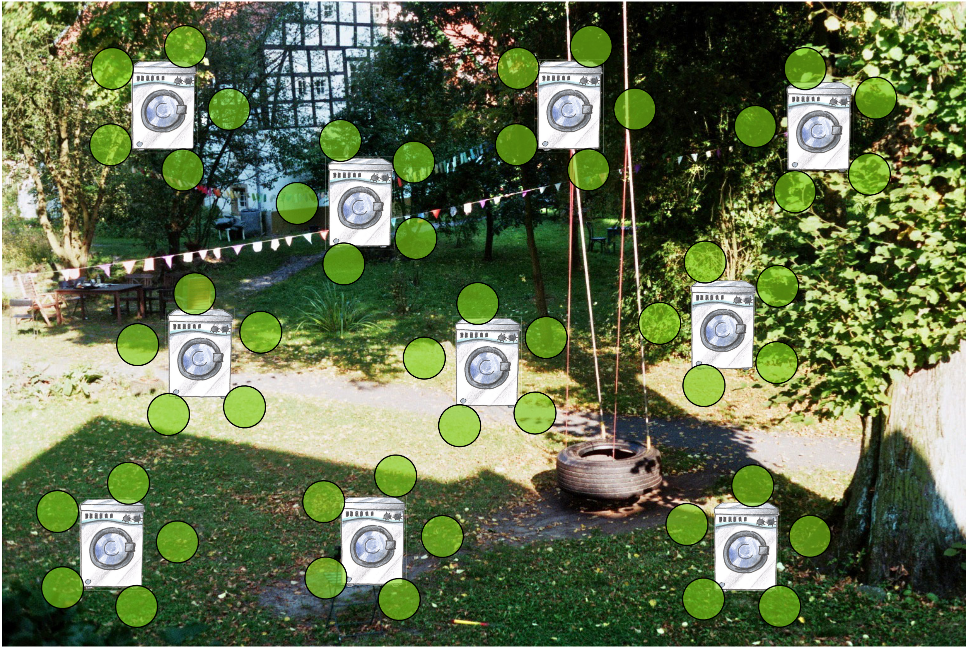
Ökologische Nachhaltigkeit durch „Nutzen statt Besitzen“?

Entwicklung eines Modells zur Ableitung von Kriterien für die Senkung des Umweltverbrauchs durch gemeinschaftliche Produktnutzung

Alexander Müller, János Sebestyén

Universität Osnabrück, 14.07.2015



Abschnitt 1

Thema, Fragestellung, Methodik

Thema

- Gemeinschaftliche Nutzung von Produkten
  Waschmaschinen, Autos, Werkzeug,. . .
- Ökologische Vorteile solcher Nutzungsformen gegenüber individueller Nutzung

Umwelteffekte durch die Nutzung

positiv	**negativ**
Nutzungsintensivierung	Zusätzliche Transporte
Erhöhung der Produktauslastung	Erhöhung der Produktauslastung
Wartung / Reparaturen	Wartung / Reparaturen

Für vollständige Übersicht siehe Scholl 2009.

Fragestellung

Unter welchen Umständen kann der *Umweltverbrauch* eines Produktes durch gemeinschaftliche Nutzung gegenüber der individuellen Nutzung gesenkt werden?

Methodik

Methodik

- Modell-Ansatz: ein Modell je Effekt

Methodik

- Modell-Ansatz: ein Modell je Effekt
- Produktnutzungssystem
  - Personen
  - Produkte
  - Organisation der Nutzung

Methodik

- Modell-Ansatz: ein Modell je Effekt
- Produktnutzungssystem
  - Personen
  - Produkte
  - Organisation der Nutzung
- Analyse
  - Übergang von der individuellen zur gemeinschaftlichen Nutzung $\Leftrightarrow$ Veränderung bestimmter Systemparameter
  - Umwelteffekt: ein Parameter ändert sich
  - Kopplung: mehrere Parameter ändern sich

MIPS-Konzept

- Operationalisierung des Umweltverbrauchs: MIPS

MIPS-Konzept

- Operationalisierung des Umweltverbrauchs: MIPS
- MIPS = Materialinput pro Serviceeinheit

MIPS-Konzept

- Operationalisierung des Umweltverbrauchs: MIPS
- MIPS = Materialinput pro Serviceeinheit
- **Input-Orientierung**: Bilanzierung aller primären Materialbewegungen (Herstellung, Nutzung, Entsorgung) $\rightarrow$ *Universeller Indikator*

MIPS-Konzept

- Operationalisierung des Umweltverbrauchs: MIPS
- MIPS = Materialinput pro Serviceeinheit
- **Input-Orientierung**: Bilanzierung aller primären Materialbewegungen (Herstellung, Nutzung, Entsorgung)
  $\rightarrow$ *Universeller Indikator*
- **Service-Orientierung**: Bezug auf den erbrachten Nutzen
  $\rightarrow$ *Vergleichbarkeit*

