

**Thema:**

**THG**

R. Unseld

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Bonn 24./25.06 2010

# Inhalt

---

- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

# Inhalt

---

- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

# Einführung

## Treibhausgasemissionen (THG) aus der Landwirtschaft in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Summe
Wiederkäuerverdauung	–	18	–	18
Wirtschaftsdünger und dessen Management	–	5	3	8
Bodennutzung (v.a. Ackerböden)	42	- 1	42	83
Energieemissionen (Maschineneinsatz, Betriebsmittel) sowie N-Düngerherstellung	12	0	9	21
<b>Summe</b>	<b>54</b>	<b>22</b>	<b>54</b>	<b>130</b>
<b>Anteil</b>	42 %	16 %	42 %	100 %

*BMELV, 2007*

*Nicht berücksichtigt: Bodenkalkung 1,7 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus CO<sub>2</sub>-Emissionen*

# Einführung

---

## Reduktionsmöglichkeiten klimarelevanter Emissionen durch Agroforstsysteme (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O)

- langfristige Bindung von C und N in Biomasse, Boden und Produkten
  - Reduktion des Bedarfs an fossilen Energieträgern
  - Substitution fossiler Energieträger
  - Absenkung des Nutzungsdruckes auf bestehende Hochwälder
- } Ökobilanzierung

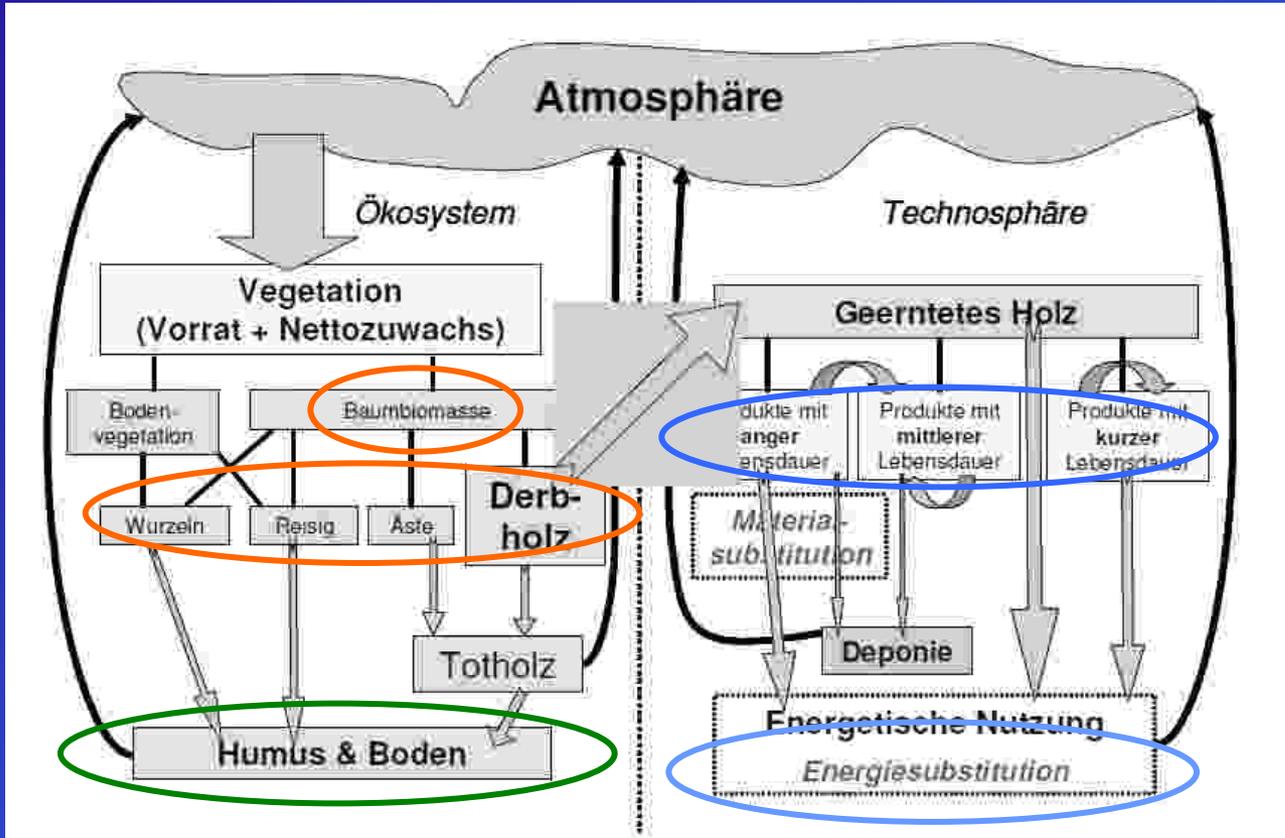
# Einführung

Methodik: Modellierung mit bestehenden Werkzeugen

C-Kreislauf Baumkomponente Agroforstsystem

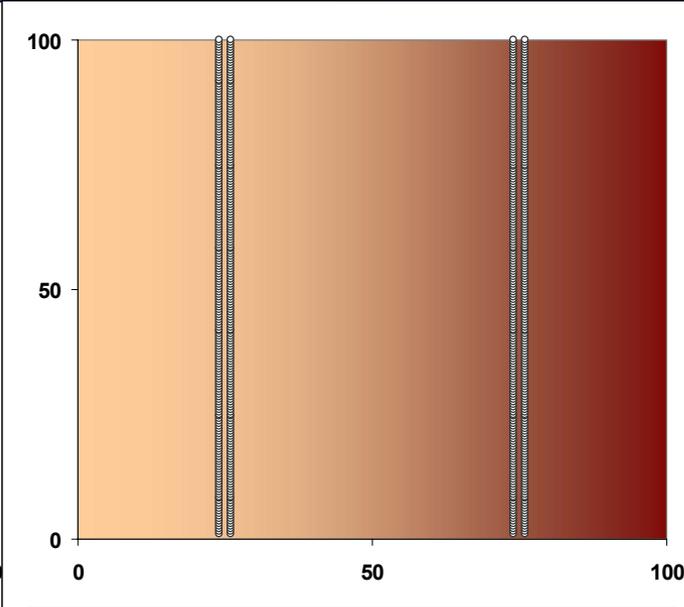
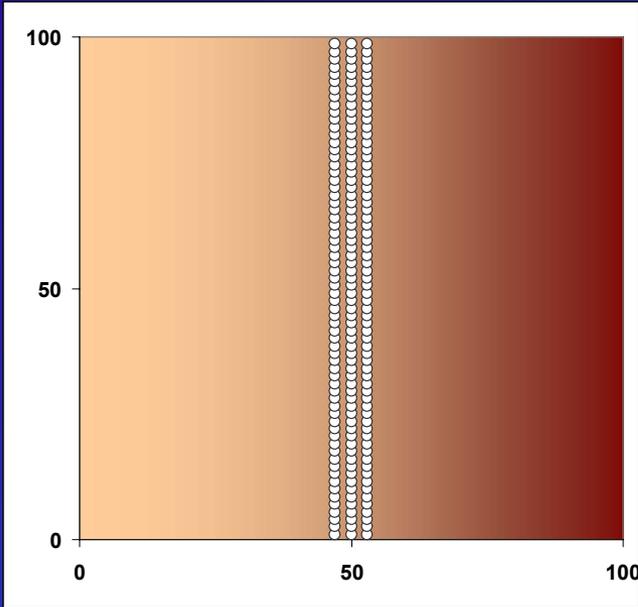
→ CO<sub>2</sub>fix

Masera et al, 2003  
Schelhaas et al, 2004



Aus Pistorius 2007

# Einführung

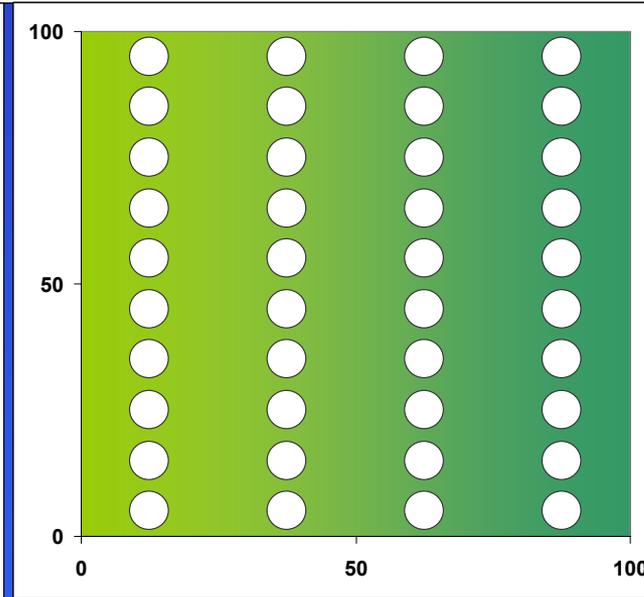
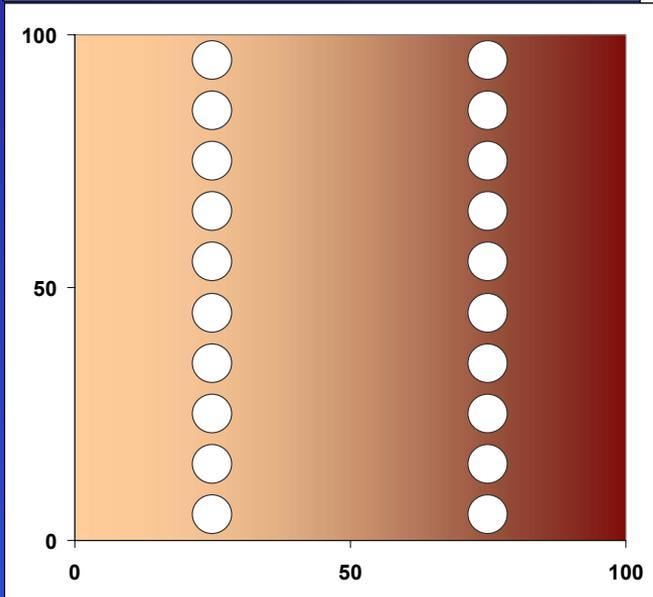


## EHS

### Energieholzstreifen

200 St./ha (3 x 1,5 m)

800 St./ha (2 x 0,5 m)



## WHS

### Werthholzstreifen

20 St./ha (10 x 48 m)

40 St./ha (10 x 24 m)



# C-Bindung in der Biomasse

---

- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

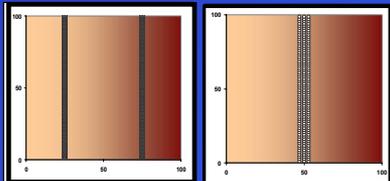
# C-Bindung in der Biomasse

Was wird benötigt:

