

Konsequenzen eines integralen Energie- und Stoffstrommodells für einen nachhaltigen Städtebau

Michael Prytula

TU Berlin, FG Gebäudetechnik und Entwerfen

Tel.: 030 314 25 396

Email: Michael.Prytula@TU-Berlin.de

Vorindustrielle Städte hatten eine starke Wechselbeziehung zum Umland. In symbiotischer Beziehung bezogen Städte ihre Subsistenzgüter aus der sie umgebenden Landschaft und führten mit ihren Abfallprodukten wichtige Nährstoffe in den Produktionsprozess zurück. Die Industrialisierung führte mit der Produktion künstlicher Dünger und der Bereitstellung fossiler Energien für Transportprozesse zu einer Unterbrechung der Stoffkreisläufe und ermöglichte eine weit gehende Entkopplung der funktionalen Stadt-Land-Beziehungen.

Die Funktionsfähigkeit des Energie-, Stoff- und Wasserhaushalts industrialisierter urbaner Systeme ist abhängig von der kontinuierlichen Versorgung mit fossilen Energieträgern. Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Frage, wie sich ressourcen- und energieintensive städtische Agglomerationen versorgen lassen, wenn eine fossile Energiewirtschaft nicht mehr möglich ist. Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines integralen Energie- und Stoffstrommodells, mit dem die wesentlichen Prozesse der Ressourcennutzung abgebildet und Aussagen hinsichtlich einer nachhaltigen Nutzung abgeleitet werden können.

Die Grundlage für das Modell zukunftsfähiger Städte muss aus richtungssicheren Annahmen bestehen. Die Natur kann als ein nachhaltiges, sich selbst optimierendes System betrachtet werden, aus dessen Funktionsweise sich Kriterien für zukunftsfähige Städte abgeleiten lassen. Grundlage dieser Arbeit bildet ein thermodynamisches Ökosystemmodell, das Energie-Transport-Reaktions-Modell. Es wurde von Prof. W. Ripl und seinen Mitarbeitern an der TU Berlin / Fachgebiet für Limnologie entwickelt und ist ein Erklärungsmodell für die Nachhaltigkeit und Effektivität natürlicher Systeme, die anhand der Beziehungen zwischen Energieverteilung, Wassertransport und Kreis- bzw. Verlustprozessen in der Landschaft erklärt werden.

Ergänzend zum ETR-Modell sind weiterhin die Methoden der Ökobilanzierung, des Stoffstrommanagements, Analysen zum regionalen Stoffhaushalt sowie des gesellschaftlichen Stoffwechsels von Bedeutung. Energie- und Stoffstromanalysen haben gezeigt, dass der weitaus größte Teil des hohen Energie- und Materialbedarfes in Industrieländern der Deckung der elementaren Grundbedürfnisse dient. Eine besondere Rolle spielen die infrastrukturellen Versorgungssysteme, die an der Schnittstelle von Gesellschaft und Natur dazu dienen, Ressourcen zu gewinnen, bzw. Emissionen an die Natur zurück zu geben.

Die Arbeit soll aufzeigen, ob der Übergang zu einer regenerativen Energieversorgung mit dezentraleren Infrastrukturen verbunden sein wird, ob eine nachhaltige Bodennutzung wieder zu einer engmaschigeren Verflechtung von Stoffwechselfvorgängen zwischen Stadt und Land führen kann, wie die Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungs-, Futter- und Energiepflanzenproduktion durch eine Optimierung der Systemkopplungen von Energieversorgung, Wasser- und Stoffkreisläufen zu lösen ist und wie der Wirkungsgrad des Systems Stadt-Land insgesamt gesteigert werden kann.

Die Realisierung zukunftsfähiger Stadtstrukturen durch eine integrative Flächenbewirtschaftung wird die Anwendung angepasster Technologien sowie die Anpassung politischer, ökonomischer und rechtlicher Rahmenbedingungen erforderlich machen.

