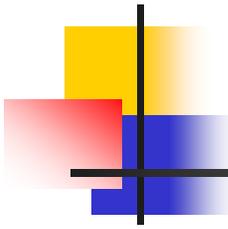


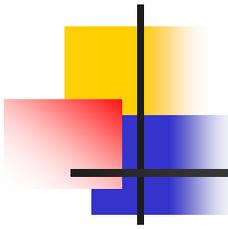
Kohlenstoff-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden: Eine ökonomische Beurteilung

Werner Hediger
Institut für Agrarwirtschaft
ETH Zürich



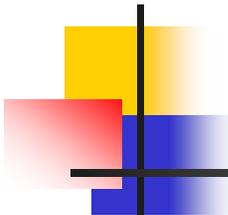
Einleitung und Übersicht

- 1. Erkenntnisse aus der ökonomischen Literatur zur C-Sequestrierung auf landwirtschaftlichen Flächen**
- 2. Optionen zur C-Sequestrierung in der Landwirtschaft und deren ökonomische Beurteilung**
 - Aufforstung auf landwirtschaftlichen Flächen
 - Pfluglose Bodenbearbeitung (Direktsaat)
 - Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland
 - Renaturierung organischer Böden
- 3. Schlussfolgerungen / Fazit**



Zur Ökonomik der C-Sequestrierung

- *Erkenntnisse aus ausländischen Studien und aus der ökonomischen Literatur?*

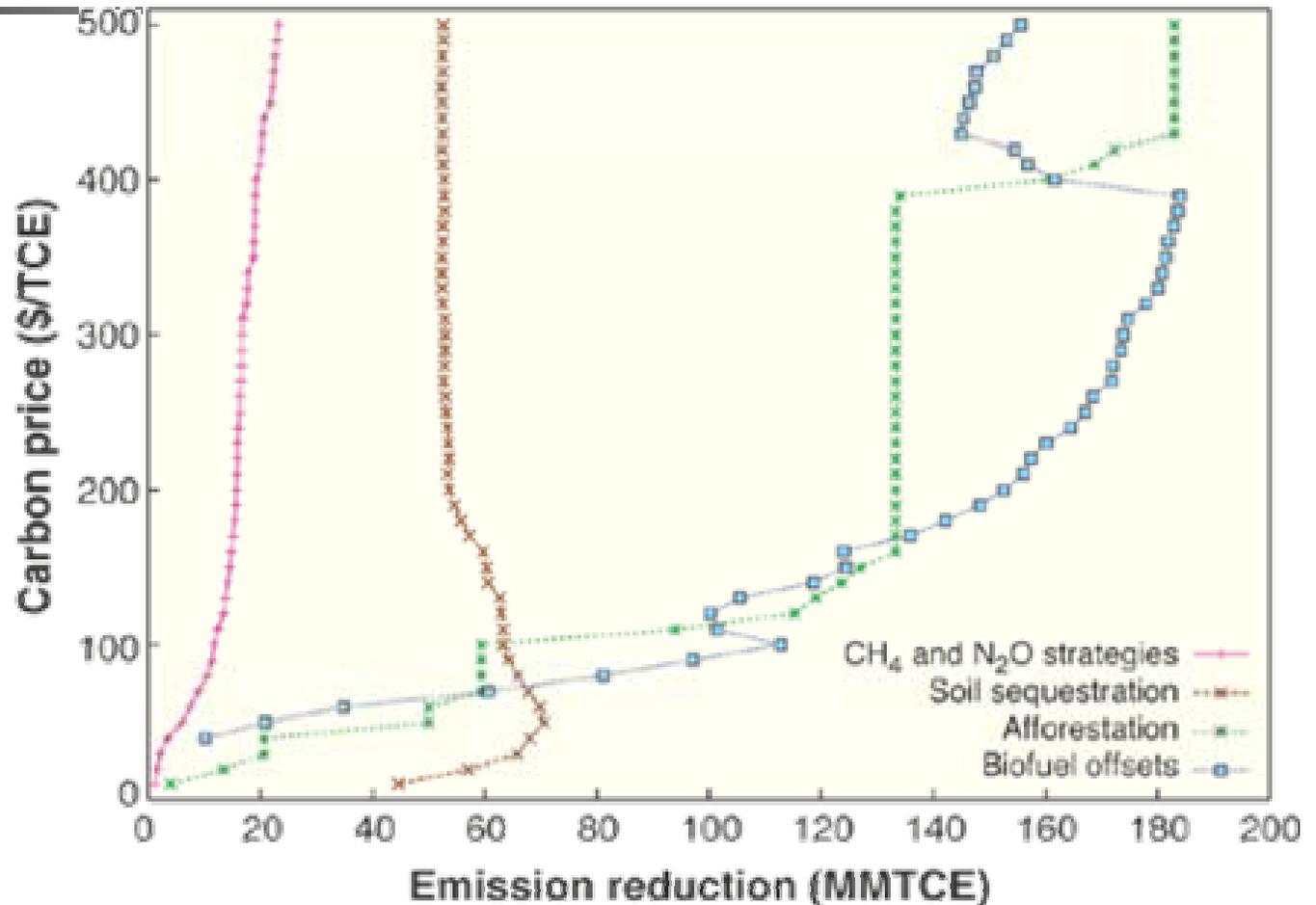


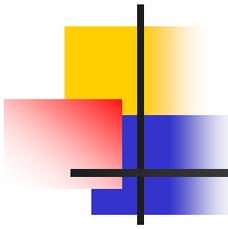
Erkenntnisse aus ausländischen Studien zur C-Sequestrierung in der Landwirtschaft

- **C-Sequestrierung durch Aufforstung:**
 - Van Kooten (div.): *Aufforstung, Canada*
 - Zelek and Shively (2003): *Agro-Forest, Philippinen*
- **C-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden:**
 - Antle et al (2001): *Montana*
 - Pautsch et al. (2001): *Iowa*
- **Integrierte Modelle**
 - Schneider (2000) & Mc Carl and Schneider (div.): *THG-Reduktion durch die Landwirtschaft, USA*
 - Schneider and Mc Carl (2003): *+ "biomass fuels", USA*

Greenhouse Gas Mitigation in U.S. Agriculture and Forestry

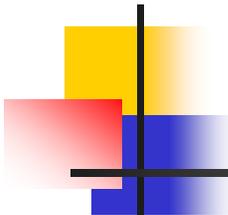
(McCarl and Schneider, *Science*, 294, Dec. 2001)





Weiterführende theoretische Betrachtungen

- Bedeutung von Anreizen und Verträgen
- Dynamik, Sättigung und Dauerhaftigkeit
- Räumliche Heterogenität und Effizienz
- Transaktionskosten:
 - Vertrags-Kosten
 - Monitoring-Kosten



