



18.02.2019

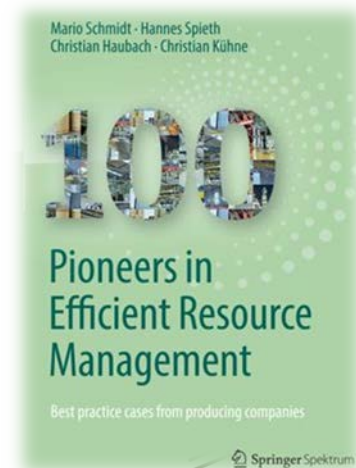
Hochschule Pforzheim
**Soziale Lebenszyklus-
Bewertung von
Energiesystemszenarien**

Agenda

- Vorstellung und Ziel
- Einführung in social LCA mit Datenbank soca
- Überblick Beispielszenarien Energiesystem 2050
- Vergleich der sozialen Auswirkungen der Beispielszenarien
- Analyse und Diskussion der Ergebnisse
- Schlussfolgerungen

Vorstellung INEC

- Interdisziplinäre Forschungsgruppe mit Schwerpunkt Industrial Ecology (Materialflussanalysen, LCA, nachhaltige Energiesysteme, Ressourceneffizienz und Rohstofffragen, ...)
- Projektgeber u.a. EU, BMWi, BMBF, Land BW, sowie direkte Kooperationsprojekte mit Unternehmen
- Aktuelle Highlights
 - 100 Betriebe für Ressourceneffizienz
 - Kooperatives Promotionskolleg „Energie und Ressourcen“ mit KIT und HfT Stuttgart
 - Vergleichende Analyse der Ressourceneffizienz von Primär- und Sekundärrohstoffgewinnung – der Rohstoff-Energie-Nexus
 - Ensource - Zentrum für angewandte Forschung (ZAFH) Urbane Energiesysteme und Ressourceneffizienz
 - **InNOSys - Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung und –optimierung von Energiesystemen**



Rahmen und Ziel

- Rahmen: Projekt „InNOSys – Integrierte Nachhaltigkeitsbewertung und –optimierung von Energiesystemen“ zusammen mit DLR - Institut für Technische Thermodynamik
- Bewertung der Nachhaltigkeit zukünftiger Energiesystemszenarien für DE
- INEC ist u.a. in die Aufbereitung/Aktualisierung für Energiesysteme wichtiger Ökobilanzdatensätze und für multi-kriterielle Bewertungsfrage eingebunden
- Nebenthema im Projekt, aber Kern dieses Vortrags:
Einbindung der lebenszyklusbasierten Bewertung von sozialen Aspekten
 - Soziale Akzeptanz wird an anderer Stelle im Projekt erforscht
 - Hier: Grenzen und Möglichkeiten der Social LCA
 - Explorativer Forschungsansatz – Ergebnisoffenes Erproben der Methodik

Hintergrund Social LCA

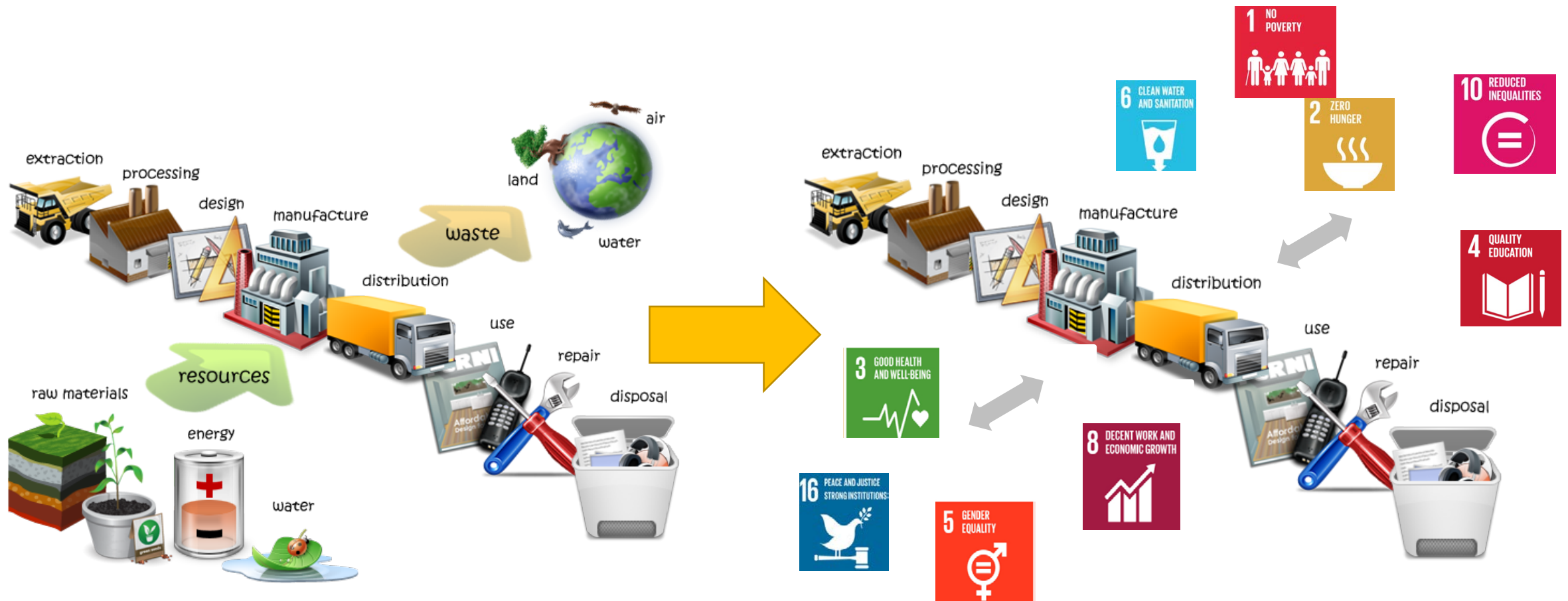
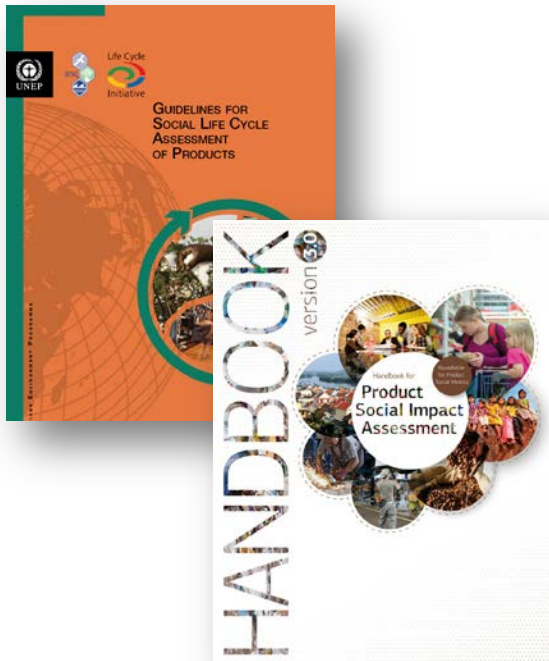