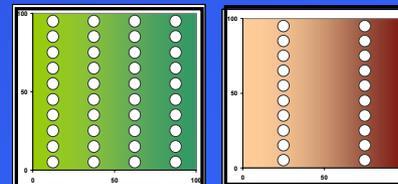
Kenntnis der Wuchsdynamik der Bäume

- a) einzelner Baumkomponenten (Schaft, Äste, Blätter, Wurzeln)
- b) entlang einer Zeitachse (Umtriebszeit)
- c) bei unterschiedlichen Wuchsbedingungen

EHS



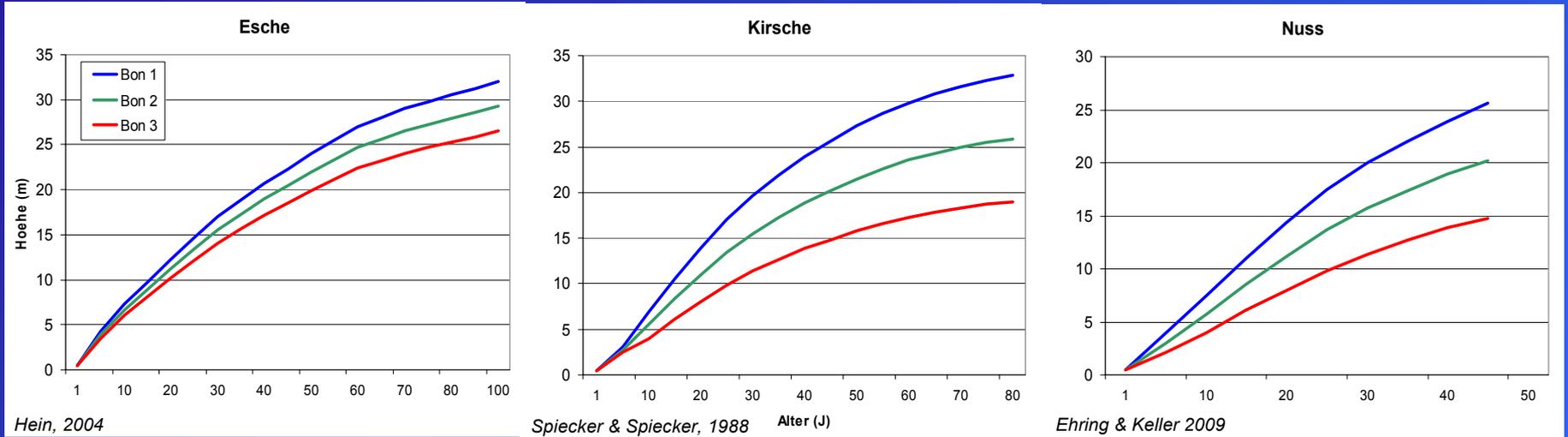
WHS



# C-Bindung in der Biomasse

Schlüsselfaktor: Schaftwachstum

WHS: Bonitätsfächer und einzelbaumbezogene Wachstumsmodelle

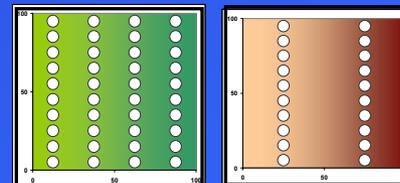


➔ Ableitung des Ast-/Blatt-/Wurzelwachstums

EHS

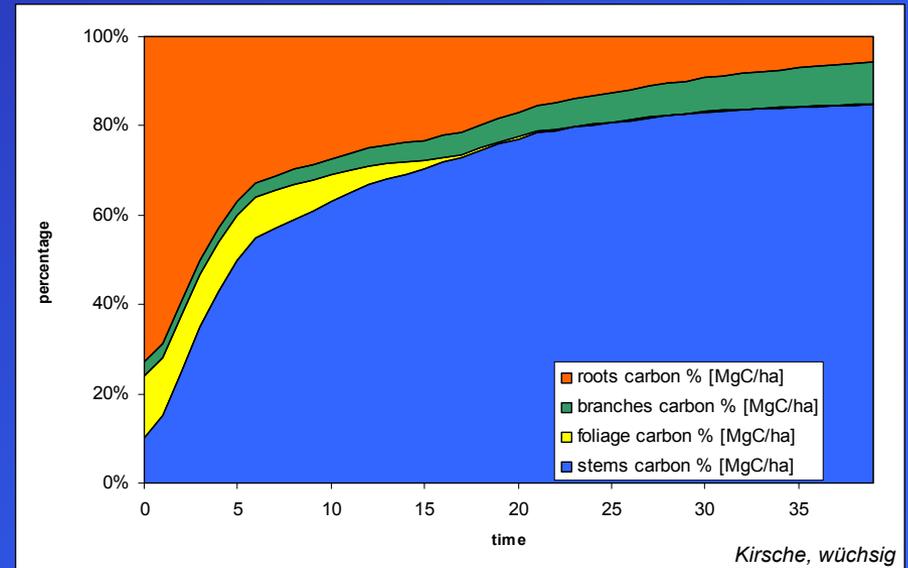


WHS



# C-Bindung in der Biomasse

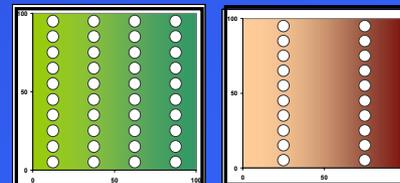
Anteile der Baumkomponenten  
an der Gesamtmenge C in der Biomasse



EHS



WHS



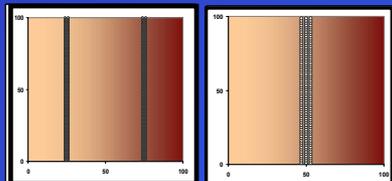
# C-Bindung in der Biomasse

Anteile der Baumkomponenten  
an der Gesamtmenge C in der Biomasse

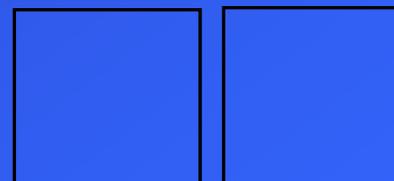
30 – 50 % der Gesamtbiomasse  
befinden sich bei Balsampappel  
im Stock inkl. Grobwurzeln



EHS

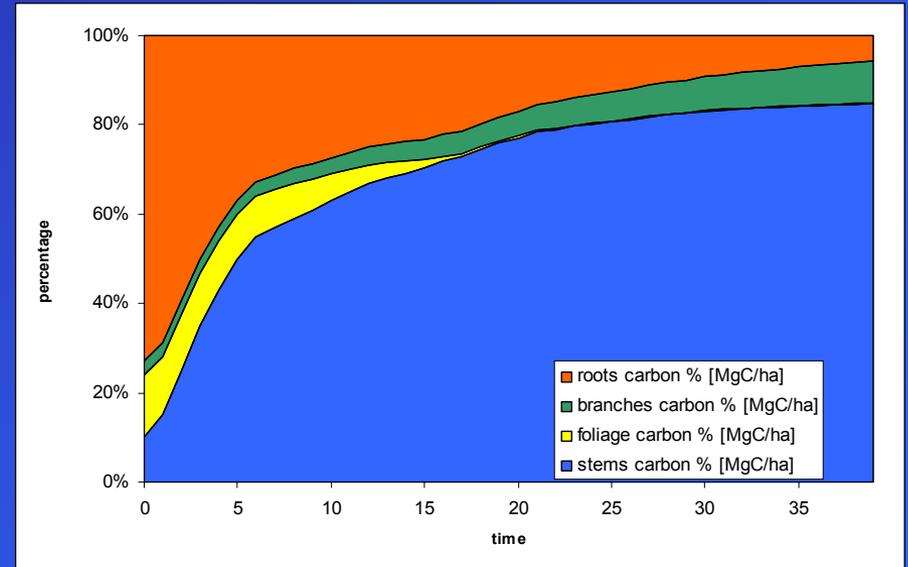
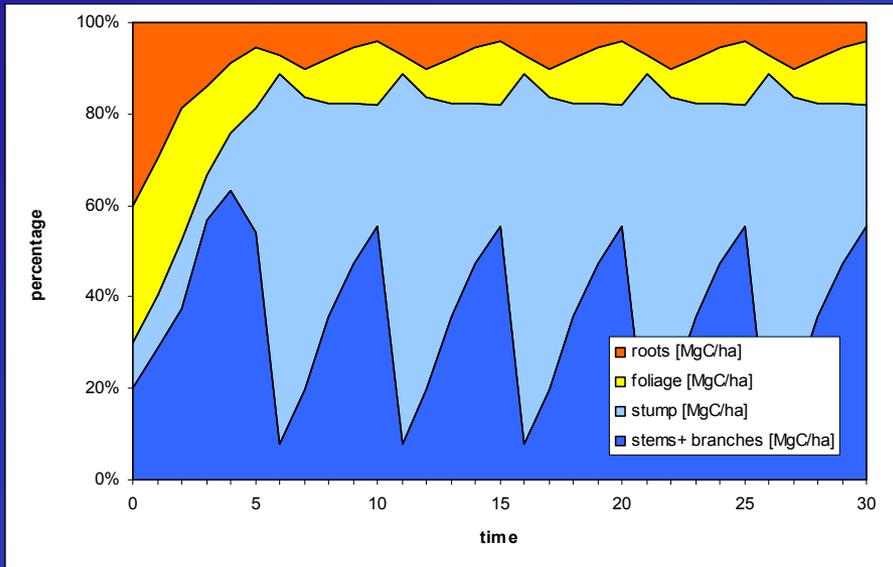


WHS

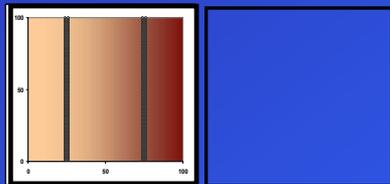


# C-Bindung in der Biomasse

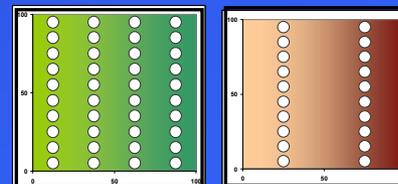
Anteile der Baumkomponenten  
an der Gesamtmenge C in der Biomasse