Optionen zur C-Sequestrierung in der Landwirtschaft

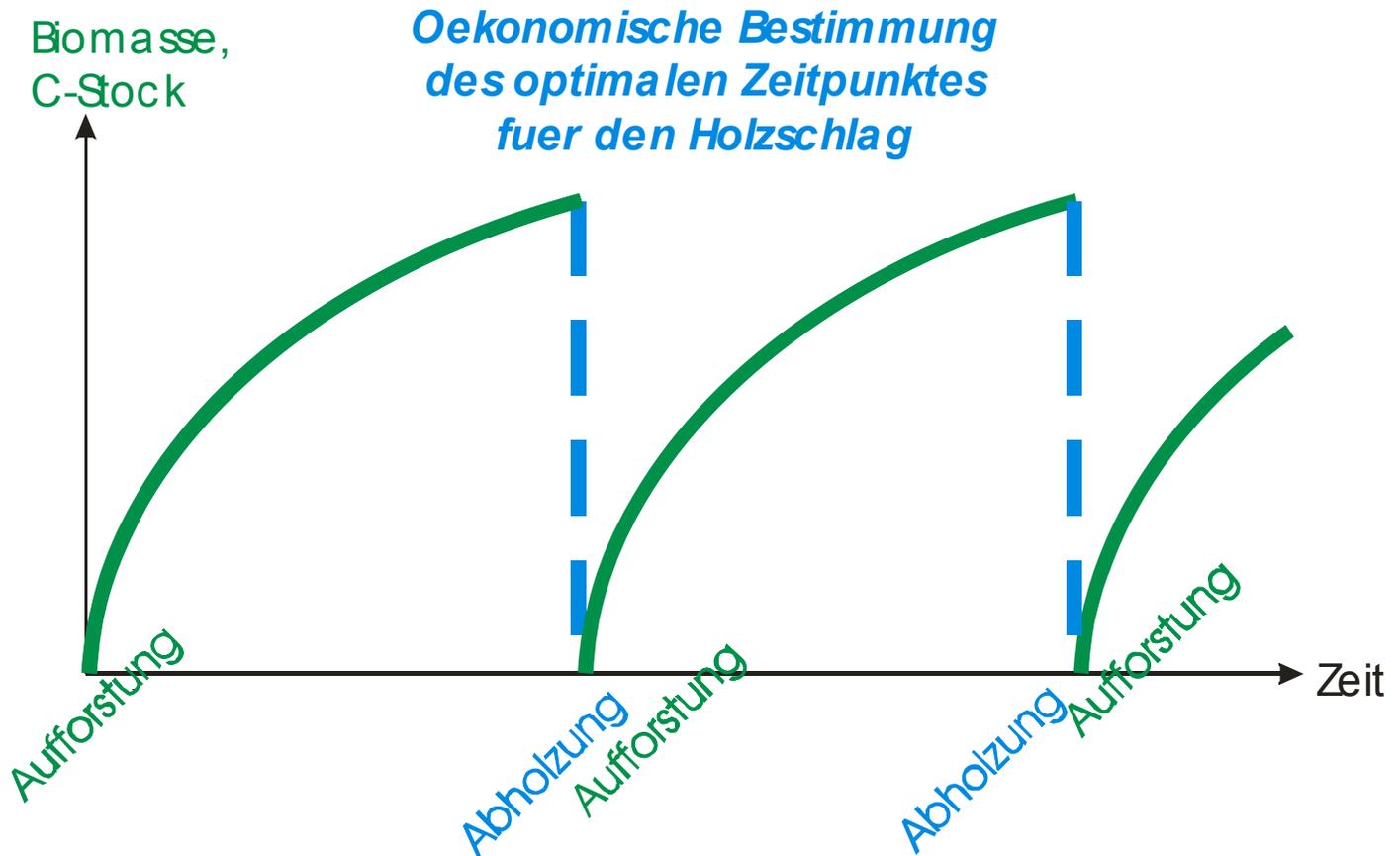
- **Senken-Potenziale in der Schweizer Landwirtschaft**
- **C-Sequestrierung durch Aufforstung**
- **Analogie: C-Sequestrierung durch Direktsaat (*no till*)**
- **Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland**
- **Notwendigkeit für einen integrierten Modellansatz**