Konsequenzen eines Integralen Energie- und Stoffstrommodells für eine nachhaltige Stadtentwicklung

Dipl.-Ing. Michael Prytula

TU Berlin Fachgebiet Gebäudetechnik und Entwerfen
Prof. Claus Steffan

Vortrag 15.06.2005

1. Ökobilanzwerkstatt des Netzwerkes Lebenszyklusdaten in Bad Urach

1. Fragestellung
2. Definitionen
3. Methodik
4. Gesamtmodell
5. Arbeitsthesen
6. Beispiel: Dezentrale Infrastrukturen

Wie können urbane Systeme nachhaltig mit Energie und Stoffen versorgt werden?

- hohe Abhängigkeit industrialisierter urbaner Systeme von fossilen Energieträgern
 - Gebäudewärme und Klimatisierung
 - Produktionsprozesse
 - Verkehr / Transportprozesse
- Degradierung von ökologischen Systemen und agrarisch genutzten Flächen
 - Nahrungsmittel
 - Subsistenzgüter
- gestörter Stoffwechsel von Gesellschaft und Naturhaushalt



urbane Systeme

“Das urbane System ist ein aus geogenen (erdgeschichtlich entstandenen) und anthropogenen (kulturell gestalteten) Subsystemen zusammengesetztes Gross-System auf einer Fläche, die Hunderte bis Zehntausende von Quadratkilometern umfasst, und einer Dichte von Hunderten von Einwohnern pro Quadratkilometer.

Es ist ein flächendeckendes dreidimensionales Netzwerk von vielfältigen sozialen und physiologischen Verknüpfungen.

In den Knoten dieses Netzwerks bestehen relativ hohe Dichten von Menschen, Gütern und Informationen.

Zwischen diesen Knoten unterschiedlicher Dichten finden hohe Flüsse von Personen, Gütern und Informationen statt.

Die kolonialiserten Ökosysteme der Land- und Forstwirtschaft und die Gewässer sind integrierte Teile dieses Systems.”

Baccini / Oswald: 2003, S. 46



Nachhaltigkeit

Nachhaltig ist eine Entwicklung, „die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Report), 1987
<http://nachhaltigkeit.aachener-stiftung.de/1000/Veranlassung.htm>

- Drei Säulen-Modell: ökologisch - ökonomisch - sozial
- zeitliche Dimension: aufrechterhalten (engl. *sustain*), dauerhaft (fr. *durable*)
- soziale Dimension: inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit
- ökonomische Dimension: starke oder schwache Nachhaltigkeit?
- ökologische Dimension: Erhaltung lebenssichernder Systeme
- operationale Dimension: Abbildung durch messbare Indikatoren

Gesellschaftlicher Stoffwechsel

(Fischer-Kowalski et al.: 1997 / Bringezu: 2004)

Ökologischer Fußabdruck

(Wackernagel / Rees: 1997)

