Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Die monetäre Bewertung von Biokohlesubstraten

Vortrag im Rahmen des Workshops zum Forschungsvorhaben CarboTIP

29.11.2018, Tierpark Berlin

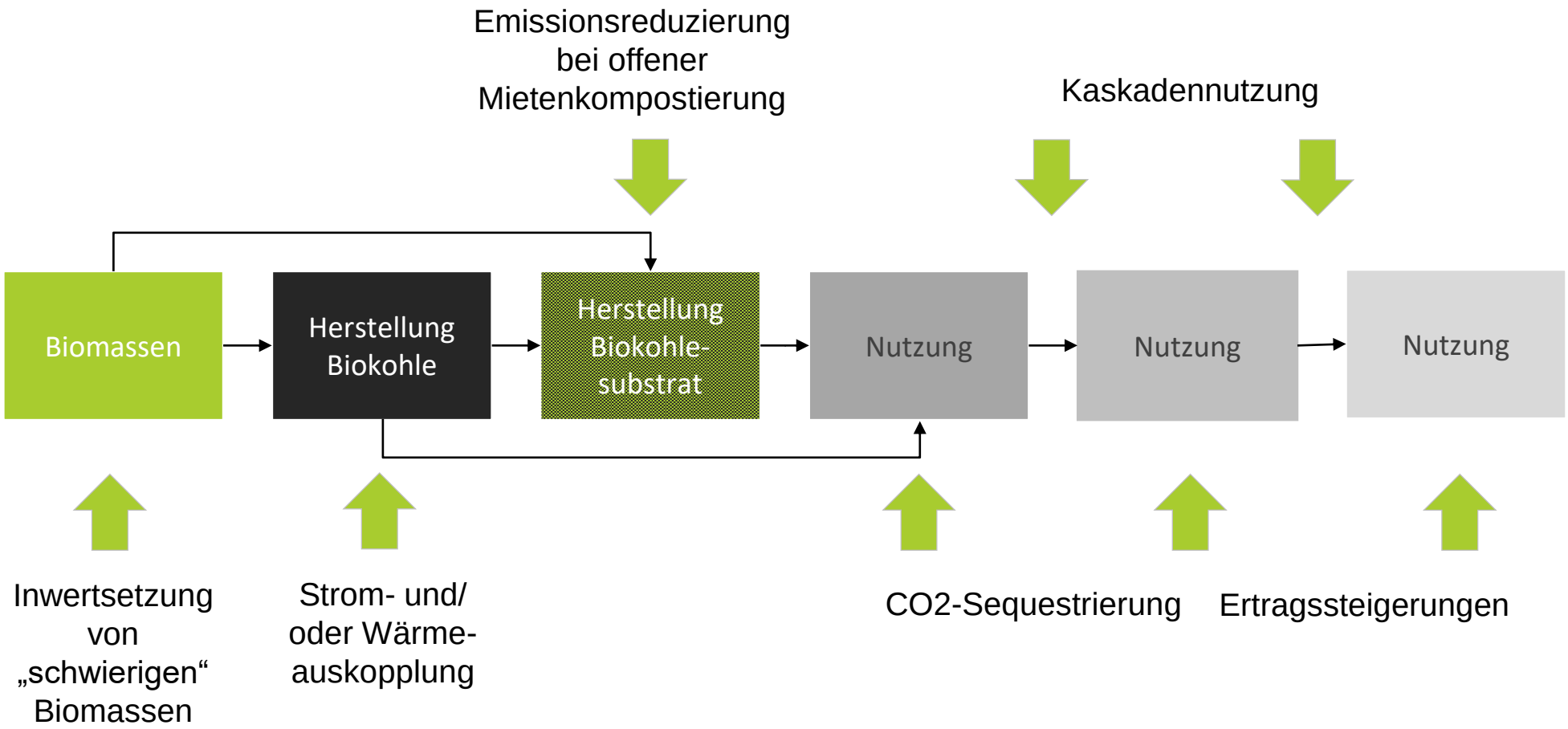
Prof. Dr. Stefan Zundel
Viktoria Witte, M.Sc.
BTU Cottbus - Senftenberg