EHS

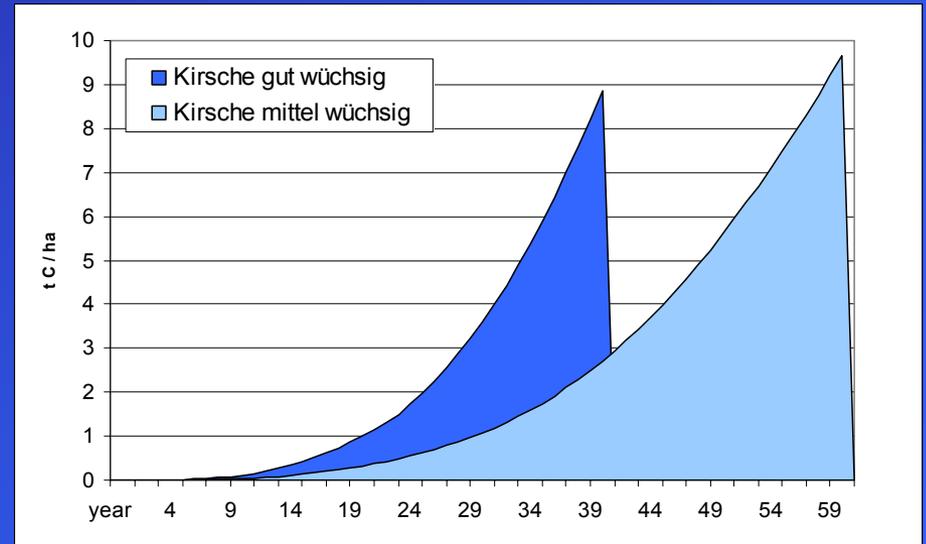


WHS



# C-Bindung in der Biomasse

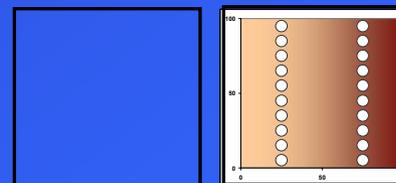
Akkumulation von C in der Biomasse während der Standdauer eines Agroforstsystems



EHS

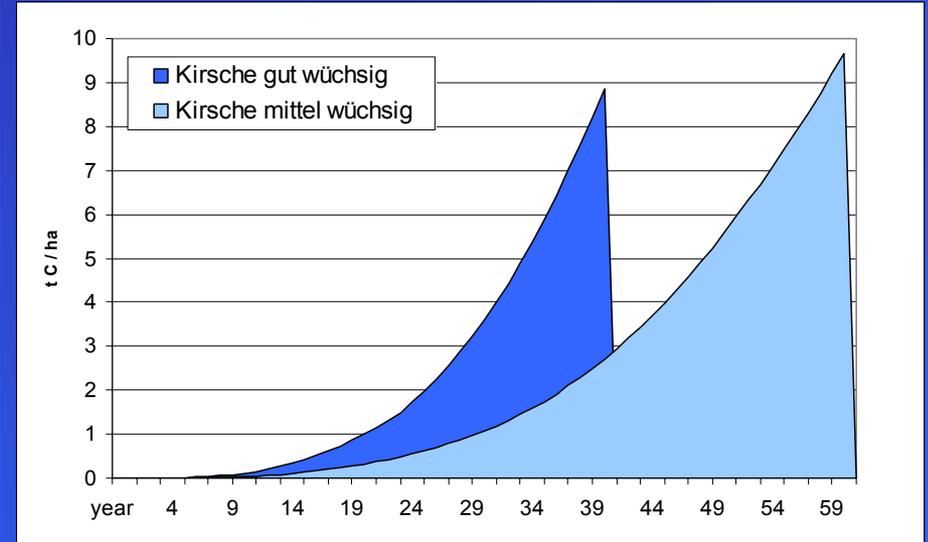
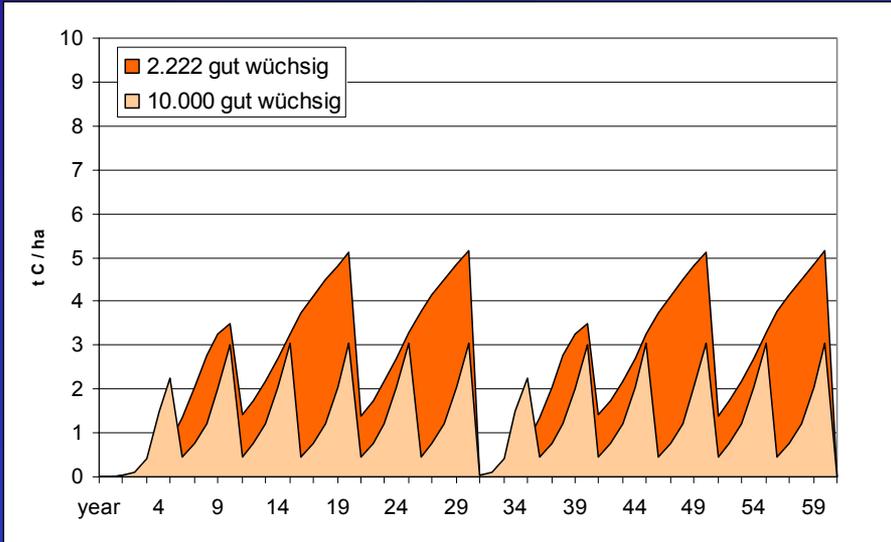


WHS

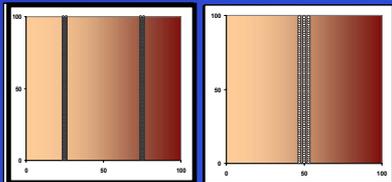


# C-Bindung in der Biomasse

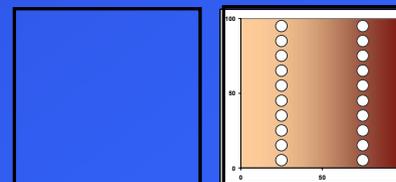
Akkumulation von C in der Biomasse während der Standdauer eines Agroforstsystems



