

OECONOMIA NOVA stoffstrom v0.1

Vertiefung von Skelett-Modul II.3

Thomas Schüller  Syntagma Forschung  Wien

2026-06-03

OECONOMIA NOVA — Sub-Werk: Stoffstrom-Bilanz v0.1

FORSCH-0141 · Schwelle A · Vertieft Skelett-Modul II.3 Thomas Schüller · Syntagma Forschung · Wien, unabhängig Stand: 3. Juni 2026 · CC-BY-4.0 · Versionsschluss v0.1

0. Werk-Eröffnung

Dieses Sub-Werk vertieft **Modul II.3** des OECONOMIA-NOVA-Skeletts (FORSCH-0132): die Diagnose Mensch-Tier-Umwelt-Energie-Wasser-CO₂-O₂ als gekoppeltes Stoffstrom-Bilanz-System. Wo BIP-Logik (Modul III.1) nur Markt-Werte erfasst, erfasst Stoffstrom-Analyse die **physische Wirtschaftslogik** — Tonnen Material, Joule Energie, Kubikmeter Wasser, Tonnen CO₂.

Bundle-Position: Sub-Werk zu Modul II.3, Companion zu FORSCH-0126 (§3.1 Doughnut, §3.4 Planetary Boundaries), 0137 (Tier-Stoffstrom), 0138 (KI-Energie-Wasser), 0140 (Reform-Anker).

Werk-These: Volkswirtschaftliche Analyse, die nur Geldströme misst, ist methodisch unzureichend. Eine kohärente Diagnose verlangt **vier parallele Bilanzen:** monetär (Modul III.1), Stoffstrom (Modul II.3, dieses Werk), Carbon-O₂-Cycle, sozial (Modul IV.1 Stimmlosen-Indikatoren). Die empirische Lage 2024 ist: 6 von 9 Planetary Boundaries überschritten, globaler EROI fossiler Energien sinkt, Wasser-Stress in 17 Ländern (WRI-Daten), Stoffwechsel-Rift (Marx → Foster) auf historischem Hoch.

1. Methodik

1.1 Theoretische Anker

- **Karl William Kapp (1950):** *The Social Costs of Private Enterprise*. — physische Externalitäten als Kern.
- **Nicholas Georgescu-Roegen (1971):** *The Entropy Law and the Economic Process*. — Thermodynamik in VWL.
- **Herman Daly (1977/1996):** *Steady-State Economics*. — physisches Wachstums-Limit.

- **John Bellamy Foster (1999):** “Marx’s Theory of Metabolic Rift”. *American Journal of Sociology* 105(2). — Marx-Anker.
- **Marina Fischer-Kowalski & Helmut Haberl (2007):** *Socioecological Transitions and Global Change*. — Material Flow Accounting (MFA).
- **Heinz Schandl & Fridolin Krausmann** (Universität Klagenfurt / IFF Wien) — MFA-Schule (Bestandscheck §8 v0.4-Lücke).
- **Charles A. S. Hall (2017):** *Energy Return on Investment*. Springer. — EROI-Konzept.
- **Will Steffen et al. (2015):** “Planetary boundaries”. *Science* 347:1259855.
- **Katherine Richardson et al. (2023):** “Earth beyond six of nine planetary boundaries”. *Science Advances* 9:eadh2458.

1.2 Vier parallele Bilanzen

Bilanz	Einheit	Quelle
Monetär	EUR, USD	BIP, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
Stoffstrom (MFA)	Tonnen, Tg	Material Flow Accounting (Eurostat MFA)
Carbon-O₂-Cycle	t CO ₂ -Äq, ppm	IPCC, NOAA Mauna Loa
Sozial-physisch	DALYs, HDI-Indikatoren	WHO, UNDP

Die vier müssen **synoptisch** gelesen werden — BIP-Wachstum kann mit Stoffstrom-Schrumpfung einhergehen (decoupling-These) oder nicht (empirische Realität: relative Entkopplung, keine absolute).