MIPS-Konzept

- Operationalisierung des Umweltverbrauchs: MIPS
- MIPS = Materialinput pro Serviceeinheit
- **Input-Orientierung**: Bilanzierung aller primären Materialbewegungen (Herstellung, Nutzung, Entsorgung) $\rightarrow$ *Universeller Indikator*
- **Service-Orientierung**: Bezug auf den erbrachten Nutzen $\rightarrow$ *Vergleichbarkeit*

Grundgleichung

$$\text{MIPS} = \frac{I}{S}$$

Abschnitt 2

Modelle

Modell-Grundlagen

Modell-Grundlagen

- Wichtige Größe: Produktnutzungsdauer t
  - Wie lange ist ein Produkt in der Nutzung?
  - Erreichen der technischen Lebensdauer oder der Maximalnutzungsdauer: $t = \min\{t_{\text{tech}}, t_{\text{max}}\}$
  - Nicht fest vorgegeben, sondern von der Nutzung abhängig.

Modell-Grundlagen

- Wichtige Größe: Produktnutzungsdauer t
  - Wie lange ist ein Produkt in der Nutzung?
  - Erreichen der technischen Lebensdauer oder der Maximalnutzungsdauer: $t = \min\{t_{\text{tech}}, t_{\text{max}}\}$
  - Nicht fest vorgegeben, sondern von der Nutzung abhängig.
- Nicht betrachtet: Nachfrage-Änderungen
  - Konstante Service-Nachfrage $S = S_D$
  - Problem: Nicht kompatibel mit variabler Produktnutzungsdauer.
  - Lösung: Konstanter Betrachtungszeitraum T

Systemgrenze

Service-Menge S

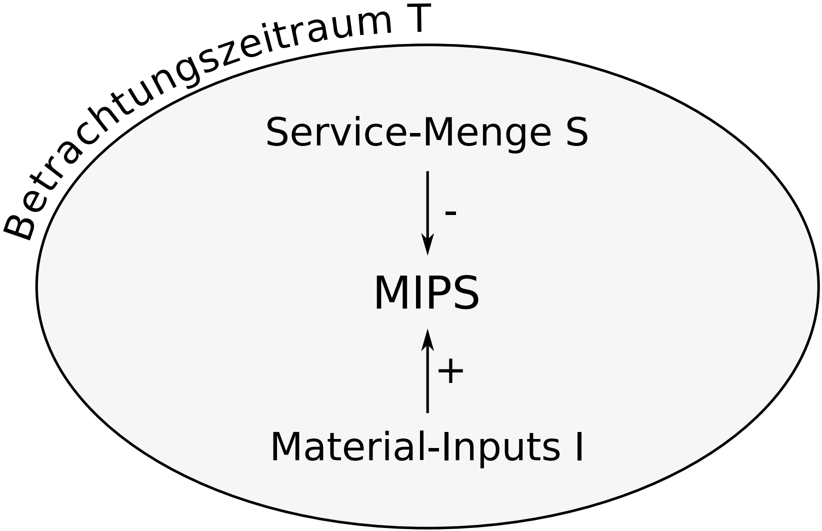
$\downarrow$ -

MIPS

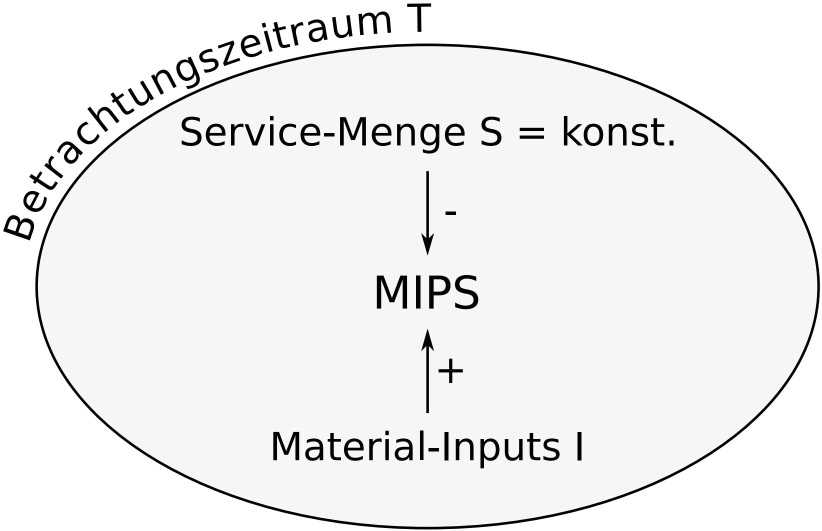
$\uparrow$ +

Material-Inputs I

Systemgrenze



Systemgrenze



Beispielmodell 1

Nutzungsintensivierung

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h
- Nutzungsmenge n *eines* Produkts während t:
  $n = h \cdot t$