Energie - Transport - Reaktions - Modell

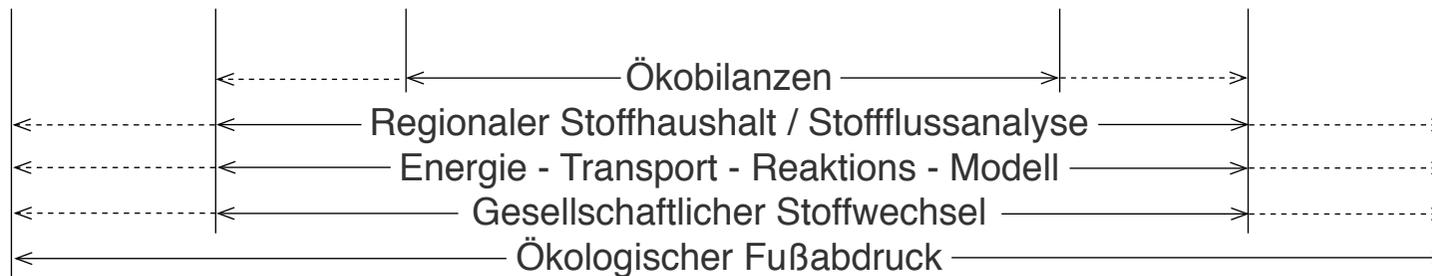
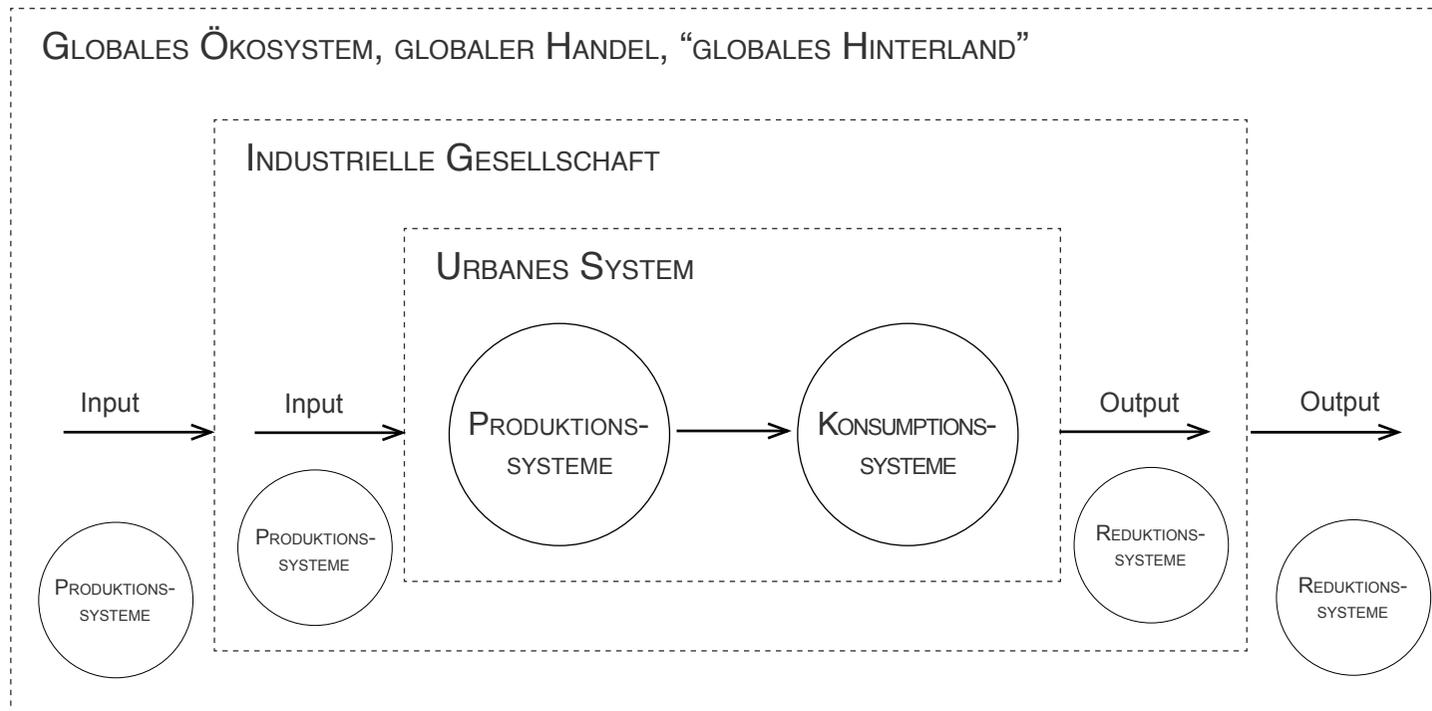
(Ripl / Wolter: 2002)

Regionaler Stoffhaushalt / Stoffflussanalyse

(Baccini / Bader: 1996)