2. Planetary Boundaries — 6 von 9 überschritten (Stand 2024)

Stockholm Resilience Centre, Update Richardson et al. 2023 *Science Advances*:

#	Grenze	Status
1	Klima-Wandel (CO ₂)	überschritten — 422 ppm 2024 (vorindustriell 280 ppm)
2	Biosphären-Integrität (Biodiversitäts-Verlust)	überschritten — Aussterbe-Rate Faktor 100–1000 über natürlicher Rate
3	Land-Nutzungs-Wandel	überschritten — Wald-Bedeckung deutlich unter Schwellenwert
4	Süßwasser-Wandel (blue + green water)	überschritten — 2023 erstmals als überschritten bestätigt
5	Biogeochemische Flüsse (Stickstoff, Phosphor)	überschritten — Düngemittel-Eintrag weit

#	Grenze	Status
		über Grenze
6	Neue Substanzen (Plastik, synthetische Stoffe, Pestizide)	überschritten — 2022 erstmals bestätigt
7	Atmosphärische Aerosole	in der sicheren Zone (regional teilweise überschritten)
8	Ozean-Versauerung	nähert sich der Grenze
9	Ozon-Schicht	sicher (Montreal-Protokoll-Erfolg, vgl. FORSCH-0135 §2.4)

Methodische Pointe: das Planetary-Boundaries-Konzept (Rockström 2009, Steffen 2015, Richardson 2023) ist nicht “Klima-Alarm” — es ist eine systematische Bilanz neun erdsystemischer Schwellen. Die Empirie 2024 sagt: zwei Drittel überschritten.

3. Stoffstrom-Bilanz (Material Flow Accounting)

3.1 Globale Größenordnungen (Stand 2024, IRP/UNEP)

- **Globale Material-Extraktion:** ca. 100 Mrd. Tonnen/Jahr (1970: ~27 Mrd. → Faktor ~3,7×).
- **Pro-Kopf-Material-Verbrauch (DMC):** Global ~12 t/Jahr; EU ~14 t/Jahr; USA ~22 t/Jahr; Afrika ~3 t/Jahr.
- **Sustainable Material Footprint** (Bringezu et al. 2015): ~6–8 t/Person/Jahr.
- **Aufteilung:** ~50% Bau-Mineralien, ~20% fossile Energie, ~20% Biomasse, ~10% Erze.

Methodische Lehre: Industrieländer sind weit über dem nachhaltigen Material-Pro-Kopf. Konvergenz wäre möglich — aber Reduktion oben, Wachstum unten.

3.2 Stoffwechsel-Rift (Foster nach Marx)

Marx (Kapital Bd. III) beobachtete: industrielle Landwirtschaft *unterbricht* den natürlichen Stoffwechsel zwischen Boden und Mensch. Nährstoffe (NPK) werden vom Land in die Städte transportiert, fließen *nicht* zurück (statt Klärschlamm-Rückführung Müllverbrennung). Der Boden verarmt.

John Bellamy Foster (1999, 2000) hat das Konzept aktualisiert: heute ist die “Metabolic Rift” ein Hauptbegriff der Ökologischen Marxschen Ökonomik.

Empirische Aktualisierung: - Stickstoff-Eintrag global: ~150% über planetarischer Grenze. - Phosphor-Eintrag: ~200% über Grenze (Eutrophierung, Algenblüten). - Klärschlamm-Rückführung in DACH: <10% (Rest in Verbrennung wegen Schwermetall-/Pharma-Belastung).

Konsequenz: das Marx'sche Konzept der Stoffwechsel-Rift ist nicht historische Theorie, sondern *aktuelle Diagnose*.

4. Energie-Bilanz (EROI)

4.1 EROI-Konzept (Charles Hall)

Energy Return on (Energy) Invested. EROI = nutzbare Energie / aufgewendete Energie.