EHS



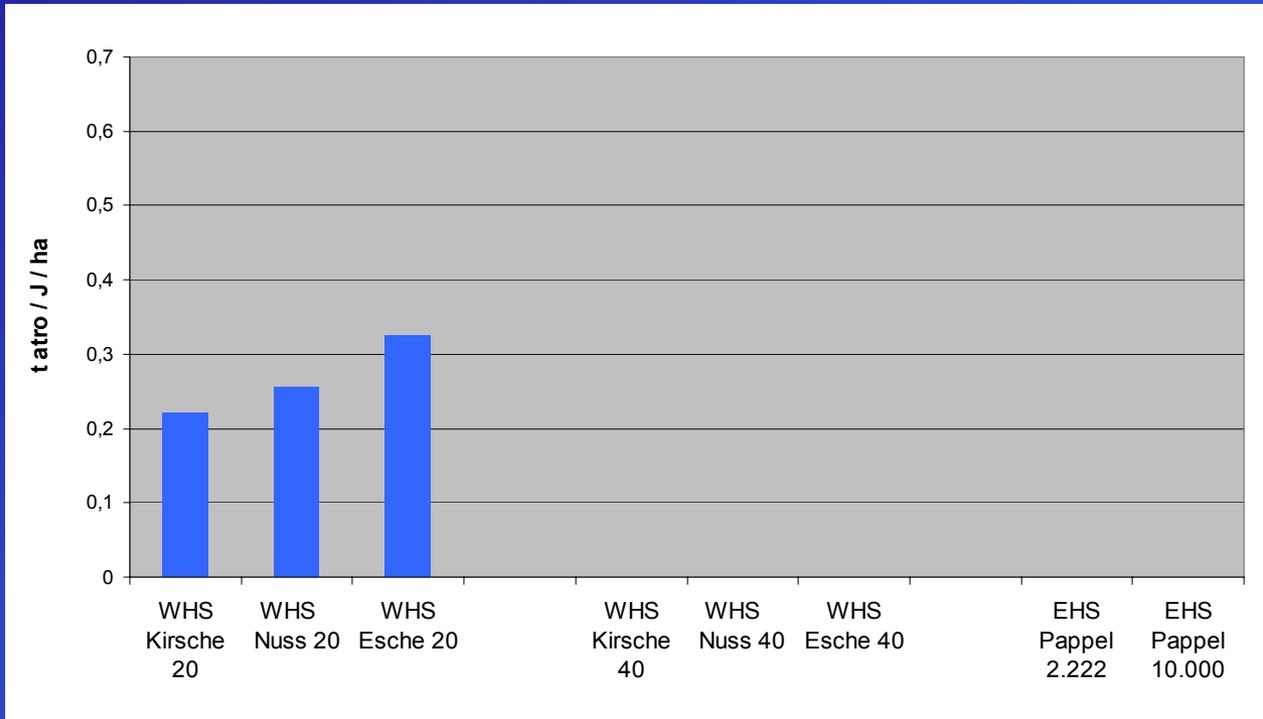
WHS



# C-Bindung in der Biomasse

Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

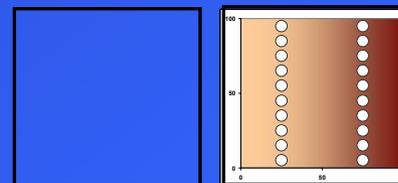
Vergleich EHS - WHS



EHS



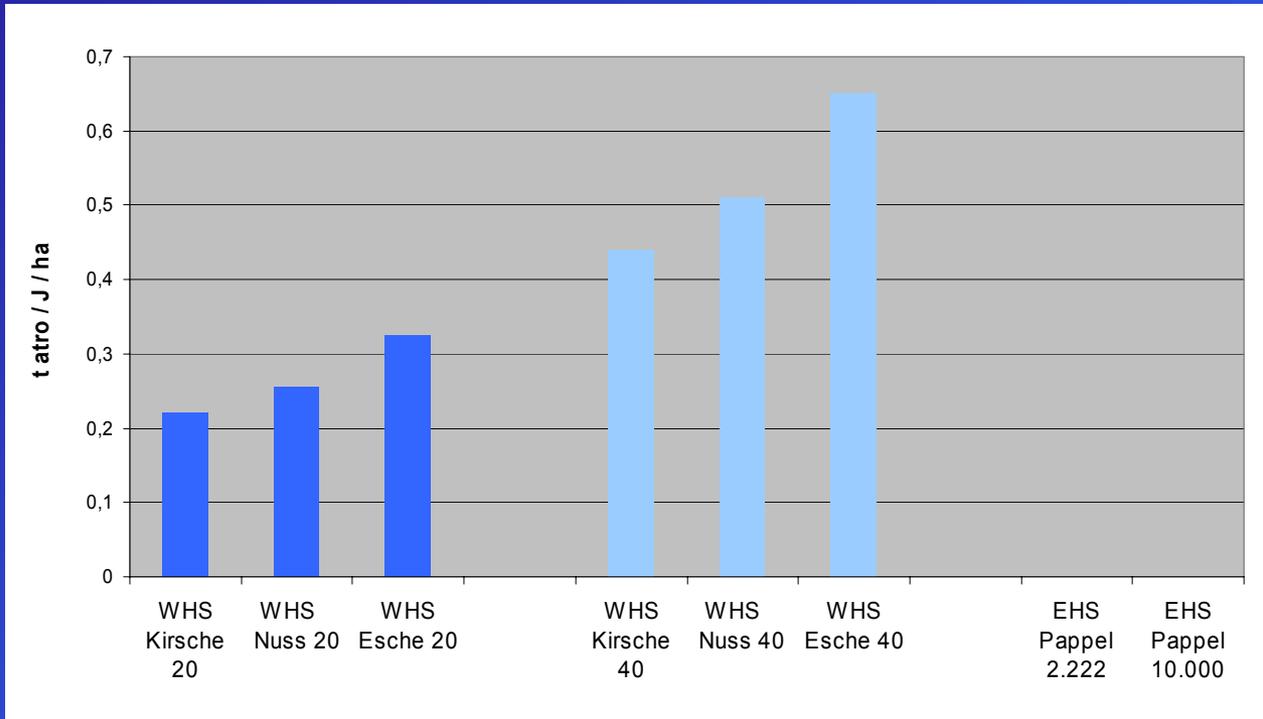
WHS



# C-Bindung in der Biomasse

Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

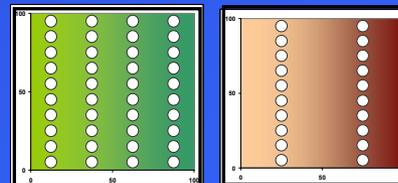
Vergleich EHS - WHS



EHS



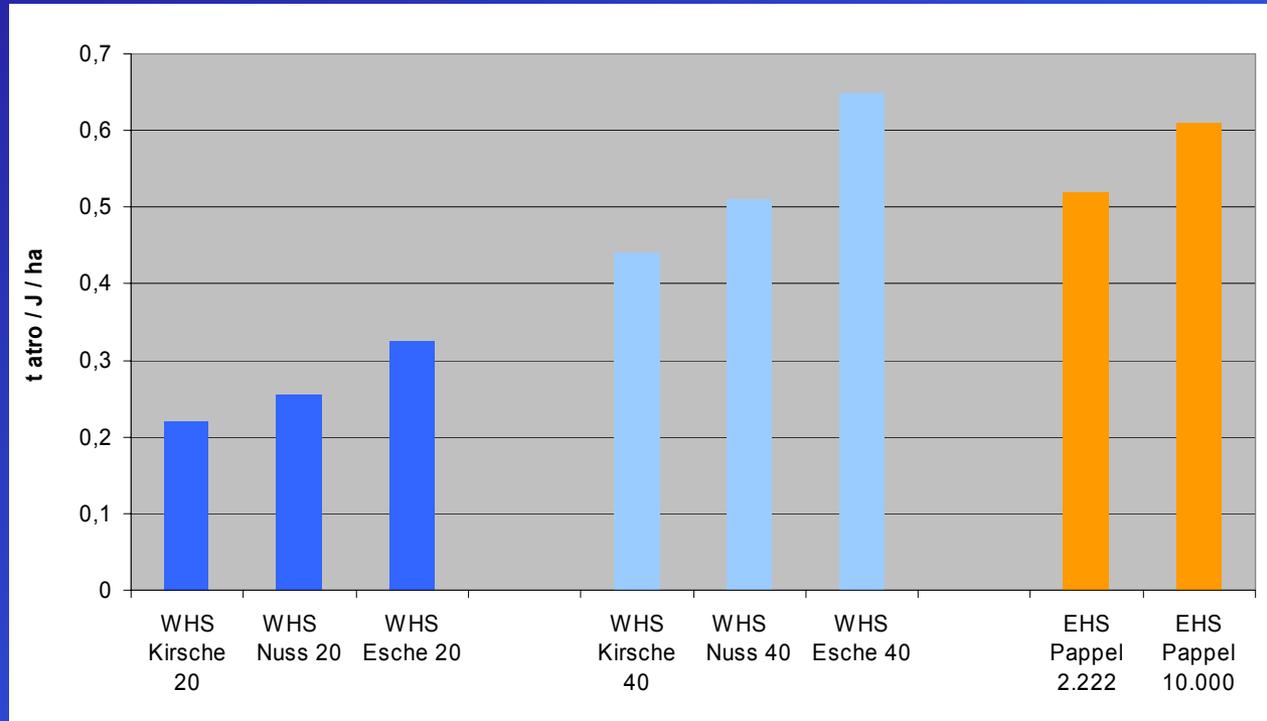
WHS



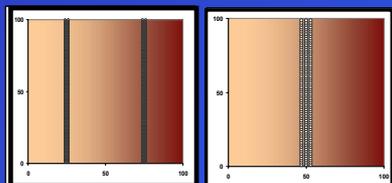
# C-Bindung in der Biomasse

Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

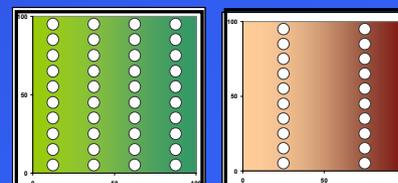
Vergleich EHS - WHS



EHS



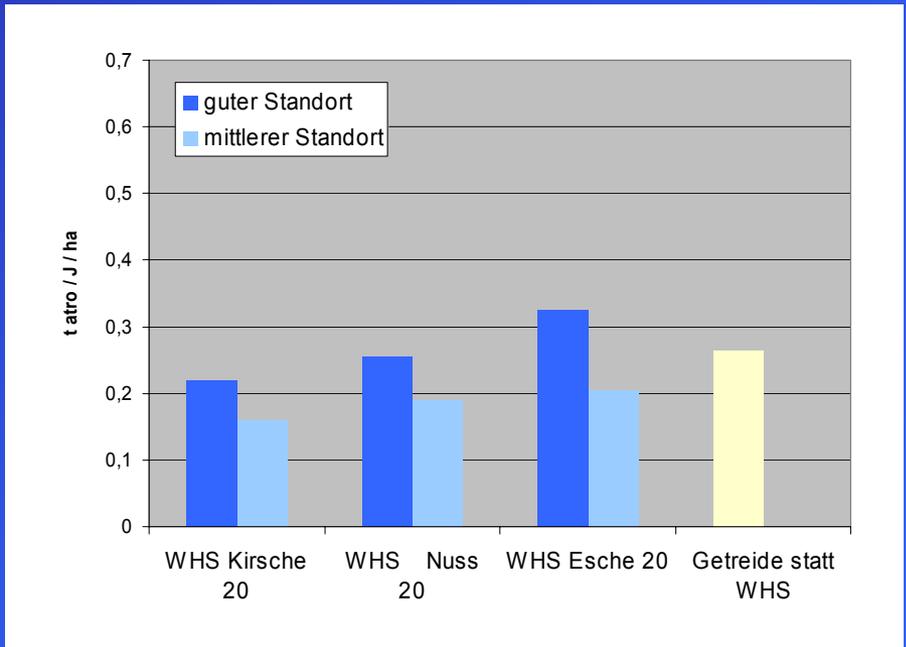
WHS



# C-Bindung in der Biomasse

## Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

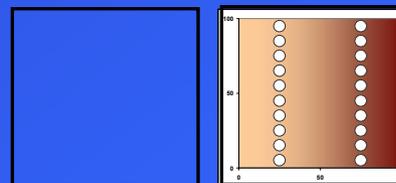
Vergleich WHS - Ackernutzung



EHS



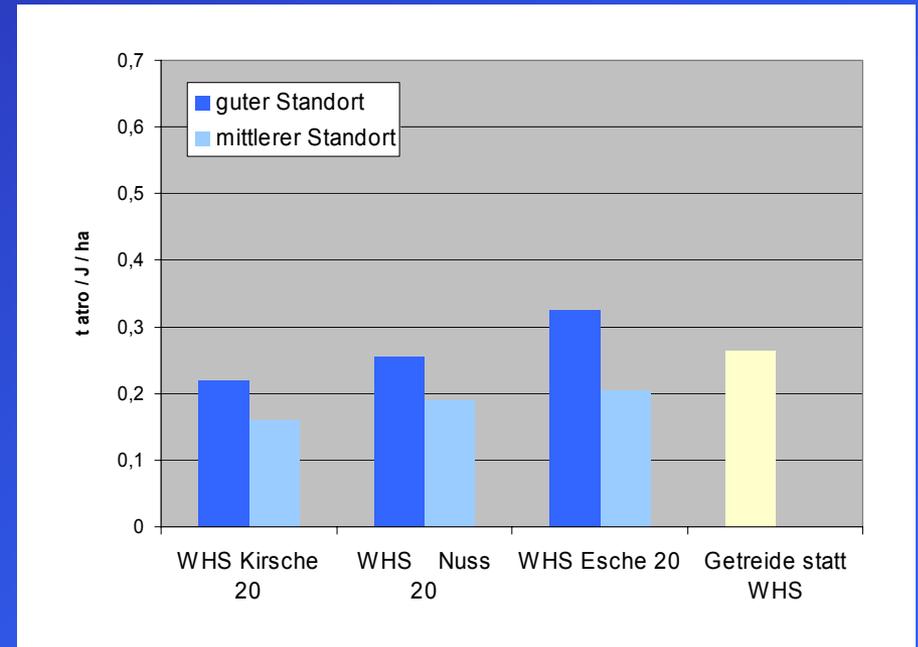
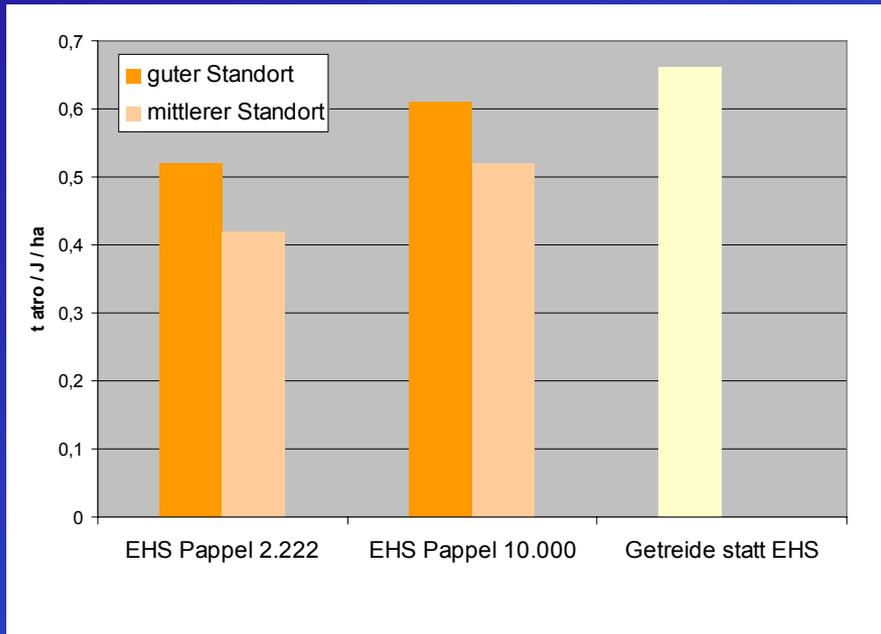
WHS