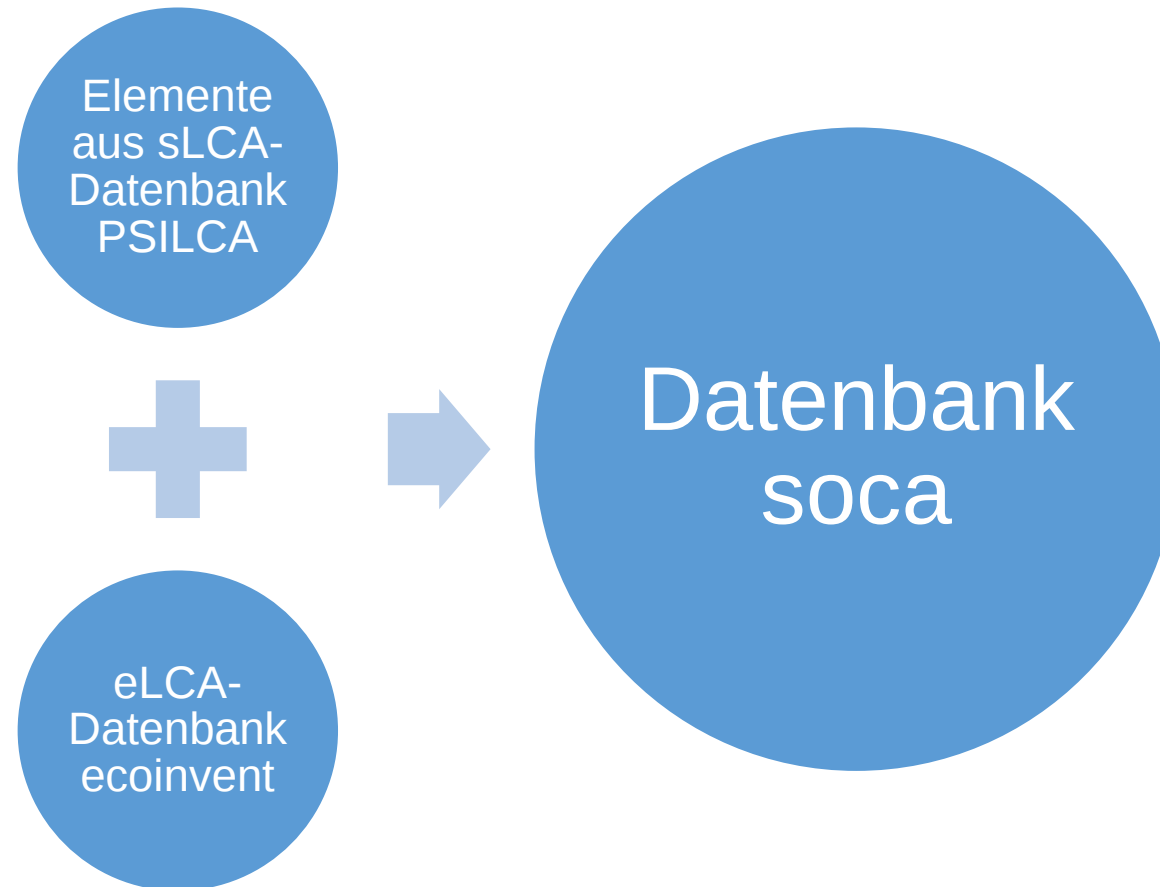
Abbildung links: sustainable-graphic-design.blogspot.com; Abbildung rechts: gleiche Quelle ergänzt um Piktogramme der UN SDGs

Hintergrund Social LCA



- Erste Richtlinien/Handbücher
- Erste Hintergrunddatenbanken; sowohl basierend auf ökonomischen I/O-Modellierungen als auch auf Materialflusslogik
- Forschungsvolumen steigt, Praxisanwendungen noch begrenzt
- Überwiegend risikobasierte und semi-quantitative/qualitative Ansätze
- Zahlreiche methodische Herausforderungen, bspw.
 - Social Impacts sind Resultat des Managements eines Unternehmens und nicht zwangsweise eines spez. Produktionsprozesses
 - Linearität der Ursache-Wirkungsbeziehung nicht gegeben
 - ...

Kombination von eLCA- und sLCA-Datenbanken

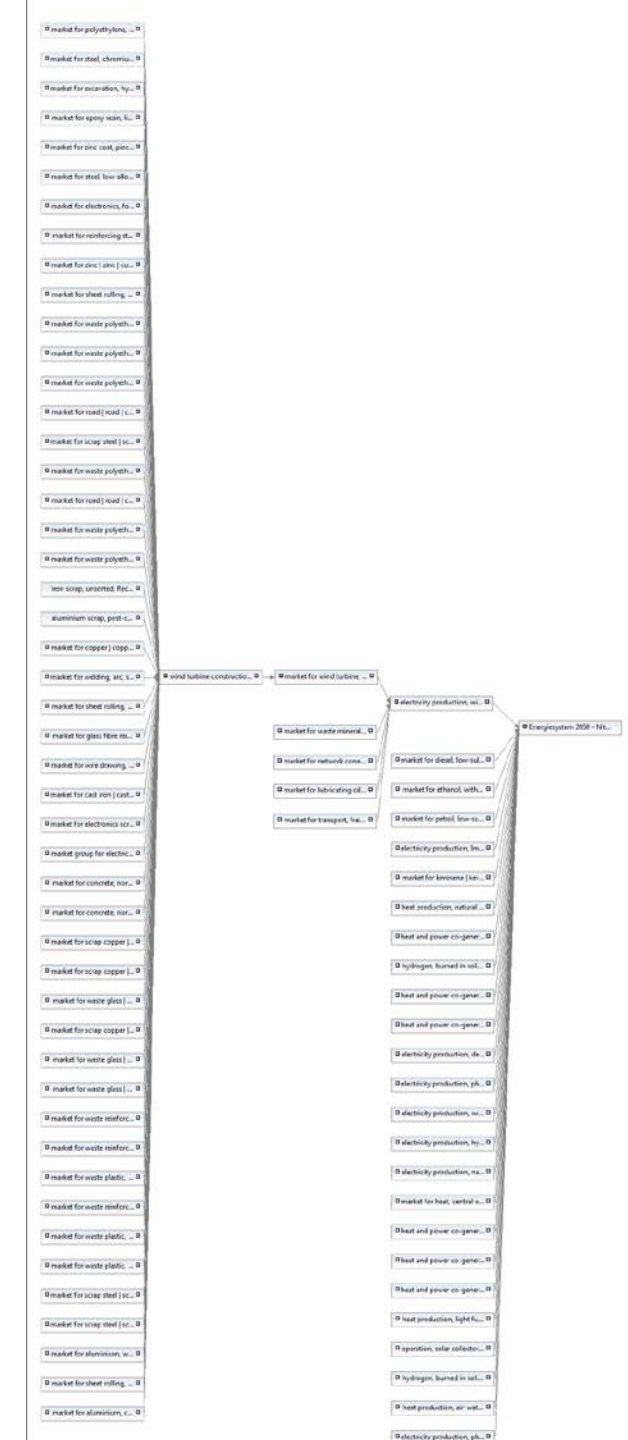


PSILCA

- Daten für über 15.000 Sektoren und 189 Länder verfügbar
- Datenbank enthält Informationen (Risiko-Stufen) zu 54 qualitativen und quantitativen sozialen Indikatoren je länderspezifischem Sektor
- Indikatoren werden zu 37 Wirkungskategorien zusammengefasst
- Datenquellen für soz. Indikatoren: z.B. Weltbank, Int. Labour Organisation, Weltgesundheitsorganisation, Vereinte Nationen.
- Aktivitätsvariable beschreibt die Relevanz einer Wirkung, die durch einen Prozess im Lebenszyklus verursacht wird
- Aktivitätsvariable: working hours pro USD Output je länderspezifischem Sektor
- PSILCA alleine ist nicht geeignet, verschiedene Energiesysteme zu vergleichen, da alle energieerzeugenden Technologien dem selben Sektor zugeordnet werden

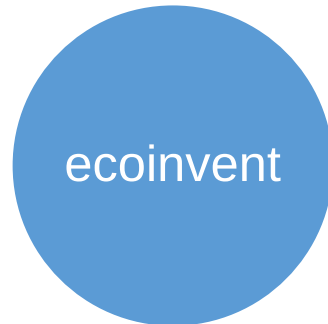
ecoinvent

- Ökobilanzdatenbank
- Technologische Verflechtungsmatrix auf Basis physischer Einheiten
- Prozesse bestehen
 - inputseitig aus Vorprodukt (inkl. Energie) und direkten Entnahmen aus der Erdkruste
 - Outputseitig aus dem Produkt und direkten Abgaben an die Erdkruste (v.a. Emissionen)
- Produkte sind mit Preisen hinterlegt



Mapping von PSILCA- und ecoinvent-Daten für soca

- Working hours/USD pro länderspezifischem Sektor
- Soziale Indikatoren pro länderspezifischem Sektor



- Länderspezifische Prozesse eingeordnet in sektorale Kategorien
- Preis pro funktioneller Einheit



- Working hours/funktioneller Einheit
- Soziale Indikatoren pro Prozess gemäß länderspez. Sektor