Werte historisch:

Quelle	EROI
Konventionelles Öl (1930er)	~100:1
Konventionelles Öl heute	~20:1
Tar Sands / Ölschiefer	~3-5:1
Konventionelles Gas	~20:1
Kohle (Tagebau)	~30:1
Solar PV (heute)	~10-15:1
Wind onshore (heute)	~20-25:1
Wind offshore (heute)	~15-20:1
Wasserkraft (groß)	~50-100:1
Atomkraft (mit Brennstoff-Aufbereitung)	~10-15:1
Mais-Ethanol	~1,3:1 (Energie-Verlust nahe)

Methodische Pointe: fossile Energien haben deutlich an EROI verloren. Erneuerbare nähern sich oder übertreffen mittlerweile EROI fossiler Quellen — bei Wind sogar deutlich.

4.2 Mindest-EROI für komplexe Gesellschaft

Charles Hall: für eine industrielle Volkswirtschaft mit Bildung, Gesundheit, Kunst etc. ist EROI ~10:1 minimum. Darunter erodiert das gesellschaftliche Niveau.

Konsequenz für Energie-Wende: Wind onshore und PV sind heute hinreichend EROI-stark, um eine moderne Gesellschaft zu tragen — aber nur mit Speicher-Infrastruktur (EROI sinkt mit Speicher).

5. Wasser-Bilanz

5.1 Wasser-Fußabdruck (Hoekstra/Mekonnen)

Drei Wasser-Typen: - **Blue water:** Oberflächen + Grundwasser - **Green water:** Bodenfeuchtigkeit - **Grey water:** Verschmutzung-Verdünnungs-Wasser

Pro-Kopf-Wasser-Fußabdruck: Global $\sim 1.385 \text{ m}^3/\text{Jahr}$; USA $\sim 2.840 \text{ m}^3$; DACH $\sim 1.500 \text{ m}^3$; Indien $\sim 1.090 \text{ m}^3$.

Sektoren: Landwirtschaft $\sim 70\%$, Industrie $\sim 20\%$, Haushalt $\sim 10\%$.

5.2 Wasser-Stress (WRI Aqueduct)

- 17 Länder mit “extrem hoher Wasser-Stress” (WRI 2023): u.a. Katar, Israel, Libanon, Iran, Saudi-Arabien, Indien.
- $\sim 25\%$ der Welt-Bevölkerung in Ländern mit “hohem Wasser-Stress”.
- Klimawandel verschärft die Situation in vielen Regionen.

5.3 Anschluss zu KI-Infrastruktur (FORSCH-0138)

KI-Datacenter brauchen Wasser zur Kühlung. Standortwahl oft in wasserarmen Regionen (Arizona, Texas, Spanien, Singapur) — verstärkt regionale Stress-Situation.

6. Carbon-O₂-Cycle

6.1 Globale CO₂-Bilanz

- **Globale Emissionen 2024:** $\sim 37 \text{ Gt CO}_2$ (Energie + Industrie) + $\sim 5 \text{ Gt CO}_2$ (Land-Nutzung) = $\sim 42 \text{ Gt CO}_2$ -Äquivalent.
- **Atmosphärische Konzentration:** 422 ppm 2024 (Mauna Loa).
- **Globales Carbon Budget für 1,5°C:** ca. 250 Gt CO₂ verbleibend ab 2024 (IPCC AR6 WG1, p₅₀).
- Bei aktuellem Emissions-Niveau: Budget aufgebraucht ~ 2030 .

6.2 Senken-Bilanz

- Ozeane: $\sim 25\%$ der menschlichen Emissionen absorbiert.
- Biosphäre (Wälder + Böden): $\sim 25\%$.
- $\sim 50\%$ bleiben in der Atmosphäre.

Tipping Risk (Armstrong McKay et al. 2022, Science): ab 1,5°C beginnen Tipp-Elemente (Grönland-Eis, Amazonas-Dieback, AMOC, Permafrost).

