



Bewertung von Bioenergiepfaden: Treibhausgas- und Ökobilanzen

Nils Rettenmaier

Workshop des Arbeitsforums „THG-Bilanzierung in der Landwirtschaft“

5./6. Oktober 2015, LTZ Augustenberg



IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, seit 1978

- **Unabhängiges ökologisches Forschungsinstitut**
- **Gemeinnützige GmbH mit gegenwärtig ca. 60 Mitarbeitern**
- **Forschung / Beratung zu Umweltaspekten von**
 - **Energie (incl. Erneuerbare Energien)**
 - **Verkehr**
 - **Abfallwirtschaft**
 - **Ökobilanzen**
 - **Umweltverträglichkeitsprüfung**
 - **Biomasse**
 - **Umweltbildung**

Biomasseforschung am IFEU

- **Forschung / Beratung zu Umweltaspekten von**
 - Bioenergie für Strom, Wärme und Verkehr
 - Bioraffinerien
 - Biobasierte Materialien
 - Nahrungsmittel
 - Konventionelle und ökologische Landwirtschaft
- **Nachhaltigkeitsaspekte / Bewertungsansätze**
- **Potenziale**
- **Technologien**
- **CO₂-Vermeidungskosten**





**IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung
Heidelberg, seit 1978**

- **Unsere Fördermittel- und Auftraggeber (Auswahl)**
 - Weltbank
 - UNEP, GTZ, FAO, UNIDO, UNFCCC etc.
 - Europäische Kommission
 - Bundes- und Landesministerien und zugehörige Dienstbehörden (FNR, UBA etc.)
 - Verbände
 - Gemeinden
 - WWF, Greenpeace etc.
 - Unternehmen (Deutsche Telekom, Volkswagen, Shell etc.)
 - Stiftungen (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, British Foundation on Transport etc.)



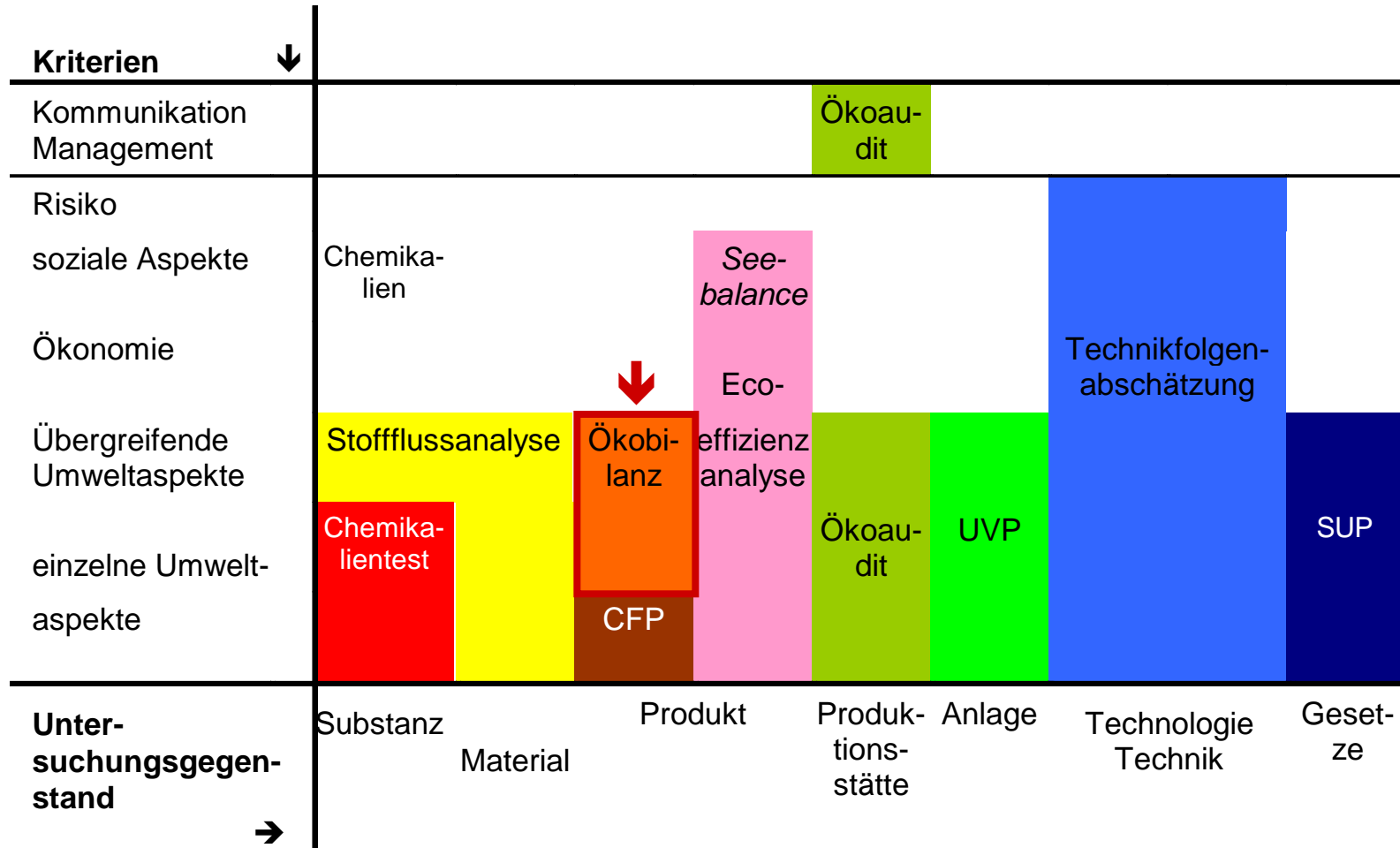
Bewertung von Bioenergiepfaden: Treibhausgas- und Ökobilanzen

Nils Rettenmaier

Workshop des Arbeitsforums „THG-Bilanzierung in der Landwirtschaft“

5./6. Oktober 2015, LTZ Augustenberg

Bewertungsinstrumente



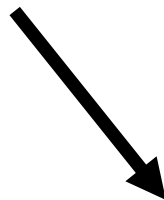
Ökologische Vorteile und Nachteile:

+

- CO₂-neutral
- Einsparung energetischer Ressourcen
- Weniger toxisch
- Weniger Transporte
- etc.

-

- Flächenverbrauch
- Eutrophierung von Oberflächengewässern
- Wasserverschmutzung durch Pestizide
- Energieintensive Produktion
- etc.

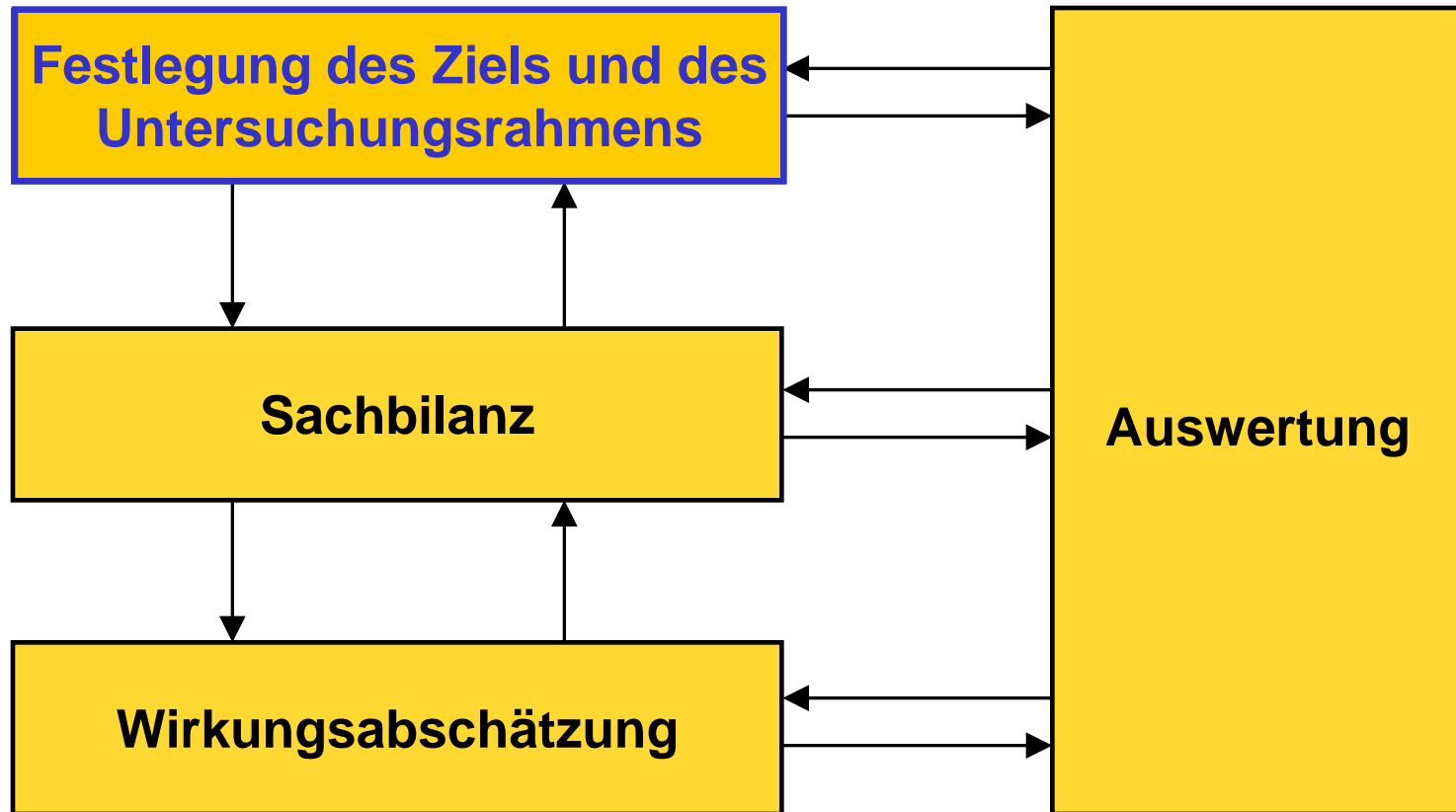


**Insgesamt:
Positiv oder Negativ**

?