Einschränkungen von soca

- alle Aktivitäten und Produkte innerhalb eines Landes, die zur gleichen Kategorie gehören, erhalten durch das Mapping-Verfahren die gleichen sozialen Informationen
- Kosten in ecoinvent sind globale Durchschnittswerte, d.h. unabhängig vom Land und der spezifischen Technologie
→ starke Beeinflussung der für eine Tätigkeit berechneten Arbeitszeiten

Social Impact Assessment

- Technologiematrix für Produktsystem (hier Energiesystem) wird berechnet
 - working hours für jeden Prozess skaliert an Beitrag im Produktsystem liegen damit vor
 - Risiko-Stufe für jeden Indikator pro Prozess liegt vor
 - $\text{working hours} \times \text{Faktor} = \text{Indikator-Ergebnis pro Prozess}$
 - Aggregation über alle Prozesse
= Indikator-Ergebnis Produktsystem

Risiko-Stufe	Faktor
Very low risk	0,01
Low risk	0,1
Medium risk	1
High risk	10
Very high risk	100
No risk	0
No data	0,1

Soziale Wirkungskategorien PSILCA/soca

Zugang zu materiellen Ressourcen

- Biomasseverbrauch
- Erschöpfung des Brauchwassers
- Mineralienverbrauch
- Verbrauch fossiler Brennstoffe
- Zertifiziertes Umweltmanagementsystem

Migration

- Internationale Arbeitsmigranten (in der Branche/ am Standort)
- Internationale Migrantenbestände
- Nettomigration

Sichere und gesunde Lebensbedingungen

- Sanitärversorgung
- Trinkwasserversorgung
- Verschmutzung

Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung

- Analphabetismus
- Analphabetismus bei Jugendlichen

- Ausbildung

Kinderarbeit

- Kinderarbeit, weiblich
- Kinderarbeit, männlich
- Kinderarbeit, insgesamt

Zwangsarbeit

- Durch Zwangsarbeit hergestellte Güter
- Häufigkeit der Zwangsarbeit
- Menschenhandel

Versammlungsfreiheit und Tariffreiheit

- Gewerkschaftsbewegung
- Versammlungs- und Tarifrechte

Gesundheit und Sicherheit (Arbeiter)

- Tödliche Unfälle
- Nicht tödliche Unfälle
- DALYs durch Luft- und Wasserverschmutzung im Innen- und Außenbereich

- Von Naturkatastrophen betroffene Arbeitnehmer
- Sicherheitsmaßnahmen

Soziale Errungenschaften, rechtliche Aspekte

- Sozialversicherungsaufwand
- Verstöße gegen arbeitsrechtliche Gesetze und Vorschriften

Sonstige

- Arbeitslosigkeit
- Wöchentliche Arbeitsstunden pro Mitarbeiter
- Faire Bezahlung
- Gesundheitsausgaben
- Indigene Rechte
- Korruption
- Lohngefälle zwischen den Geschlechtern
- Wettbewerbswidriges Verhalten oder Verletzung von Kartell- und Monopolgesetzen

Erprobung Social LCA im Energiesystemkontext - Vorgehen

- Modellierung von Energieszenarien (Status Quo, 80% und 95% THG-Reduktion) in openLCA nach LCA-Logik mit Datenbank soca
- Vergleich und kritische Prüfung der Ergebnisse

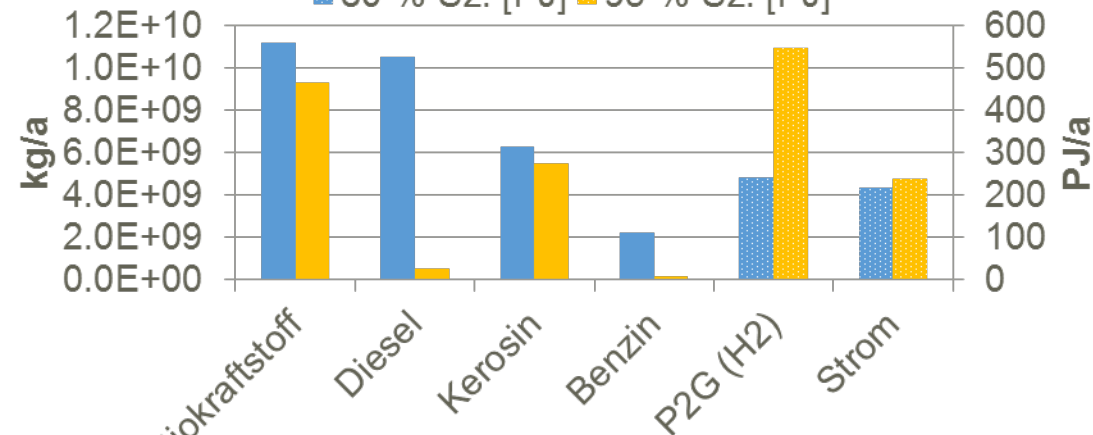
→ Ist es möglich, mit bestehenden Social-LCA-Daten und Methoden sinnvolle und verlässliche soziale Indikatoren für die multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung von Energieszenarien zur Verfügung zu stellen?

Überblick Beispielszenarien Energiesystem DE 2050

- Vergleich zweier Szenarien mit 80 % bzw. 95 % Treibhausgasminderung

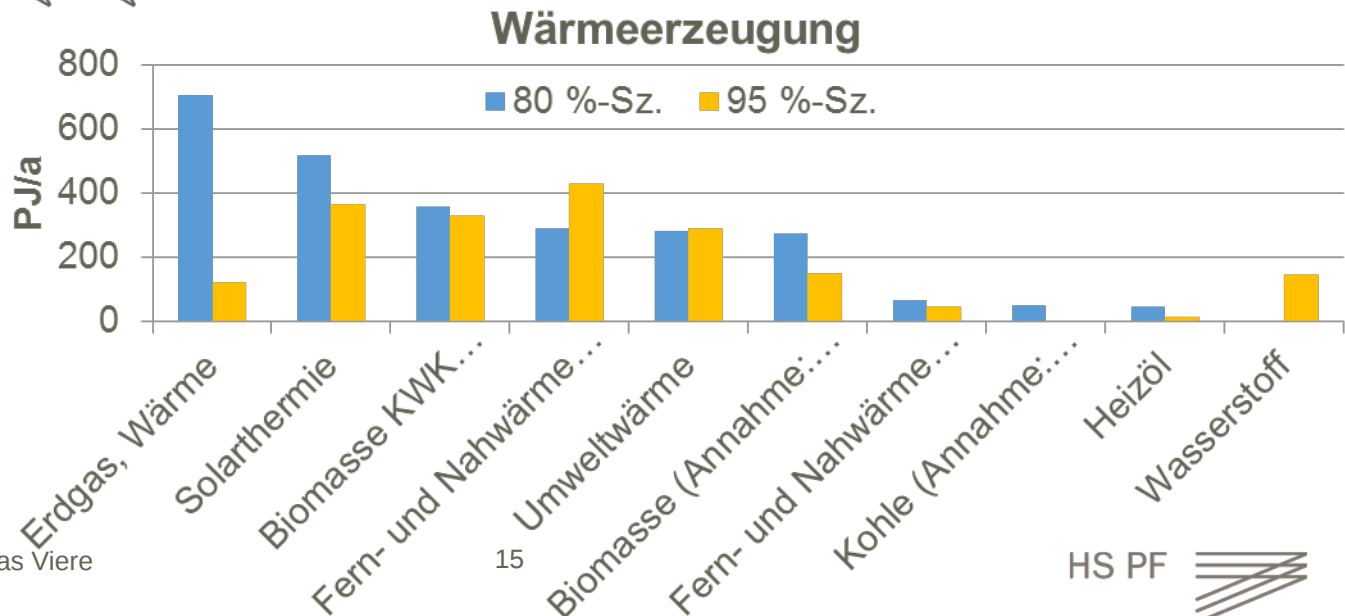
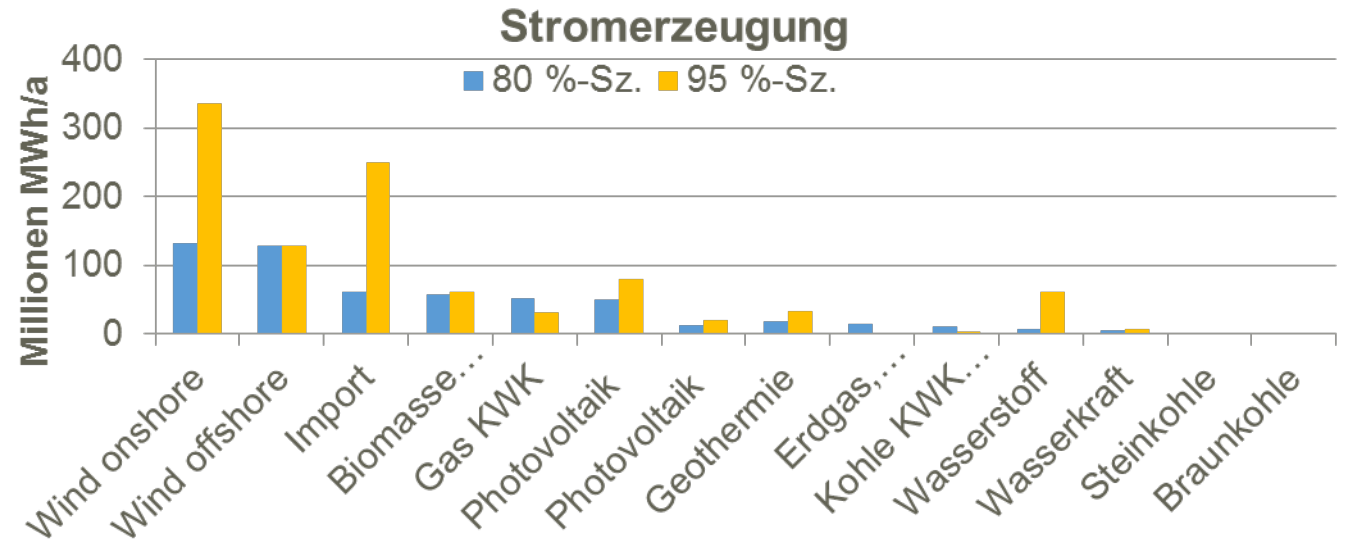
Kraftstoffe