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h
- Nutzungsmenge n *eines* Produkts während t:
  $n = h \cdot t$
- *Gesamt*nutzungsmenge N während T:
  $N = n \cdot P = h \cdot t \cdot P = h \cdot t \cdot p \cdot \frac{T}{t} = h \cdot p \cdot T$

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h
- Nutzungsmenge n *eines* Produkts während t:
  $n = h \cdot t$
- *Gesamt*nutzungsmenge N während T:
  $N = n \cdot P = h \cdot t \cdot P = h \cdot t \cdot p \cdot \frac{T}{t} = h \cdot p \cdot T$
- Mindestproduktanzahl p_{min}:
  $p \geq p_{\text{min}} \quad (p, p_{\text{min}} \in \mathbb{N})$

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h
- Nutzungsmenge n *eines* Produkts während t:
  $n = h \cdot t$
- *Gesamt*nutzungsmenge N während T:
  $N = n \cdot P = h \cdot t \cdot P = h \cdot t \cdot p \cdot \frac{T}{t} = h \cdot p \cdot T$
- Mindestproduktanzahl p_{min}:
  $p \geq p_{\text{min}} \quad (p, p_{\text{min}} \in \mathbb{N})$
- Servicemenge S:
  $S = S_D = N \cdot A \quad \Leftrightarrow \quad N = \frac{S_D}{A} \quad$ (A: Produktauslastung)

Modellbeschreibung - Nutzungshäufigkeit

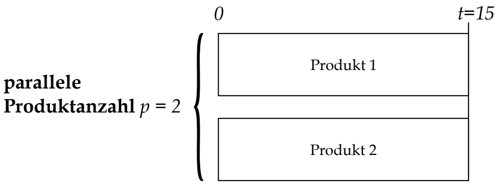
- Nutzungsintensivierung = Erhöhung der Nutzungshäufigkeit h
- Nutzungsmenge n *eines* Produkts während t:
  $n = h \cdot t$
- *Gesamt*nutzungsmenge N während T:
  $N = n \cdot P = h \cdot t \cdot P = h \cdot t \cdot p \cdot \frac{T}{t} = h \cdot p \cdot T$
- Mindestproduktanzahl p_{min}:
  $p \geq p_{\text{min}} \quad (p, p_{\text{min}} \in \mathbb{N})$
- Servicemenge S:
  $S = S_D = N \cdot A \quad \Leftrightarrow \quad N = \frac{S_D}{A} \quad$ (A: Produktauslastung)
- Nutzungshäufigkeit h:
  $h = \frac{N}{p \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot p \cdot T} \qquad h \leq h_{\text{max}} := \frac{S_D}{A \cdot p_{\text{min}} \cdot T}$

Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte

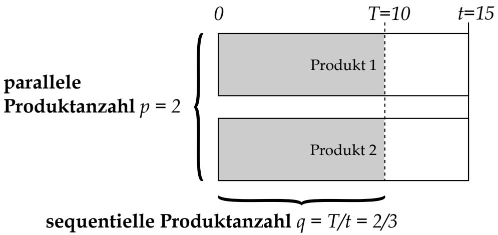
Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte



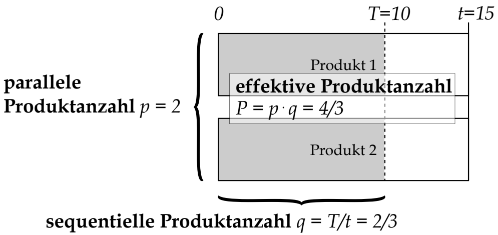
Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte



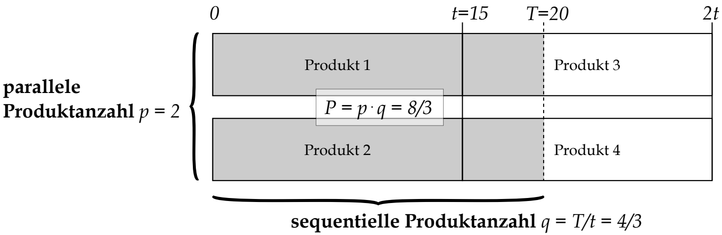
Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte



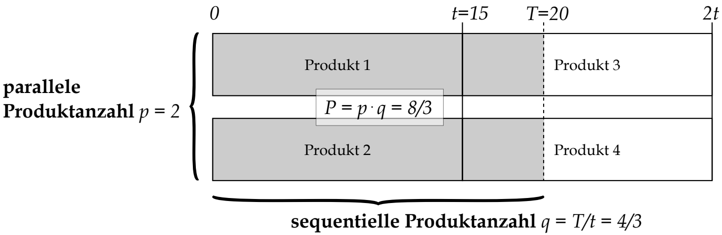
Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte



Modellbeschreibung - Produktmenge

- Produkte des Nutzungssystems
  - parallel eingesetzte Produkte
  - sequentiell eingesetzte Produkte



- $P = p \cdot q = p \cdot \frac{T}{t}$

Modellbeschreibung

- Technische Lebensdauer t_{tech}:
  $t_{\text{tech}} := \frac{n_{\text{max}}}{h}$

Modellbeschreibung

- Technische Lebensdauer t_{tech}:
  $t_{\text{tech}} := \frac{n_{\max}}{h}$
- Produktnutzungsdauer t:

$$t(h) = \min\{t_{\text{tech}}, t_{\max}\} = \begin{cases} t_{\max}, & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{n_{\max}}{h}, & \text{sonst} \end{cases}$$

Modellbeschreibung

- Technische Lebensdauer t_{tech}:
  $t_{\text{tech}} := \frac{n_{\max}}{h}$
- Produktnutzungsdauer t:
  $$t(h) = \min\{t_{\text{tech}}, t_{\max}\} = \begin{cases} t_{\max}, & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{n_{\max}}{h}, & \text{sonst} \end{cases}$$
- Nutzungsmenge $n(h)$:
  $$n(h) = h \cdot t(h) = \begin{cases} h \cdot t_{\max}, & \text{falls } h < h^* \\ n_{\max}, & \text{sonst} \end{cases}$$

Modellbeschreibung

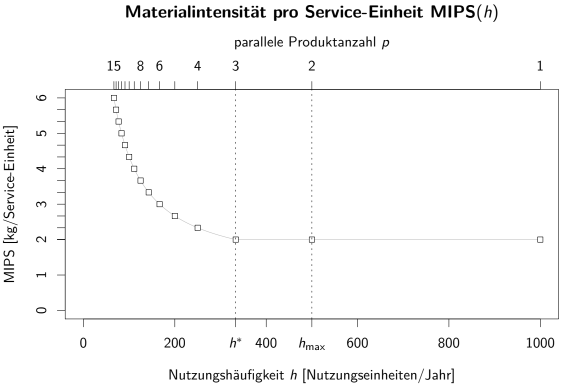
- Technische Lebensdauer t_{tech}:
  $t_{\text{tech}} := \frac{n_{\max}}{h}$
- Produktnutzungsdauer t:
  $$t(h) = \min\{t_{\text{tech}}, t_{\max}\} = \begin{cases} t_{\max}, & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{n_{\max}}{h}, & \text{sonst} \end{cases}$$
- Nutzungsmenge $n(h)$:
  $$n(h) = h \cdot t(h) = \begin{cases} h \cdot t_{\max}, & \text{falls } h < h^* \\ n_{\max}, & \text{sonst} \end{cases}$$
- Effektive Produktanzahl P:
  $$P(h) = \frac{N}{n(h)} = \begin{cases} \frac{S_D}{A \cdot h \cdot t_{\max}}, & \text{falls } h < h^* \\ \frac{S_D}{A \cdot n_{\max}}, & \text{sonst} \end{cases}$$

Modellbeschreibung - MIPS-Gleichung

- $\mathrm{MIPS}(h) = \frac{I}{S} = \frac{P(h) \cdot i_P + I_{\text{fix}}^h}{S} = \frac{I_{\text{fix}}^h}{S_D} + \begin{cases} \frac{i_P}{h \cdot t_{\max} \cdot A}, & \text{falls } h < h^* \\ \frac{i_P}{n_{\max} \cdot A}, & \text{sonst} \end{cases}$

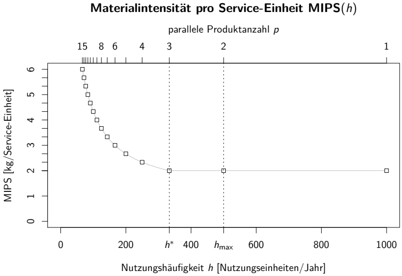
Modellbeschreibung - MIPS-Gleichung

- $\mathrm{MIPS}(h) = \frac{I}{S} = \frac{P(h) \cdot i_P + I^h_{\text{fix}}}{S} = \frac{I^h_{\text{fix}}}{S_D} + \begin{cases} \frac{i_P}{h \cdot t_{\max} \cdot A}, & \text{falls } h < h^* \\ \frac{i_P}{n_{\max} \cdot A}, & \text{sonst} \end{cases}$



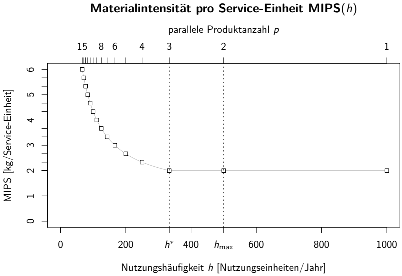
Analyse

- Wie stark fällt die MIPS mit steigendem h im Bereich $h < h^*$?