INHALT

1. Wertschöpfungspotenziale innerhalb der Produktionskette von BKS
2. Mögliche Einsatzgebiete von Biokohle
3. Ausgewählte Geschäftsmodelle und ihre Wirtschaftlichkeit
4. Ausgewählte Techniken zur Biokohleherstellung
5. Preisübersicht – Biokohle und Biokohlesubstrate
6. Monetarisierung positiver externer Effekte
7. Zwischenresultat: Biokohle als teuerster Faktor
8. Beispiel: BKS-Verkauf im Botanischen Garten
9. Aktuelle Herausforderungen der stofflichen Nutzung von BK und BKS
10. Konzept einer idealisierten Lernkurve

© Zundel/Witte

1. WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIALE INNERHALB DER PRODUKTIONSKETTE VON BKS



2. MÖGLICHE EINSATZGEBIETE VON BIOKOHLE

- Kaskadennutzung in der Viehhaltung
  - Silagehilfsmittel,
  - Futterzusatz,
  - Einstreu,
  - Güllebehandlung,
  - Mistkompostierung,
  - Wasserbehandlung für Fischzucht
- Einsatz als Bodenhilfsstoff
  - CarbonDünger,
  - Kompost,
  - Torfersatz für Aufzuchterden,
  - Pflanzenschutzmittel,
  - Ausgleichsdüngung für Spurenelemente
- Dekontaminierung
  - Bodenzusatz zur Sanierung belasteter Böden
  - Teich- und Seewasserbehandlung
- Biogasproduktion
  - Biomassezusatz,
  - Biogas-Gülle-Behandlung
- Abwasserbehandlung
- Trinkwasserbehandlung
- Abgasfilter (Emissionskontrolle, Raumluftfilter)
- Gebäudekonstruktion (Dämmstoffe, Luft-dekontamination, Bodenfundament-dekontamination, Luftfeuchtigkeitsregulation, Schutz vor Elektrosmog)
- Industriematerial (Kohlefaser, Kunststoff)
- Elektronik (Halbleiter, Batterien)
- Metallurgie (Metallreduktion)
- Kosmetik (Seife, Hautcreme, therapeutischer Badezusatz)
- Farbstoffe (Lebensmittelfarbstoff, Industriefarben)
- Energieproduktion (Pellets, Braunkohlezusatz)
- Arzneimittel (Entgiftung, Trägermittel für Arzneimittelwirkstoffe)
- Textilindustrie (Gewebezusatz für Funktionswäsche, Wärmeisolation für Funktionskleidung, Deodorant für Schuhsohlen)
- Lebensmittelindustrie (Konservierung von Lebensmitteln)
- Füllstoff für Matratzen und Kopfkissen

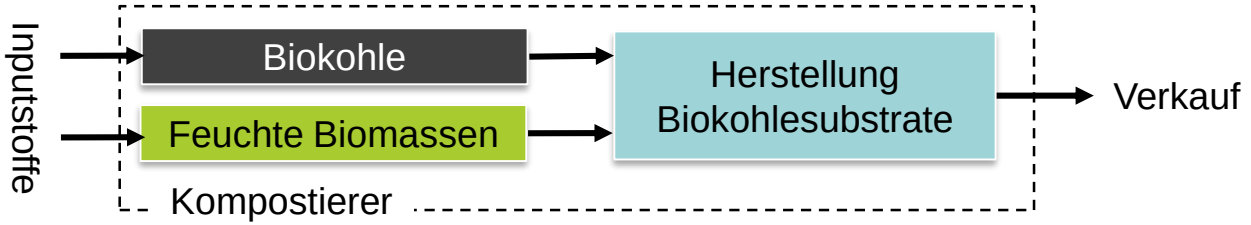
Quelle: Schmidt, HP (2012): 55 Anwendungen von Pflanzenkohle Ithaka Journal 1/2012: 99–102

3. AUSGEWÄHLTE GESCHÄFTSMODELLE UND IHRE WIRTSCHAFTLICHKEIT (I/III)

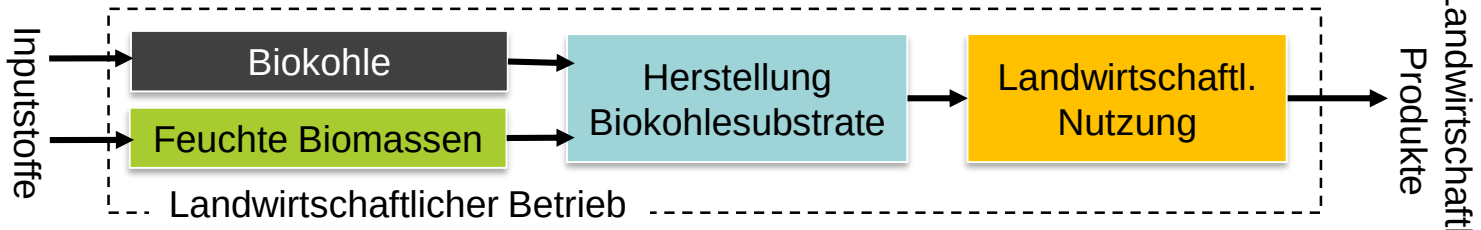
Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