80 %-Sz. [kg] 95 %-Sz. [kg]
80 %-Sz. [PJ] 95 %-Sz. [PJ]



Strom in Stromerzeugung enthalten

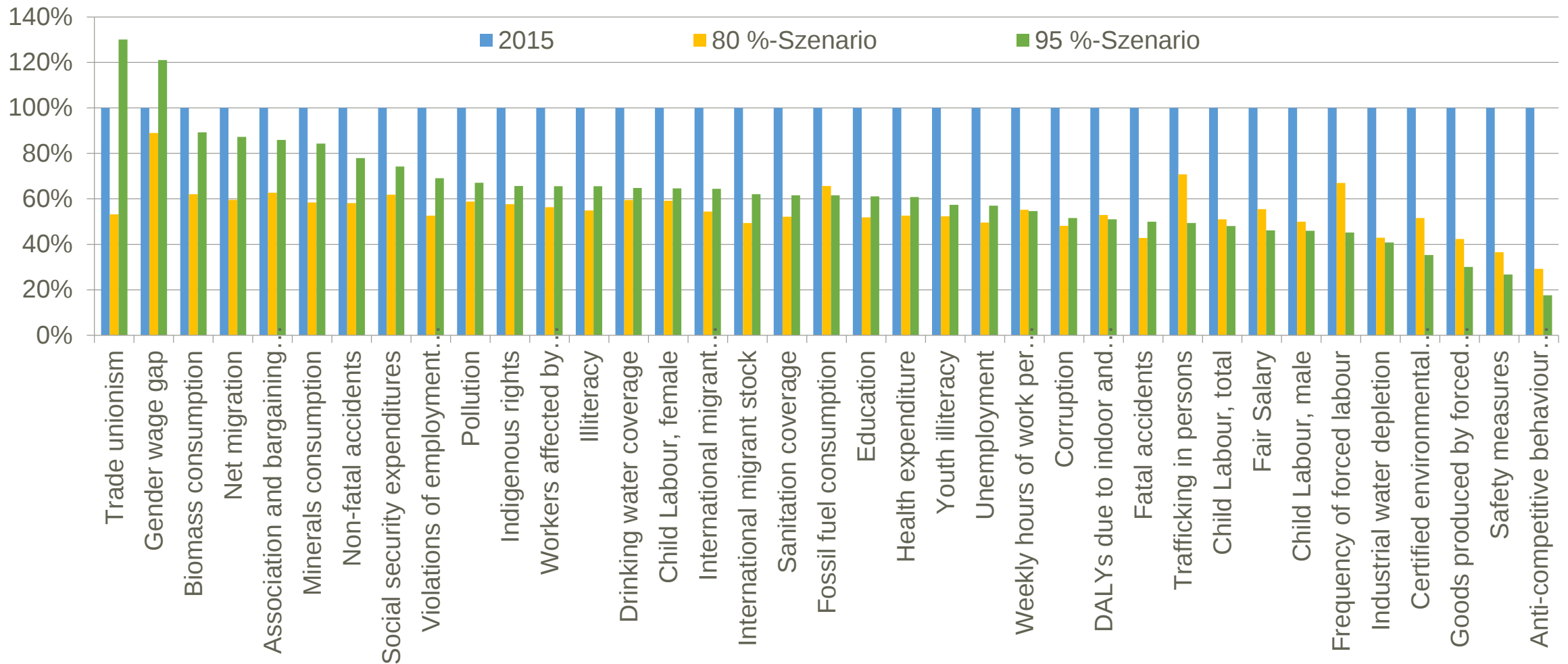
Strom für Elektrolyse in Stromerzeugung enthalten, Aufwand für Anlage fehlt



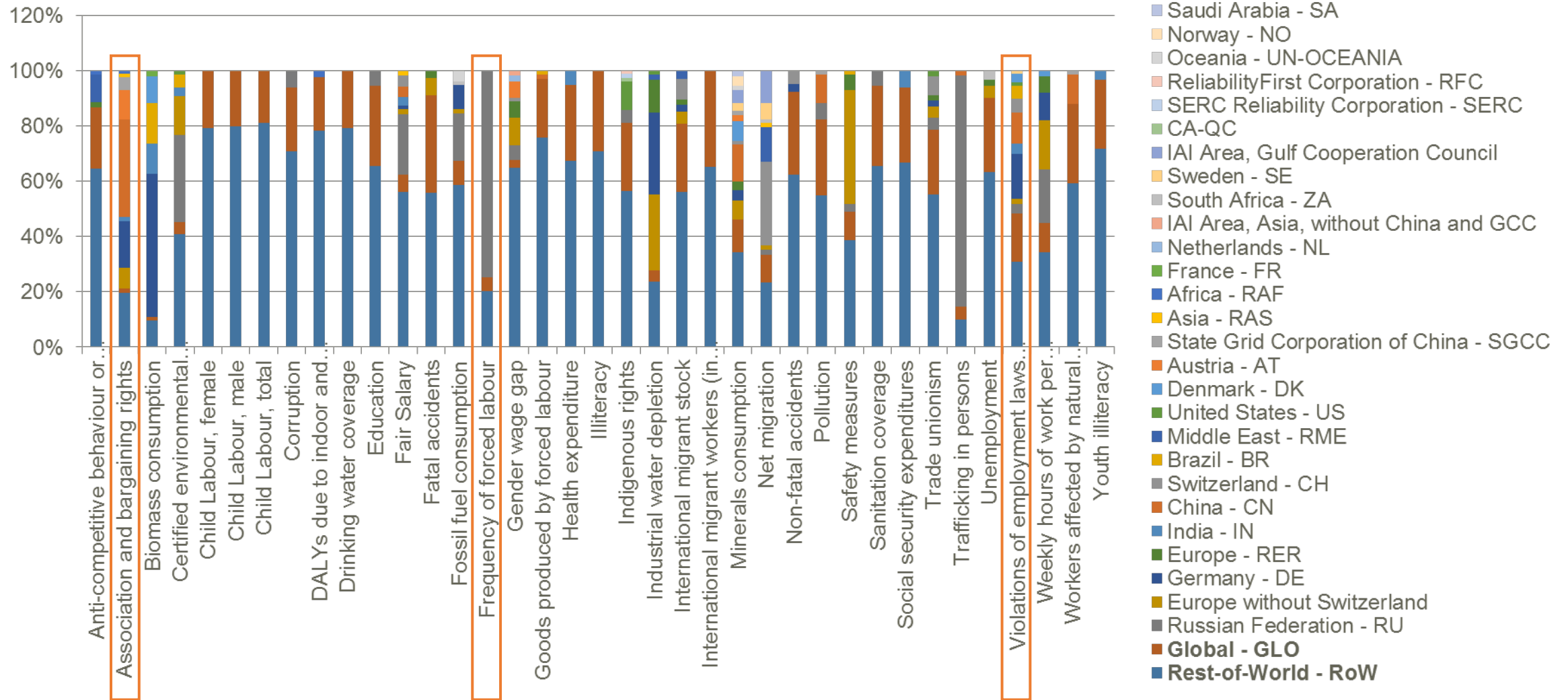
Modellierung Energiesysteme mit ecoinvent