Senken-Potenziale in der Schweizer Landwirtschaft

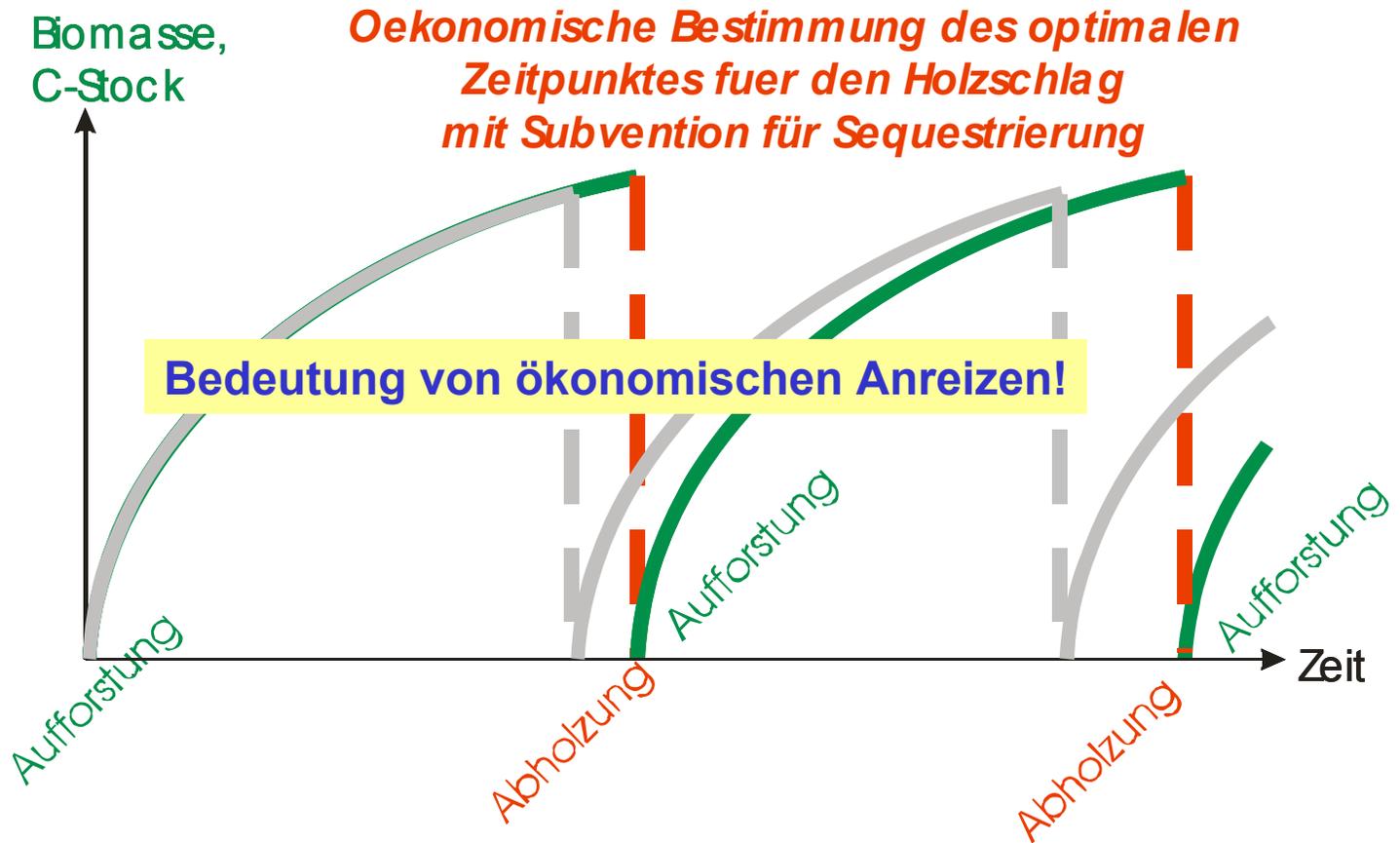
Massnahmen	Sequestrierungs-Rate [t C/ha/Jahr]	Maximale Senkenleistung [kt C/Jahr]
Ackerbauliche Massnahmen: Pfluglose Bewirtschaftung	0.33 ± 0.10	95.5 ± 28.9
Umwandlung von Ackerflä- chen in Dauergrünland:	0.42 – 0.46	122 – 133
Renaturierung organischer Böden	0.45 ± 0.20 plus 9.5 ± 2.2	91 – 271
Umwandlung organischer Böden in Dauergrünland	6.5	36 – 66

Daten-Quelle: Leifeld et al. (2003)