Ökobilanzen

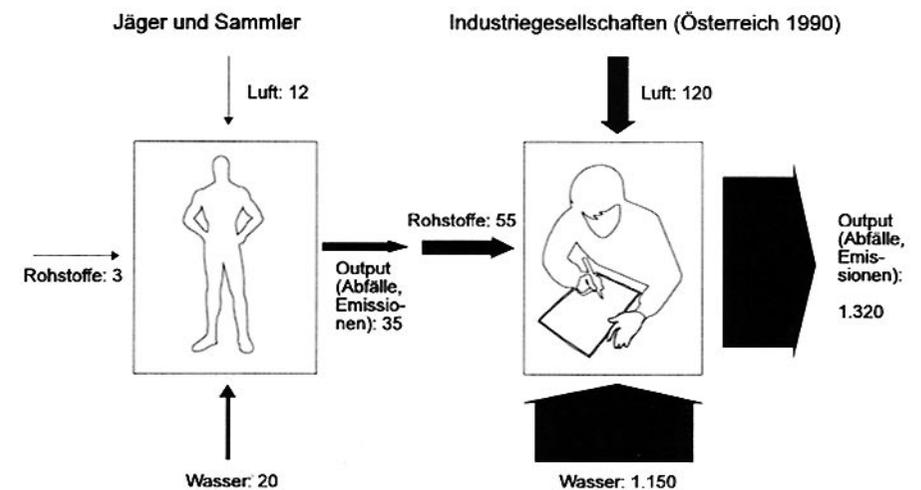
(Frischknecht: 2004)



Gesellschaftlicher Stoffwechsel

(Fischer-Kowalski et al.: 1997 / Bringezu: 2004)

- basaler u. gesellschaftlicher Stoffwechsel
- Kolonisierung natürlicher Systeme
- technische Infrastrukturen
- Verkehr / Transportsysteme
- Gesellschaft - Natur - Verhältnis
- Energie - Stoffwechsel
- Wasser - Stoffwechsel
- Material - Stoffwechsel



Stoffwechsel einer Industriegesellschaft verglichen mit Jäger- und Sammlergesellschaften (in Kilogramm pro Kopf und Tag)

Quelle: Fischer-Kowalski, Martina et al. (1997):
Gesellschaftlicher Stoffwechsel

Energie - Transport - Reaktions - Modell (Ripl / Wolter: 2002)

- richtungssichere Annahmen zur Ausbildung von Stadt - Land - Beziehungen
- Ökosystemares Modell
- Energieverteilung / Wassertransport / Kreis- bzw. Verlustprozesse in der Landschaft
- Indikator 1: Chemischer Wirkungsgrad / stoffliche Kreislaufprozesse
- Indikator 2: Thermischer Wirkungsgrad / Kühlstrukturen
- Zelluläre Strukturen / Vergesellschaftung

Stoffflussanalyse (Baccini / Bader: Regionaler Stoffhaushalt, 1996)

„Die Methode zur Erfassung, Beschreibung und Interpretation von Stoffwechselprozessen wird mit dem Begriff Stoffflussanalyse bezeichnet.

Dabei handelt es sich um ein naturwissenschaftliches Verfahren, um für einen definierten Raum in einer bestimmten Zeitperiode (Systemgrenzen) den Stoffumsatz zu quantifizieren.

Er lässt sich in gleicher Weise für den Energieumsatz anwenden.“

1. Auswahl des Systems (Konzeptueller Schritt)

Systembeschreibung durch Güter, Prozesse und ein- oder mehrere Stoffe
Für das System gelten die physikalischen Gesetze der Massen- und Energieerhaltung