- Endenergie pro Szenario:
 - 2015: 8.989 PJ/a
 - 80 %-Szenario: 5.236 PJ/a
 - 95 %-Szenario: 4.970 PJ/a
- keine Effizienzmaßnahmen in Zukunftsszenarien berücksichtigt
- Pro Energieträger nur eine Technologie stellvertretend verwendet
- Verkehr: well-to-tank
- Keine Parametrisierung, Standard-ecoinvent-Datensätze
- Eigene Annahme für Importstrom: Wasserkraft (AT) 45 %, Wind, offshore (DK) 30 %, Wind onshore (FR) 15 %, PV Freifläche (FR) 10 %
- Sehr grobe Bilanzierung

Vergleich der Szenarien mit 2015 (Endenergie ges./a, 2015 = 100 %)



Anteile der Länder je Indikator – 80 %-Szenario



Impact Assessment für „Association and bargaining rights“ – 95 %-Sz. – höchste Einzelbeiträge

Association and bargaining rights					5.23386E10	ACB med
P	electricity production, hydro, reservoir, alpine region electricity, high voltage cut-off, U	AT			1.39781E10	ACB med
F	Right to Strike; very high risk		6.98903E7 h	100.00000 ACB med risk ho...	6.98903E9	ACB med
F	Right of Collective bargaining; very high risk		6.98903E7 h	100.00000 ACB med risk ho...	6.98903E9	ACB med
P	electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore electricity, high voltage cut-off, U	DE			3.19070E9	ACB med
F	Right of Collective bargaining; high risk		1.59535E8 h	10.00000 ACB med risk hour...	1.59535E9	ACB med
F	Right to Strike; high risk		1.59535E8 h	10.00000 ACB med risk hour...	1.59535E9	ACB med

- Sehr hohes Risiko im Bereich Versammlungs- und Tarifrechte scheint für Österreich wenig plausibel, ebenso hohes Risiko für DE

Impact Assessment für „Violations of employment laws and regulations“ - 95 %-Sz. – höchste Einzelbeiträge

Violations of employment laws and regulations			2.53389E10	VL med ris
P wind turbine construction, 2MW, onshore wind turbine, 2MW, onshore cut-off, U - GLO			2.38809E9	VL med ris
F Evidence of violations of laws and employment regulations; medium risk	2.38809E9 h	1.00000 VL med risk hours/h	2.38809E9	VL med ris
P electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore electricity, high voltage cut-off, U - DK			2.27528E9	VL med ris
F Evidence of violations of laws and employment regulations; high risk	2.27528E8 h	10.00000 VL med risk hours/h	2.27528E9	VL med ris
P electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore electricity, high voltage cut-off, U - DE			1.59535E9	VL med ris
F Evidence of violations of laws and employment regulations; high risk	1.59535E8 h	10.00000 VL med risk hours/h	1.59535E9	VL med ris

- Hohes Risiko für DK und DE bei Verstößen gegen arbeitsrechtliche Gesetze und Vorschriften erscheint wenig plausibel

Impact Assessment für „Frequency of forced labour“ - 80 %-Sz. – höchste Einzelbeiträge

Frequency of forced labour				8.36406E10	FL me...
P transport, pipeline, long distance, natural gas transport, pipeline, long distance, natural gas cut-off, U - RU				■ 3.80632E10	FL me...
F Frequency of forced labour; very high risk	3.80632E8 h	100.00000 FL med risk hours/h	■	3.80632E10	FL me...
P natural gas production natural gas, high pressure cut-off, U - RU				■ 1.04801E10	FL me...
F Frequency of forced labour; very high risk	1.04801E8 h	100.00000 FL med risk hours/h	■	1.04801E10	FL me...

- Erdgasproduktion und –transport in Russland bergen Risiko für Zwangsarbeit

Ergebnisse

- Unterschiede zwischen den Szenarien aufgrund hoher Unsicherheiten nicht signifikant
- Für Vergleich zum Status Quo müssten Effizienzmaßnahmen berücksichtigt werden
- Großteil der Indikatoren aufgrund der Verwendung von Durchschnittswerten für globale und RoW-Datensätze nicht aussagekräftig
 - Vergleich der Energieszenarien nur für wenige Indikatoren möglich
- Länder, die in beiden Fällen hervortreten sind DE, RUS, CN; bei hohen Importen auch AT und DK
 - RS und CN erwartbar; DE, AT und DK unplausibel

Diskussion der Ergebnisse

- Zuschnitt der Sektoren beeinflusst working hours/USD (Bsp. Stromsektor: CH enthält noch Wasserwirtschaft, DE Wasserwirtschaft separat)
- Subjektivität bei Bestimmung des Risiko-Levels und des Impact-Faktors (Bsp. 100 Prozesse mit very low risk = 1 Prozess mit very high risk (bei gleicher Aktivitätsvariable))
- Risiko-Bewertung teils fragwürdig
- Zukünftige Entwicklungen bleiben unberücksichtigt (Wie sehen soziale Impacts in 2050 in Ländern und Sektoren aus?)

Schlussfolgerungen

Ist es möglich, mit bestehenden Social-LCA-Daten und Methoden sinnvolle und verlässliche soziale Indikatoren für die multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung von Energieszenarien zur Verfügung zu stellen?

- Es ist möglich, soziale Indikatoren zur Verfügung zu stellen
- **Verlässlichkeit und Aussagekraft sind (noch) nicht gegeben**

Schlussfolgerungen und Ausblick

- Insgesamt große Unsicherheiten
- Methodisch noch viele Fragen offen
- Verallgemeinerung von Ländern ist für sLCA größeres Problem als für eLCA
 - Länderzuordnung der Prozesse müssten entsprechend der tatsächlichen Lieferkette angepasst werden
- Trotzdem können mit Datenbanken höchstens Hotspots identifiziert werden
 - eigentlich unternehmensspezifische Daten entlang der gesamten Lieferketten notwendig
- Eher qualitative Analyse auf Basis von PSILCA für Energiesektor DE

18.02.2019

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Kontakt: heidi.hottenroth@hs-pforzheim.de
tobias.viere@hs-pforzheim.de

Gefördert durch:



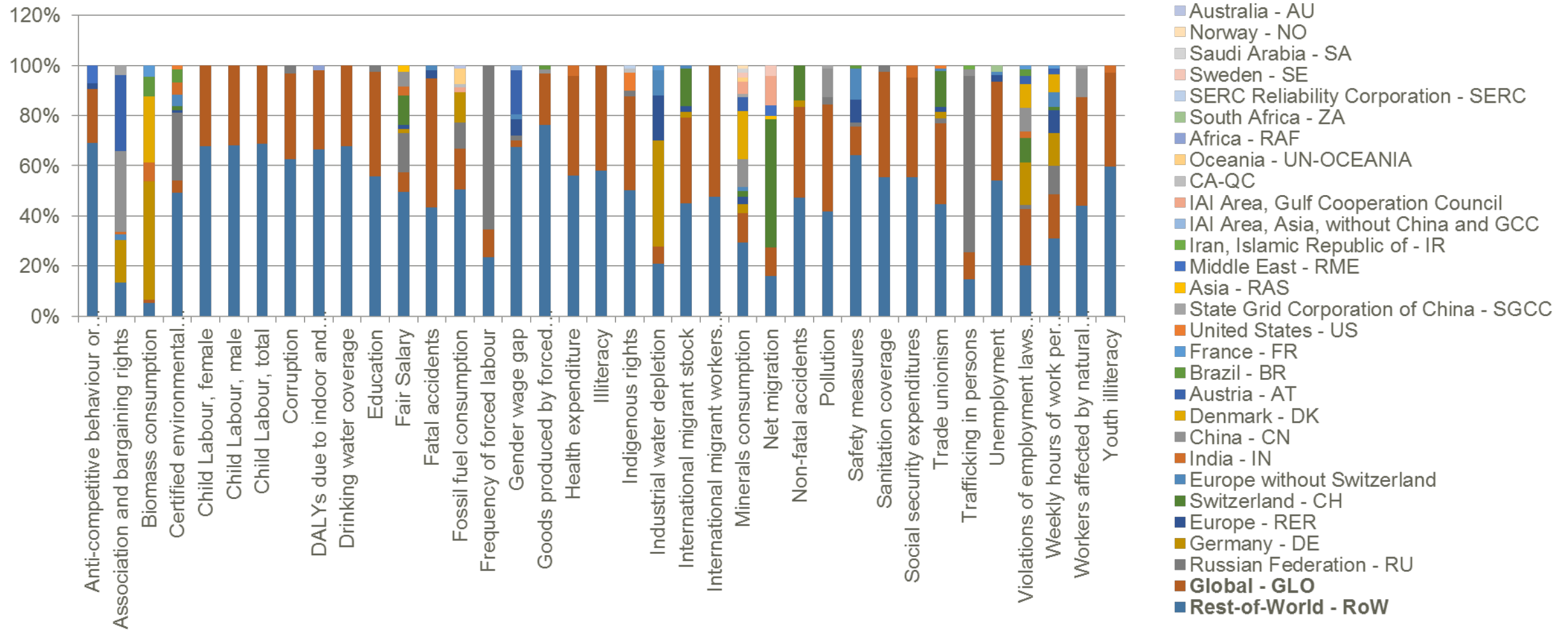
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

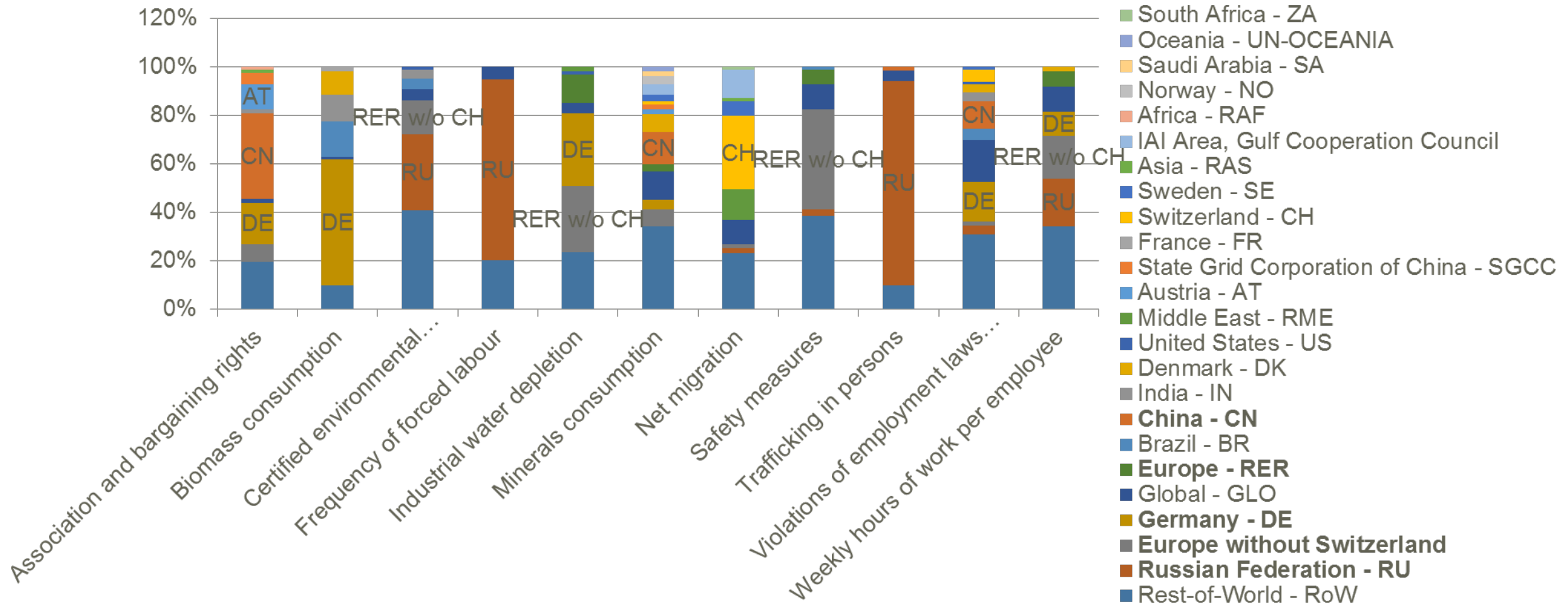
www.innosys-projekt.de

FKZ: 03ET4058

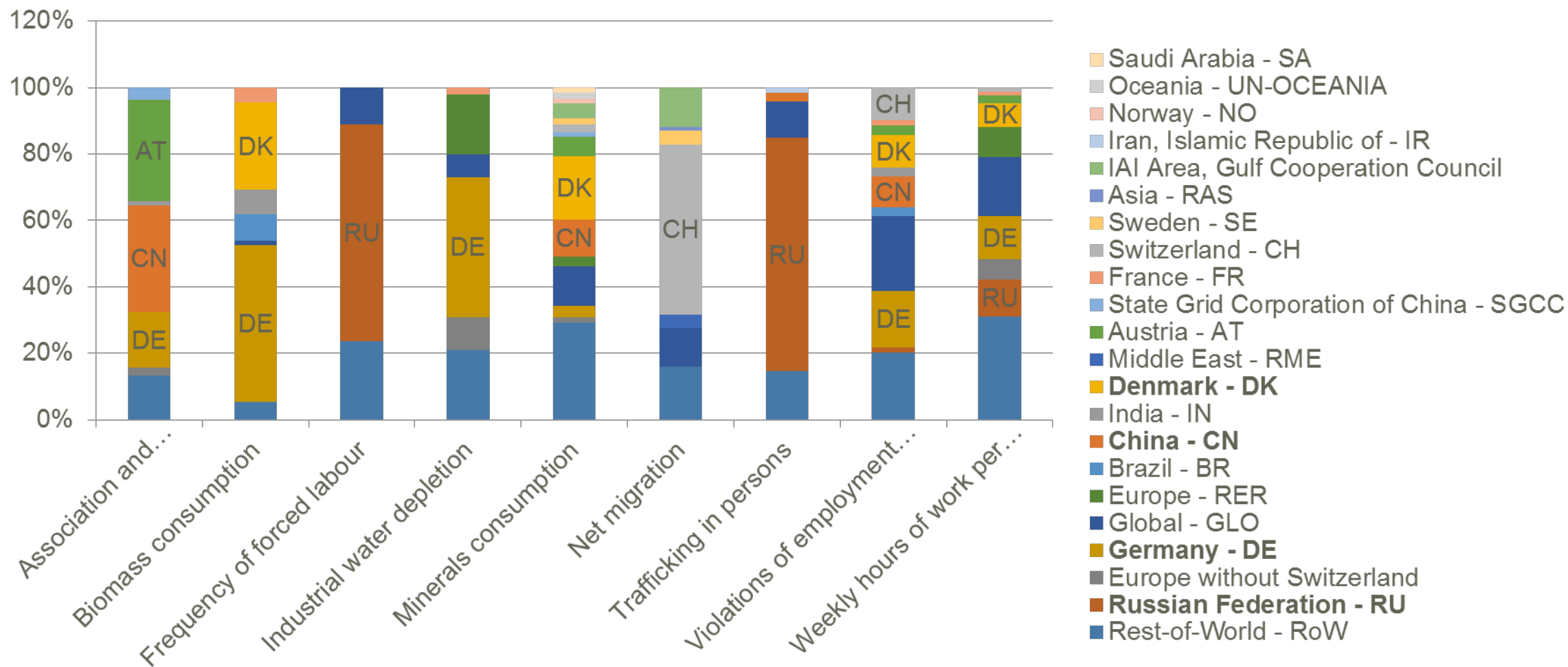
Anteile der Länder je Indikator – 95 %-Szenario