1) Verkauf von Biokohle

2) Verkauf von Biokohlesubstrat



3) Landwirtschaftliche Nutzung

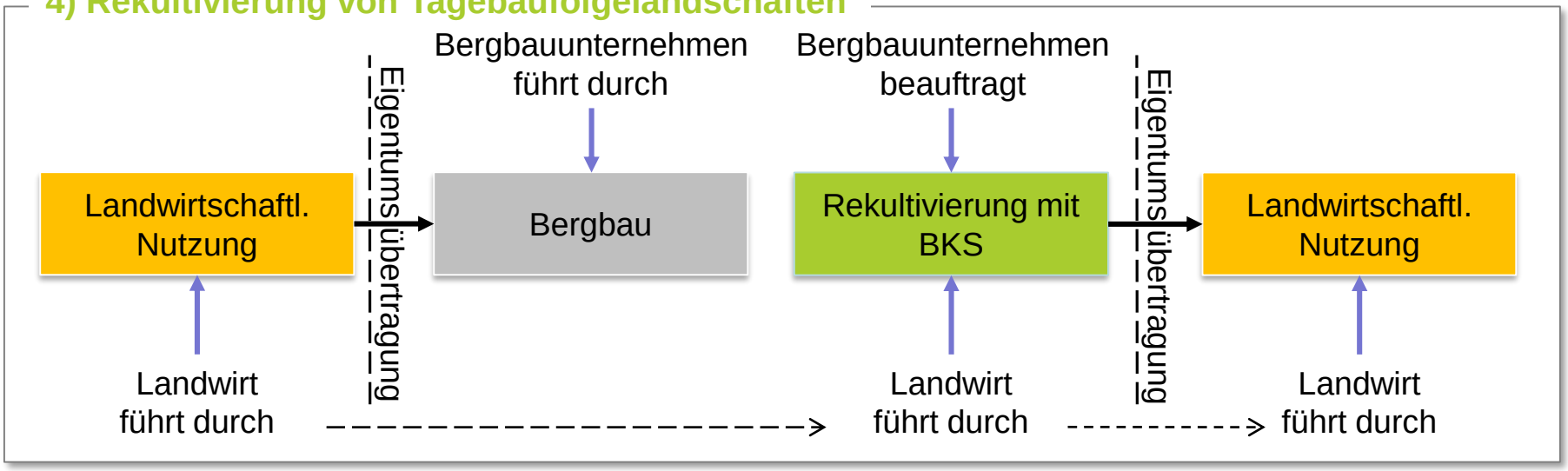


© Zundel/Witte

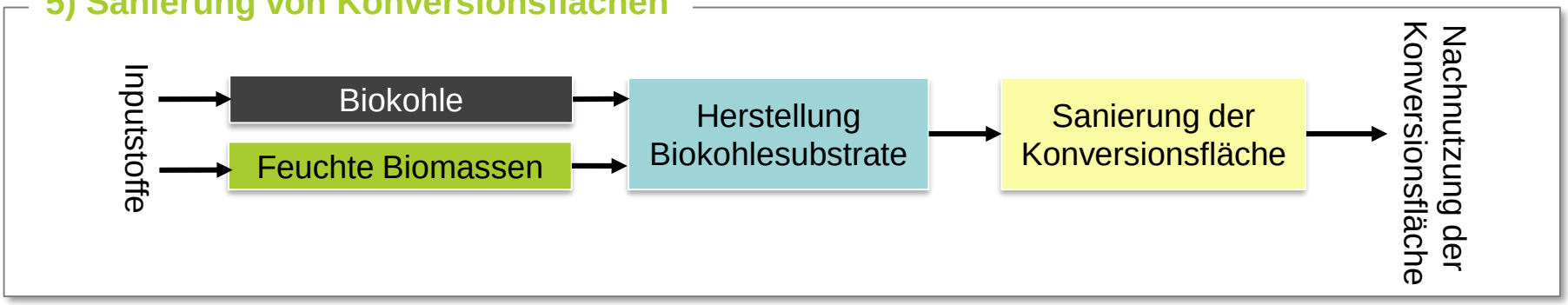
3. AUSGEWÄHLTE GESCHÄFTSMODELLE UND IHRE WIRTSCHAFTLICHKEIT (II/III)