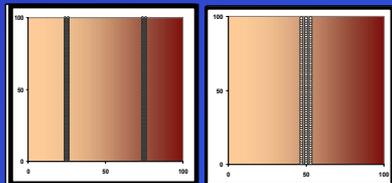
# C-Bindung in der Biomasse

Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

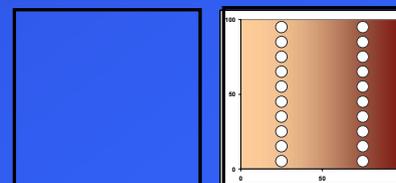
Vergleich EHS - Ackernutzung



EHS



WHS



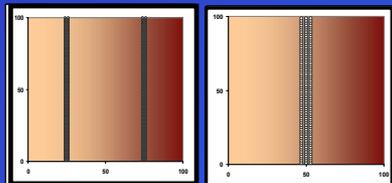
# C-Bindung in der Biomasse

## Vergleich EHS mit / ohne Begleitgehölzen

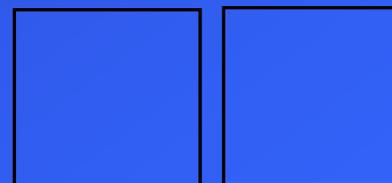
Grundannahmen: Leistungsvermögen Heckenarten

5 j. Umtriebszeitraum	t atro / J / ha	10 j. Umtriebszeitraum	t atro / J / ha
Gemeine Hasel	6	Aspe	7
Sal-Weide	6	Sal-Weide	7
Blutroter Hartriegel	3	Schwarzerle	7
Weißdorn	2	Silber-Weide	7
Europäisches Pfaffenhütchen	2	Bergahorn	4
Schlehe	2	Eberesche	4
Gemeiner Schneeball	2	Hainbuche	4
Rose	1	Winterlinde	4
		Stiel-/ Traubeneiche	4

EHS



WHS



# C-Bindung in der Biomasse

## Vergleich EHS mit / ohne Begleitgehölzen

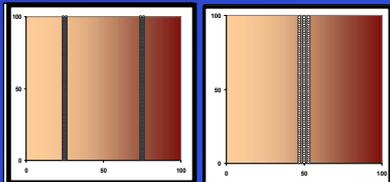
Verschiedene Heckentypen

Gebiet	Rotationszeit	
	5 Jahre	10 Jahre
	t atro / J / ha	t atro / J / ha
Altenburg	3,0	4,8
Münchberg	2,9	5,1
Islek	2,9	4,6
Weser	2,9	5,8

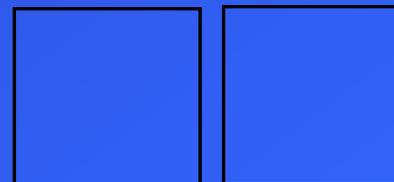


3 bzw. 5 t atro J ha flächig  
bzw. 0,3 bzw. 0,5 t atro J ha in Streifen

EHS



WHS



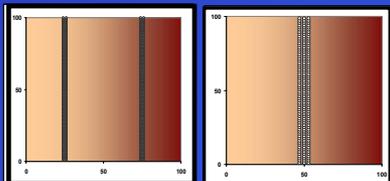
# C-Bindung in der Biomasse

Durchschnittliche Akkumulation von C in der gesamten Biomasse

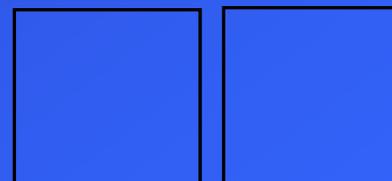
Vergleich EHS mit / ohne Begleitgehölzen

	Bei Rotation	
Beimischung an	5 Jahre	10 Jahre
Begleitgehölzen	t atro / J / ha	t atro / J / ha
0 %	1,1	0,9
5 %	1,1	0,9
20 %	1,0	0,8
Totalausfall der Begleitgehölze (mit 20% beigemischt)	0,9	0,7

EHS



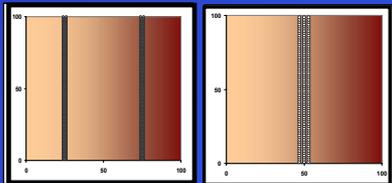
WHS



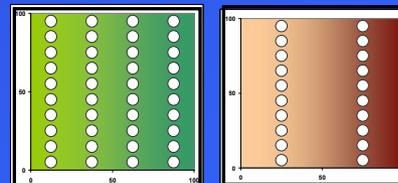
# C-Bindung in der Biomasse

## Zwischenergebnisse

- Wichtigste Größe ist das Wachstum der Schaftbiomasse
- Falsche Baumartenwahl, Umtriebszeit und Pflanzenausfälle können deshalb die C-Bindungsleistung drastisch reduzieren
- In den EHS wird in den vorgeschlagenen Systemen auf Acker mehr C gebunden als in den WHS
- Erhöht man die Baumzahl der WHS auf 40 St./ha wie z.B. auf Grünland ist die Bindungsleistung vergleichbar
- Im Vergleich zur Ackernutzung wird in der Biomasse pro Jahr nicht mehr C gebunden dafür über mehrere Jahre hinweg akkumuliert
- Bei Einbringung von Begleitholzarten reduziert sich die Bindungsleistung unwesentlich