Struktur der Ökobilanz nach ISO 14040/44

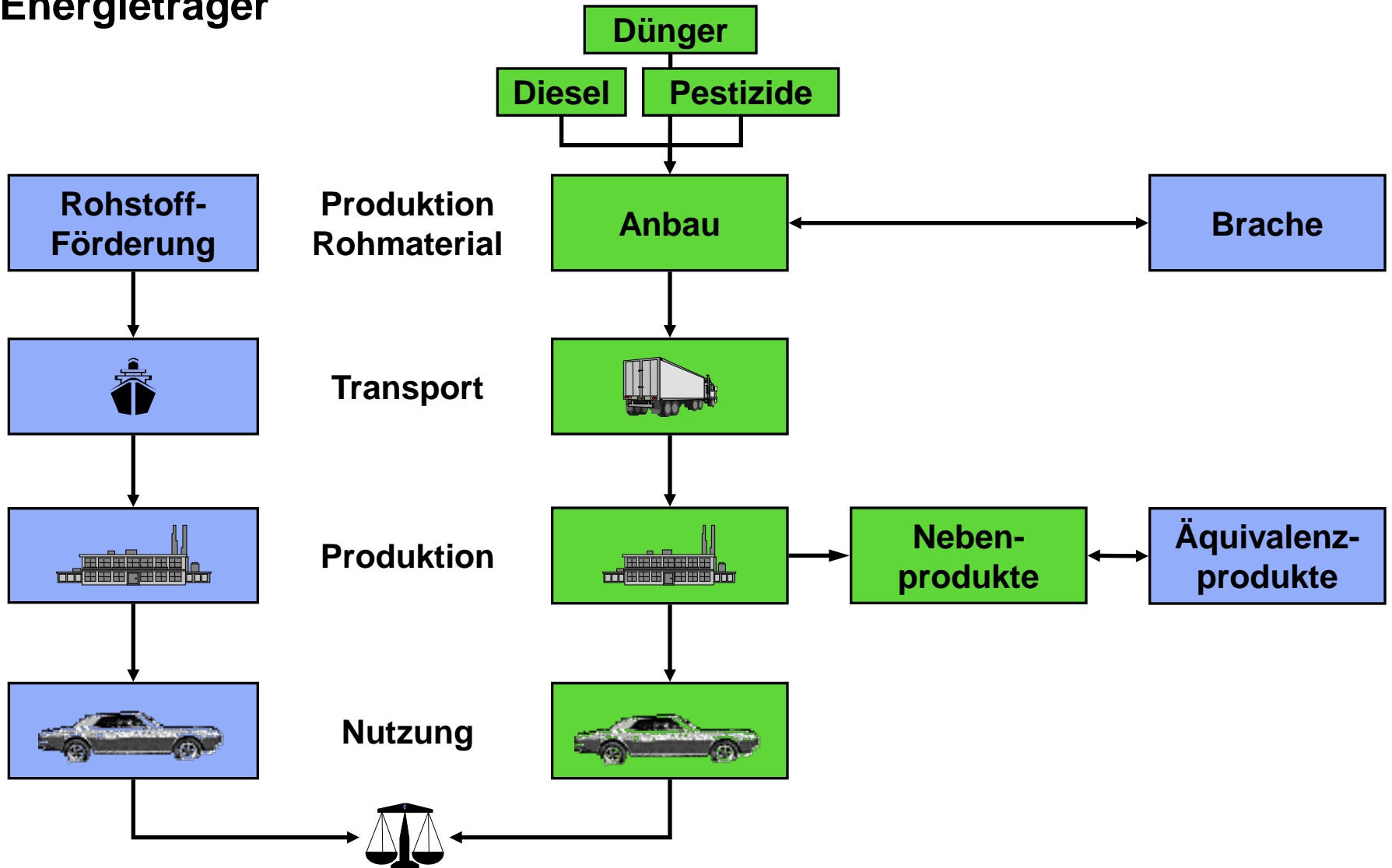


Ökobilanz: Lebenswegvergleich

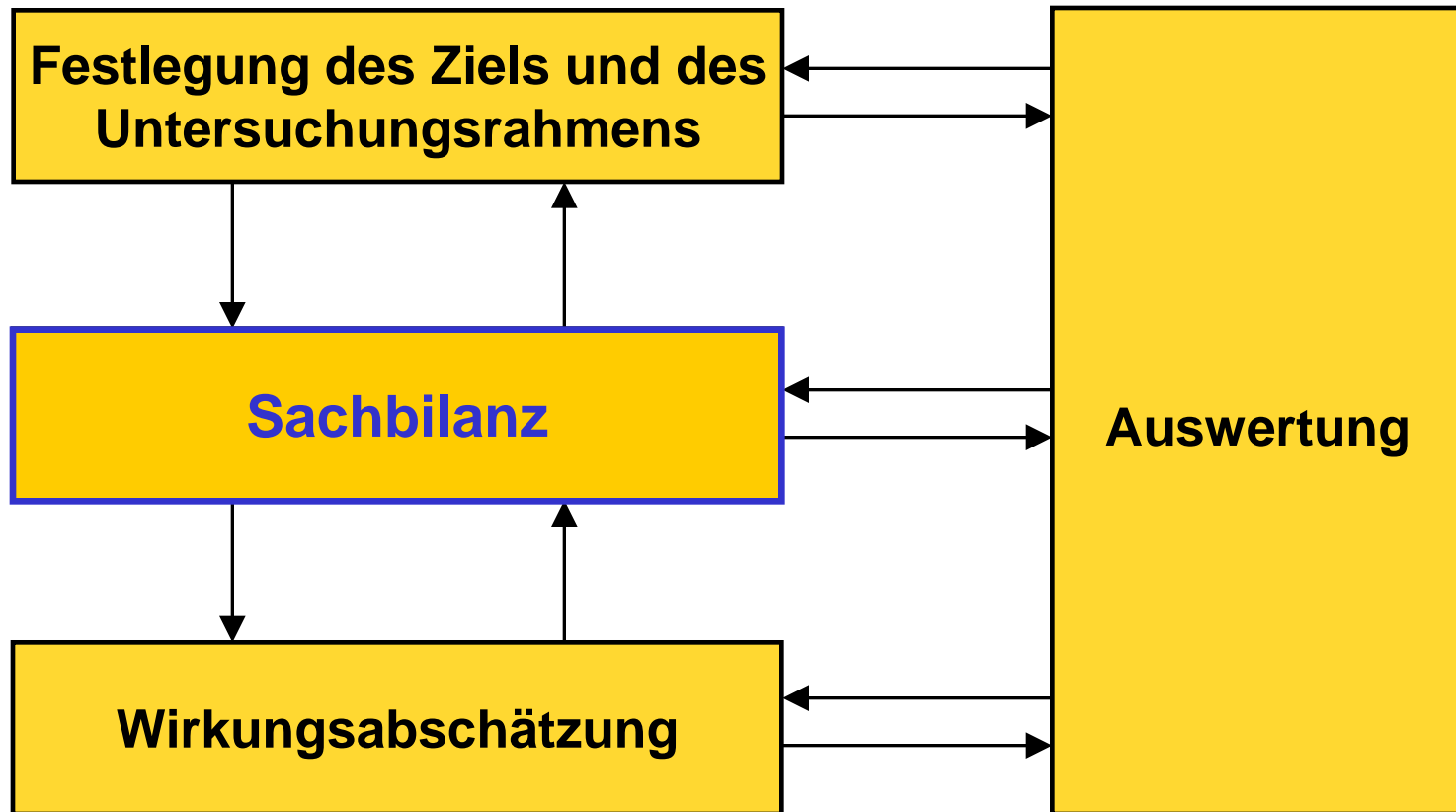
Fossiler Energieträger

Bioenergieträger

Gutschriften



Struktur der Ökobilanz nach ISO 14040/44

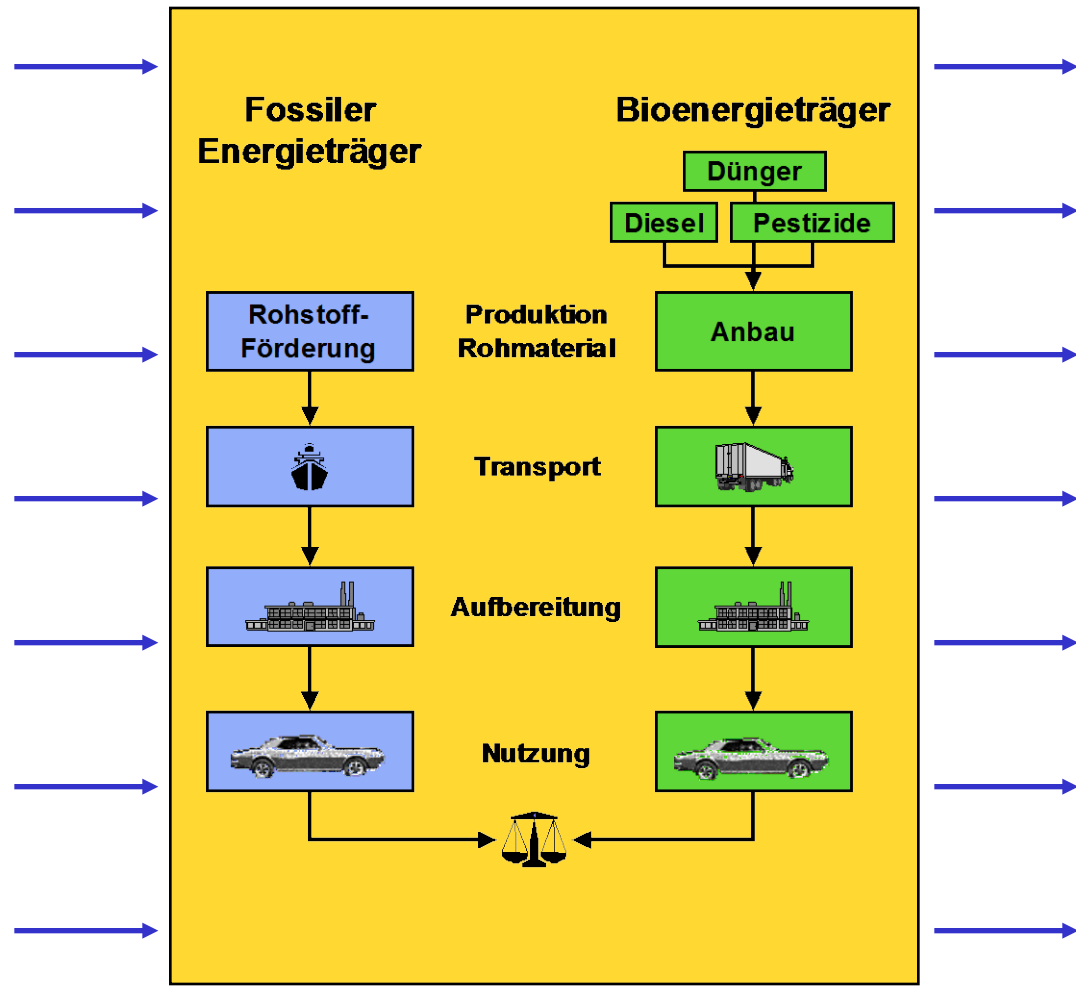


Ökobilanz: Sachbilanz

Inputs

z.B.:

- Erdgas
- Rohöl
- Braunkohle
- Steinkohle
- Uran
- Wasser

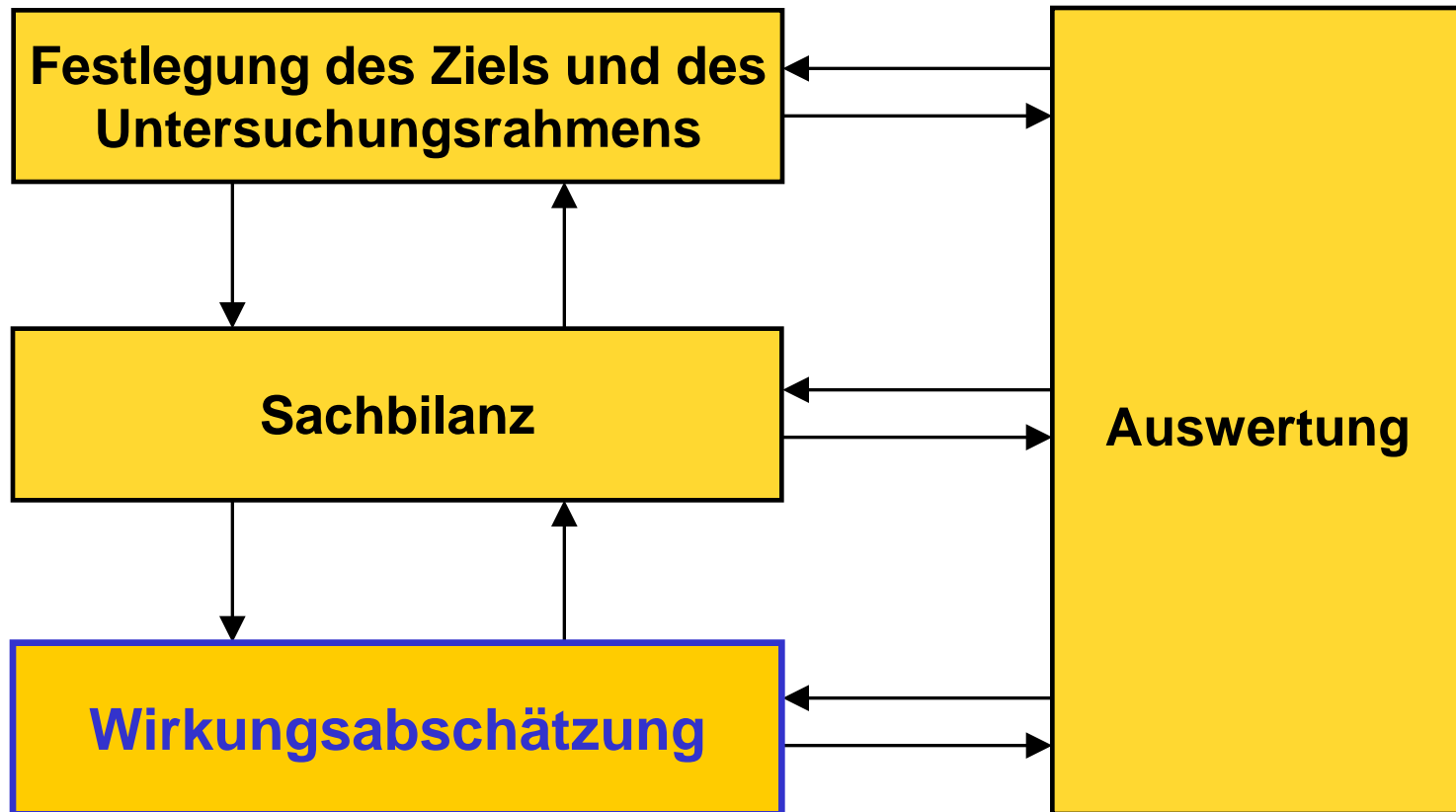


Outputs

z.B.:

- CO₂
- SO₂
- CH₄
- NO_x
- NH₃
- N₂O
- HCl
- CO
- C₆H₆
- VOC

Struktur der Ökobilanz nach ISO 14040/44



Ökobilanz: Wirkungsabschätzung

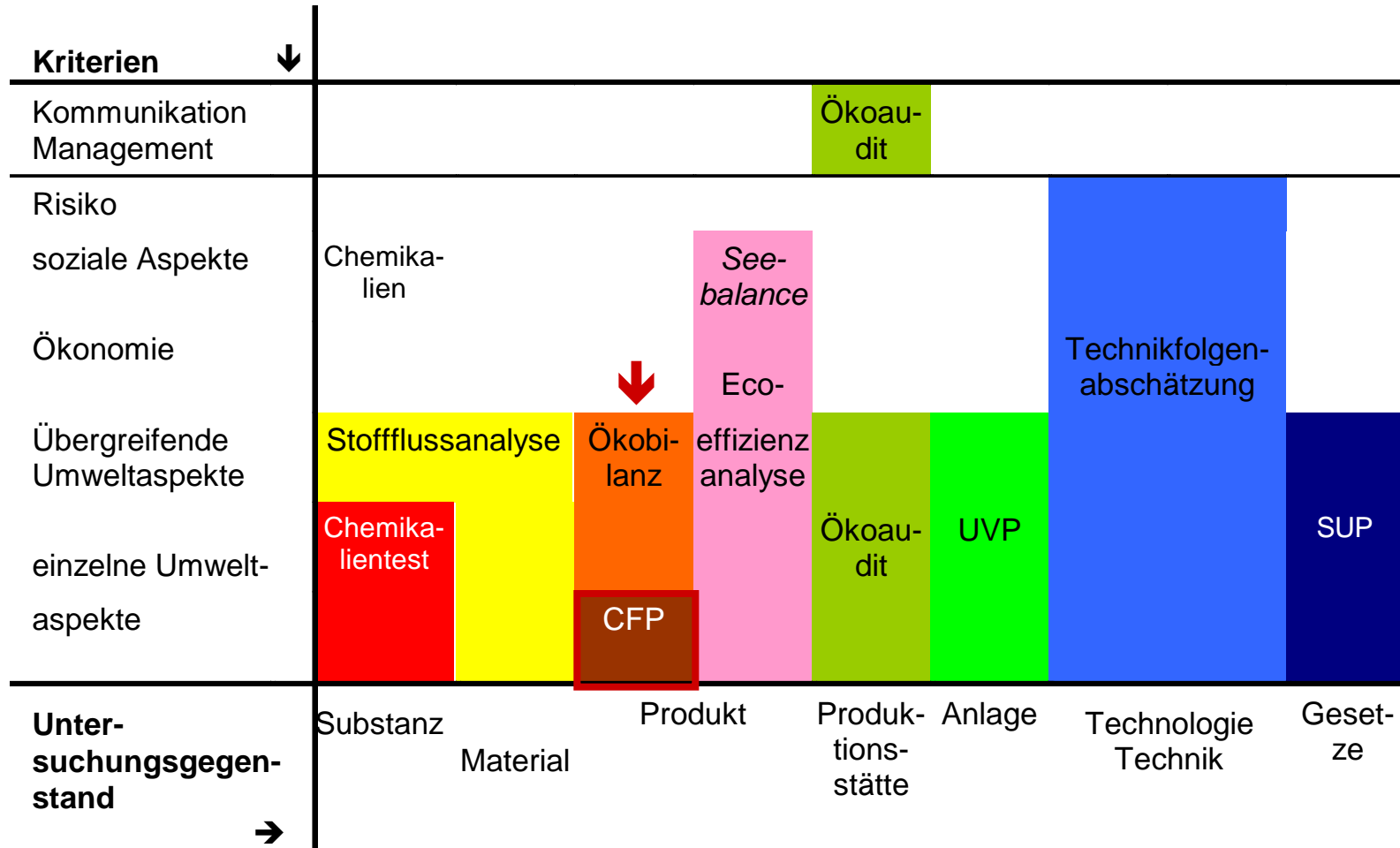
Wirkungskategorie	Parameter	Substanzen (Sachbilanz)
Ressourcenverbrauch	Summe erschöpflicher Primärenergieträger	Rohöl, Erdgas, Kohle, Uranerz, ...
	Mineral. Ressourcen	Kalkstein, Tonerde, Metallerze, Steinsalz, Pyrit, ...
Treibhauseffekt	CO ₂ -Äquivalente	Kohlendioxid, Distickstoffoxid, Methan, voll- und teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, Methylbromid, ...
Ozonabbau	F11-Äquivalente, (Distickstoffoxid)	Voll- und teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, Halone, Methylbromid, ...
Versauerung	SO ₂ -Äquivalente	Schwefeldioxid, Salzsäure, Stickstoffoxid, Ammoniak, Flusssäure, ...
Eutrophierung	PO ₄ -Äquivalente	Stickoxide, Ammoniak, Phosphat, Nitrat
Photosmog	Ethen-Äquivalente	Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Kohlenmonoxid, Chlorkohlenwasserstoffe, ...
Human- und Ökotoxizität		Stickoxide, Kohlenmonoxid, Salzsäure, Dieselpartikel, Staub, Ammoniak, Benzol, Benzo(a)pyren, Schwefeldioxid, Dioxine (TCDD), ...