C-Sequestrierung durch Aufforstung

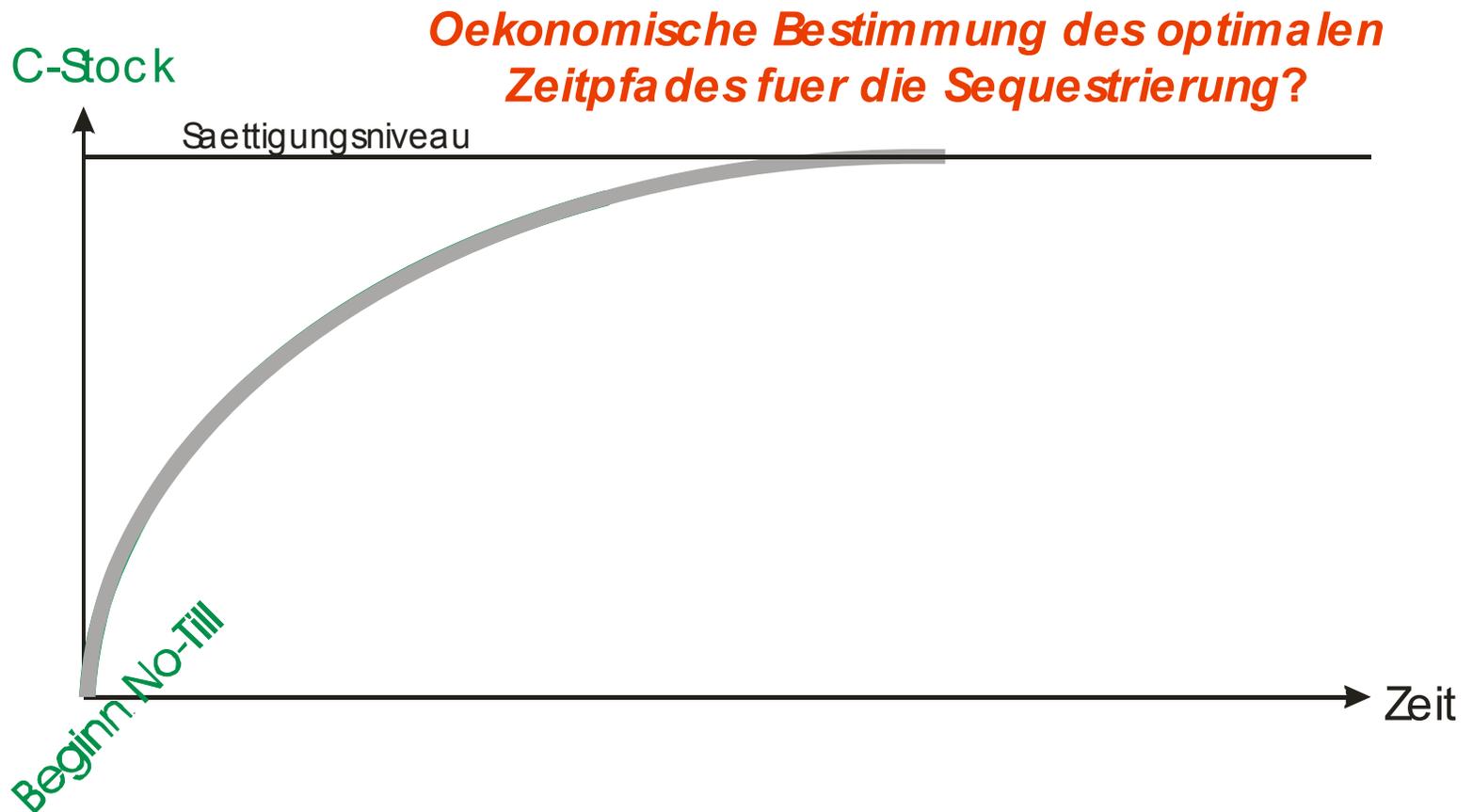


C-Sequestrierung durch Aufforstung