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

4) Rekultivierung von Tagebaufolgelandschaften



5) Sanierung von Konversionsflächen



3. AUSGEWÄHLTE GESCHÄFTSMODELLE UND IHRE WIRTSCHAFTLICHKEIT (III/III)

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

+ Geschäftsmodell 1: Verkauf von Biokohle

  Herstellungskosten liegen im Rahmen der Preise aus der Marktanalyse und ermöglichen einen gewinnbringenden Erlös

+ Geschäftsmodell 2: Verkauf von Biokohlesubstrat

  Herstellungskosten liegen im Rahmen der Preise aus der Marktanalyse und ermöglichen einen gewinnbringenden Erlös

- Geschäftsmodell 3: Landwirtschaftliche Nutzung

  Eine mögliche Wirtschaftlichkeit von BKS muss aus Ertragssteigerungen und -überschüssen resultieren; landwirtschaftliche Nutzung von BKS ist auf sandigen Böden mit ertragsarmen Früchten teurer als eine konventionelle Düngung

- Geschäftsmodell 4: Rekultivierung

  Nicht betriebswirtschaftlich darstellbar; Jahresüberschuss trotz simulierter Ertragssteigerung und Substitution der mineralischen Düngung stark negativ

+ Geschäftsmodell 5: Sanierung von Konversionsflächen

  Die Sanierung mit BKS (sowohl der Bodenaushub als auch das Einpflügen von BKS) ist eine erstzunehmende und sinnvolle Alternative zur konventionellen Sanierung

© Zundel/Witte

4. AUSGEWÄHLTE TECHNIKEN ZUR BIOKOHLEHERSTELLUNG

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Kriterium	Festbettvergaser (FBV)	Wirbelschichtvergaser (WBSV)	Pyrolyse
Prinzip	Satzweise thermische Biomassevergasung in einem Gleichstrom-Festbettreaktor zur Erzeugung von Produktgas (Synthesegas) und Biokohle als Nebenprodukt	Thermische Biomassevergasung in einer atmosphärischen Wirbelschicht zur Erzeugung von Produktgas (Synthesegas) und Biokohle als Nebenprodukt	Thermische Biomasseverkokung in einem Pyrolyse-Rohrreaktor zur Erzeugung von Biokohle und Produktgas (Synthesegas) als Nebenprodukt
Referenztyp	CCE SJG-60 Double Fire Turbocharger Genset	Uhde -Verfahren, drucklos, bei WBS-Temperatur von ca. 750° C	Pyreg-Verfahren 500 kW
Anwendbarkeit, Einsatz-biomassen	Ausschließlich holzartige trockene Biomassen mit moderaten Aschegehalten	Ausschließlich holzartige Biomassen, erhöhte Inert- und Feinanteile begrenzt möglich	Vorwiegend holzartige Biomassen, Untermischung von halmartigen Biomassen, erhöhte Feuchte-, Asche- und Inertanteile begrenzt möglich
Charakteristika der Biokohle	Nebenprodukt; stückig, geringer Feinanteil	Nebenprodukt; hauptsächlich Feinkoks	Hauptprodukt; stückig
Investitions-kosten	ca. 1.300 € je installierter kWel. (ohne Vorbehandlung, Trocknung, Schnittstellen zur Strom-/ Wärmeauskoppelung)	ca. 800 € je installierter kWel+th. (ohne Vorbehandlung, Trocknung, Schnittstellen zur Strom-/ Wärmeauskoppelung)	> 2000 € je installierter kWth. (ohne Vorbehandlung, Trocknung, Schnittstellen zur Strom-/ Wärmeauskoppelung)
Betriebs- und Wartungskosten	ca. 13% der Investitionskosten pro Jahr (mit Vorbehandlung, Trocknung)	ca. 4-5% der Investitionskosten pro Jahr (mit Vorbehandlung, Trocknung)	ca. 11% der Investitionskosten pro Jahr (mit Vorbehandlung, Trocknung)

5. PREISÜBERSICHT – ZERTIFIZIERTE BIOKOHLE

STAND: NOVEMBER 2018

	2018	2015
minimaler Marktpreis	0,30 €	0,27 €
maximaler Marktpreis	1,55 €	7,90 €
Durchschnittlicher Marktpreis (mit Zertifizierung)	0,79 €	1,59 €