➔ **Gesamtökol. Bewertung: Alle Umweltwirkungen !**

Ökobilanz: Wirkungsabschätzung

Umweltwirkung	Einheit	Sachbilanzgröße	Formel	Äquivalenzfaktor
Treibhaus-effekt (GWP)	CO ₂ -Äquivalente	Kohlendioxid	CO ₂	1
		Methan	CH ₄	25
		Distickstoffoxid	N ₂ O	298
		Wasserhaltige Fluor-kohlenwasserstoffe	HFCs	bis zu 14,800
		Perfluorierte Kohlenwasserstoffe	PFCs	bis zu 14,400
		Schwefelhexafluorid	SF ₆	22,800

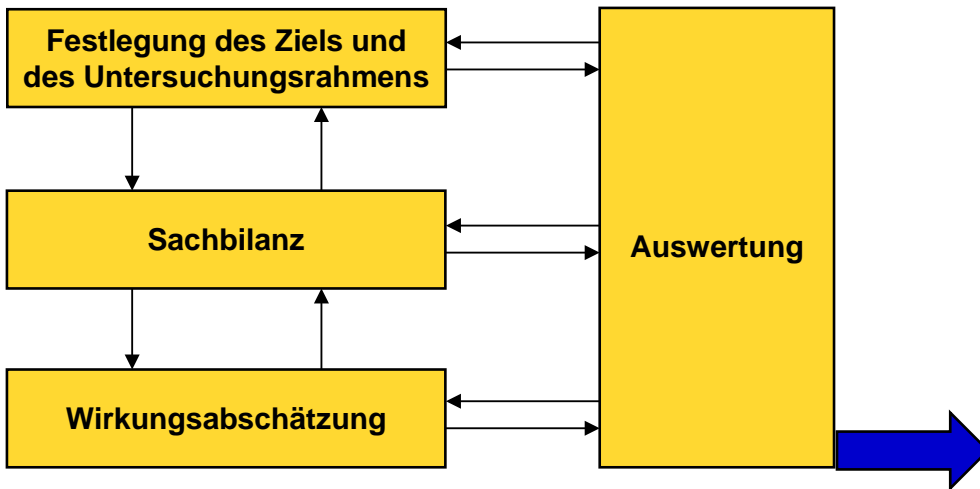
Bewertungsinstrumente



Carbon Footprint nach ISO/TS 14067

- Der CO₂-Fußabdruck (*Carbon Footprint von Produkten*), ist ein Maß für alle Treibhausgas-Emissionen, die im Lebenszyklus eines Produkts anfallen.
- Instrument, um die Klimawirksamkeit von Waren und Dienstleistungen zu bestimmen, zu bewerten und zu kommunizieren.
- Der CO₂-Fußabdruck eines Produktes entspricht damit einer Teilmenge seiner Ökobilanz (THG-Bilanz)
- Methodischer Rahmen für den CFP sind die ISO-Normen 14040 & 14044 (Produkt-Ökobilanz) sowie 14020, 14024 & 14025 (Umweltkennzeichnungen und -deklarationen)

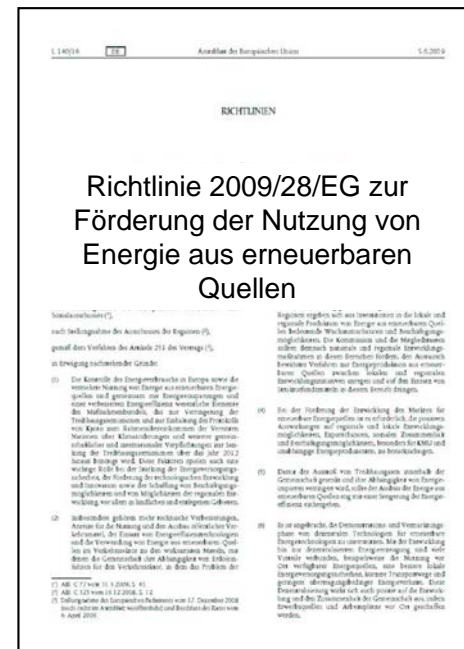
THG-Bilanzen in der Wissenschaft



THG-Bilanzen für Rechtsvorschriften

- Anforderungen:
 - Klar u. verständlich
 - Leicht anwendbar
 - Vorhersagbar u. eindeutig

➔ Vereinfachungen nötig !



RICHTLINIEN

Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen

Sozialausschusses⁽¹⁾,
nach Stellungnahme des Ausschusses der Regionen⁽²⁾,
gemäß dem Verfahren des Artikels 251 des Vertrags⁽³⁾,
in Erwägung nachstehender Gründe:

- (1) Die Kontrolle des Energieverbrauchs in Europa sowie die vermehrte Nutzung von Energie aus erneuerbaren Energiequellen sind gemeinsam mit Energieeinsparungen und einer verbesserten Energieeffizienz wesentliche Elemente des Maßnahmenbündels, das zur Verringerung der Treibhausgasemissionen und zur Einhaltung des Protokolls von Kyoto zum Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen und weiterer gemeinschaftlicher und internationaler Verpflichtungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen über das Jahr 2012 hinaus benötigt wird. Diese Faktoren spielen auch eine wichtige Rolle bei der Stärkung der Energieversorgungssicherheit, der Förderung der technologischen Entwicklung und Innovation sowie der Schaffung von Beschäftigungsmöglichkeiten und von Möglichkeiten der regionalen Entwicklung, vor allem in ländlichen und entlegenen Gebieten.
- (2) Insbesondere gehören mehr technische Verbesserungen, Anreize für die Nutzung und den Ausbau öffentlicher Verkehrsmittel, der Einsatz von Energieeffizienztechnologien

Regionen ergeben sich aus Investitionen in die lokale und regionale Produktion von Energie aus erneuerbaren Quellen bedeutende Wachstumschancen und Beschäftigungsmöglichkeiten. Die Kommission und die Mitgliedsstaaten sollten demnach nationale und regionale Entwicklungsmaßnahmen in diesen Bereichen fördern, den Austausch bewährter Verfahren zur Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen zwischen lokalen und regionalen Entwicklungsinitiativen anregen und auf den Einsatz von Strukturfondsmitteln in diesem Bereich drängen.

- (4) Bei der Förderung der Entwicklung des Marktes für erneuerbare Energiequellen ist es erforderlich, die positiven Auswirkungen auf regionale und lokale Entwicklungsmöglichkeiten, Exportchancen, sozialen Zusammenhalt und Beschäftigungsmöglichkeiten, besonders für KMU und unabhängige Energieproduzenten, zu berücksichtigen.
- (5) Damit der Ausstoß von Treibhausgasen innerhalb der Gemeinschaft gesenkt und ihre Abhängigkeit von Energieimporten verringert wird, sollte der Ausbau der Energie aus erneuerbaren Quellen eng mit einer Steigerung der Energieeffizienz einhergehen.
- (6) Es ist angebracht, die Demonstrations- und Vermarktungsphase von dezentralen Technologien für erneuerbare

→ Verbindliche Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe

Nachhaltigkeitskriterien:

Treibhausgasbilanz: Minderung der Treibhausgasemissionen um mind. 35 % (ab 2017: 50 %, ab 2018: 60 %)

Flächenbezogene Anforderungen: Ausschluss von Flächen mit hoher Biodiversität oder hohem Kohlenstoffgehalt sowie Torfmooren

Anbaubezogene Anforderungen: Einhaltung der gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP / Cross Compliance) und den Mindestanforderungen für den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand

THG-Bilanzierungstools nach RED

BIOGRACE

Harmonised Calculations of
Biofuel Greenhouse Gas Emissions in Europe

- Mitentwickelt vom IFEU (finanziert von der EU)
 - Harmonisierung der THG-Bilanzierung und THG-Bilanzierungstools in Europa mit Bezug zu RED
 - Reproduziert 22 THG-Standardwerte (RED Anhang V)



ENZO₂ Treibhausgasrechner
für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger

- Entwickelt vom IFEU (finanziert durch BMU)
 - RED-Methodik plus dt. Spezifikationen
 - Abgestimmt mit BioGrace
 - Für alle Lebenswege mit RED-Standardwerten



- Treibhausgas- und Ökobilanzen
 - Wissenschaft: Ökobilanz und Carbon Footprint
 - Politik: THG-Bilanzen nach Anhang V der RED
- **Beispielhafte Ergebnisse**
 - **Treibhausgasbilanzen**
 - **Ökobilanzen**
- **Schlussfolgerungen**

Flächeneffektive Bioenergienutzung aus Naturschutzsicht

Flächeneffektive Bioenergienutzung aus Naturschutzsicht

Bewertungen und Empfehlungen zum Schutz von biologischer Vielfalt und Klima

F+E-Vorhaben im Auftrag des
Bundesamtes für Naturschutz

FKZ 3508 83 0300

Endbericht

Februar 2010



„Flächeneffektive Bioenergienutzung aus Naturschutzsicht“

Im Auftrag des Bundesamtes
für Naturschutz (BfN)

Projektleitung: Peters Umweltplanung

Projektpartner: TLL

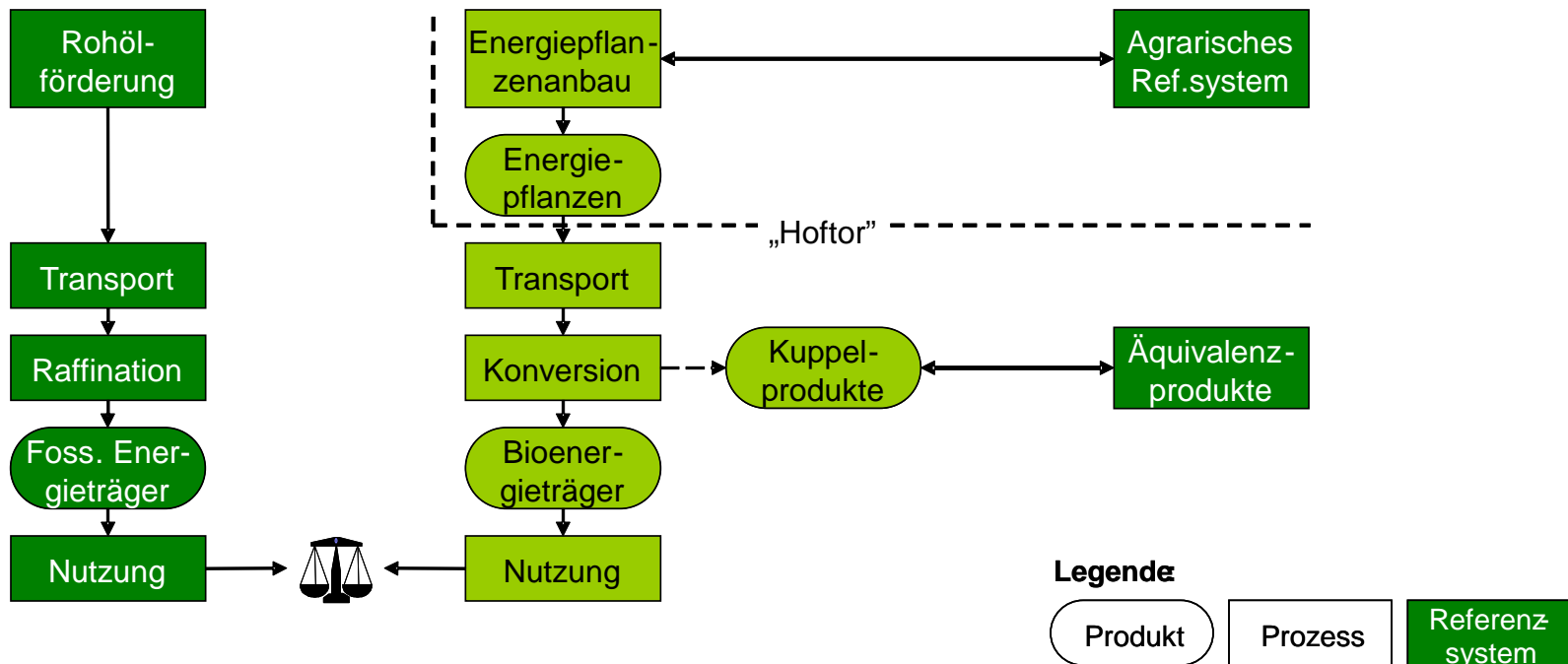
Rolle des IFEU:
Bewertung der Klimateffizienz

IFEU-Autoren:
Dr. Guido Reinhardt, Nils Rettenmaier & Sven Gärtner

Endbericht:
Februar 2010

Grundsätzliche Vorgehensweise

- In Anlehnung an Ökobilanznormen DIN 14040 / 44
- Betrachtung des **gesamten** Lebenswegs („Hofator“ nicht relevant für Kriterium Klimateffizienz)