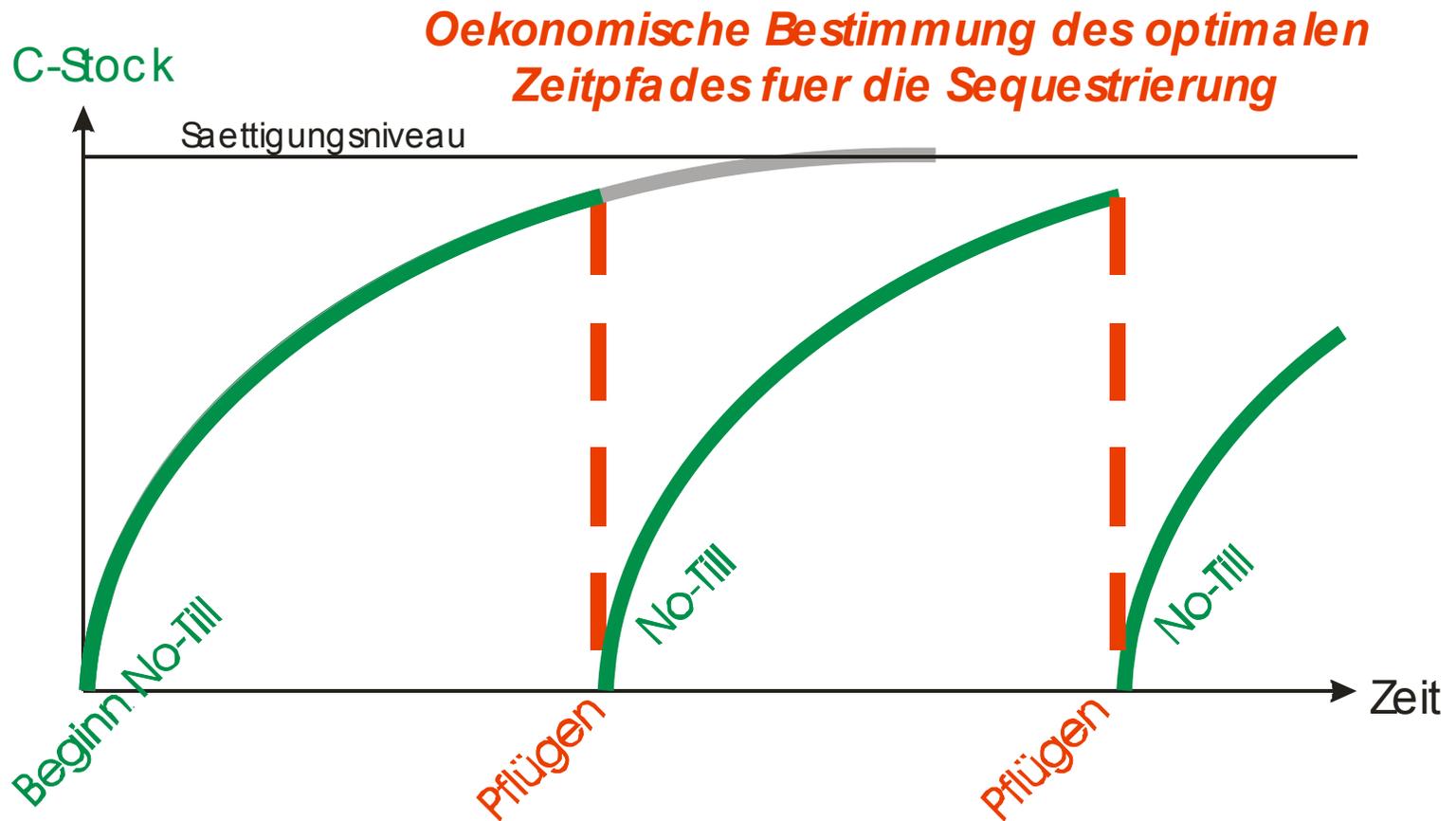
Analogie:

C-Sequestrierung durch Direktsaat



Analogie:

