

LCA-EE

Aktualisierung von Ökobilanzdaten für Erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe

Beitrag zu Workshop „Aktuelle Entwicklungen in der Statistik und Emissionsbilanzierung der erneuerbaren Energien“

Berlin, 17.10.2013

Lothar Rausch, Öko-Institut

Uwe Fritsche, IINAS GmbH

Gefördert durch:



Übersicht

- 1 LCA-EE Aufgabenstellung
- 2 Anforderungen Technologieraster
- 3 Datenhandling
- 4 Ausgewählte Ergebnisse
- 5 Anwendbarkeit Daten

1 LCA-EE Aufgabenstellung

- Die Berichterstattung über die effektive Umweltentlastung durch EE erfordert, die lebenswegbezogenen Umwelteffekte der EE denen der substituierten (fossilen) Energieträger gegenüberzustellen
- Update der ökobilanziellen Daten zu Treibhausgasen, SO₂, Nox, Staub
- Differenzierung Anlagendaten insbesondere im Bereich Biomassenutzung
- Datengrundlagen zu lebenswegsbezogenen THG- und Luftschadstoff-Emissionen durch EE
- Datenqualität und Datenvalidierung der Ökobilanz-Basisdaten
- Fortschreibungsmöglichkeiten dieser Daten

1 Projektkonsortium



Koordination, Bio-Vorketten, Modellierung,
Fortschreibungskonzept



Bioenergie-Anlagenspektrum



Solarwärme (+ CSP)



Wasserkraft (ecoinvent)



Geothermie



THG-Daten Bioenergie, Methodik



Wind



Photovoltaik

2 Anforderungen Technologieraster

- Für alle technischen Varianten der Erzeugung erneuerbarer Energien wird eine Klasse gebildet, in der diese Anlagen zugeordnet werden
- Je mehr Technologie-Varianten abgebildet werden können, desto genauer lässt sich die Einzeltechnologie beschreiben
- Um den Aufwand bei der statistischen Erhebung der Daten nicht zu vergrößern, muss die Anzahl der Technologievarianten eingeschränkt werden
- Die gewählte Klassenaufteilung muss den Bestand der Anlagen möglichst präzise abbilden.
- Eine Klasse kann aus einem Mix aus Einzeltechnologien bestehen. Dieser Mix wird dokumentiert und ist fortschreibbar

2 Technologieraster 1

| INPUT | | Gewinnung | Logistik | | Konversion upstream | | | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|---|------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------------|
| biogener Rohstoff | | Saat, Anbau, Behandlung, Ernte | Schlepper, Traktor, Lkw usw. | Lager, Umschlag | Trocknung, Zerkleinerung, Kompaktierung, Aufbereitung | Festbottvergasung (FB) | WS-Vergasung (WS) > 2 MW | Biogas-erzeugung | Gas-Reinigung/upgrading | Sonstige (Umesterung, Ethanol, FT) |
| Energiepflanzen | Kurzumtrieb | x | x | | x | x | x | | | x |
| | Raps | x | x | | x | | | | | x |
| | Zuckerrüben | x | x | | | | | | | x |
| | Zuckerrohr | x | x | | | | | | | x |
| | Palm | x | x | | x | | | | | x |
| | Soja | x | x | | x | | | | | x |
| | Mais-Silage | x | x | x | x | | | x | x | |
| | Weizen | x | x | | | | | | | x |
| | Roggen-Silage | x | x | x | x | | | x | x | x |
| Abfälle, Reststoffe | Altholz | | | | x | | | | | |
| | Rest-, Schwachholz | | x | x | x | x | x | | x | x |
| | Sägespäne etc. | | | | x | | | | | |
| | Stroh | | x | | x | | x | | x | |
| | Altfett | | x | | | | | | | x |
| | Grünschnitt | | x | | | | | x | | |
| | Landschaftspflegematerial | | x | | x | | | x | | |
| | Gülle | | x | | | | | x | x | |
| | org. Hausmüll | | | | | | | x | x | |
| | industr. Substrate | | | | | | | x | | |
| | industr. fester Bioabfall | | x | | x | | | | | |
| | Klärgas | | | | | | | | | |
| | Tierfett/Tiermehl | | | | | | | | | |
| | Klärschlamm | | | | x | | | | | |
| | Schwarzlauge | | | | | | | | | |
| | Deponiegas | | | | | | | | | |