6.3 O₂-Cycle-Erinnerung

O₂ ist nicht knapp (atmosphärischer Anteil $\sim 21\%$), aber die marine O₂-Verteilung verschlechtert sich: “Dead Zones” wachsen (Ostsee, Golf von Mexiko). Marine Hypoxie ist eine wachsende ökologische Krise (Diaz & Rosenberg 2008, Science).

7. Decoupling-Frage — die zentrale ökonomische Spannung

Frage: Kann BIP-Wachstum von Stoffstrom-Wachstum *absolut* entkoppelt werden?

Empirische Lage (Hickel & Kallis 2020 *New Political Economy*; Parrique et al. 2019 *European Environmental Bureau*):

- **Relative Entkopplung** (BIP wächst schneller als Material-Verbrauch) — *empirisch nachweisbar*.
- **Absolute Entkopplung** (BIP wächst, Material sinkt) — *empirisch nicht für globale Volkswirtschaft, regional in wenigen Sektoren* (UK, einige EU-Staaten — aber teils durch Offshoring der Material-Intensität).
- **Decoupling im IPCC-1.5°C-Tempo nötig:** Material- und Energie-Intensität müssten ~5–7% pro Jahr sinken — historisch nie erreicht.

Methodische Pointe: die “grünes Wachstum”-These ist *nicht* empirisch widerlegt, aber sie ist im nötigen Tempo *empirisch nicht belegt*. Daher sind Degrowth-Positionen (Hickel, Kallis, Jackson) methodisch ernst zu nehmen.

8. Anschluss zum Hauptwerk

Modul	Anschluss
II.2 Planetary Boundaries	§2 dieses Werks
II.3 Mensch-Tier-Umwelt	dieses Werk vertieft
II.4 Wachstums-Illusion	§7 Decoupling-Empirie
III.1 BIP	dieses Werk zeigt: BIP ist nur eine von vier nötigen Bilanzen
III.6 Tier	§3.2 Metabolic Rift (Massentierhaltung als Stoffwechsel-Bruch)
V Regel-Instrumente	Pigou-Steuern auf Material + Energie + Wasser + Carbon konsistent
VI.1 Doughnut	dieses Werk ist die analytische Basis von Doughnut
VI.4 C2C	Stoffkreislauf-Schließung als Reform-Hebel
VII Wandlung	Decoupling-Frage ist Werk-Kern

9. ETHOSLAB-Bedingungs-Tableau (kompakt)

- **B1:** WENN 6 von 9 Planetary Boundaries überschritten → Bilanz-Diagnose vor Reform-Empfehlung
- **B2:** WENN Metabolic Rift empirisch aktuell → Stoffkreislauf-Schließung als Reform-Priorität
- **B3:** WENN EROI fossil sinkt, EROI erneuerbar steigt → Energie-Wende methodisch konsistent
- **B4:** WENN Wasser-Stress regional konzentriert → Standort-Politik für KI/Industrie nötig

- **B5:** WENN Carbon Budget ~2030 aufgebraucht (Status quo) → drastische Reduktion alternativlos
 - **B6:** WENN absolute Entkopplung empirisch nicht im nötigen Tempo → Degrowth-Positionen ernst nehmen
 - **B7:** WENN BIP nur eine von vier Bilanzen → Wellbeing-Indikatoren (vgl. Bestandscheck §3.17, FORSCH-0140) als Komplementär nötig
-

10. Selbstaudit + Schließungstyp

Werkstattlinie v2.0 alle Blöcke ✓ GRÜN. E28-Scan GRÜN. NAMENS-REGISTER FORSCH-0141 mit conv_search-Check vergeben.

Versionsschluss v0.1. v0.2 nach Daten-Update (Planetary Boundaries Annual Updates Stockholm Resilience Centre, EROI-Updates Hall, MFA-Updates Eurostat/IRP).

OECONOMIA NOVA — Sub-Werk: Stoffstrom-Bilanz v0.1 · FORSCH-0141 · Thomas Schüller · Syntagma Forschung · Wien · CC-BY-4.0 · 3. Juni 2026 · Schwelle A bereit