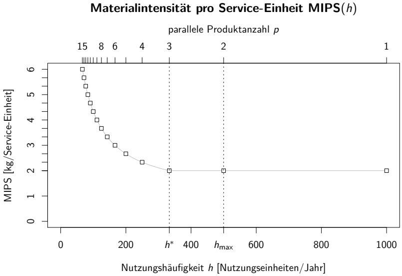
Analyse

- Wie stark fällt die MIPS mit steigendem h im Bereich $h < h^*$?
- Korrespondenz von h und p:
  $h_1 \rightarrow h_2 = h_1 + \Delta h \quad \Leftrightarrow \quad p_1 \rightarrow p_2 = p_1 - 1$



Analyse

- Wie stark fällt die MIPS mit steigendem h im Bereich $h < h^*$?
- Korrespondenz von h und p:
  $h_1 \rightarrow h_2 = h_1 + \Delta h \qquad \Leftrightarrow \qquad p_1 \rightarrow p_2 = p_1 - 1$
- Änderung der MIPS:
  $\Delta\text{MIPS} = \text{MIPS}(h_2) - \text{MIPS}(h_1) = -\frac{q \cdot i_P}{S_D}$



Beispielmodell 2

Modellkopplung: Nutzungsintensivierung und zusätzliche Transporte

Konzeption

- Grundproblem:
  Nutzungsintensivierung $\Leftrightarrow$ zusätzliche Transporte

Konzeption

- Grundproblem:
  Nutzungsintensivierung $\Leftrightarrow$ zusätzliche Transporte
- Tradeoff:
  - Nutzungsintensivierung: MIPS $\searrow$ oder $\rightarrow$
  - Zusätzliche Transporte: MIPS $\nearrow$ oder $\rightarrow$

Konzeption

- Grundproblem:
  Nutzungsintensivierung $\Leftrightarrow$ zusätzliche Transporte
- Tradeoff:
  - Nutzungsintensivierung: MIPS $\searrow$ oder $\rightarrow$
  - Zusätzliche Transporte: MIPS $\nearrow$ oder $\rightarrow$
- Frage: Wann ist die Gesamtwirkung positiv?

Konzeption

- Grundproblem:
  Nutzungsintensivierung $\Leftrightarrow$ zusätzliche Transporte
- Tradeoff:
  - Nutzungsintensivierung: MIPS $\searrow$ oder $\rightarrow$
  - Zusätzliche Transporte: MIPS $\nearrow$ oder $\rightarrow$
- Frage: Wann ist die Gesamtwirkung positiv?

- Zusammenhang: *Größe* des gemeinschaftlichen Systems
  - Je größer das System, desto mehr Produkte werden eingespart.
  - Je größer das System, desto mehr zusätzliche Transporte.

Konzeption

- Grundproblem:
  Nutzungsintensivierung $\Leftrightarrow$ zusätzliche Transporte
- Tradeoff:
  - Nutzungsintensivierung: MIPS $\searrow$ oder $\rightarrow$
  - Zusätzliche Transporte: MIPS $\nearrow$ oder $\rightarrow$
- Frage: Wann ist die Gesamtwirkung positiv?

- Zusammenhang: *Größe* des gemeinschaftlichen Systems
  - Je größer das System, desto mehr Produkte werden eingespart.
  - Je größer das System, desto mehr zusätzliche Transporte.

Fragen

1. Gibt es eine optimale Größe?
2. Wie groß ist die maximale ökoeffiziente Größe?

Modellbeschreibung 1/3

- Zwei Teilnutzungssysteme:
    - gemeinschaftliches Nutzungssystem
    - individuelles Nutzungssystem

Modellbeschreibung 1/3

- Zwei Teilnutzungssysteme:
  - gemeinschaftliches Nutzungssystem
  - individuelles Nutzungssystem
- Variation: *Größe* des gemeinschaftlichen Nutzungssystems

Modellbeschreibung 1/3

- Zwei Teilnutzungssysteme:
  - gemeinschaftliches Nutzungssystem
  - individuelles Nutzungssystem
- Variation: *Größe* des gemeinschaftlichen Nutzungssystems
- Annahmen:
  1. Homogen verteilte Personen-Standorte
  2. Individuelles Nutzungssystem: keine Transporte
  3. Gemeinschaftliches Nutzungssystem: Transporte zwischen Zentrum Z und Personen-Standorten
  4. Wachstum am Rand $\Rightarrow$ Kreisform. *Größe* $\hat{=}$ Radius r
  5. Unterschiedliche Nutzungshäufigkeiten: $h^{\text{gem}} > h^{\text{ind}}$