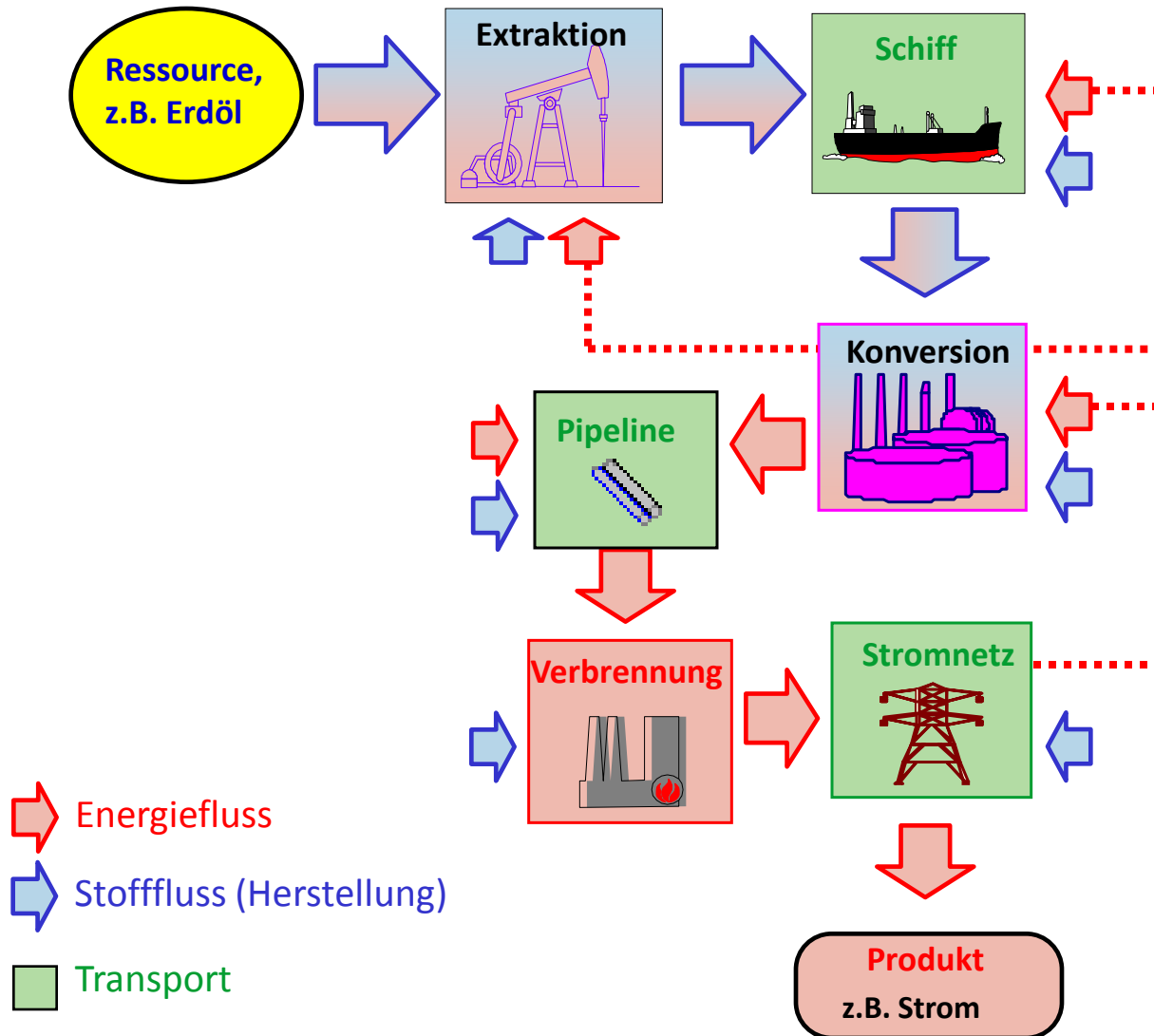
2 Technologieraster 2

| | INPUT | INPUT | Einzelofen | Heizungen | Unterschub | Rostfeuerung > 500 kW | | | | | WSF | MVA | Mitschverbrennung Kohle | | Motoren | | GT | | mobile Nutzung Motor | | | | |
|-------------------|--------------------|------------------|------------|-----------|------------|-----------------------|--------------|--------|-------------|--------------|-----|--------------------------|--------------------------|------------|--------------------|------------------|-----|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|--------|
| | Rohstoff | Biomengengröße | 1-5 kW | < 10 kW | 10-50 kW | 50-100 kW | 100 - 500 kW | Kessel | DT 1-5 MWel | DT 5-20 MWel | ORC | 5-50 MW _e SWS | > 50 MW _e ZWS | 5-100 MWel | DT-HKW 50-300 MWth | DT-KW > 300 MWth | Gas | Gas-Zündstrahl | Diesel | < 16 MW _e | > 16 MW _e | Otto | Diesel |
| | | fest | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Holz | Scheitholz | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Holzackschnitzel | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | | | | | | | |
| Abfälle | Altholz A1-2 | | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | |
| | Altholz A3-4 | | | | | | | | | x | | | | x | | | | | | | | | |
| Reststoffe | Holzpellets | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| | Strohballen | | | | | | x | x | x | x | x | | | | x | x | | | | | | | |
| | Schwarzlauge | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | |
| Abfälle | industr. Bioabfall | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| | org. Hausmüll | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| | Klärschlamm | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| | Tierfett/Tiermehl | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | |
| | | gasförmig | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Holz | Produktgas (roh) | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | |
| | Biomethan | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | | | | x |
| Gülle | Biogas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | | | |
| | Biomethan | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | |
| org. Hausmüll | Biogas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | |
| | Biomethan | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | x | |
| Mais | Biogas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | |
| | Biomethan | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | x | |
| Roggen | Biogas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | |
| | Biomethan | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | x | |
| Abfälle | Klärgas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | | | |
| | Deponiegas | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | |
| | | flüssig | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abfälle | AME | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | x |
| Raps/Sonnenblumen | Pflanzenöl | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | x |
| | RME/SME | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | x |
| Palm | PME | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | x |
| | FT-Diesel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |
| Zuckerrübe | Ethanol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Zuckerrohr | Ethanol | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |

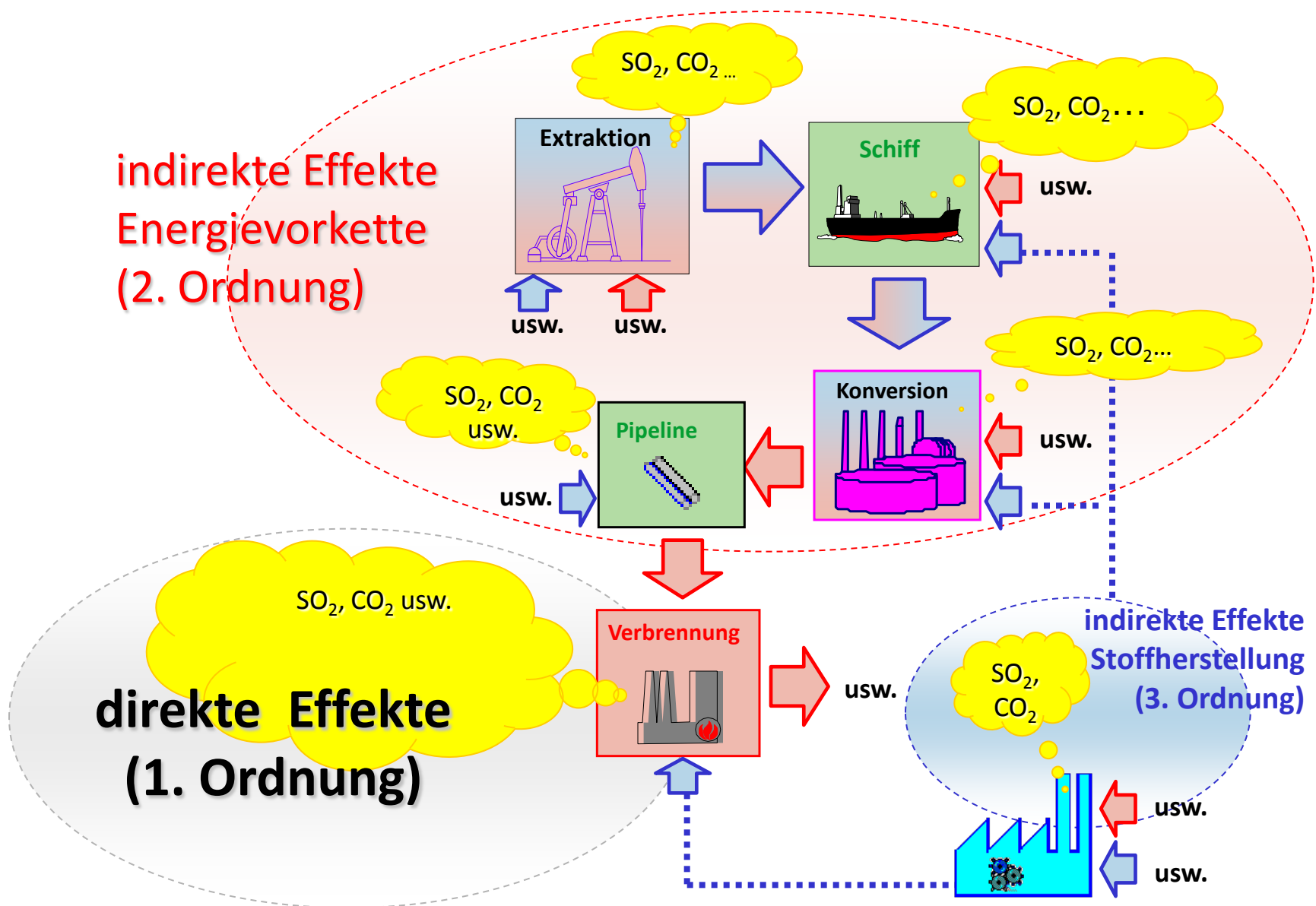
3 Datenhandling

- Für jede Technologie im Datenraster wird eine technische Beschreibung geliefert und die Kenndaten in einem Datenblatt abgelegt
- Die Kenndaten enthalten Informationen über direkte Emissionen und Emissionen aus der Vorkette
- Die Kenndaten werden als Prozess in GEMIS und in der ProBas-Datenbank des UBA abgelegt, Integration in ZSE
- Die Kenndaten werden zusätzlich in einem Format zur Verfügung gestellt, das durch übliche Software weiterverarbeitet werden kann (Excel, XML)
- Eine Excel-Datei verknüpft die Kenndaten mit den statistisch erhobenen Kenngrößen (eingespeiste Strommenge, ...)

GEMIS, Prozesskette Energie



GEMIS, Indirekte Effekte



4 Ausgewählte Ergebnisse (Vorketten 1)

| Anbausystem | Emission in g/GJ _{out} , ohne Nutzung | | | | | KEV _{NE} |
|-------------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|---|
| | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | MJ _{primär} /GJ _{out} |
| Mais-Silage | 14.405 | 2.803 | 409 | 31 | 3,9 | 44 |
| Raps-Körner | 46.948 | 11.622 | 757 | 111 | 14,5 | 186 |
| Zuckerrüben | 18.627 | 3.386 | 640 | 40 | 4,6 | 53 |
| Gras-Silage, Acker | 9.822 | 2.938 | 254 | 36 | 2,5 | 46 |
| Gras-Silage, Grünland | 5.031 | 2.023 | 191 | 31 | 1,7 | 29 |
| Stroh (Agrar-Reststoff) | 769 | 758 | 6 | 8 | 0,7 | 11 |
| Rest/Schwachholz | 1.729 | 1.610 | 7 | 7 | 1,2 | 20 |
| KUP Pappel | 2.739 | 1.134 | 28 | 9 | 1,2 | 18 |
| für Importe* | | | | | | |
| EtOH aus Zuckerrohr | 32.392 | 17.205 | 460 | 294 | 198 | 222 |
| Palmöl | 54.955 | 13.999 | 181 | 129 | 38 | 202 |

Quelle: GEMIS 4.8; * = bei Importen sind Verarbeitung und Transport bis zur deutschen Grenze einbezogen