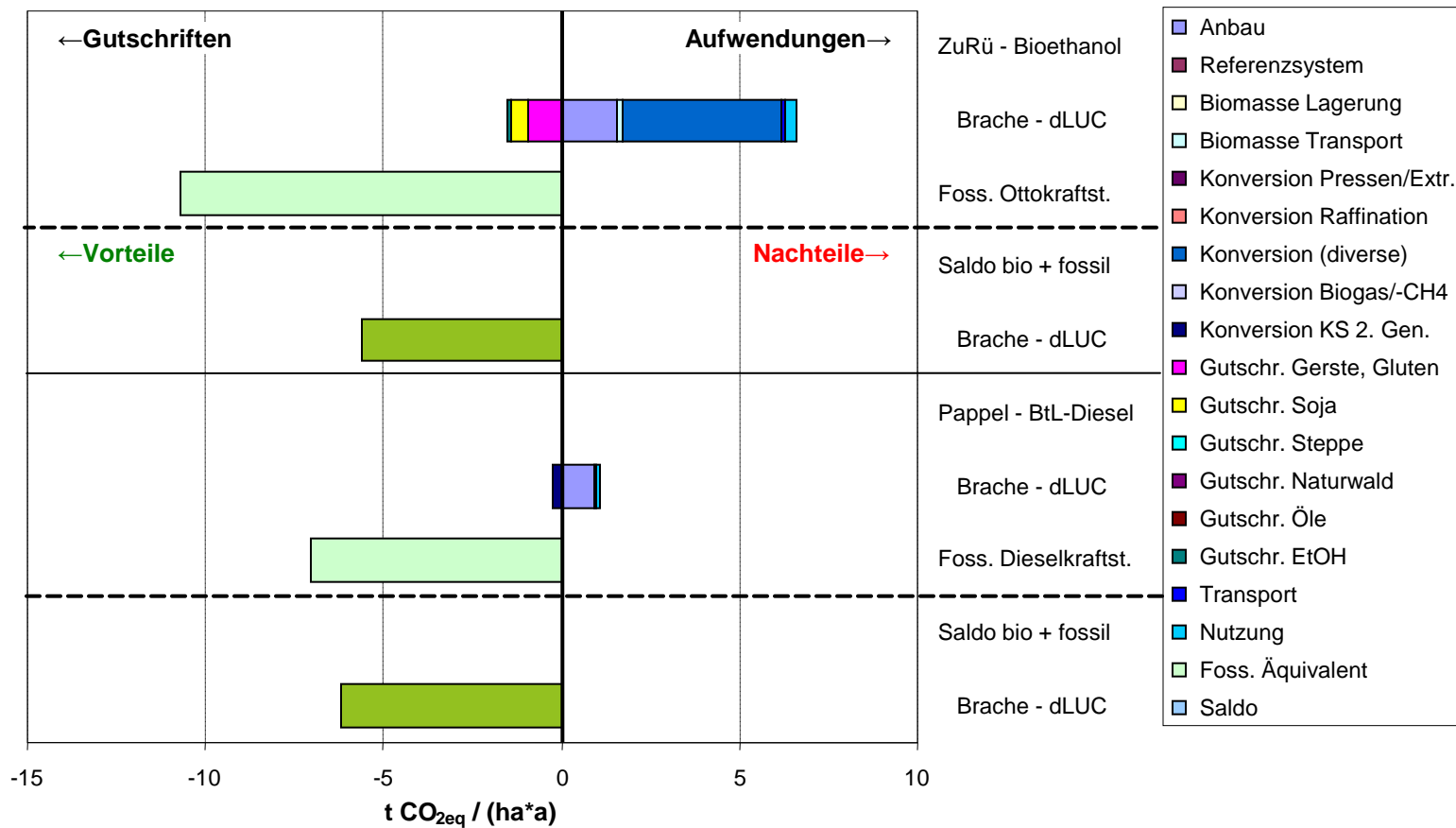
Betrachtete Bioenergieepfade

- Biokraftstoff im Verkehrssektor (mobile Nutzung)
- Biobrennstoff zur stationären Strom- und/oder Wärmeerzeugung

	Mobile Nutzung (Pkw)	Vergleichs-system	Stationäre Nutzung (BHKW)	Vergleichs-system
Raps	Pflanzenöl Biodiesel HVO	Diesekraftstoff Diesekraftstoff Diesekraftstoff	Strom und Wärme (Pflanzenöl-BHKW)	Strom- und Wärmemix
Zuckerrübe	Bioethanol	Ottokraftstoff	-	-
Weizenkorn / Roggenkorn	Bioethanol	Ottokraftstoff	Strom und Wärme (Biomasse-BHKW)	Strom- und Wärmemix
Getreide-GPS / Futterroggen + Futterhirse / Klee gras / Silomais / Durchwachs. Silphie	Biomethan	Ottokraftstoff	Strom und Wärme (Biogas-BHKW)	Strom- und Wärmemix
Miscanthus / Pappel	Bioethanol BtL-Diesel	Ottokraftstoff Diesekraftstoff	Strom und Wärme (Biomasse-BHKW)	Strom- und Wärmemix
Weizenstroh	Bioethanol BtL-Diesel	Ottokraftstoff Diesekraftstoff	Strom und Wärme (Biomasse-BHKW)	Strom- und Wärmemix

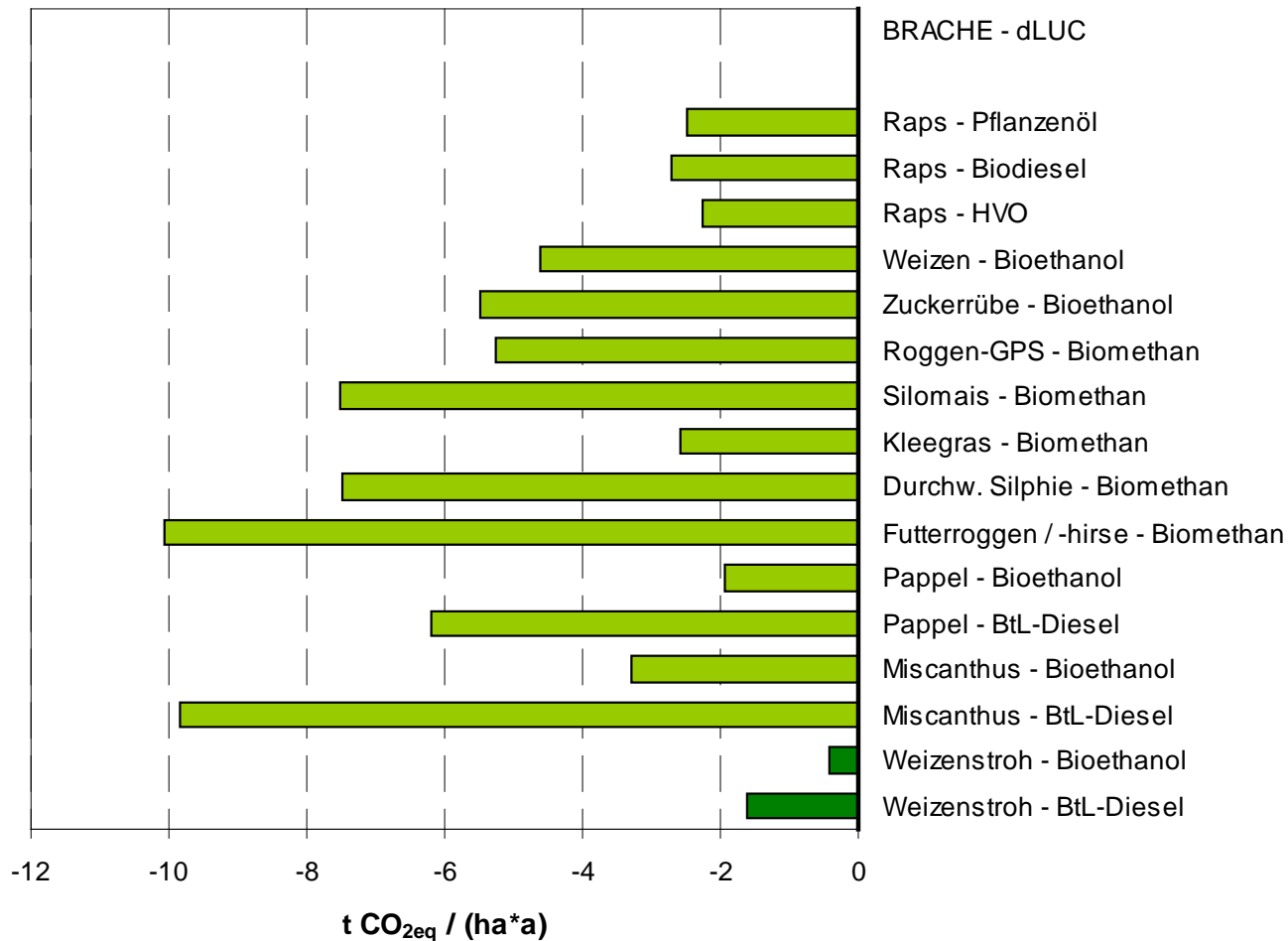
Klimaeffizienz: Ergebnisse

- Exemplarische Detailergebnisse



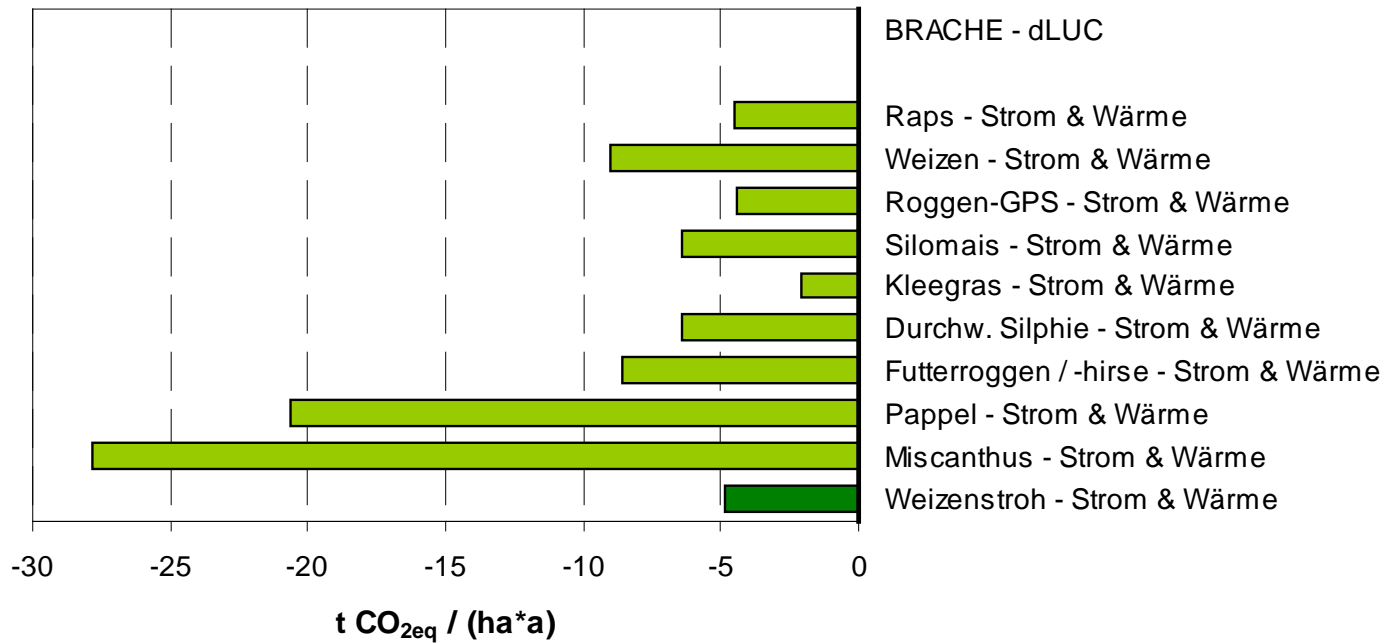
Klimaeffizienz: Ergebnisse

- Biokraftstoffe im Saale-Holzland-Kreis (SHK)



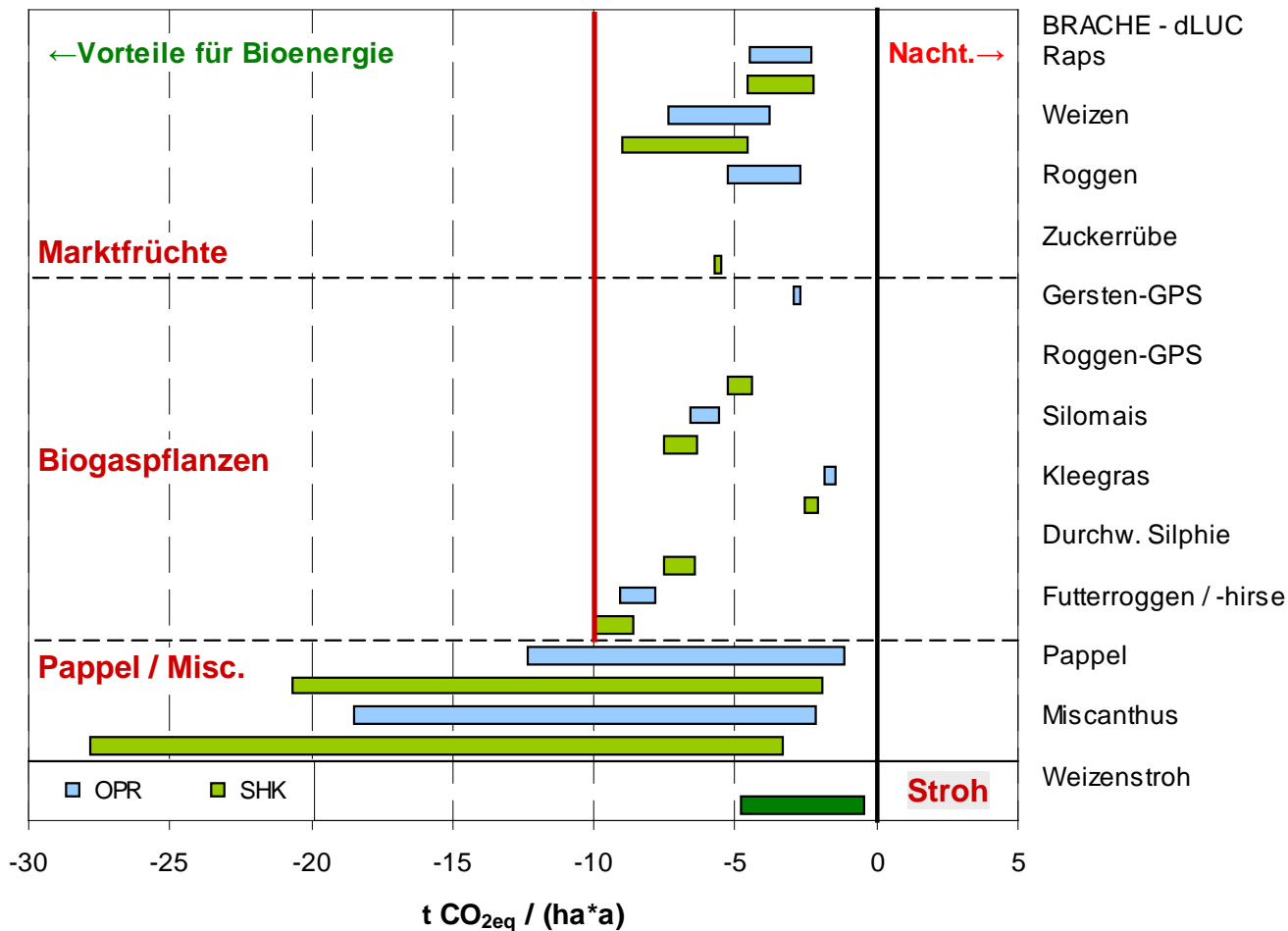
Klimaeffizienz: Ergebnisse

- Biobrennstoffe im Saale-Holzland-Kreis (SHK)