2. Messung

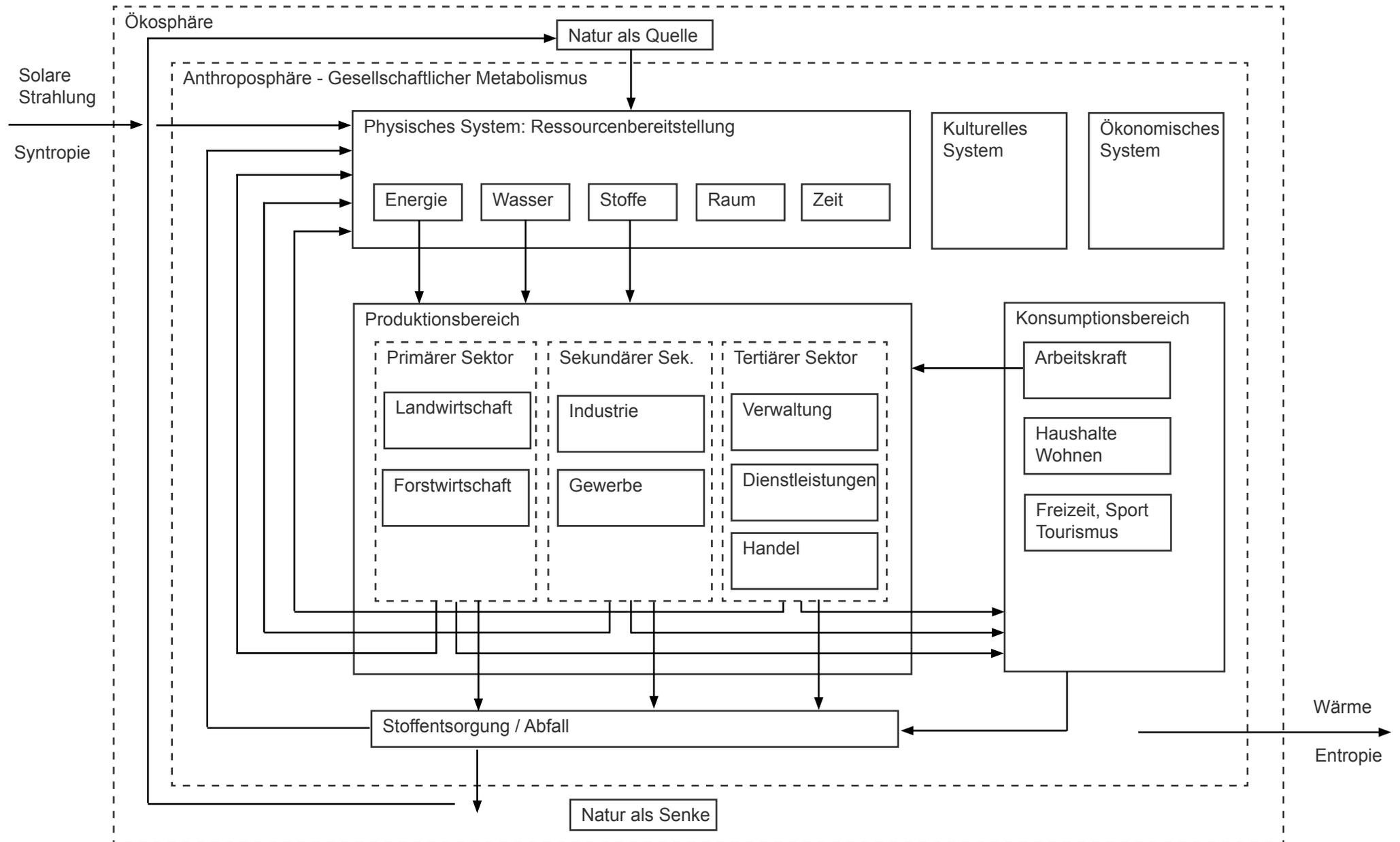
Datenerfassung der Güterflüsse und Stoffkonzentrationen (bzw. Energiegehalte) der Güter