Anbieter und ihre Produkte:

- Carbon Terra: Pflanzenkohle Pur
- Swiss Biochar (Belmont-sur-Lausanne/CH): Pflanzenkohle
- SONNENERDE Gerald Dunst Kulturerden GmbH (Österreich): Pflanzenkohle
- Novo Carbo GmbH: Pflanzenkohle
- Verora GmbH (Edlibach/CH): Pflanzenkohle / Pflanzenkohle (Einstreu, Hofdünger…) / Pflanzenkohle (Einstreu, Futter…) / Pflanzenkohle gemahlen
- Biomassehof Allgäu eG: Pflanzenkohle aus Getreidespelzen / Pflanzenkohle aus Hackschnitzeln / Pflanzenkohle aus Heilkräutern / Pflanzenkohle für Terra Preta
- FETZER Rohstoffe + Recycling GmbH – Deutschland: Moola/Pflanzenkohle
- HerbaCarbo: Pflanzenkohle aus Kräutern / Pflanzenkohle aus Waldhackschnitzeln
- Horst Wagner Kompostbau, Terra Preta/ Terra Anima®: Pflanzenkohle für Kompost / Pflanzenkohle für Bokashi

5. PREISÜBERSICHT – BIOKOHLESUBSTRATE/ MIT PFLANZENKOHLE ANGEREICHERTE PRODUKTE

STAND: NOVEMBER 2018

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

	2018	2015
minimaler Marktpreis	0,18 €	0,35 €
maximaler Marktpreis	3,50 €	1,20 €
Durchschnittlicher Marktpreis (mit Zertifizierung)	0,87 €	0,80 €

Anbieter und ihre Produkte:

- CarboVerte – Eibenstock (Deutschland): Schwarzerde – Terra Preta
- Terra Tirol (Schwendt – Österreich): Schwarzerde
- Wandlitzer Erden, Rainer Buchholz: Wandlitzer Schwarzerde
- SONNENERDE Gerald Dunst Kulturerden GmbH (Österreich): Riedlingsdorfer Schwarzerde / Bodenaktivator / Hortisol-Hanferde
- Palaterra GmbH/ Palaterra®: Anzucht&Kräuter / Haus&Balkon / Hochbeeterde / Beet&Garten / Boden&Kompost
- Terra-Magica: Schwarze Erde
- Christoph Fischer GmbH – EM Chiemgau: RoPro-Streu, Fermentationshilfe / Chiemgauer Schwarzerde / Schwarzes Gold
- Horst Wagner Kompostbau, Terra Preta/ Terra Anima®: Humuserde