EHS



# C-Bindung in Produkten

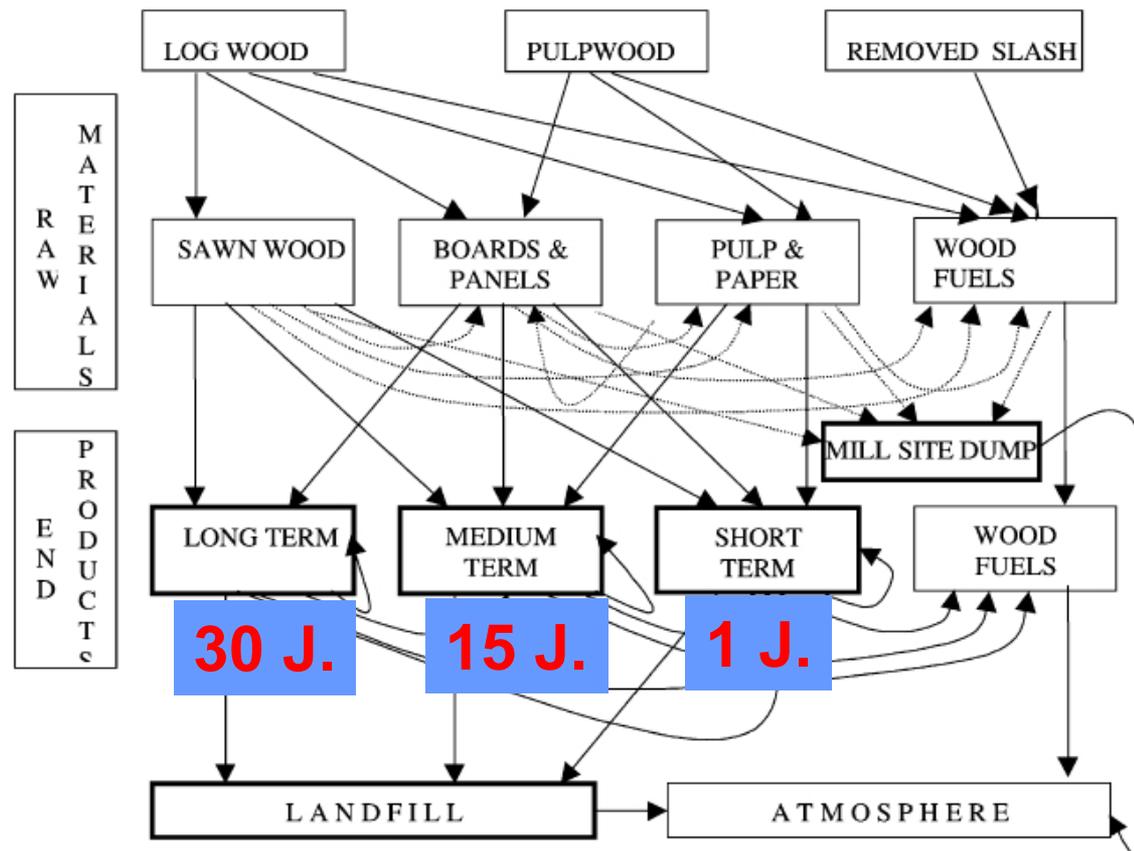
---

- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

# C-Bindung in Produkten

O.R. Masera et al. / Ecological Modelling 164 (2003) 177–199

## PRODUCTS MODULE



# C-Bindung in Produkten

## Produkte EHS

Energiehackschnitzel



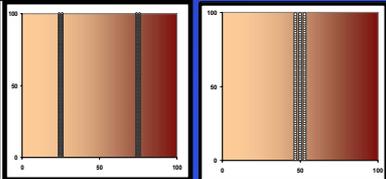
Zellstoff



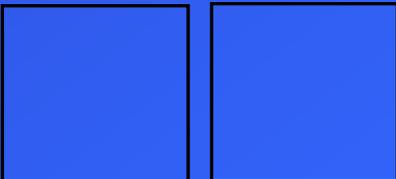
Spanplatte



EHS



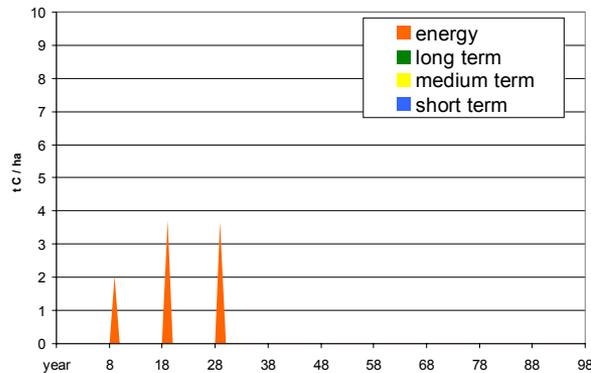
WHS



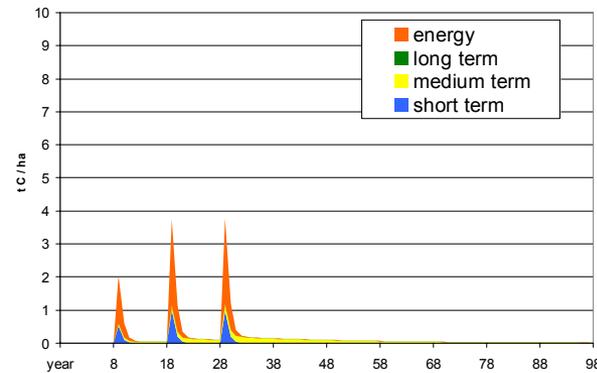
# C-Bindung in Produkten

## Produkte EHS: Verlauf der C-Speicherung

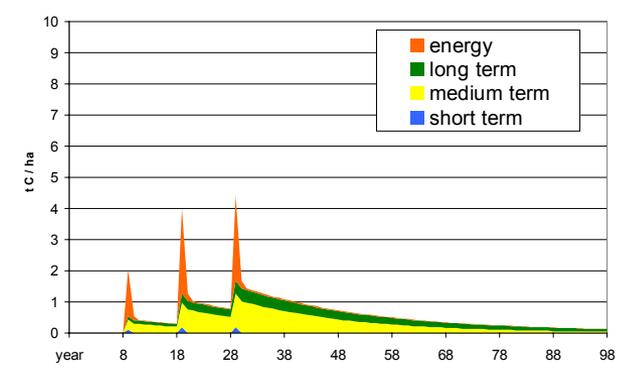
### Energiehackschnitzel



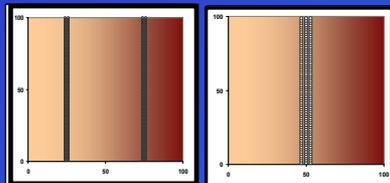
### Zellstoff



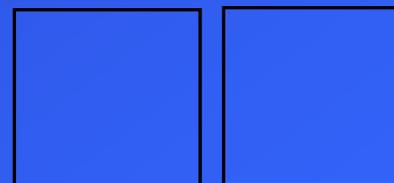
### Spanplatte



### EHS



### WHS



# C-Bindung in Produkten

## Produkte WHS

Energiehackschnitzel/ Scheitholz

*Bild: Unseld*



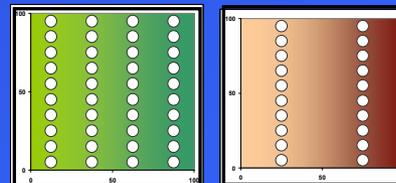
Furnier



EHS



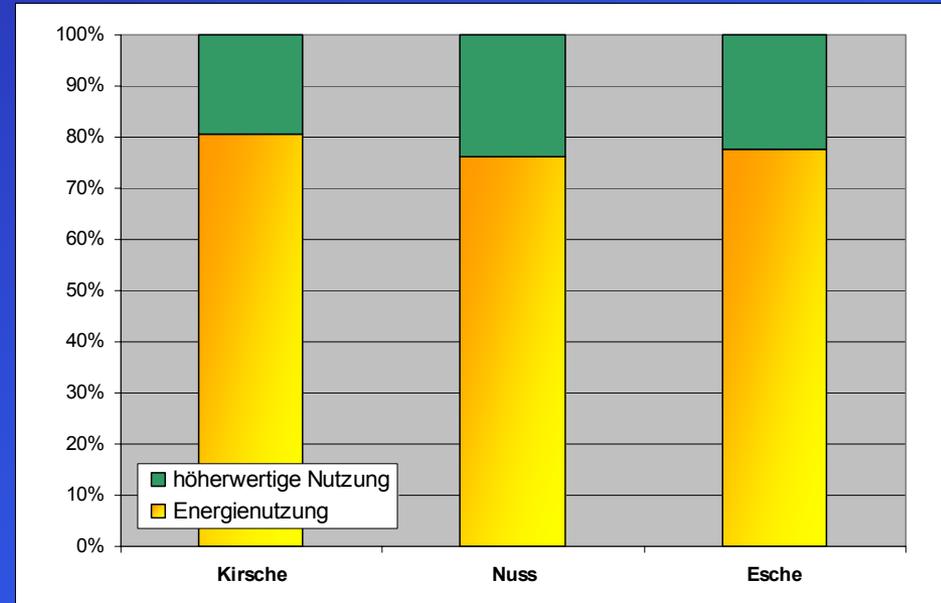
WHS



# C-Bindung in Produkten

## Produkte WHS: Anteil der Sortimente

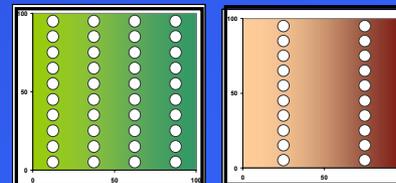
- Furnierholz
- Energieholz: Äste / Reststamm  
Produktionsabfälle



EHS

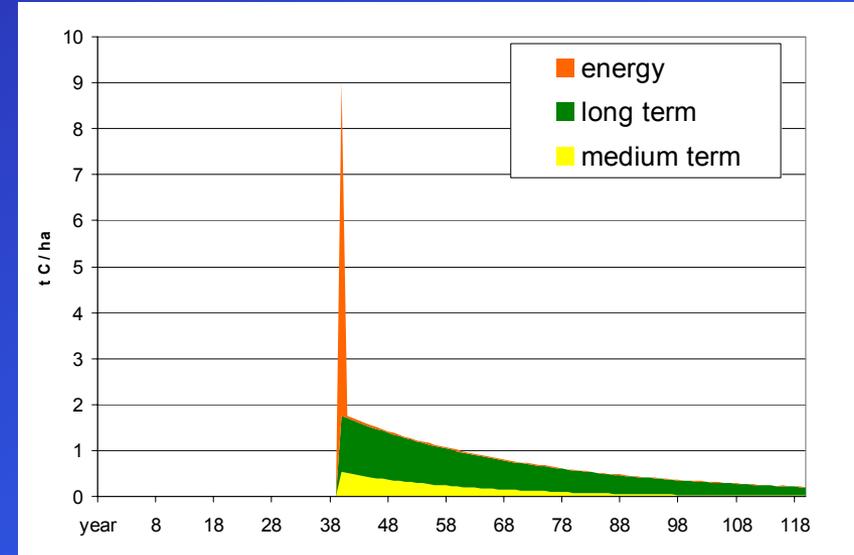
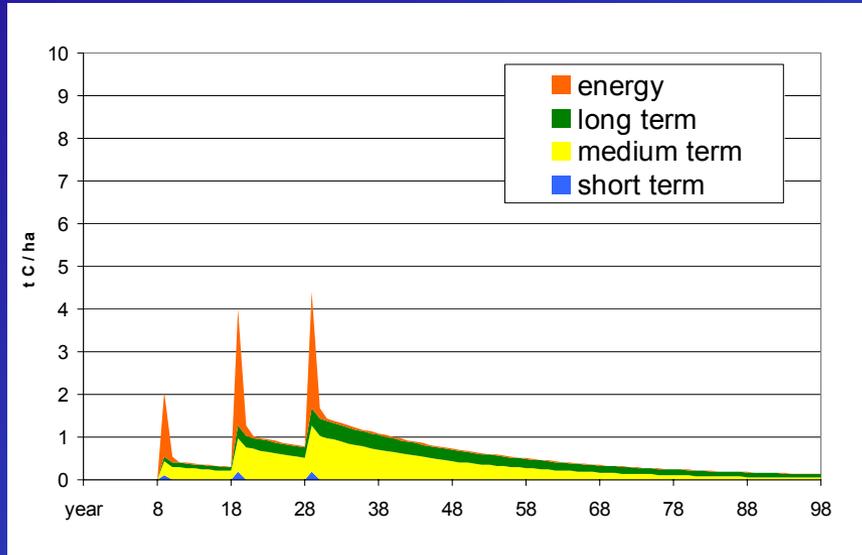


WHS

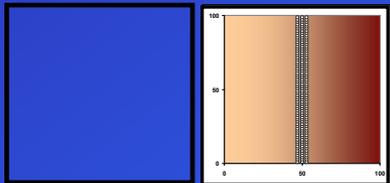


# C-Bindung in Produkten

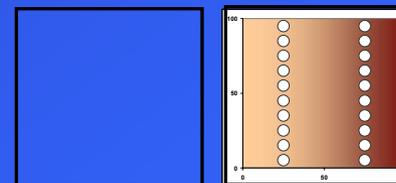
## Produkte EHS/WHS: Vergleich der C-Speicherung



EHS

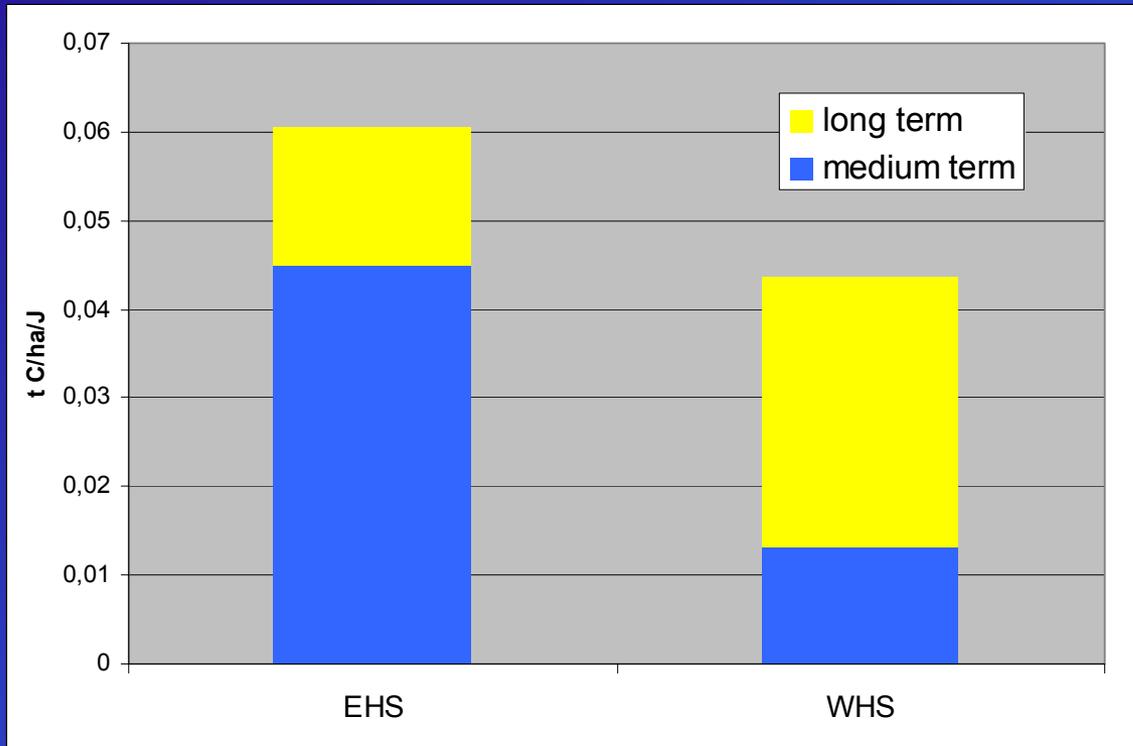


WHS

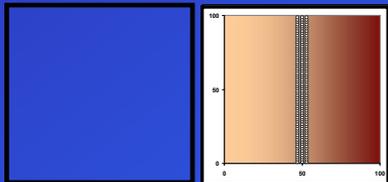


# C-Bindung in Produkten

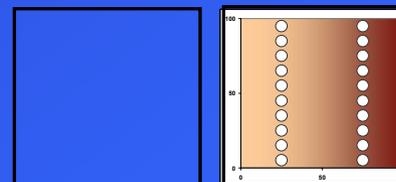
C-Bindung in mittel- und langlebigen Produkten  
bezogen auf ein Wuchsjahr des Agroforstsystems