3. Berechnung der Stoffflüsse

arithmetische Berechnungen mit Hilfe von EDV / Software

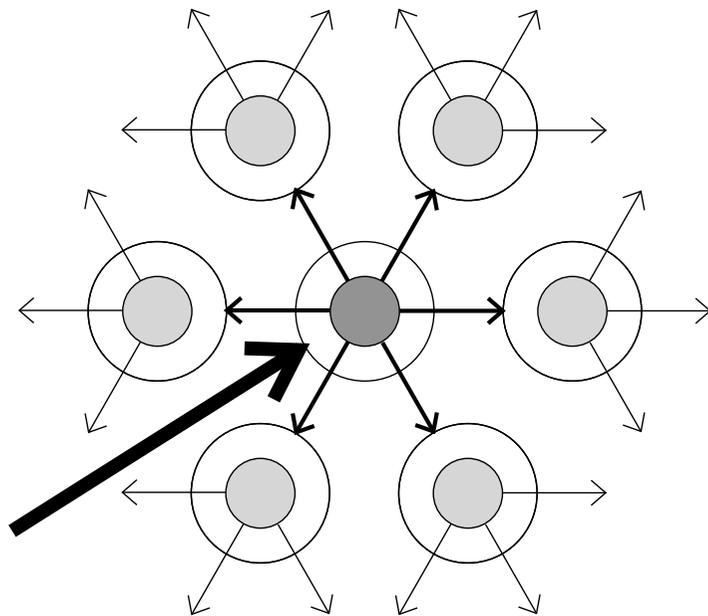
4. Interpretation der Resultate

Identifiziert werden die wichtigen Quellen und Senken eines Stoffes, die für den Stoffumsatz relevanten Prozesse und die sich daraus ergebenden theoretischen Möglichkeiten zur Steuerung durch Veränderung der Güter, der verfahrenstechnischen Prozesse oder Stoffkonzentrationen.

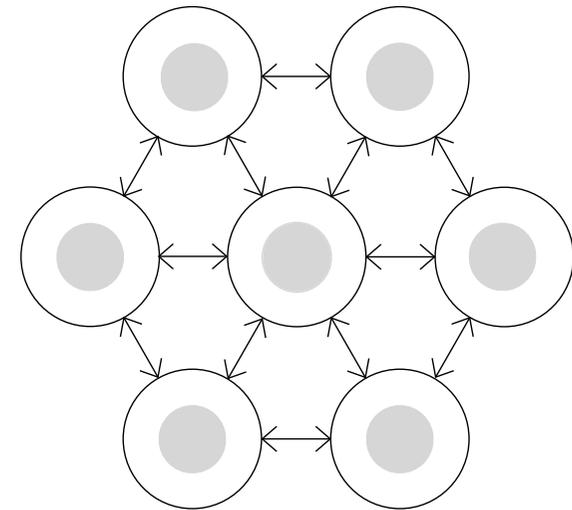


Arbeitsthesen:

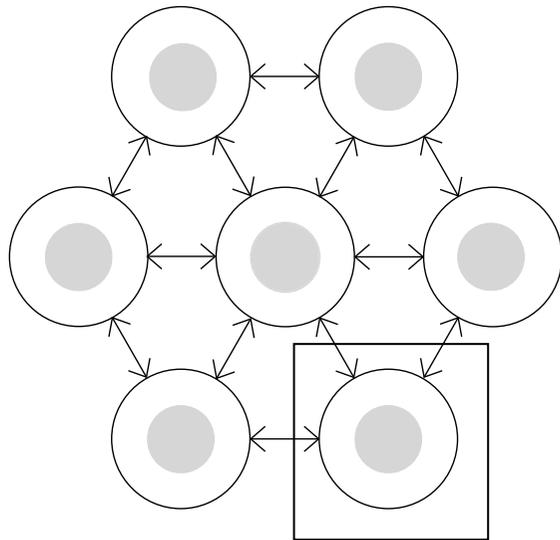
- (1) Reduktion des Ressourcenverbrauchs und regenerative Energiewirtschaft
- (2) Kreislaufwirtschaft: natürliche und technische Reduktionssysteme
- (3) Dezentralisierung von Infrastrukturen
- (4) Integrative Landwirtschaft und Regionalität
- (5) Wirkungsgradsteigerung des Stadt-Land-Systems durch Systemkopplungen
- (6) Anpassung politischer, ökonomischer und rechtlicher Rahmenbedingungen