Klimaeffizienz: Ergebnisse

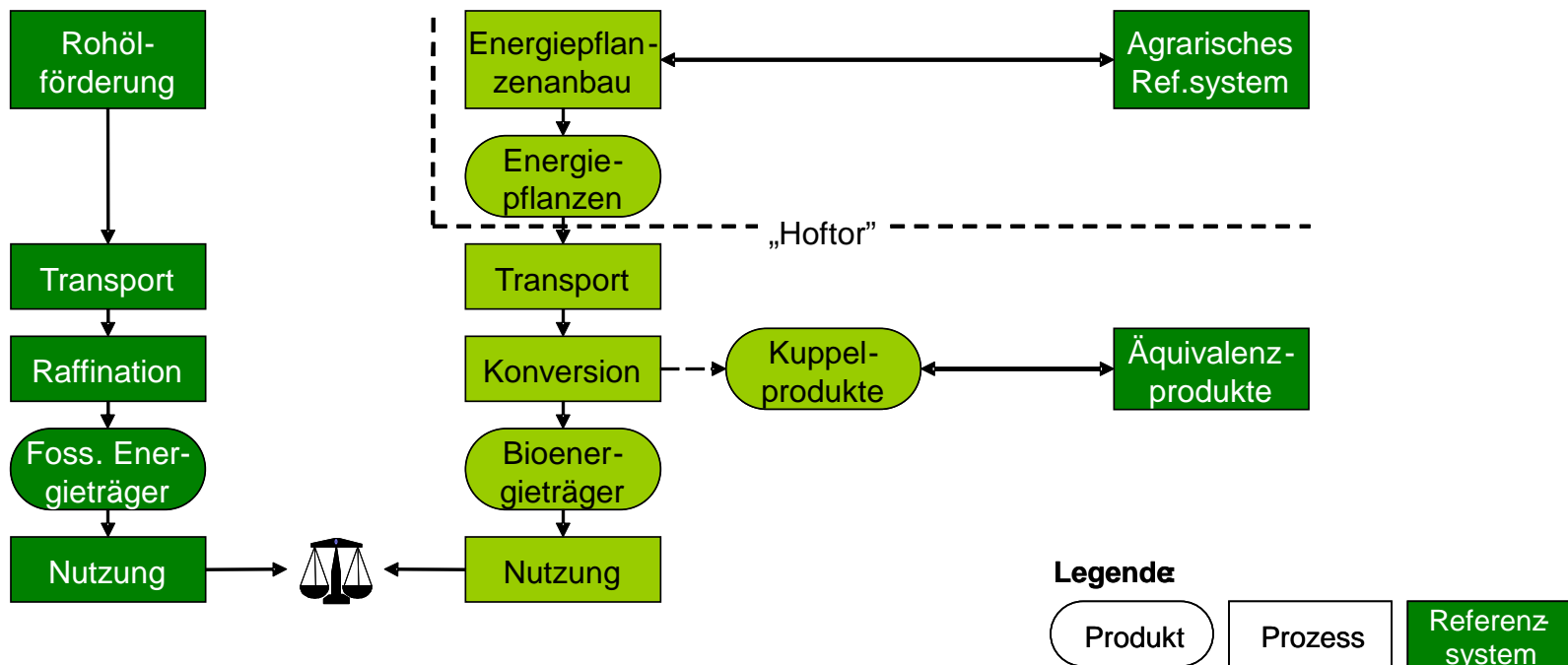
- Bandbreite über Biokraftstoffe *und* –brennstoffe



- Saale-Holzland-Kreis (SHK) vs. Ostprignitz-Ruppin (OPR)

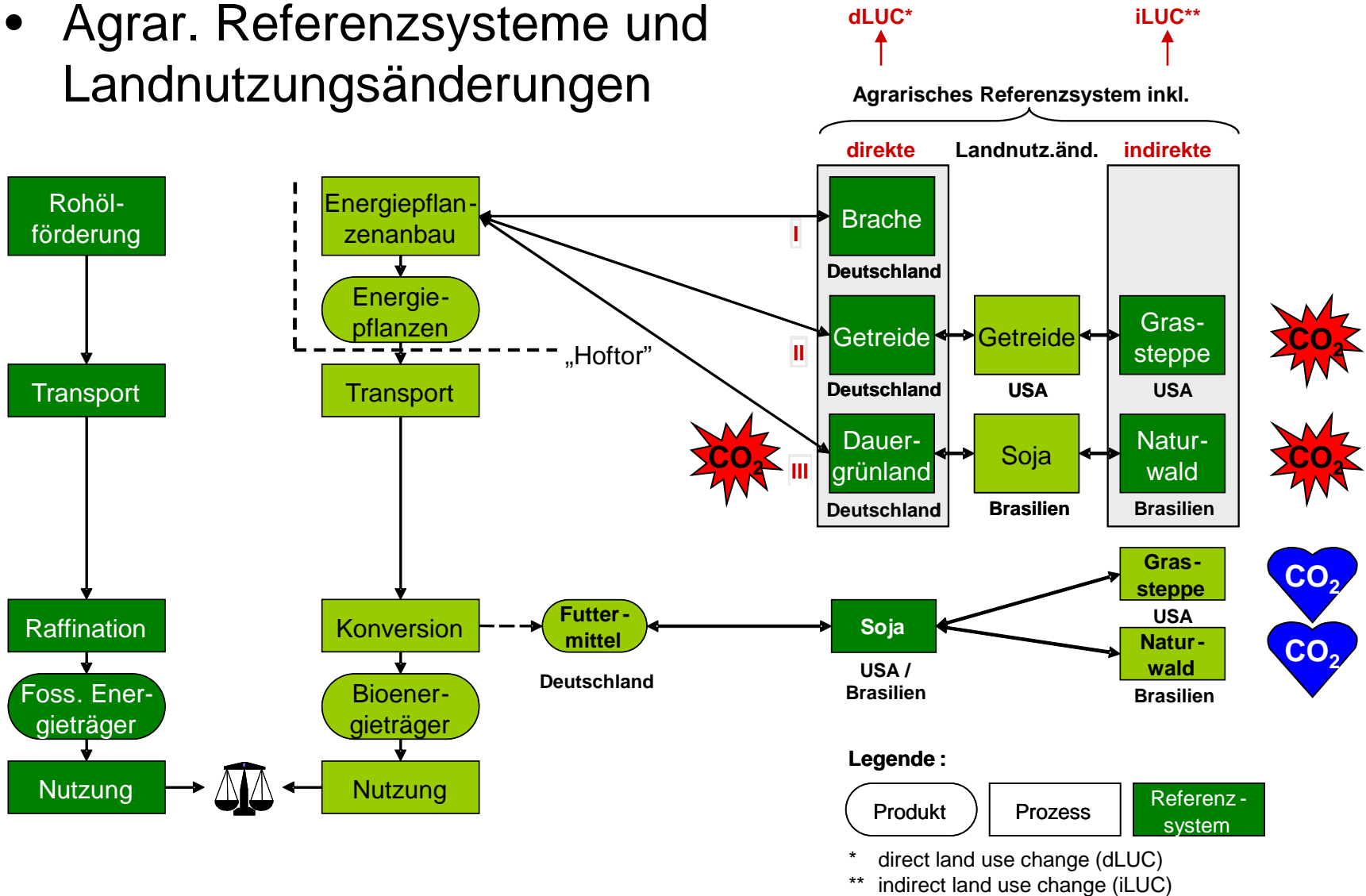
Methodische Festlegungen

- Agrar. Referenzsysteme und Landnutzungsänderungen
 - Agrar. Referenzsystem = alternat. Flächennutzung



Methodische Festlegungen

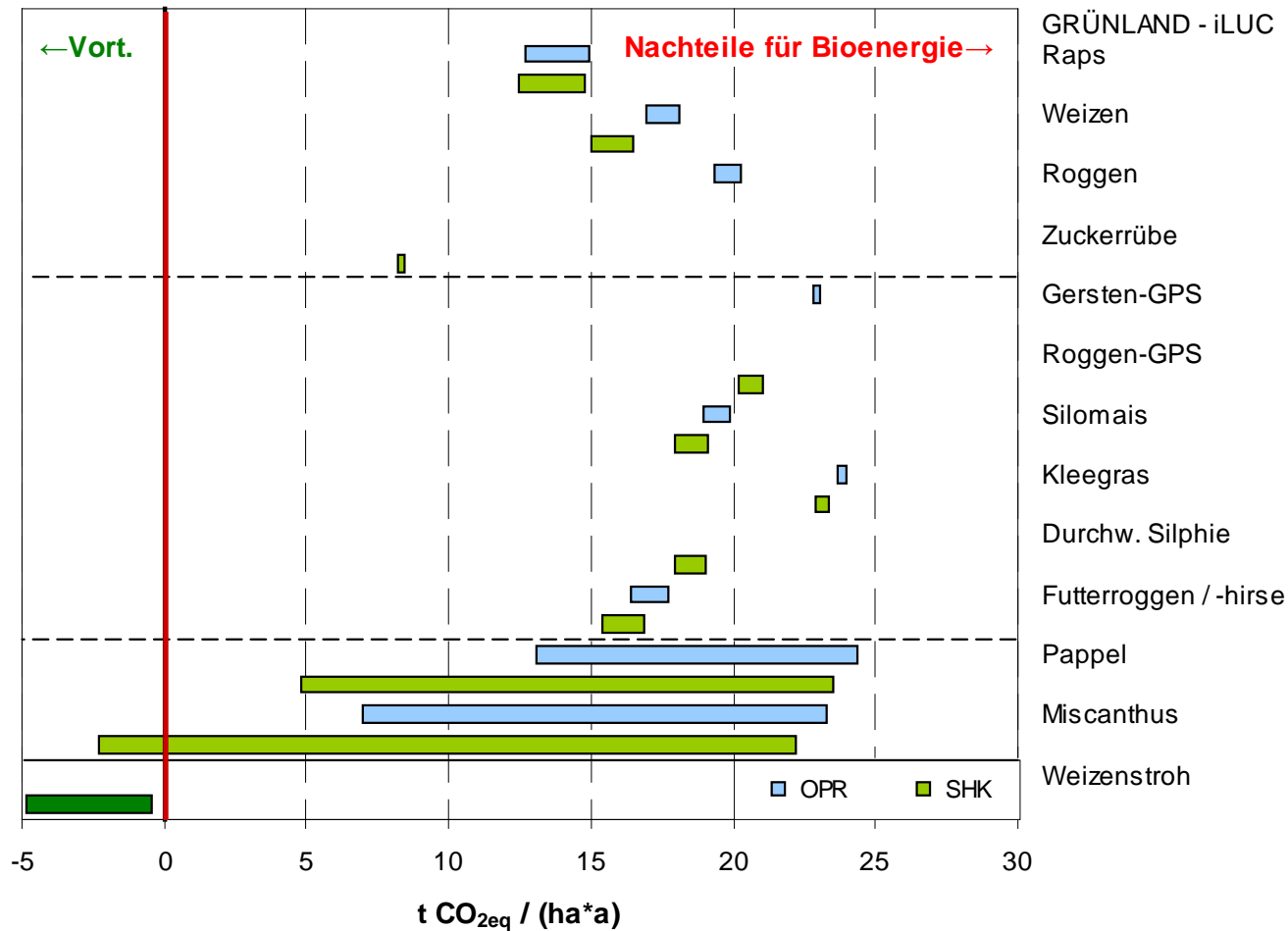
- Agrar. Referenzsysteme und Landnutzungsänderungen



- Agrar. Referenzsysteme und Landnutzungsänderungen
 - Flächenbelegungen und daraus resultierende Umweltwirkungen (z.B. Treibhausgasemissionen) müssen in Ökobilanzen berücksichtigt werden.
 - **In dieser Studie** werden drei Referenzsysteme betrachtet: **Brache** (Szenario I), **Getreide** (Szenario II) und **Dauergrünland** (Szenario III).