EHS



WHS

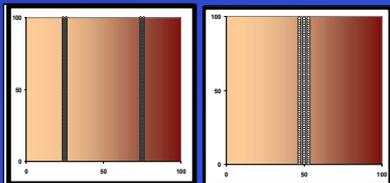


# C-Bindung in Produkten

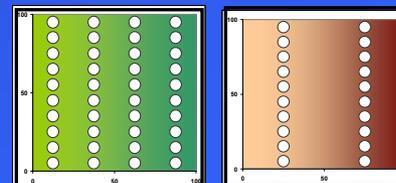
## Zwischenergebnisse

- Im üblicherweise angestrebten Produkt Energiehackschnitzel der EHS ist C kurzfristig gebunden
- In den längerumtriebigen EHS kann bei Spanplattennutzung die C-Freisetzung deutlich verzögert werden.
- Die WHS weisen einen überraschend hohen Energieholzanteil und damit kurzfristig gebundenes C auf.
- Dennoch ist beim Wunsch nach langfristiger C-Bindung der Anbau von WHS dem von EHS vorzuziehen.

EHS



WHS



# C-Einsparung durch Substitution

---

- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

# C-Einsparung durch Substitution

## Ermittlung der Substitutionswerte

Vergleich mit Heizölheizung unter Berücksichtigung des Heizwertes und des GWP

Bioenergy Parameters

Technology for Industrial Residues Fuelwood

General parameters | Technology for Slash Fuelwood

Fuelwood Parameters

Slash Fuelwood Heating Value (MJ/kg)

Industrial Residues Fuelwood Heating Value (MJ/kg)

Global Warming Potential of Gases

CO2	<input type="text" value="1"/>	CH4	<input type="text" value="23"/>
N2O	<input type="text" value="270"/>	CO	<input type="text" value="2"/>
TNMOC	<input type="text" value="12"/>		

Bioenergy Parameters

Technology for Industrial Residues Fuelwood

General parameters | Technology for Slash Fuelwood

Scenario:

Fuel & Technology to be substituted

Fuel  Heating Value (MJ/kg)

Technology  Efficiency (%)

Technology Emission Factors (g/Kg fuel)

CO2	<input type="text" value="3134.8200"/>	CH4	<input type="text" value="0.12057"/>
N2O	<input type="text" value="0.08038"/>	CO	<input type="text" value="0.6029"/>
TNMOC	<input type="text" value="0.1206"/>		

Alternative Fuel & Technology

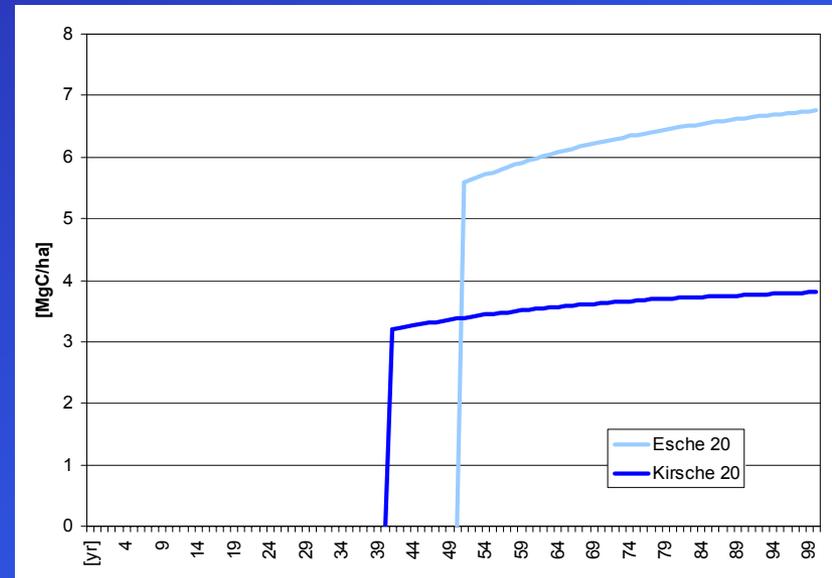
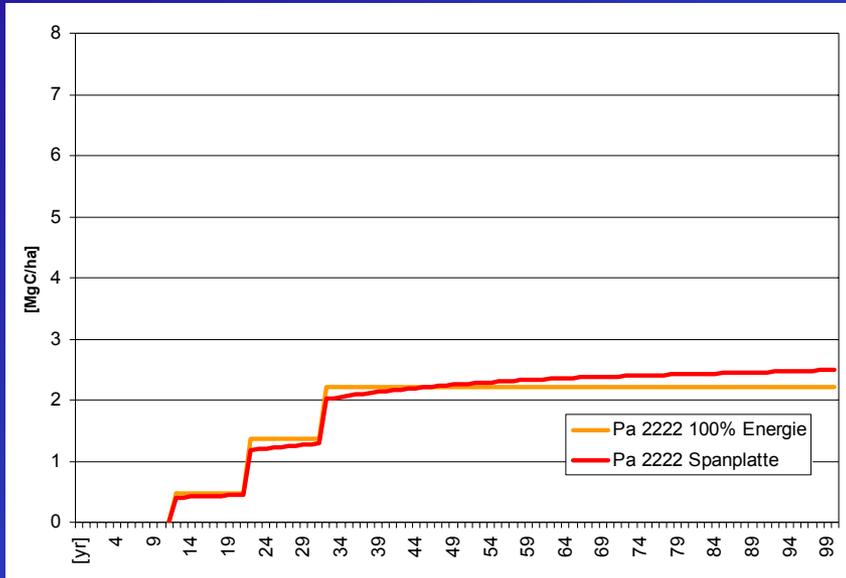
Technology  Efficiency (%)

Emission Factors (g/Kg fuel)

CO2	<input type="text" value="0"/>	CH4	<input type="text" value="0.4800"/>
N2O	<input type="text" value="0.0600"/>	CO	<input type="text" value="3.6000"/>
TNMOC	<input type="text" value="0.7200"/>		

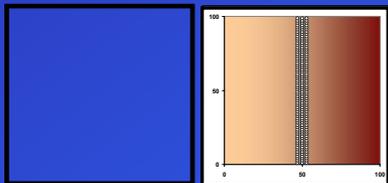
# C-Einsparung durch Substitution

## Vergleich EHS – WHS \*

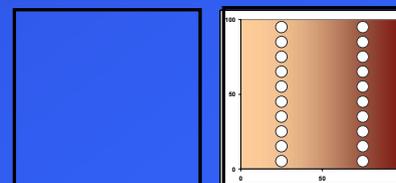


\* gutes Wachstum

EHS

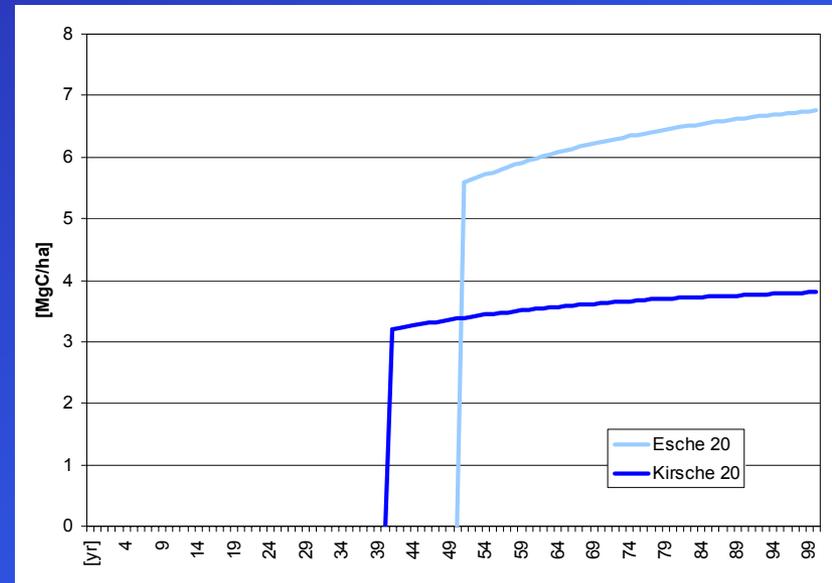
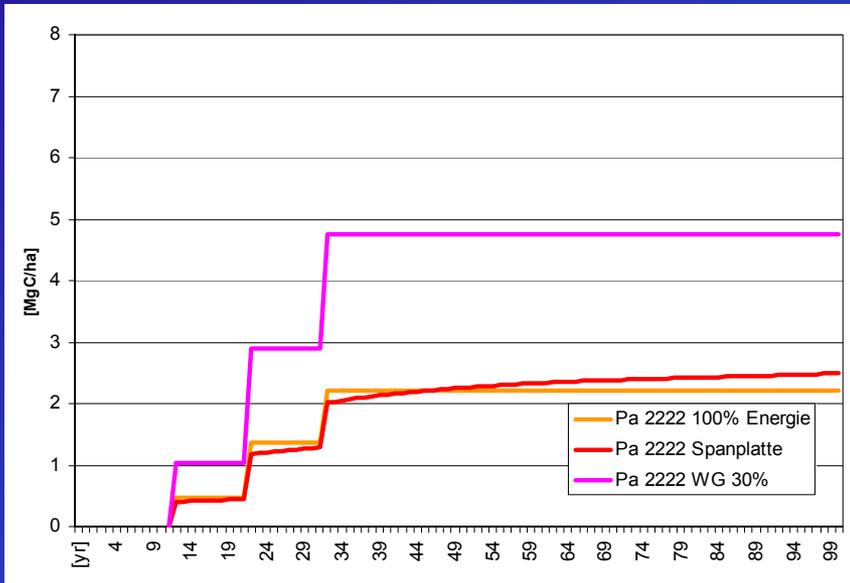