C-Sequestrierung durch Direktsaat



Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland

Ein vereinfachtes
Illustrationsbeispiel

		Permanent grassland					
		high intensity		low intensity		extensive	
		Cattle	Sheep	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep
CH ₄ from enteric fermentation ^c	kg CH ₄ /ha/year	256.3	213.6	106.8	89.0	53.4	44.5
CH ₄ from manure storage ^d	kg CH ₄ /ha/year	33.1	4.8	13.8	2.0	6.9	1.0
Total induced CH₄ emissions ^e	kg CH ₄ /ha/year	289.4	218.4	120.6	91.0	60.3	45.5
	t CO ₂ eq/ha/year	6.08	4.59	2.53	1.91	1.27	0.96
Carbon Sequestration ^f	t C/ha/year	0.43					
	t CO ₂ eq/ha/year	1.58					

Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{p \cdot CS}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{\infty} \frac{p \cdot ME}{(1+r)^t}$$

Net Present Values		Permanent grassland					
		high intensity		low intensity		extensive	
Discount rate r	C-price p [Fr./t C]	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep	Cattle	Sheep
0.01	1	-148.90	-108.24	-52.21	-35.27	-17.68	-9.21
	50	-7'444.84	-5'412.13	-2610.43	-1763.47	-883.86	-460.38
	200	-29'779.37	-21'648.51	-10441.73	-7053.87	-3'535.43	-1'841.50
0.02	1	-69.36	-49.04	-21.02	-12.55	-3.75	0.48
	50	-3'468.17	-2'451.81	-1050.97	-627.49	-187.68	24.06
	200	-13'872.69	-9'807.26	-4203.87	-2509.94	-750.72	96.24
0.05	1	-25.30	-17.17	-5.96	-2.57	0.94	2.64
	50	-1'265.01	-858.47	-298.13	-128.73	47.19	131.88
	200	-5'060.04	-3'433.87	-1192.51	-514.94	188.75	527.54

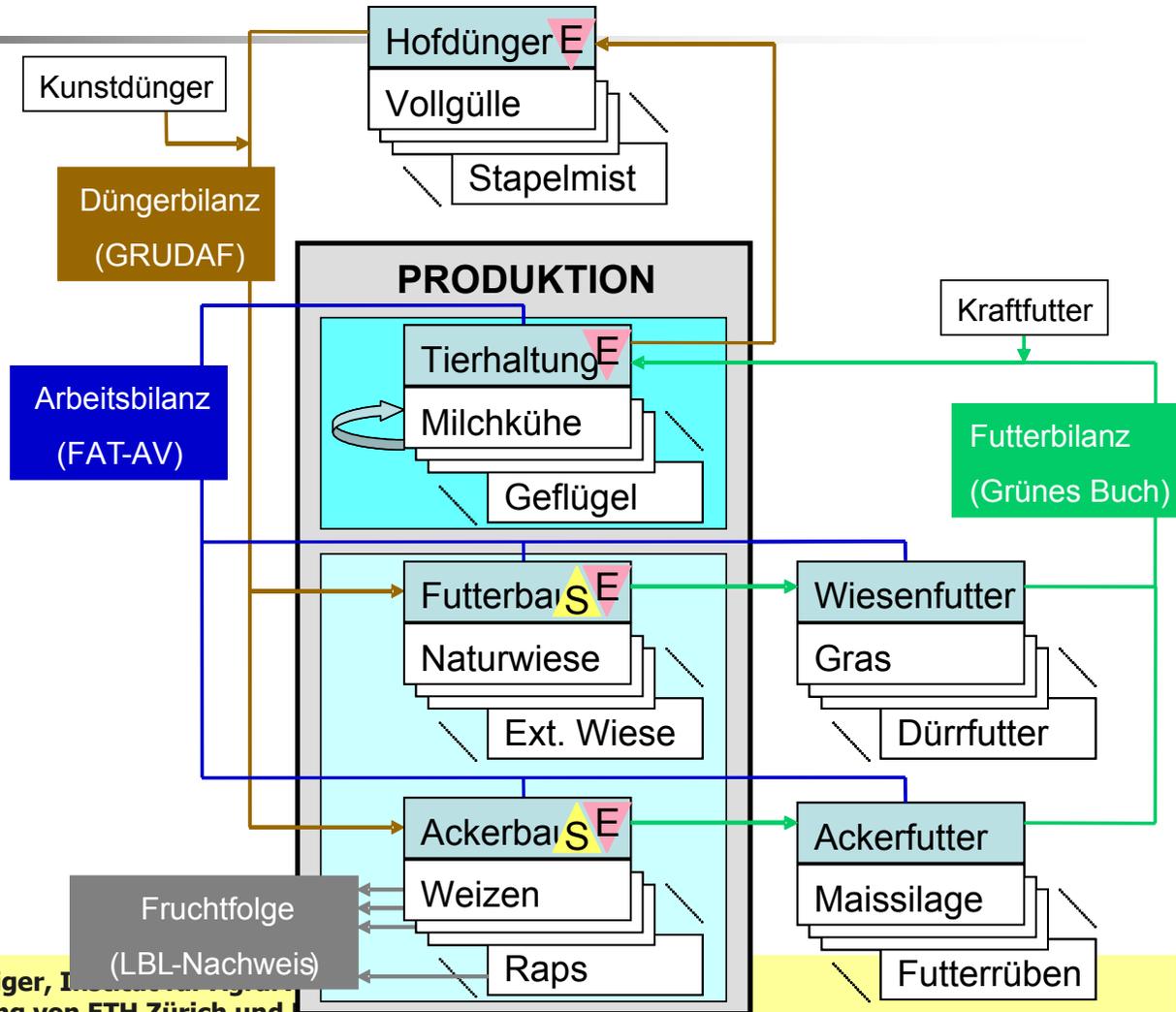
Schema für einen integrierten Modellansatz