Modellbeschreibung 2/3

Modellbeschreibung 2/3

- Gemeinschaftliches Nutzungssystem

Modellbeschreibung 2/3

- Gemeinschaftliches Nutzungssystem
- Service-Nachfrage: $S_D^{\text{gem}} = S_D \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \rho}{\pi \cdot R^2 \cdot \rho} = S_D \cdot \frac{r^2}{R^2} \propto r^2$

Modellbeschreibung 2/3

- Gemeinschaftliches Nutzungssystem
- Service-Nachfrage: $S_D^{\text{gem}} = S_D \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \rho}{\pi \cdot R^2 \cdot \rho} = S_D \cdot \frac{r^2}{R^2} \propto r^2$
- Durchschnittliche Transportdistanz: $d^{\text{gem}} = \frac{2}{3} \cdot r \propto r$

Modellbeschreibung 2/3

- Gemeinschaftliches Nutzungssystem
- Service-Nachfrage: $S_D^{\text{gem}} = S_D \cdot \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \rho}{\pi \cdot R^2 \cdot \rho} = S_D \cdot \frac{r^2}{R^2} \propto r^2$
- Durchschnittliche Transportdistanz: $d^{\text{gem}} = \frac{2}{3} \cdot r \propto r$
- Inputs für Transporte: $I_\Theta \propto S_D^{\text{gem}} \cdot d^{\text{gem}} \propto r^3$

Modellbeschreibung 3/3

- Inputs für Transporte: $I_{\Theta} \propto r^3$

Modellbeschreibung 3/3

- Inputs für Transporte: $I_{\ominus} \propto r^3$

- Parallele Produktanzahlen:
$$p^{\text{gem}} \approx \frac{S_D^{\text{gem}}}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} \cdot \frac{r^2}{R^2}$$
$$p^{\text{ind}} \approx \frac{S_D^{\text{ind}}}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

Modellbeschreibung 3/3

- Inputs für Transporte: $I_{\ominus} \propto r^3$

- Parallele Produktanzahlen:

$$p^{\text{gem}} \approx \frac{S_D^{\text{gem}}}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} \cdot \frac{r^2}{R^2}$$

$$p^{\text{ind}} \approx \frac{S_D^{\text{ind}}}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

- Effektive Produktanzahl:

$$P = p^{\text{gem}} \cdot q^{\text{gem}} + p^{\text{ind}} \cdot q^{\text{ind}} \propto \frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} \cdot \frac{r^2}{R^2} + \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

Modellbeschreibung 3/3

- Inputs für Transporte: $I_\Theta \propto r^3$

- Parallele Produktanzahlen:
  $p^{\text{gem}} \approx \frac{S_D^{\text{gem}}}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} \cdot \frac{r^2}{R^2}$
  $p^{\text{ind}} \approx \frac{S_D^{\text{ind}}}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$
- Effektive Produktanzahl:
  $P = p^{\text{gem}} \cdot q^{\text{gem}} + p^{\text{ind}} \cdot q^{\text{ind}} \propto \frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} \cdot \frac{r^2}{R^2} + \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$
- Produkt-Inputs:
  $I_P \propto P \propto r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}}\right) + c_1 \qquad (c_1 \ldots \text{Konstante})$

Modellbeschreibung 3/3

- Inputs für Transporte: $I_{\ominus} \propto r^3$
- Parallele Produktanzahlen:
  $p^{\text{gem}} \approx \frac{S_D^{\text{gem}}}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{gem}} \cdot T} \cdot \frac{r^2}{R^2}$
  $p^{\text{ind}} \approx \frac{S_D^{\text{ind}}}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} = \frac{S_D}{A \cdot h^{\text{ind}} \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$
- Effektive Produktanzahl:
  $P = p^{\text{gem}} \cdot q^{\text{gem}} + p^{\text{ind}} \cdot q^{\text{ind}} \propto \frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} \cdot \frac{r^2}{R^2} + \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \cdot \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$
- Produkt-Inputs:
  $I_P \propto P \propto r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}}\right) + c_1$ $\quad$ ($c_1 \ldots$ Konstante)

Modell: Nutzungsintensivierung und zusätzliche Transporte

$$\text{MIPS}(r) = \frac{I_P + I_{\ominus} + I_{\text{fix}}^{h,d}}{S_D} = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}}\right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$$

Modellanalyse 1

- $\text{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$

Modellanalyse 1

- $\mathrm{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}}\right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$

Modellanalyse 1

- $\mathrm{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

Modellanalyse 1

- $\mathrm{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} < 0$ bzw. $q^{\mathrm{gem}} \cdot h^{\mathrm{ind}} < q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{gem}}$