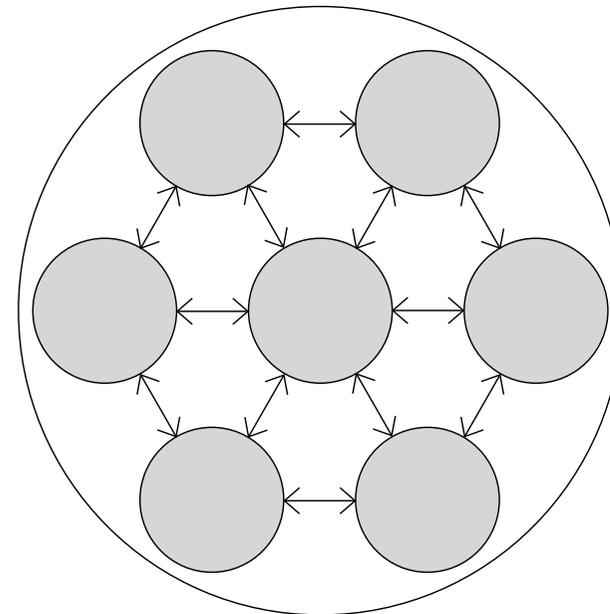
zentrale Ver- und Entsorgungsstrukturen



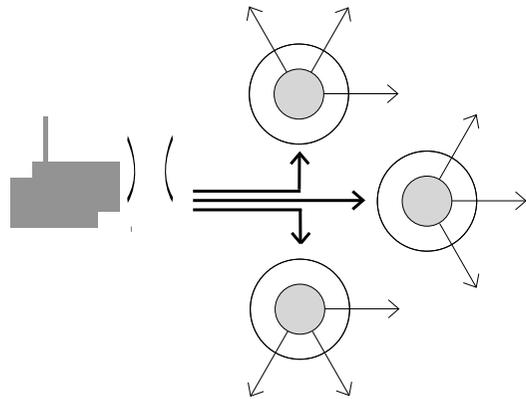
dezentrale Ver- und Entsorgungsstrukturen



dezentrale Ver- und Entsorgungsstruktur

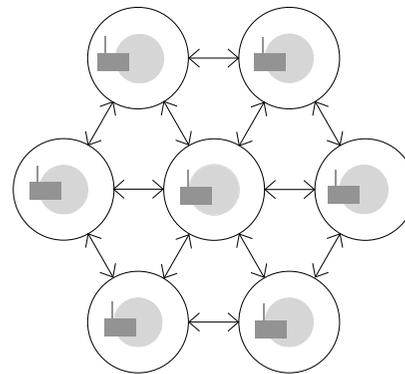


Modul einer dezentralen Ver- und Entsorgungsstruktur



zentrale Versorgungsstruktur

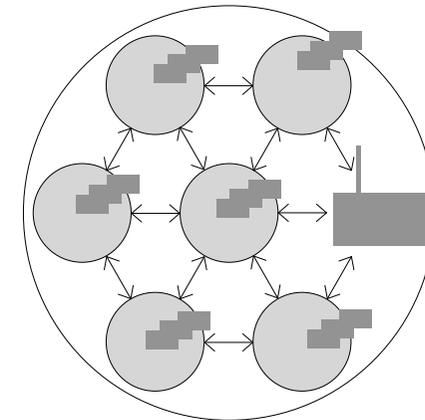
Heutiger Zustand



dezentrale Versorgungsstruktur

Ersatz zentraler Kraftwerkskapazität durch dezentrale BHKW mit KWK mit höherem Gesamtwirkungsgrad
Energieträger: Erdgas

Transformationsphase



Modul einer dezentralen Versorgungsstruktur

Substitution der fossilen Energieträger durch Biomasse / CO₂-neutral mit Ergänzung thermisch-solarer Energieerzeugung

Voraussetzungen:

- Reduktion des Wärmebedarfs
- hoher Anlagenwirkungsgrad
- städtebauliche Implementierung

Zukünftiger Zustand