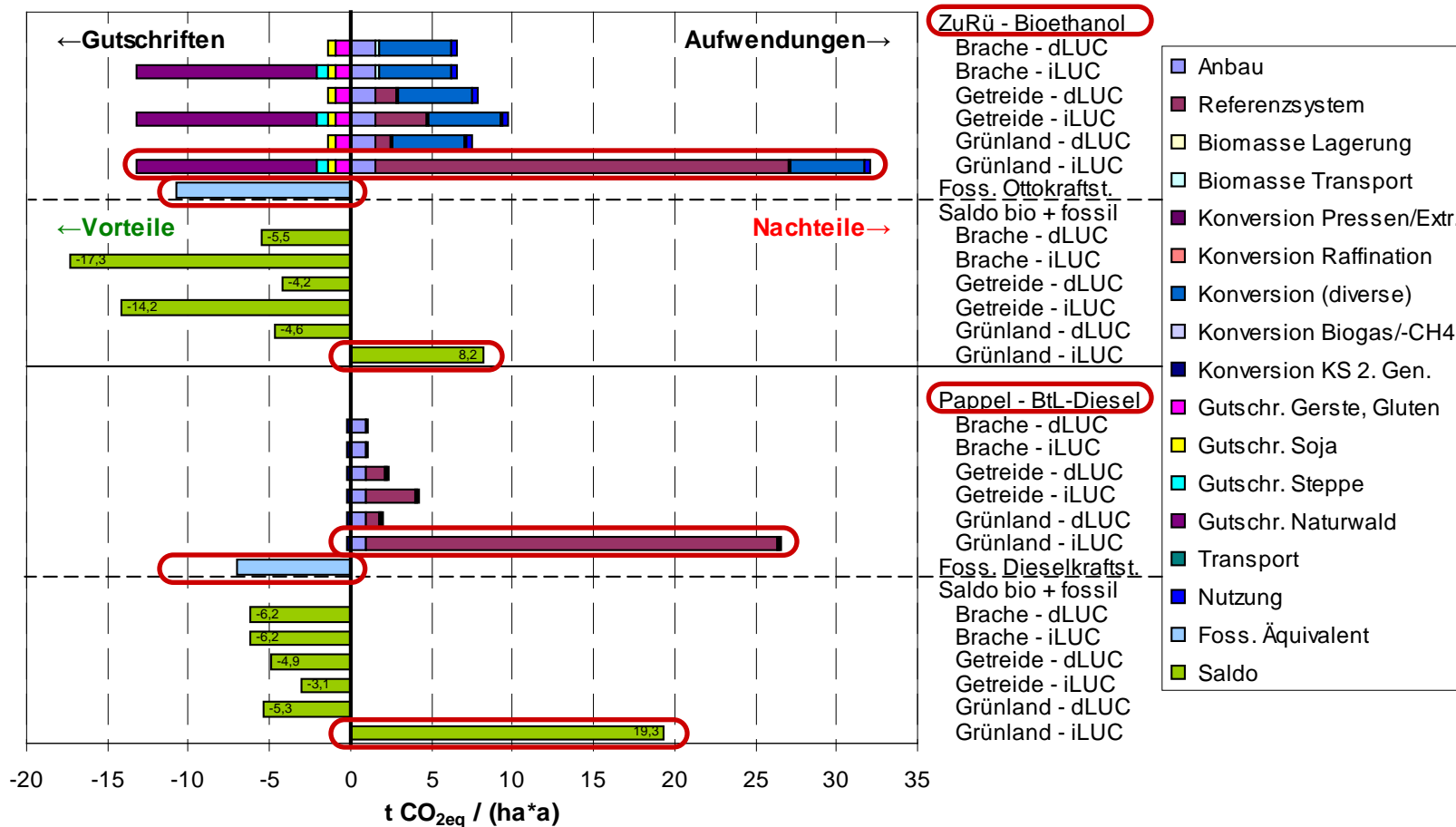
Klimaeffizienz: Ergebnisse

- Exemplarische iLUC-Berechnung: Grünland – iLUC

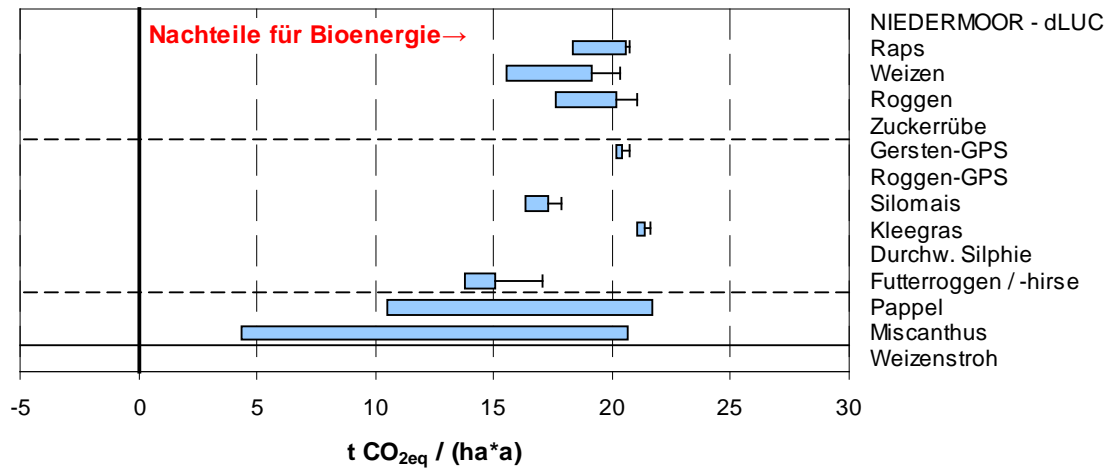


Klimaeffizienz: Ergebnisse

- Exemplarische Detailergebnisse



- Niedermoor - dLUC



	Ackerland auf organischen Böden		Grünland auf organischen Böden	
	IPCC (2006)	UBA (2009)	IPCC (2006)	UBA (2009)
CO ₂ -Emissionen	5 t C / (ha*a)	11 t C / (ha*a)	0,25 t C / (ha*a)	5 t C / (ha*a)
N ₂ O-Emissionen	8 kg N ₂ O-N / (ha*a)		8 kg N ₂ O-N / (ha*a)	

- Die stationäre Nutzung von Lignozellulosepflanzen führt zu den größten THG-Einsparungen
- Landnutzungsänderungen können einen wesentlich größeren Einfluss haben als die Wahl der Fruchtart, der Konversionstechnologie oder des Zielproduktes
 - iLUC hier nicht modellgestützt, sondern exemplarisch berechnet
 - EU-iLUC-Faktoren umstritten
 - Weiterhin ungelöstes Problem
- Fokus auf Klimaeffizienz („THG-optimierte Welt“) blendet andere Umweltwirkungen aus
 - Oft negative Ergebnisse bei Versauerung, Eutrophierung...
 - Zum Teil gegenläufige Effekte werden übersehen

18

Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“



Meilensteine 2030

Elemente und Meilensteine für die
Entwicklung einer tragfähigen und
nachhaltigen Bioenergiestrategie



Energetische
Biomassenutzung

Meilensteine 2030 – „Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie“

Gefördert durch das BMWi

Projektleitung: DBFZ

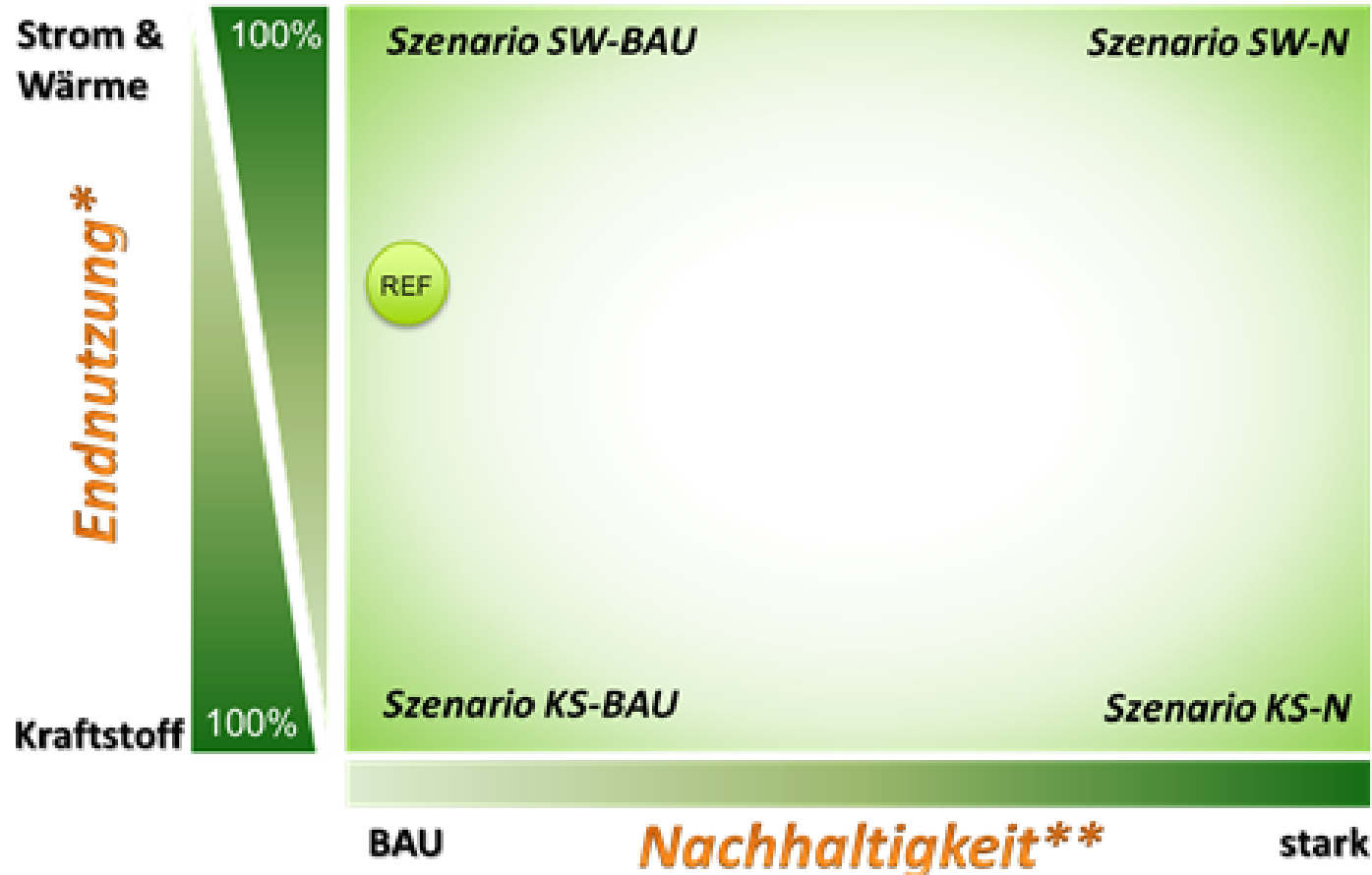
Projektpartner: UFZ, TI, CESR, Öko-
Institut, IZES & IINAS

Rolle des IFEU:
Ökobilanzielle Bewertung der
Bioenergieszenarien

IFEU-Autoren:
Sven Gärtner & Nils Retten-
maier

Endbericht:
Februar 2015

Bewertung ganzer Szenarien

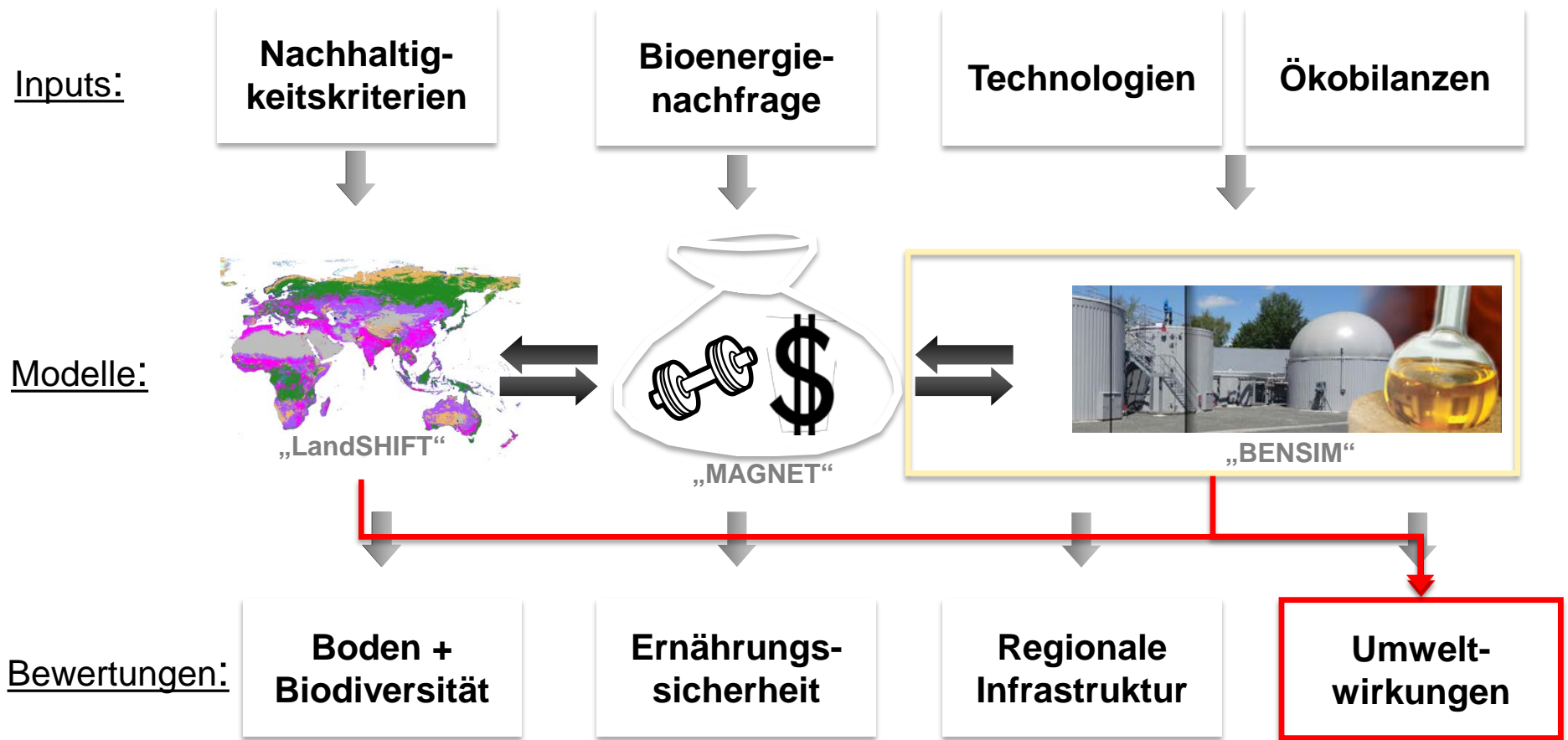


* Die im Modellverbund berücksichtigte Biomasse wird in Deutschland entweder nahezu vollständig zur Produktion von Strom/Wärme oder Kraftstoffen eingesetzt. (REF stellt den Ausgangspunkt für die Szenarienbetrachtungen dar);

** Intensität von Umweltauflagen und vorsorgende Flächenpolitik sowohl in Deutschland wie auch international (Vorketten und Importe);

Abkürzungen: SW: (gekoppelte) Strom- und Wärmebereitstellung; KS: Kraftstoff; BAU: business as usual; N: hohe Nachhaltigkeitsanforderungen

Modellverbund u. Folgenabschätzung



Inputs:

- Aus BENSIM: Anlagenpark, -anzahl und -kapazität, jährliche Produktion
- Aus LandSHIFT: C-Bestandsänderungen aus Landnutzungsänderungen