Modellanalyse 1

- $\text{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$
- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$

Modellanalyse 1

- $\mathrm{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}}\right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\mathrm{gem}} \cdot h^{\mathrm{ind}} < q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{gem}}$
- Fall 1: $h^{\mathrm{ind}} < h^{\mathrm{gem}} < h^*$

  $q^{\mathrm{gem}} = q^{\mathrm{ind}} = \frac{T}{t_{\max}} \Rightarrow q^{\mathrm{gem}} \cdot h^{\mathrm{ind}} = q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{ind}} < q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{gem}}$ ✓

Modellanalyse 1

- $\text{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\text{max}}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\text{max}}}{t_{\text{max}}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\text{max}}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$
- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$

  $q^{\text{gem}} = q^{\text{ind}} = \frac{T}{t_{\text{max}}} \Rightarrow q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} = q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$

Modellanalyse 1

- $\text{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$
- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$

  $q^{\text{gem}} = q^{\text{ind}} = \frac{T}{t_{\max}} \Rightarrow q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} = q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} = \frac{T \cdot h^{\text{gem}}}{n_{\max} \cdot h^{\text{gem}}} - \frac{T \cdot h^{\text{ind}}}{n_{\max} \cdot h^{\text{ind}}} = 0$ ✗

Modellanalyse 1

- $\text{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$
- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$

  $q^{\text{gem}} = q^{\text{ind}} = \frac{T}{t_{\max}} \Rightarrow q^{\text{gem}} \cdot h^{\text{ind}} = q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{ind}} < q^{\text{ind}} \cdot h^{\text{gem}}$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$

  $\frac{q^{\text{gem}}}{h^{\text{gem}}} - \frac{q^{\text{ind}}}{h^{\text{ind}}} = \frac{T \cdot h^{\text{gem}}}{n_{\max} \cdot h^{\text{gem}}} - \frac{T \cdot h^{\text{ind}}}{n_{\max} \cdot h^{\text{ind}}} = 0$ ✗
- Fall 3: $h^{\text{ind}} < h^* \leq h^{\text{gem}}$

Modellanalyse 1

- $\mathrm{MIPS}(r) = c_2 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} \right) + c_3 \cdot r^3 + c_4$
- $q = \frac{T}{t} = \begin{cases} \frac{T}{t_{\max}} & \text{falls } h < h^* := \frac{n_{\max}}{t_{\max}} \\ \frac{T \cdot h}{n_{\max}} & \text{sonst} \end{cases}$
- Optimale Größe? Minimum existiert genau dann, wenn ...

  $\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} < 0 \quad \text{bzw.} \quad q^{\mathrm{gem}} \cdot h^{\mathrm{ind}} < q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{gem}}$
- Fall 1: $h^{\mathrm{ind}} < h^{\mathrm{gem}} < h^*$

  $q^{\mathrm{gem}} = q^{\mathrm{ind}} = \frac{T}{t_{\max}} \Rightarrow q^{\mathrm{gem}} \cdot h^{\mathrm{ind}} = q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{ind}} < q^{\mathrm{ind}} \cdot h^{\mathrm{gem}}$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\mathrm{ind}} < h^{\mathrm{gem}}$

  $\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} = \frac{T \cdot h^{\mathrm{gem}}}{n_{\max} \cdot h^{\mathrm{gem}}} - \frac{T \cdot h^{\mathrm{ind}}}{n_{\max} \cdot h^{\mathrm{ind}}} = 0$ ✗
- Fall 3: $h^{\mathrm{ind}} < h^* \leq h^{\mathrm{gem}}$

  $\frac{q^{\mathrm{gem}}}{h^{\mathrm{gem}}} - \frac{q^{\mathrm{ind}}}{h^{\mathrm{ind}}} = \frac{T \cdot h^{\mathrm{gem}}}{n_{\max} \cdot h^{\mathrm{gem}}} - \frac{T}{t_{\max} \cdot h^{\mathrm{ind}}} < \frac{T}{n_{\max}} - \frac{T}{t_{\max} \cdot h^*} = 0$ ✓

Ergebnisse

- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^{*}$ ✓
- Fall 2: $h^{*} \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$ ✗
- Fall 3: $h^{\text{ind}} < h^{*} \leq h^{\text{gem}}$ ✓

Ergebnisse

- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$ ✗
- Fall 3: $h^{\text{ind}} < h^* \leq h^{\text{gem}}$ ✓

Ergebnisse

1. $\Rightarrow$ Optimum r_{opt} existiert genau dann, wenn $h^{\text{ind}} < h^*$

Ergebnisse

- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$ ✗
- Fall 3: $h^{\text{ind}} < h^* \leq h^{\text{gem}}$ ✓