WHS



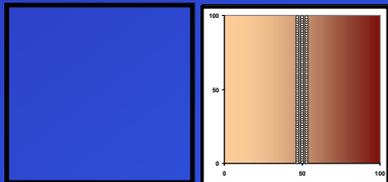
# C-Einsparung durch Substitution

Vergleich EHS – WHS \*: Vortrocknung auf WG 30%

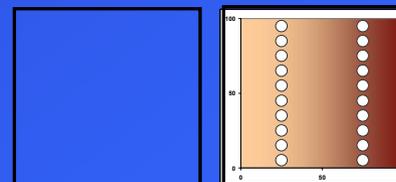


\* gutes Wachstum

EHS

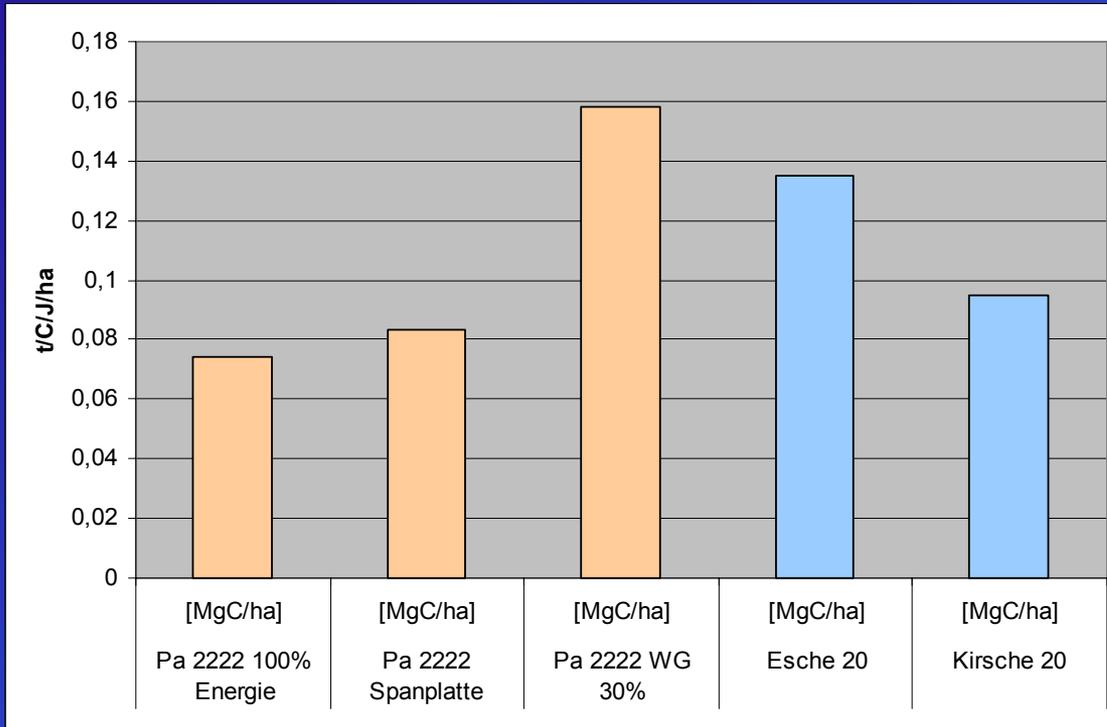


WHS

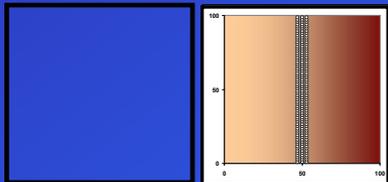


# C-Bindung in Produkten

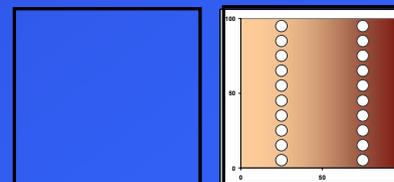
C-Substitution bezogen auf ein Wuchsjahr  
des Agroforstsystems



EHS



WHS

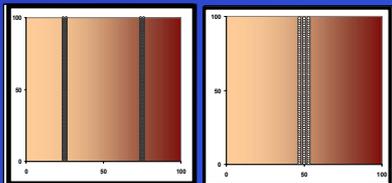


# C-Bindung in der Biomasse

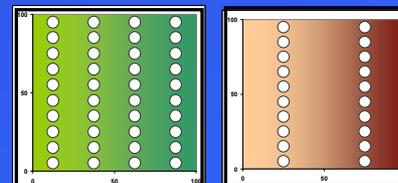
## Zwischenergebnisse

- Mit wüchsigen WHS ist der höchste Substitutionseffekt zu erreichen.
- Bei einer Vortrocknung des Verbrennungsmaterials bei EHS kann die Substitutionsleistung deutlich erhöht werden (Ernteverfahrens -> längerumtriebige KUPs)
- Der Emissionen-Output durch verschiedene Beerntungsmethoden spielt gemessen an der Bindungsleistung (Input) bei den EHS keine wesentliche Rolle.
- Bei WHS ist aufgrund der hohen Stückmassen und Holzdichten mit noch geringerem Energie-Input bzw. Emissions-Output zu rechnen.

EHS



WHS



# Inhalt

---

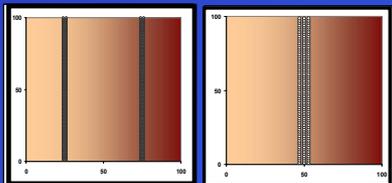
- Einführung
- C-Bindung in der Biomasse
- C-Bindung in Produkten
- C-Einsparung durch Substitution
- Erstes Fazit und Diskussionspunkte

# Erstes Fazit und Diskussionspunkte

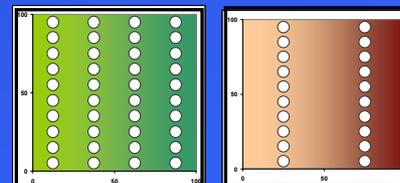
## Erstes Fazit

- Ziel aus THG-Sicht muss sein: Hohe Biomassenleistung (ohne Düngung). Daran orientieren sich Baumartenwahl, Umtriebszeit und Pflanzdesign
- Die verglichenen Systeme waren hierbei nahezu gleichwertig (WHS: Überlappungseffekt)
- Dauerhafte Systeme sollten angestrebt werden.
- Die Mitigationseffekte der vorgeschlagenen Systeme in Biomasse/Produkten und Substitution sind nahezu vergleichbar. Drehschrauben z.B. Produktwahl/Trocknung
- Begleitgehölze haben bei ausreichendem Wuchs nur geringen negativen Effekt

EHS



WHS



# Erstes Fazit und Diskussionspunkte

---

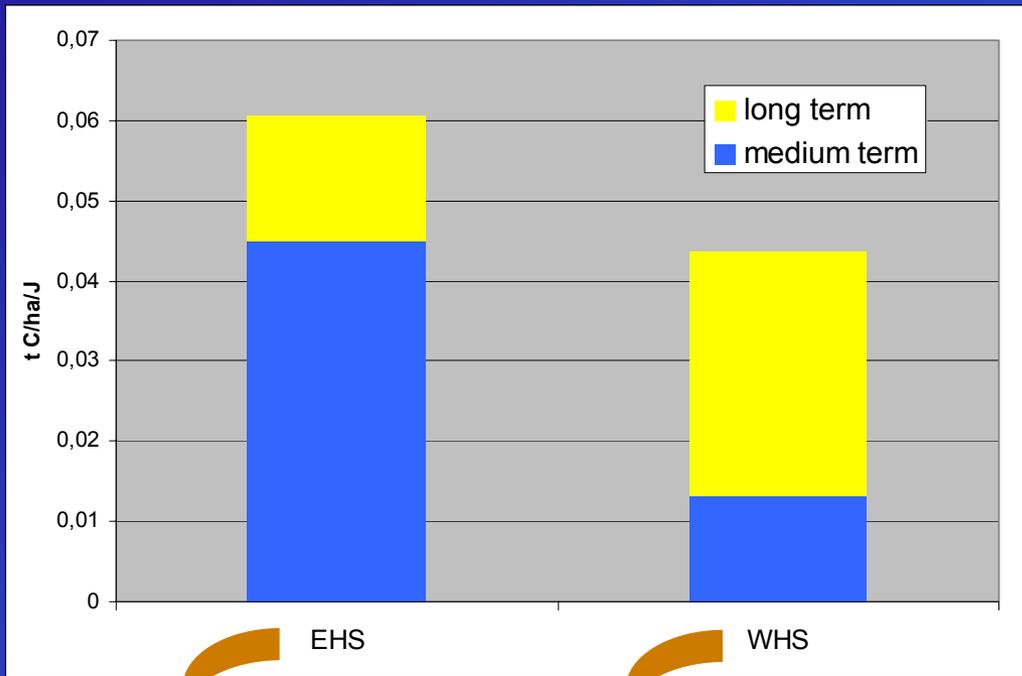
## Diskussionspunkte

- Grundsätzliche Anmerkungen zum Vortrag
- Berechnungsmethodik durch überlappende Nutzung der WHS
- Boden als langfristiger C-Speicher und C-Reduzierer durch C-Einsparungen (Dünger, Treibstoffe, ...)

# Erstes Fazit und Diskussionspunkte

## Berechnungsmethodik durch überlappende Nutzung der WHS

C-Bindung in mittel- und langlebigen Produkten → zeitbezogener Vergleich  
bezogen auf ein Wuchsjahr des Agroforstsystems



↪ auf 10 %

↪ auf 4 %

→ m<sup>2</sup>-bezogener Vergleich ?

# Erstes Fazit und Diskussionspunkte

---

## Boden als langfristiger C-Speicher

Berechnungsmodifikationen nötig:

### EHS

Keine üblichen Kahlfächenbedingungen durch Stockausschlagswirtschaft

→ Wurzeln sterben nicht oder nur teilweise ab (Ausmaß unbekannt)

→ Deutlich geringere Umsetzung von Wurzelstreu als in üblichen Waldbeständen ?

### EHS+WHS

Keine üblichen Waldbedingungen durch Überlappungsbereiche mit Acker

→ Der überwiegende Teil der Laubstreu wird auf der Ackerfläche maschinell in den Boden eingearbeitet

→ Deutlich schnellere Umsetzung der Laubstreu mit üblichen Waldbeständen ?

In beiden Fällen müsste zudem die Bodenvegetation bzw. Zwischensaat vernachlässigt werden