Arbeitsweise Ökol. Bewertung

Gesamtes Energiesystem: Σ

Nutzenkorb:

$$NK = \Sigma - EE_{n-bio}$$

Bioenergie

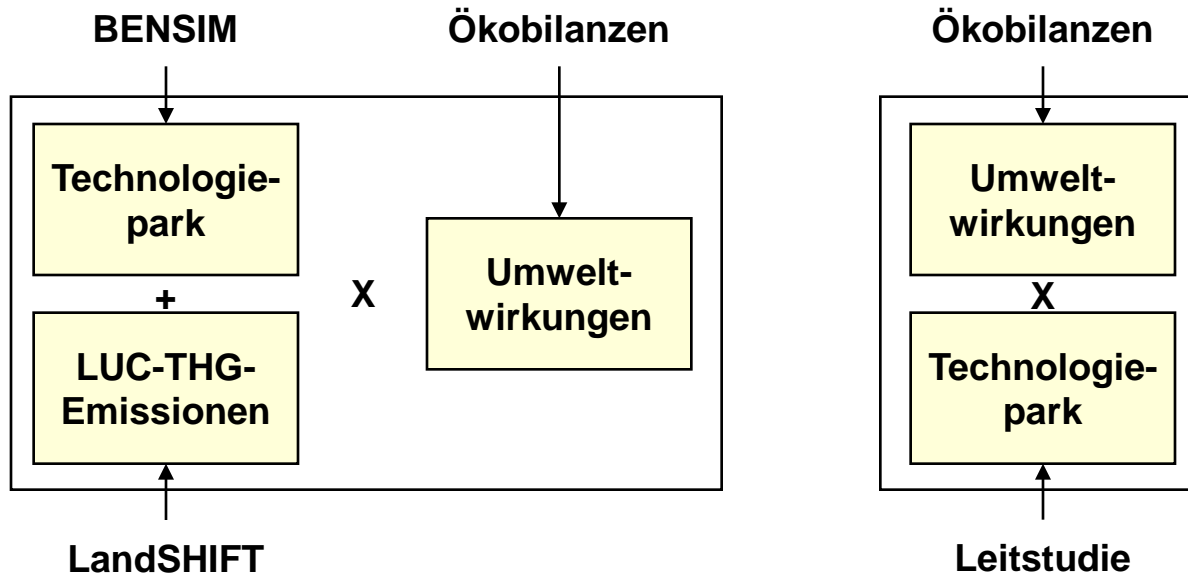
EE_{bio} lt. BENSIM

Fossile Energie

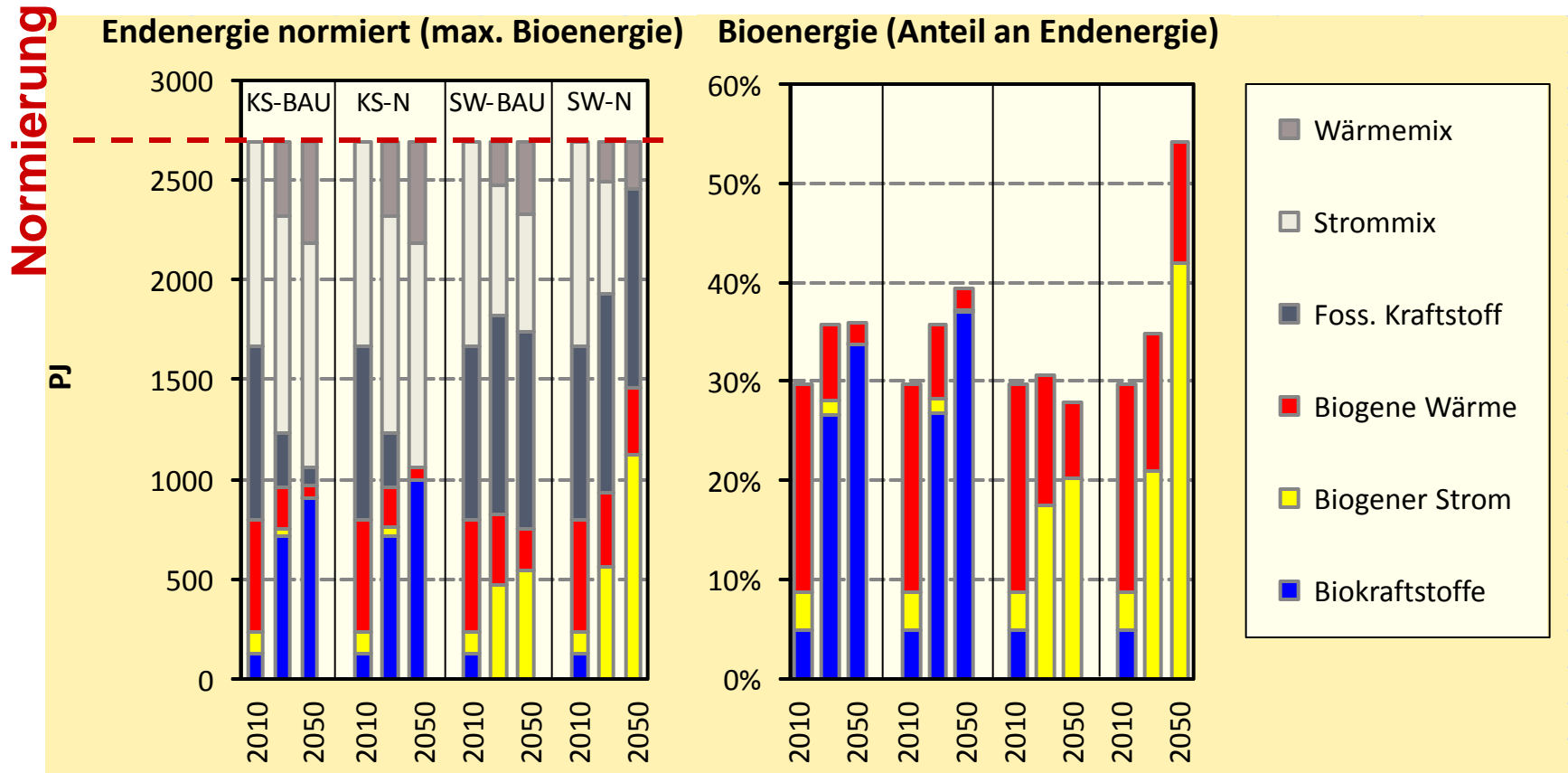
$$\text{Fossil} = NK - EE_{bio}$$

Nicht-biogene EE

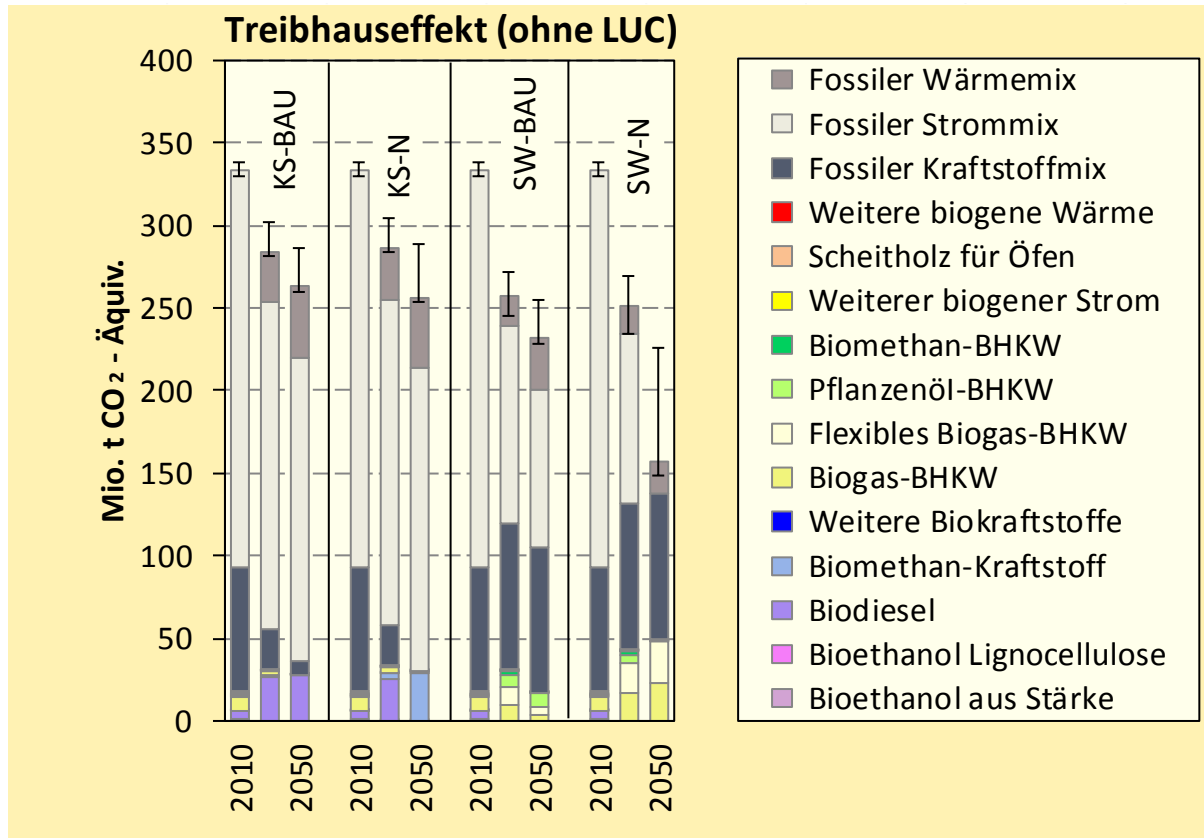
EE_{n-bio} lt. Leitstudie



Ergebnisse: Technologievergleich

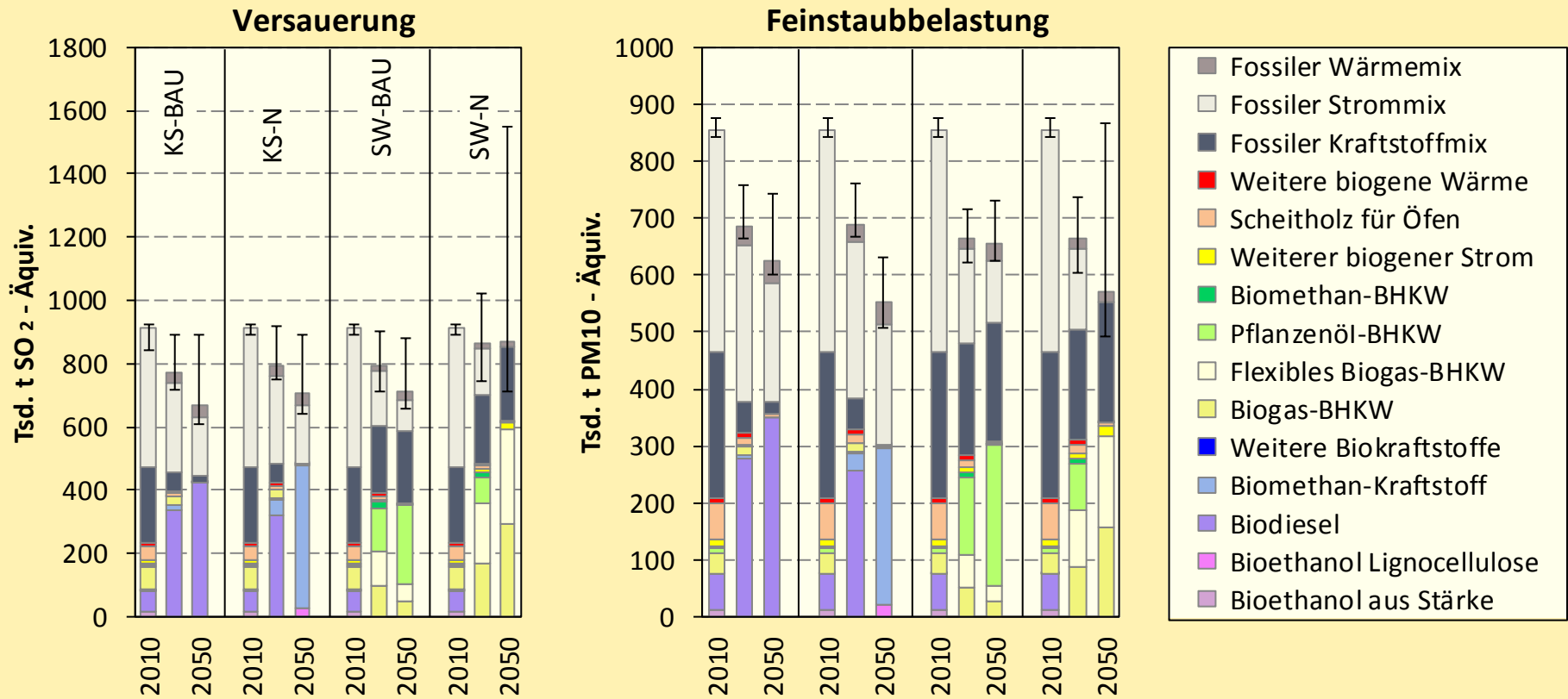


- **Konstante Endenergiemenge je Sektor: Summe aus fossiler und biogener Energiebereitstellung konstant**
- **Bioenergieanteil im Szenario SW-N am größten**



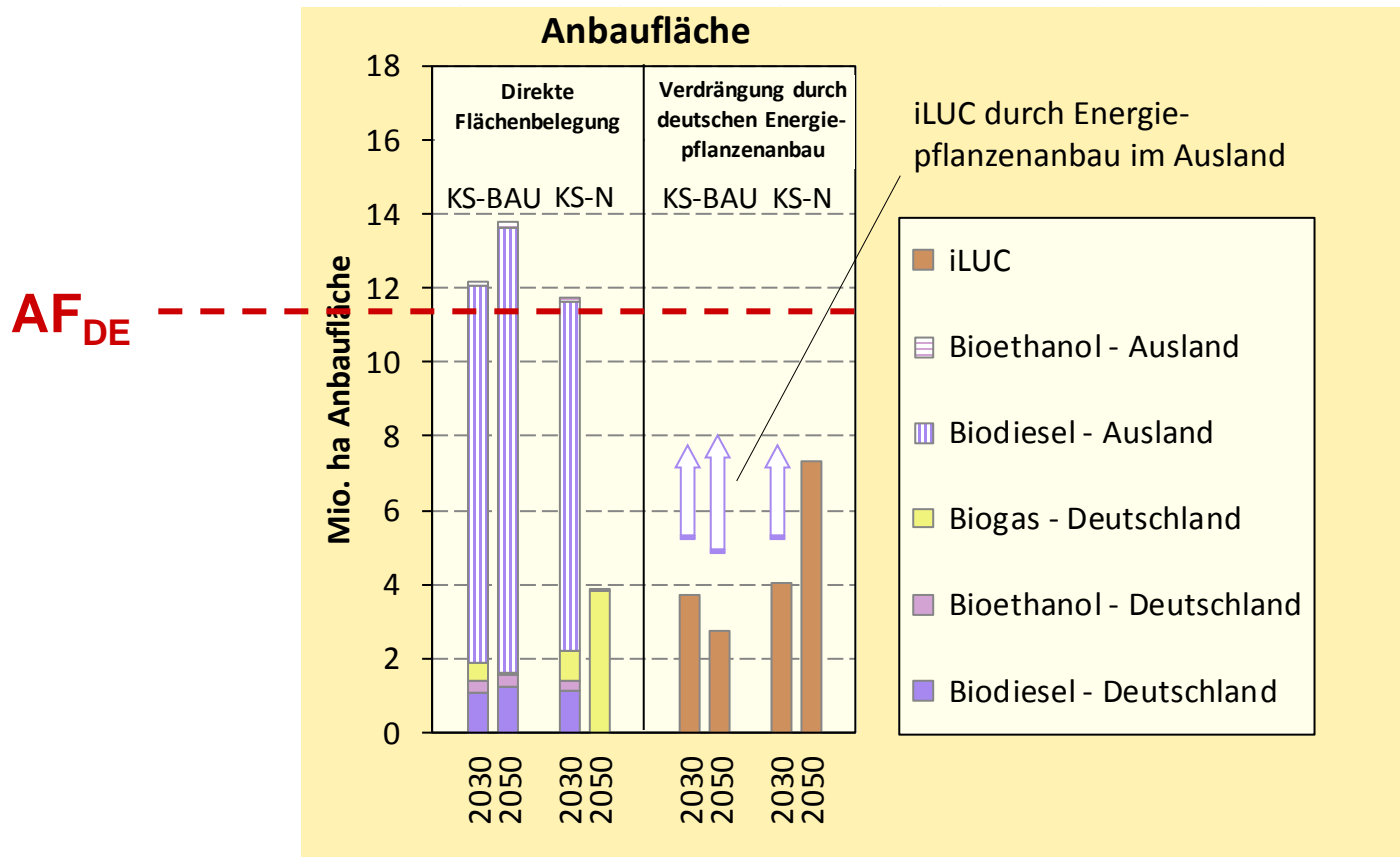
- **Szenario SW-N: geringste THG-Emissionen**
 - Substitution von Strommix führt zu größeren Einsparungen als Ersatz von fossilen Kraftstoffen
- Hier: Ohne THG-Emissionen aus Landnutzungsänd.