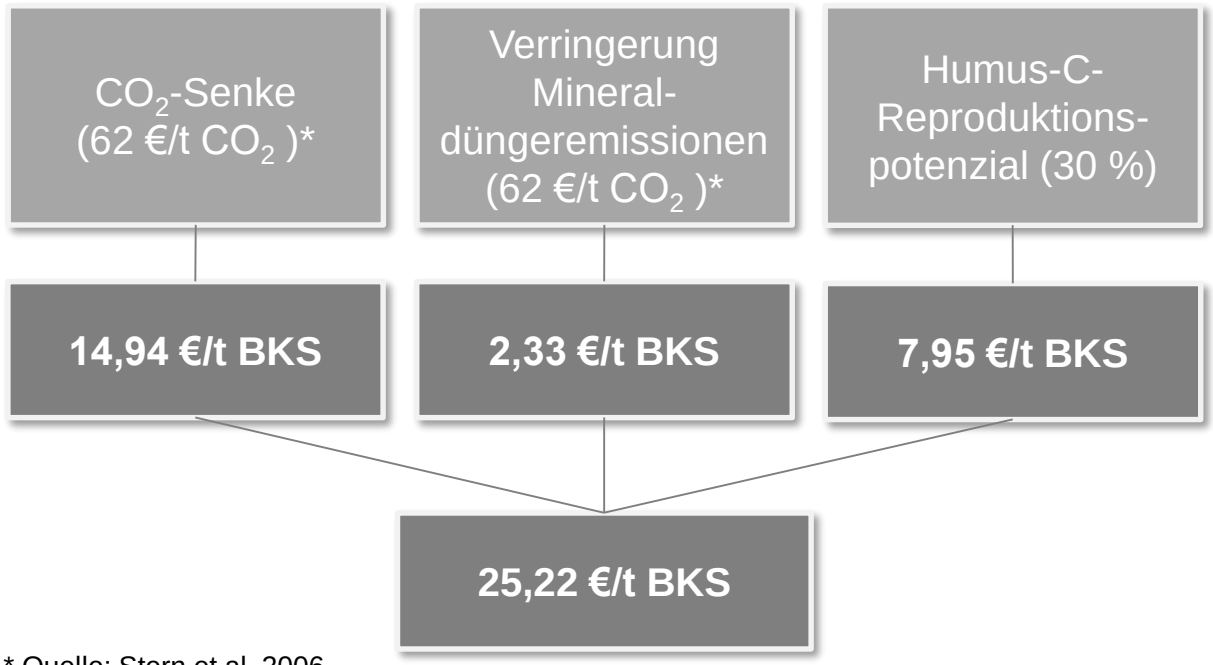
© Zundel/Witte

6. MONETARISIERUNG POSITIVER EXTERNER EFFEKTE

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Positive externe Effekte von BKS:
(ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- **CO2-Sequestrierung**
- **Verringerung der durch Wirtschaftsdünger verursachten Emissionen**
- Erhaltung der Biodiversität
- Reduktion von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser
- **Aufbau einer Humusschicht**



* Quelle: Stern et al. 2006

7. ZWISCHENRESULTAT: BIOKOHLE ALS TEUERSTER FAKTOR

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Dünger	Kosten je t	Ausbringungs-menge je Hektar	Kosten je Hektar	Nebenrechnungen: Erträge (Mittelwert) 5,91 t/ha	Nebenrechnungen: Erträge + Ertrags-steigerung 10%	Nebenrechnungen: Erlöse (Mittelwert Verkaufspreis) 316,55 €/t	+ Ertrags-steigerung 10%	Externe Effekte/t BKS 25,22 €	Kosten je Hektar (inkl. Ertrags-steigerung und externe Effekte)	Kosten-anteil BK 68%
Szenario 1: NPK										
N (Stickstoff)	1100,00 €/t	0,12 t/ha	196,70 €	5,91 t/ha	-	1.870,81 €	-	-	196,70 €	
P (Phosphat)	1250,00 €/t	0,03 t/ha								
K (Kalium)	680,00 €/t	0,04 t/ha								
Szenario 2: BKS + N										
BKS	135,00 €/t	10,00 t/ha	1.408,30 €		6,50 t/ha	2.057,89 €	187,08 €	252,20 €	969,02 €	655,70 €
N (Stickstoff)	1100,00 €/t	0,05 t/ha								

Die Biokohle ist nach wie vor der teuerste Teil an der BKS-Herstellung und macht ca. 70% der Kosten aus.

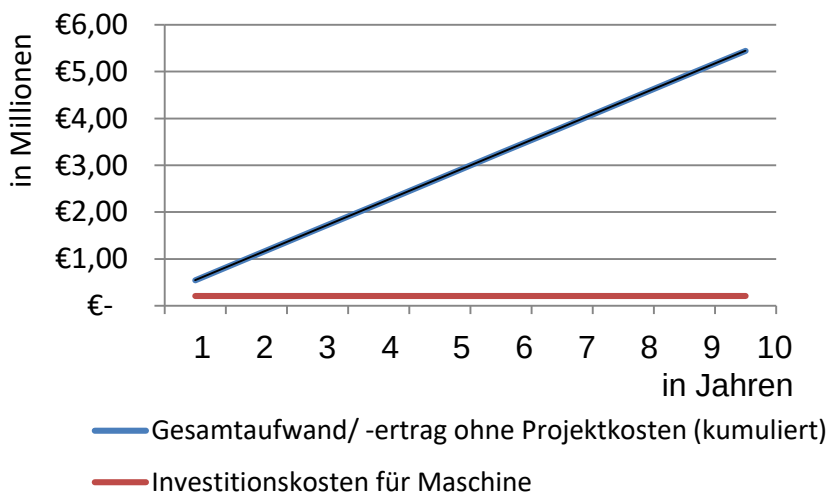
8. BEISPIEL: BKS-VERKAUF IM BOTANISCHEN GARTEN (I/II)

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Break-Even-Analyse - ausgelagerte Produktion im Botanischen Garten

