs- und Referenzflächen (0-20 cm)

<i>Ort/Variante</i>	<i>1993</i>	<i>1999/2000</i>	<i>2005</i>	<i>Saldo 1993-2005</i>
Gülzow				
Bäume	19,7	26,2	25,1	+5,4
Referenz	19,7	24,5	25,8	+6,1
Acker	-	-	22,9	-
Vipperow				
Bäume	28,3	30,7	29,7	+1,4
Referenz	28,3	28,4	26,2	-2,1
Acker	-	-	28,1	-

Nach 6 und 12jähriger Standdauer der Bäume zeigten sich erhöhte nutzbare Feldkapazitäten im Vergleich zum Versuchsbeginn.

Nach 12 jähriger Standdauer der Bäume wiesen die Baumparzellen ein gesteigertes Wasserhaltevermögen gegenüber dem Ackerboden auf.

Dehydrogenaseaktivität (DHA)

Rangordnung der Varianten nach abnehmender DHA (0-10 cm)

Variante	DHA ($\mu\text{g TPF g TS}^{-1}$)	Rang
Weide 10	102,3	1
Max 1	80,4	2
10/85	71,2	3
Rap	40,2	4
Zieverich	31,4	5
Max 3	28,5	6
Referenz	28,2	7
Acker	17,5	8

- hohe Variabilität der DHA-Werte
- Die DHA-Werte der geprüften Klone übersteigen deutlich das Niveau des Ackerlandes
- Deutliche Abnahme der DHA-Werte mit Bodentiefe
- Positive Korrelationen zwischen DHA und C_{org} bzw. N_t in 0-10 cm Tiefe

1. Der mehrjährige Anbau schnell wachsender Bäume bewirkt in Böden mit geringem Ausgangshumusgehalt eine Akkumulation organischer Substanz im oberen Bodenhorizont.
2. Diese durch Laubstreu und Feinwurzeln induzierte und durch ausbleibende Bodenbearbeitung unterstützte Akkumulation von organischer Substanz kann zum Ausgangspunkt für weitere Bodenveränderungen werden (Trockenrohdichte, Porosität).
3. Nach 12jähriger Standdauer der Bäume auf ehemals ackerbaulich genutzten Böden gibt es keine Anzeichen für Ertragsrückgänge aufgrund von Nährstoffmangel oder Versauerung.
4. Fortführende Untersuchungen sollten darauf gerichtet werden, die Mineralisation der organischen Substanzen sowie die Nährstofffreisetzung aus der ober- und unterirdischer Biomasse zu quantifizieren.
5. Bei Wiedereingliederung der Kurzumtriebsplantagen in die ackerbauliche Nutzung wird eine schonende Bodenbewirtschaftung mit Zwischenfruchtanbau empfohlen, um die Gefahr von Nährstoffausträgen zu minimieren.

Kalkulation der C- und N-Vorräte

$$\text{C-Vorrat (t ha}^{-1}\text{)} = C_{\text{org}} \text{ (g 100 g}^{-1}\text{)} \times \rho_d \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{Tiefe (cm)}$$

$$\text{N-Vorrat (kg ha}^{-1}\text{)} = N_t \text{ (g 100 g}^{-1}\text{)} \times \rho_d \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \times \text{Tiefe (cm)} \times 1000$$