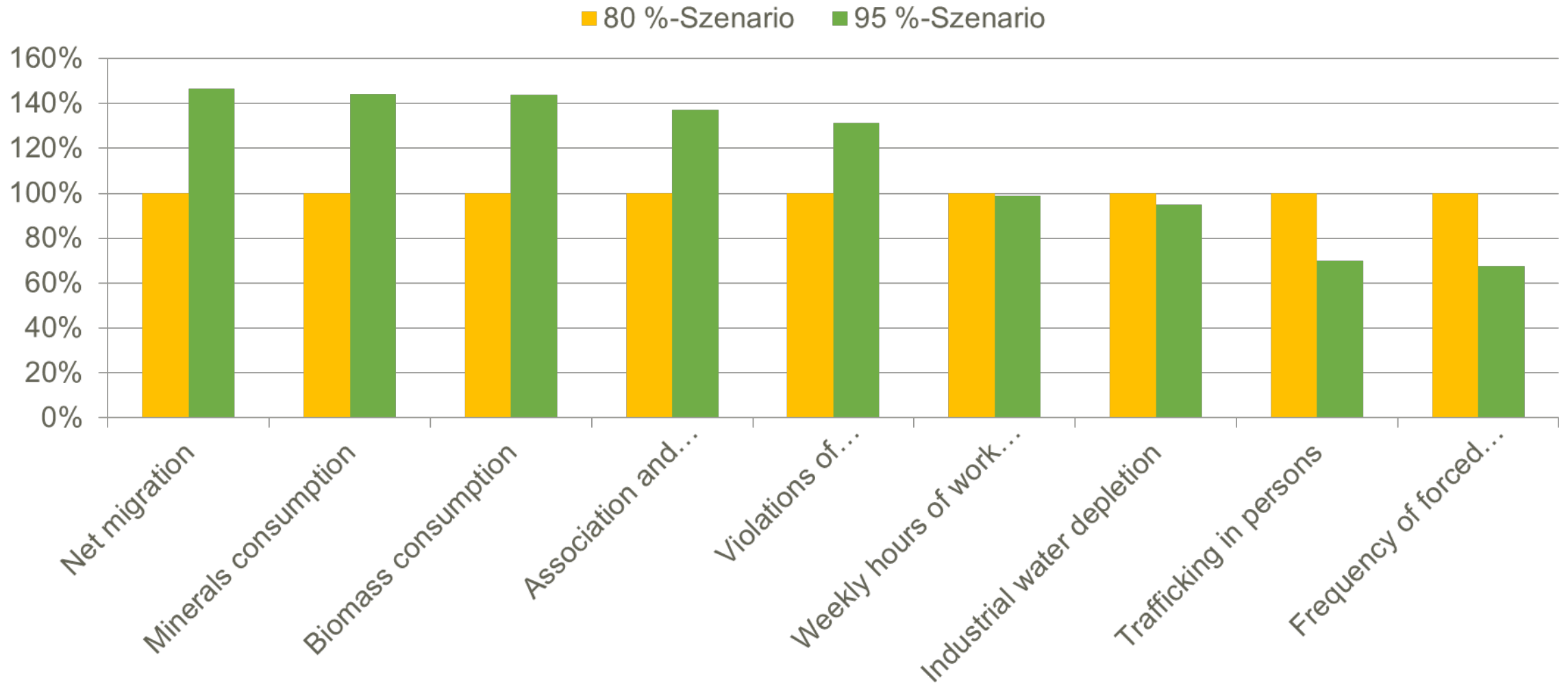
Anteile der Länder je Indikator ohne GLO/RoW-Dominanz – 80 %-Szenario



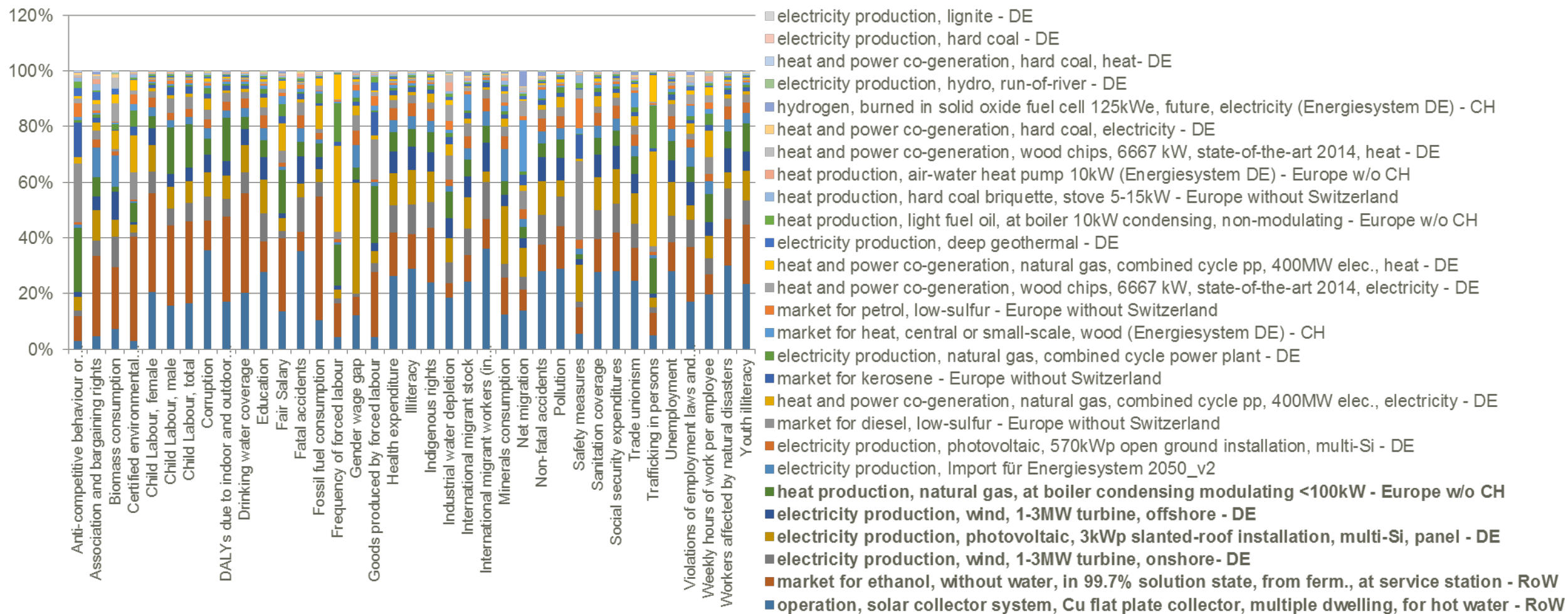
Anteile der Länder je Indikator ohne GLO/RoW-Dominanz – 95 %-Szenario