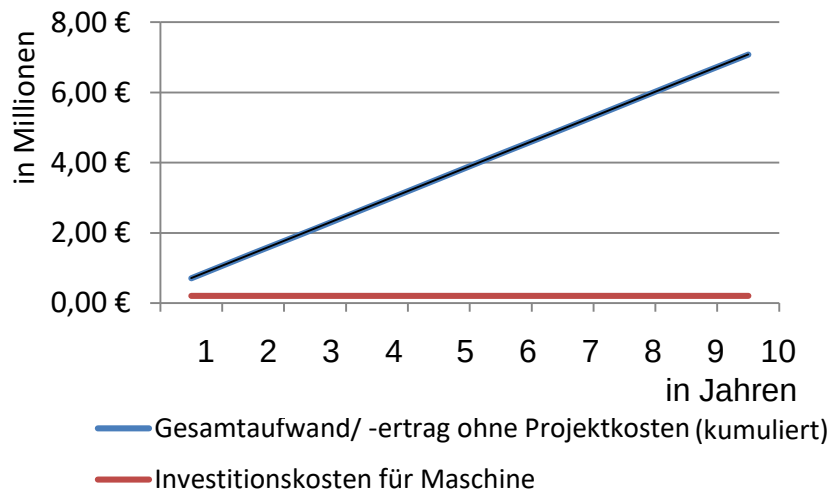
Verwertung interner Biomasse

- Herstellung BK: 30 t → Bedarf Bot. Garten 17 t
- Herstellung BKS: 725 m³ → Bedarf Bot. Garten 400 m³
- Verkauf: 325 m³ BKS à 1€/l
- Jährlicher Überschuss: ~ 500.000 €



Auslastung der Anlage

- Herstellung BK: 50 t → Bedarf Bot. Garten 17 t
- Herstellung BKS: 1223 m³ → Bedarf Bot. Garten 400 m³
- Verkauf: 823 m³ BKS à 1€/l
- Jährlicher Überschuss: ~ 700.000 €



8. BEISPIEL: BKS-VERKAUF IM BOTANISCHEN GARTEN (II/II)

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

Zielgruppen:

- Lokale private Endverbraucher
- Lokale/regionale Absatzpartner wie z.B. das Ökodorf Brodowin, die Domäne Dahlem
- Evtl. kleinere Baumärkte

Konkurrenzprodukte:

- Düngemittel und Fertigerden, aber Vorteile von BKS:
  - Nachhaltigkeit durch Inwertsetzung teilweise ungenutzter Biomassen sowie durch positive externe Effekte,
  - Regionale Herstellung,
  - Höhere Nährstoffgehalte,
  - Längere Nährstoffverfügbarkeit.