Ergebnisse

1. $\Rightarrow$ Optimum r_{opt} existiert genau dann, wenn $h^{\text{ind}} < h^*$
2. Erreichen des Ausgangsniveaus bei $r = \hat{r} := \frac{3}{2} \cdot r_{\text{opt}}$

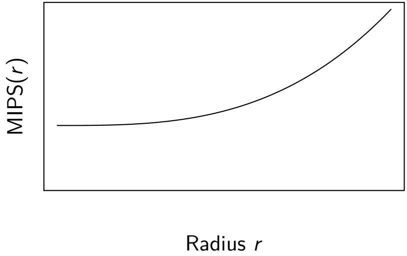
Ergebnisse

- Fall 1: $h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}} < h^*$ ✓
- Fall 2: $h^* \leq h^{\text{ind}} < h^{\text{gem}}$ ✗
- Fall 3: $h^{\text{ind}} < h^* \leq h^{\text{gem}}$ ✓

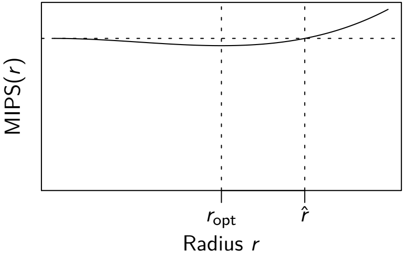
Ergebnisse

1. $\Rightarrow$ Optimum r_{opt} existiert genau dann, wenn $h^{\text{ind}} < h^*$
2. Erreichen des Ausgangsniveaus bei $r = \hat{r} := \frac{3}{2} \cdot r_{\text{opt}}$

Fall 2



Fall 3



Abschnitt 3

Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassung

Zusammenfassung

Fragestellung:

- Unter welchen Umständen kann der Umweltverbrauch eines Produktes durch gemeinschaftliche Nutzung gegenüber der individuellen Nutzung gesenkt werden?

Zusammenfassung

Fragestellung:

- Unter welchen Umständen kann der Umweltverbrauch eines Produktes durch gemeinschaftliche Nutzung gegenüber der individuellen Nutzung gesenkt werden?

Antwort

Nutzungsintensivierung:

- Individuelle Nutzung: Produkt wird *vor* technischem Lebensende entsorgt

Zusammenfassung

Fragestellung:

- Unter welchen Umständen kann der Umweltverbrauch eines Produktes durch gemeinschaftliche Nutzung gegenüber der individuellen Nutzung gesenkt werden?

Antwort

Nutzungsintensivierung:

- Individuelle Nutzung: Produkt wird *vor* technischem Lebensende entsorgt

\+ **Zusätzliche Transporte:**

- Maximale Größe des Einzugsgebiets

Reflexion

Reflexion

Modellierung:

- Zweck: Systemverständnis, Ableitung allgemeiner Aussagen, Theorie-Entwicklung.
- Aber: Besonderheiten bestimmter Produkte oder Organisationsformen unberücksichtigt.

Reflexion

Modellierung:

- Zweck: Systemverständnis, Ableitung allgemeiner Aussagen, Theorie-Entwicklung.
- Aber: Besonderheiten bestimmter Produkte oder Organisationsformen unberücksichtigt.

Reduktionismus:

- Nur ausgewählte Effekte betrachtet.
- Nur eine Kopplung untersucht.
- Wäre die Kopplung aller Effekte sinnvoll?

Reflexion

Modellierung:

- Zweck: Systemverständnis, Ableitung allgemeiner Aussagen, Theorie-Entwicklung.
- Aber: Besonderheiten bestimmter Produkte oder Organisationsformen unberücksichtigt.

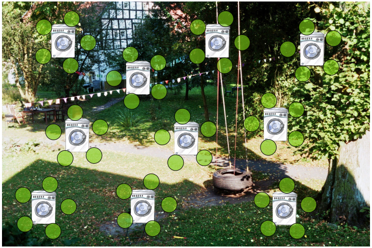
Reduktionismus:

- Nur ausgewählte Effekte betrachtet.
- Nur eine Kopplung untersucht.
- Wäre die Kopplung aller Effekte sinnvoll?

Unsichere Annahmen:

- Existenz von Nutzungsvorrat und Maximalnutzungsdauer
- Homogenität von Produkten und Personen

Verringerter Umweltverbrauch auf dem Luhrmannhof?



- In einer Studie vom IÖW (2000)[1] IOEW: (S.57) geben für einen durchschnittlichen Haushalt an, „[. . .] dass von einer weitestgehend vollständigen Ausnutzung des Leistungspotential von Hauhaltswaschmaschinen auszugehen ist.“

  ⇒ Kein ökologischer Gewinn! (durch Nutzungsintensivierung)

- Evtl. jedoch nicht berücksichtigte Effekte auf.

[1] Scholl 2009.