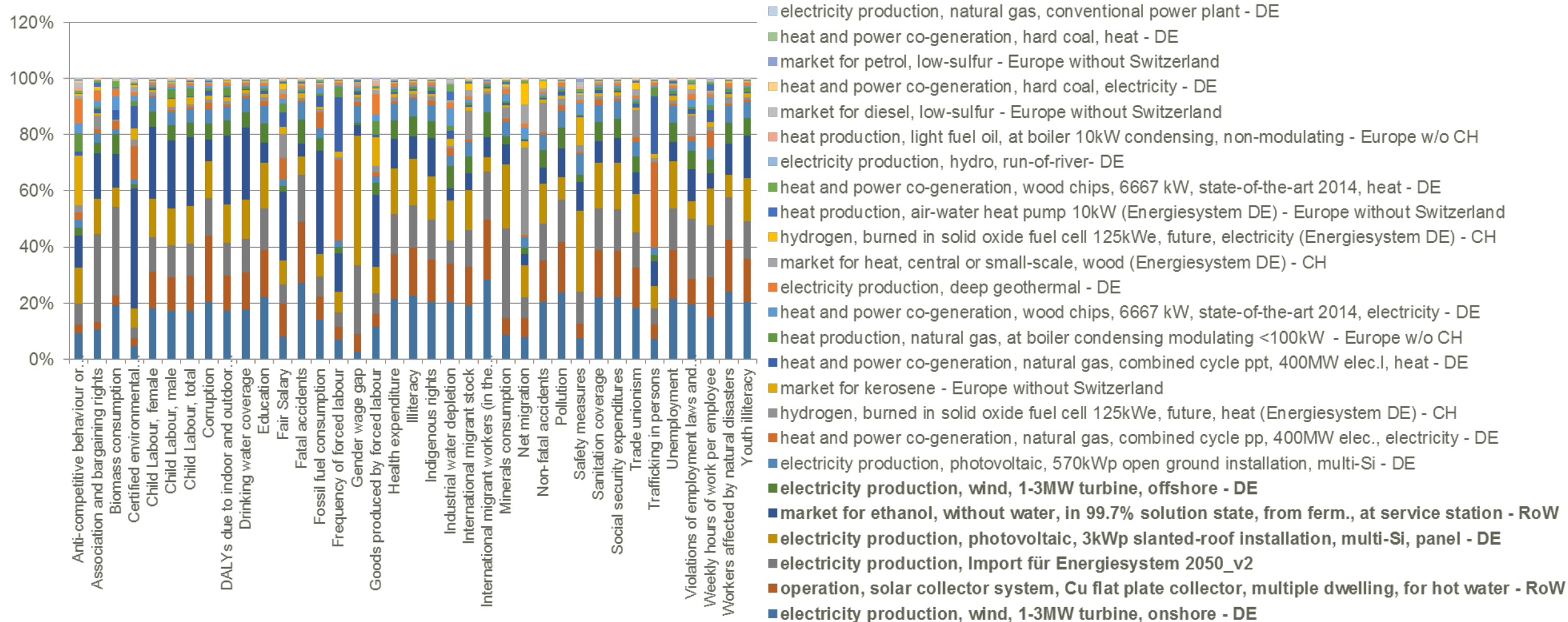
Vergleich der Szenarien (Endenergie ges./a, 80 %-Sz. = 100 %)



Anteile der Prozesse je Indikator – 80 %-Szenario



Anteile der Prozesse je Indikator – 95 %-Szenario



Top 10 der Vorprozesse für „Net migration“ - 95 %-Sz.

	NM med risk hours
hydrogen, burned in solid oxide fuel cell 125kWe, future electricity, low voltage cut-off, U (Energiesystem DE) - CH	51.97%
hydrogen, burned in solid oxide fuel cell 125kWe, future heat, future cut-off, U (Energiesystem DE) - CH	12.14%
aluminium production, primary, liquid, prebake aluminium, primary, liquid cut-off, U - IAI Area, Gulf Cooperation Council	8.82%
aluminium production, primary, ingot aluminium, primary, ingot cut-off, U - IAI Area, Gulf Cooperation Council	8.64%
petroleum production, onshore petroleum cut-off, U - RME	5.34%
hardwood forestry, birch, sustainable forest management wood chips, wet, measured as dry mass cut-off, U - SE	3.81%
heat production, hardwood chips from forest, at furnace 50kW, state-of-the-art 2014 heat, central or small-scale, other than natural gas cut-off, U - CH	3.59%
electricity voltage transformation from high to medium voltage, aluminium industry electricity, medium voltage, aluminium industry cut-off, U - IAI Area, Gulf Cooperation Council	2.14%
hardwood forestry, mixed species, sustainable forest management wood chips, wet, measured as dry mass cut-off, U - CH	1.91%
softwood forestry, spruce, sustainable forest management wood chips, wet, measured as dry mass cut-off, U - SE	1.63%

Top 10 der Vorprozesse für „Violations of employment laws and regulations“ - 95 %-Sz.

	VL med risk hours
Global - GLO	22.56%
Rest-of-World - RoW	20.16%
electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore electricity, high voltage cut-off, U - DK	9.63%
electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore electricity, high voltage cut-off, U - DE	6.75%
hydrogen, burned in solid oxide fuel cell 125kWe, future electricity, low voltage cut-off, U (Energiesystem DE) - CH	6.31%
transport, freight train, diesel transport, freight train cut-off, U - CN	3.54%
electricity production, hydro, reservoir, alpine region electricity, high voltage cut-off, U - AT	2.96%
electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore electricity, high voltage cut-off, U - DE	2.57%
electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted ... - DE	1.78%
sugarcane production sugarcane cut-off, U - BR	1.66%

Überblick Beispielszenarien Energiesystem 2050

Energieform	Energieträger	Lieferprozess
Strom	Wind onshore	electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Wind offshore	electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Import	electricity production, Import für Energiesystem 2050
Strom	Biomasse KWK + Biomasse	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Gas KWK	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Photovoltaik	electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted electricity, low voltage cut-off, U - DE
Strom	Photovoltaik	electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si electricity, low voltage cut-off, U - DE
Strom	Geothermie	electricity production, deep geothermal electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Erdgas, Strom	electricity production, natural gas, conventional power plant electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Kohle KWK (Annahme: Steinkohle)	heat and power co-generation, hard coal electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Wasserstoff	hydrogen, burned in solid oxide fuel cell 125kWe, future electricity, low voltage cut-off, U (Energiesystem DE) - CH
Strom	Wasserkraft	electricity production, hydro, run-of-river electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Steinkohle	electricity production, hard coal electricity, high voltage cut-off, U - DE
Strom	Braunkohle	electricity production, lignite electricity, high voltage cut-off, U - DE
Wärme	Erdgas, Wärme	heat production, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW heat, central or small-scale, natural gas cut-off, U - Europe without Switzerland
Wärme	Solarthermie	operation, solar collector system, Cu flat plate collector, multiple dwelling, for hot water heat, central or small-scale, other than natural gas cut-off, U - RoW
Wärme	Biomasse KWK (Annahme: Holz)	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 heat, district or industrial, other than natural gas cut-off, U - DE
Wärme	Fern- und Nahwärme (Anteil aus Erdgas)	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical heat, district or industrial, natural gas cut-off, U - DE
Wärme	Umweltwärme	heat production, air-water heat pump 10kW heat, air-water heat pump 10kW cut-off, U (Energiesystem DE) - CH
Wärme	Biomasse (Annahme: Holz)	market for heat, central or small-scale, other than natural gas heat, central or small-scale, other than natural gas cut-off, U (nur Holz) - CH
Wärme	Fern- und Nahwärme (Anteil aus Steinkohle)	heat and power co-generation, hard coal heat, district or industrial, other than natural gas cut-off, U - DE
Wärme	Kohle (Annahme: Steinkohle)	heat production, hard coal briquette, stove 5-15kW heat, central or small-scale, other than natural gas cut-off, U - Europe without Switzerland
Wärme	Heizöl	heat production, light fuel oil, at boiler 10kW condensing, non-modulating heat, central or small-scale, other than natural gas cut-off, U - Europe without Switzerland
Wärme	Wasserstoff	hydrogen, burned in solid oxide fuel cell 125kWe, future heat, future cut-off, U (Energiesystem DE) - CH
Kraftstoff	Benzin	market for petrol, low-sulfur petrol, low-sulfur cut-off, U - Europe without Switzerland
Kraftstoff	Kerosin	market for kerosene kerosene cut-off, U - Europe without Switzerland
Kraftstoff	Diesel	market for diesel, low-sulfur diesel, low-sulfur cut-off, U - Europe without Switzerland
Kraftstoff	Biokraftstoffe	market for ethanol, without water, in 99.7% solution state, from fermentation, at service station ethanol, without water, in 99.7% solution state, from fermentation, at service station cut-off, U - RoW
Kraftstoff	Wasserstoff	Strom für Elektrolyse in Stromerzeugung enthalten, Aufwand für Anlage fehlt
Kraftstoff	Strom	in Stromerzeugung enthalten