■ **S** = Senken

- No-Till
- (Fruchtfolge)
- Acker- → Grünland

■ **E** = THG-Emissionen

- Energieverbrauch
- Tierbestand
 - Weideanteil
 - Stallsystem
- Hofdünger
 - Bewirtschaftung
 - Verwendung



Erste Resultate

für einen hypothetischen Landwirtschaftsbetrieb

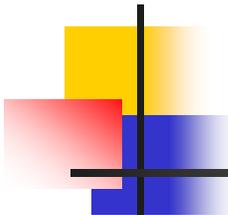
	Kuhbestand	Pflug	Direktsaat	Dauergrünland
heute	40	11.5	1.6	16.9
2%	40	10.9	2.2	16.9
5%	40	7.7	5.4	16.9
10%	40	2.5	10.6	16.9
15%	39.1	0	14	16
20%	37.5	0	16	14
25%	35.8	0	17.8	12.2

+ Rascher Anstieg der marginalen Vermeidungskosten!

Fazit:

Beurteilung der C-Sequestrierung aus ökonomischer Sicht

- **Das physikalische Potential ist wegen der Sättigung in Biomasse und Boden begrenzt**
- **Die Begrenzung bezüglich permanenter C-Fixierung ist aus ökonomischer Sicht noch weiter eingeschränkt**
 - fehlende / ungenügende Anreize für Landwirte
 - sehr teure Lösung für den Staat
- **Feedbacks im System**
 - Induzierte THG-Emissionen bei Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland (*Wirtschaftlichkeit kaum gegeben!*)
 - Rückkopplungseffekte auf Preise (Grasland & Aufforstung)
 - Notwendigkeit eines integrierten Modellansatzes



Schlussbemerkungen

- **Begrenzte Möglichkeiten einer C-Sequestrierung aus physikalischen und ökonomischen Gründen**
- **Gleichzeitige Berücksichtigung aller THG erforderlich**
- **Transaktionskosten und Sättigungseffekte nicht vergessen**
- **Fehlen von ausreichenden naturwissenschaftlichen Informationen für eine dynamische und räumlich differenzierte ökonomische Analyse**