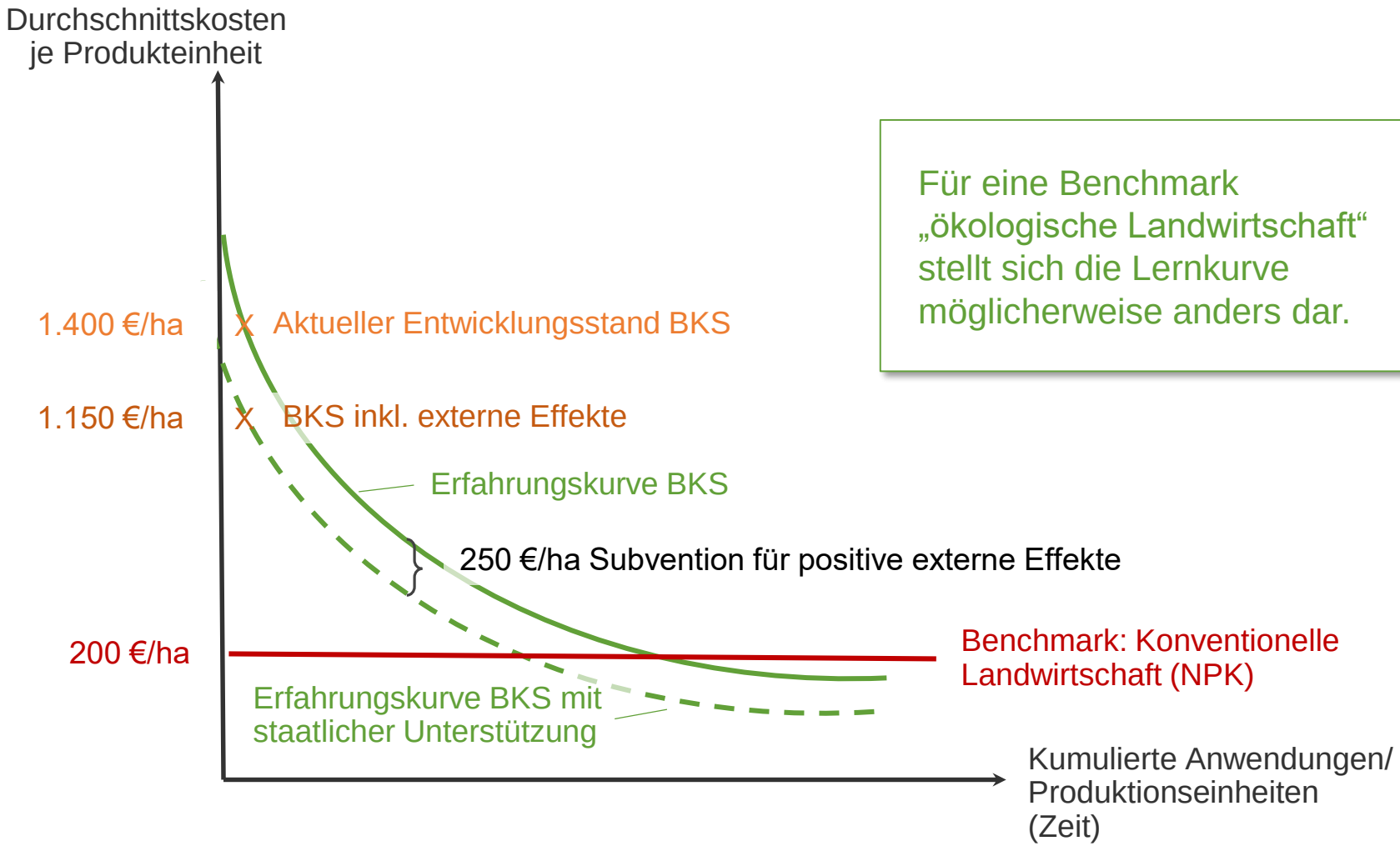
Name	Stickstoff	Phosphor	Kalium	PH-Wert
	in mg / l	in mg / l	in mg / l	
Biokohlesubstrat (TPS Q1)	38.400	7.500	30.000	6
Compo Sana Pflanzenerde	180 - 600	65,4 - 261,6	124,5 - 498	5 - 6,5
Fleurelle Rosenerde	175	98,1	581	6,4
Compo Sana Kübelerde	200 - 600	78,48 - 261,6	207,5 - 498	5 - 6,5
Praktika Balkonerde	290	130,8	498	5,7
Fleurelle Blumenerde	150	87,2	498	6,3
Praktika Bio-Universalerde	140	104,64	996	6,7
Toom Anzuchterde	180	43,6	190,9	5,6
Bio Universalerde	150	239,8	1245	6,3
Graberde	175	47,96	199,2	5,6
Anzuchterde	190	98,1	207,5	6
Blumenerde Compact	350	78,48	332	5,6
Bio Universalblumenerde	75	109	456,5	6,2

9. AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN DER STOFFLICHEN NUTZUNG VON BK UND BKS

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

- Rechtliche Rahmenbedingungen:
  - DüMV - zulässige Ausgangsstoffe für Düngemittel:
    - Holzkohle aus chemisch unbehandeltem Holz…
    - …mit einem Kohlenstoffgehalt von mindestens 80% C in der TM
  - DüMV - zulässige Ausbringungsmenge für Bioabfälle (entspricht BKS): 30t für einen Zeitraum von 3 Jahren
  - BImSchG - vereinfachtes Genehmigungsverfahren für BK-Produktionsanlagen
- Kostensenkung bei Biokohleherstellungsverfahren
- Verlässlichkeit des Produktes (BK und BKS):
  - Festlegung von Qualitätsstandards (Produkteigenschaften)
  - Formulierung von Anwendungshinweisen
- Konkurrierende Nutzungsform von Biokohle: Energetische Verwertung ist technisch leichter und juristisch nicht so herausfordernd

10. KONZEPT EINER IDEALISIERTEN LERNKURVE



Für eine Benchmark „ökologische Landwirtschaft“ stellt sich die Lernkurve möglicherweise anders dar.

Vielen Dank!

Prof. Dr. rer. pol. Stefan Zundel
stefan.zundel@b-tu.de

Viktoria Witte, M. Sc.
viktoria.witte@b-tu.de

www.b-tu.de/fg-energie-umweltoekonomik.de