Ergebnisse: Technologievergleich



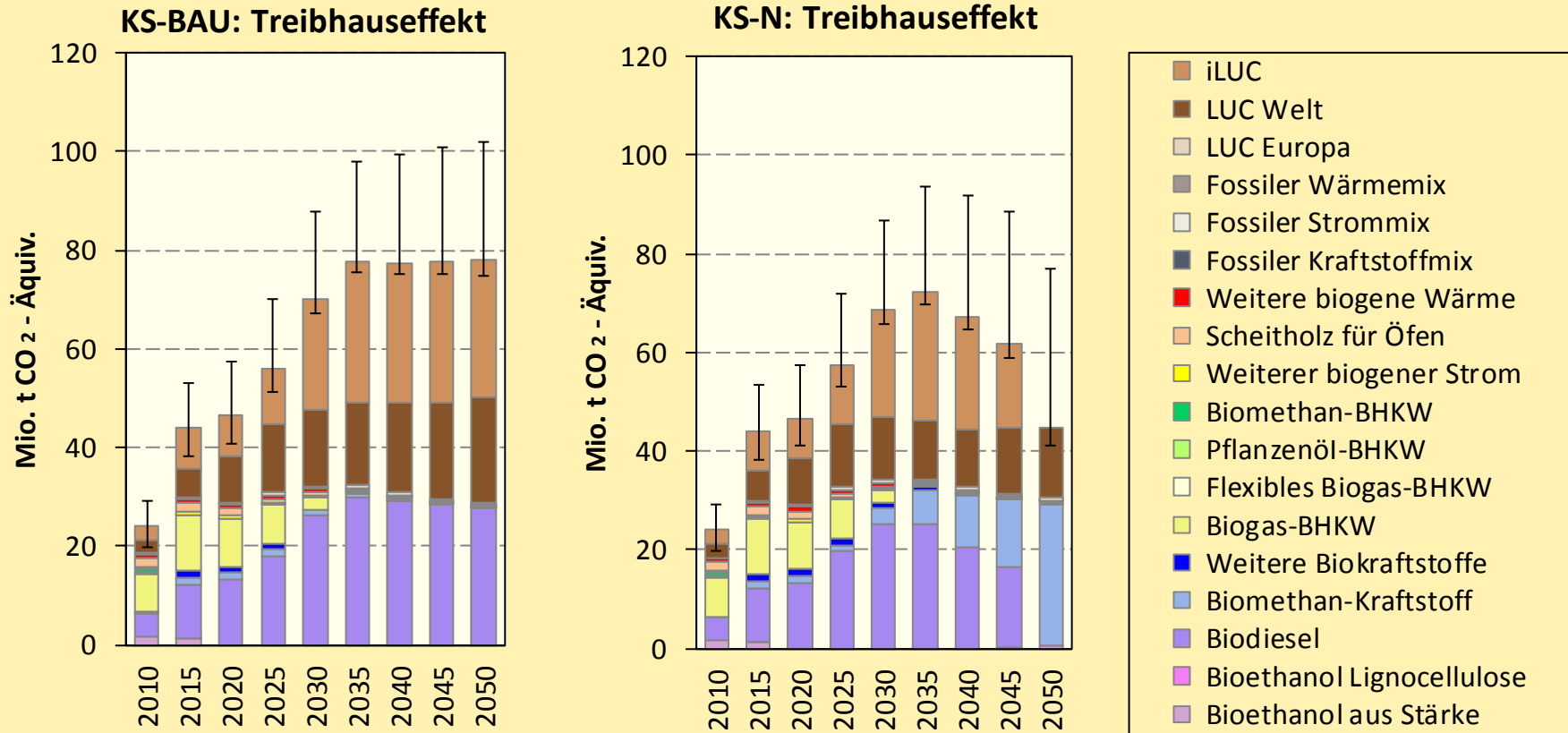
- **N-Szenarien: i. A. geringere Lasten als BAU-Szenarien**
 - Ausnahme: Versauerung / Feinstaubbelast. (→ Biogas!)
- **Unterschiede zwischen KS- und SW-Szenarien gering**
 - ähnliche Lasten bei Fokus auf Biomethan und Biogas

- **Auswirkungen von Landnutzungsänderungen (LUC):**
 - **Methodik von Öko-Institut für Biolog. Vielfalt und Boden**
 - **Globale Flächenbelegung aus LandSHIFT**
 - **Vergleich der Anbaumuster 2020 bzw. 2050 vs. 2007**
 - **Indirekte Effekte: Verdrängung Weizenanbau in DE**
- **THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen:**
 - **Erweiterung der o. g. Methodik auf Kohlenstoffbestände**
 - **Abschreibung der C-Bestandsänderungen über 20 Jahre**
- **THG-Emissionen durch indirekte Effekte:**
 - **Abschätzung mittels iLUC-Faktoren aus der RED**
 - **Differenzbildung: $iLUC_{RED} - LUC_{LandSHIFT} = iLUC_{MS2030}$**



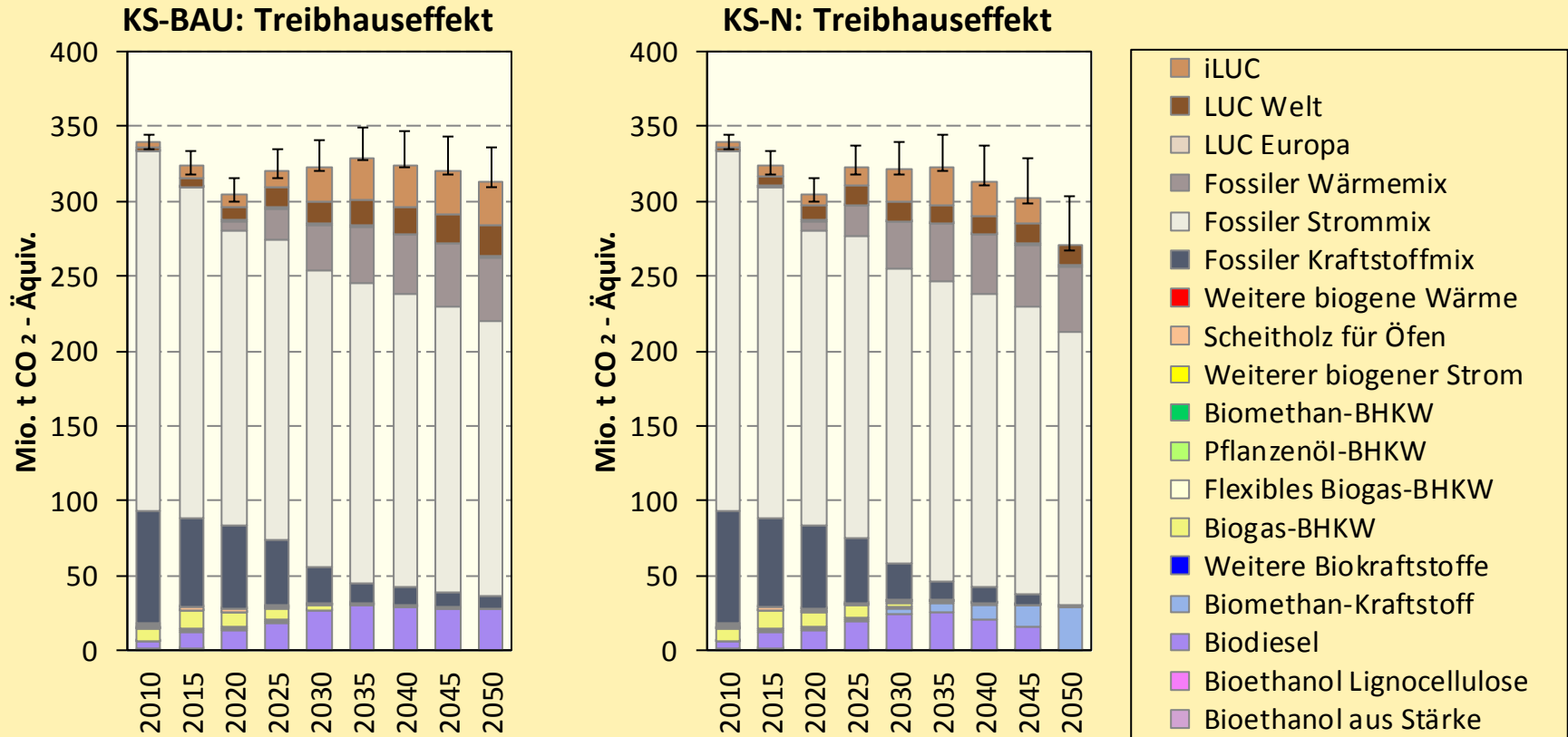
- **Summe der globalen für dt. Biokraftstoffpolitik direkt oder indirekt belegten Anbauflächen \approx LN Deutschlands!**
 - Zusammen mit Nahrungs- und Futtermitteln großer Flächenfußabdruck (schon heute Netto-Flächenimport)
 - Effekte von Biomethan nicht sinnvoll abbildbar

Ergebnisse: Landnutzungsänderungen



- **THG-Emissionen aus LUC verdoppeln die durch Anbau, Bereitstellung und Nutzung bedingten THG-Emissionen**
 - **KS-N (2050): iLUC-THG-Em. kleiner aufgrund Wechsel von Biodiesel zu Biomethan; dLUC-THG-Em. weiter hoch wg. der hohen Abschreibung aus den Vorjahren (über 20 a)**

Ergebnisse: Landnutzungsänderungen



- **THG-Emissionen aus LUC verhindern mittelfristig einen sichtbaren Rückgang der THG trotz deutlichem Anstieg des Bioenergieanteils**
 - Erst nach 2040 gehen im KS-N-Szenario die THG-Emissionen deutlicher zurück

- **Energieaufwand** sinkt in allen Szenarien über die Jahre.
- Gleiches gilt grundsätzlich für die **Feinstaubbelastung** und die **Versauerung**, wobei in einem ungünstigen Fall auch ein Anwachsen der Werte denkbar ist.
- Der **Nährstoffeintrag** zeigt keine Tendenz zu fallen, sondern steigt in einigen Szenarien sogar leicht an.
- Beim **Treibhauseffekt** tragen Emissionen aus direkten und indirekten Landnutzungsänderungen zu einer deutlichen Erhöhung der biogenen Emissionen (aus Anbau, Verarbeitung und Nutzung) bei und verhindern mittelfristig einen Rückgang der Gesamtemissionen
- Szenarien führen zu **erheblicher Flächenbelegung**, die der landw. Nutzfläche Deutschlands entspricht.

- **Umweltwirkungen** der biogenen u. fossilen Energiebereitstellung **sinken teilweise**
 - **THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen gefährden Beitrag der Bioenergie zum Klimaschutz**
 - Berücksichtigung bei Bioenergiestrategie-Entwicklung
- Zwischen den Szenarien aber **teils gegenläufige Tendenzen**
 - **Zielkonflikte**, z. B. mit Einhaltung der NEC-Richtlinie
- Aus **wissenschaftlich-objektiver** Sicht kann daher **keinem Szenario der Vorzug** gegeben werden.
 - Wenn Klimaschutz oberstes Ziel ist, dann sollte ein **Strom/Wärme-Nachhaltig-Szenario (SW-N)** angestrebt werden

- **Treibhausgas- und Ökobilanzen**
 - Wissenschaft: Ökobilanz und Carbon Footprint
 - Politik: THG-Bilanzen nach Anhang V der RED
- **Beispielhafte Ergebnisse**
 - Treibhausgasbilanzen
 - Ökobilanzen
- **Schlussfolgerungen**

- **Ökobilanzen in Anlehnung an ISO-Normen sind ein geeignetes Instrument, um Entscheidungsträger wissenschaftlich zu unterstützen**
 - **Geben präzise Antworten auf präzise Fragen**
 - **Jedoch oft eingehende, zeitraubende Untersuchungen nötig**
- **THG-Bilanzen / Carbon footprints sind wissenschaftlich geeignet, vermitteln aber ein zu reduziertes Bild**
 - **Nicht für Politikanalyse / -beratung geeignet, speziell bei landwirtschaftlichen Systemen !**
- **Rechtssetzung im Zuge der RED (Anhang V) erforderte zahlreiche Vereinfachungen und Konventionen**
 - **Regeln nur für Nachweis geeignet, nicht für Politikanalyse !**

- **Mit Hilfe von Ökobilanzen lassen sich viele Umweltwirkungen von Bioenergie quantifizieren**
 - **Aus Umweltsicht weisen die meisten Bioenergieträger Vor- und Nachteile auf. Sie tragen zur Schonung erschöpflicher Energieressourcen und i.d.R. zum Klimaschutz bei (außer bei Landnutzungsänderungen)**
 - **Einige Nachteile sind bei Anbaubiomasse (im Ggs. zu Reststoffen) systemimmanent, z. B. erhöhte Eutrophierung**
 - **Ergebnis v. a. abhängig von der Art der Biomasse und dem ersetzten fossilen Energieträger**
- **Einige lokale Umweltwirkungen können (noch) nicht sachgerecht abgebildet werden, sind aber wichtig:**
 - **Auswirkungen auf Biodiversität, Boden und Wasser sehr relevant in landwirtschaftlichen Systemen**
 - **Ökobilanzen können z.B. um Elemente einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) ergänzt werden**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Nils Rettenmaier



Fragen ?

..... beantworte ich gerne !

Kontakt:

..... nils.retttenmaier@ifeu.de

Downloads:

..... www.ifeu.de

..... www.biograce.net