4 Ausgewählte Ergebnisse (Vorketten 2)

| Bioenergieträger | Emission in g/MJ _{out} , ohne Nutzung | | | | | KEV _{NE} |
|--------------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|---|
| | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | MJ _{primär} /MJ _{out} |
| AME | 7 | 6 | 0,013 | 0,012 | 0,0005 | 0,154 |
| RME | 56 | 22 | 0,719 | 0,123 | 0,0147 | 0,390 |
| PME | 60 | 20 | 0,233 | 0,146 | 0,0383 | 0,341 |
| SME | 14 | 12 | 0,117 | 0,070 | 0,0125 | 0,163 |
| Rapsöl | 12 | 11 | 0,106 | 0,063 | 0,0112 | 0,147 |
| EtOH-Weizen* | 50 | 26 | 0,680 | 0,096 | 0,0095 | 0,435 |
| EtOH-Zuckerrübe** | 29 | 15 | 0,597 | 0,057 | 0,0049 | 0,248 |
| EtOH-Zuckerrohr-BR | 33 | 18 | 0,461 | 0,296 | 0,1979 | 0,226 |
| Holz-Stücke | 0,1 | 0,1 | 0,000 | 0,000 | 0,0000 | 0,001 |
| Holz-HHS | 2 | 2 | 0,011 | 0,011 | 0,0014 | 0,030 |
| Holz-HHS KUP | 5 | 3 | 0,037 | 0,018 | 0,0025 | 0,041 |
| Holz-Pellets | 4 | 4 | 0,008 | 0,007 | 0,0005 | 0,055 |
| Stroh-Ballen | 1 | 1 | 0,007 | 0,010 | 0,0007 | 0,015 |
| Biogas-Gülle | 9 | 6 | 0,014 | 0,014 | 0,0009 | 0,079 |
| Biogas-Mais | 31 | 10 | 0,623 | 0,059 | 0,0066 | 0,146 |
| Biogas-30% Gülle 70%Mais | 25 | 9 | 0,473 | 0,046 | 0,0051 | 0,122 |
| Biogas-Gras-Acker | 25 | 11 | 0,404 | 0,069 | 0,0047 | 0,153 |
| Biogas-Gras-Grünland | 18 | 9 | 0,309 | 0,062 | 0,0036 | 0,132 |

Quelle: GEMIS 4.8; * = bei Importen sind Verarbeitung und Transport bis zur deutschen Grenze einbezogen; **= inländische Produktion

4 Ausgewählte Ergebnisse (Strom 1)

Wind

| | Emission in g/kWh _{el} | | | | | KEV _{NE} |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| System | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | kWh/kWh _{el} |
| Bestand | 10,0 | 9,0 | 0,032 | 0,020 | 0,009 | 0,025 |
| Moderater Standort | 9,3 | 8,4 | 0,029 | 0,019 | 0,009 | 0,023 |
| Guter Standort | 5,4 | 4,9 | 0,018 | 0,011 | 0,005 | 0,014 |
| Offshore | 4,9 | 4,3 | 0,017 | 0,010 | 0,005 | 0,014 |

Photovoltaik

| | Emission in g/kWh _{el} | | | | | KEV _{NE} |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| System | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | kWh/kWh _{el} |
| Solar-PV-amorph | 82,1 | 70,1 | 0,240 | 0,128 | 0,071 | 0,265 |
| Solar-PV-CdTe | 10,0 | 9,5 | 0,028 | 0,022 | 0,002 | 0,035 |
| Solar-PV-CIGS | 10,0 | 9,5 | 0,028 | 0,022 | 0,002 | 0,035 |
| Solar-PV-mono | 124,6 | 111,4 | 0,257 | 0,165 | 0,065 | 0,472 |
| Solar-PV-multi | 104,6 | 92,3 | 0,228 | 0,144 | 0,062 | 0,393 |

4 Ausgewählte Ergebnisse (Strom 2)

Geothermie

| System | Emission in g/kWh _{el} | | | | | KEV _{NE} |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | kWh/kWh _{el} |
| Geothermie KVK NDB | 233, 2 | 221, 6 | 0, 337 | 0, 261 | 0, 033 | 0, 894 |
| Geothermie KVK ORG | 224, 7 | 213, 8 | 0, 311 | 0, 243 | 0, 026 | 0, 868 |
| Geothermie KVK SMB | 223, 6 | 212, 8 | 0, 308 | 0, 240 | 0, 025 | 0, 864 |
| Geothermie KW EGS | 220, 5 | 210, 0 | 0, 299 | 0, 234 | 0, 022 | 0, 854 |
| Geothermie KW NDB | 232, 8 | 221, 3 | 0, 336 | 0, 260 | 0, 033 | 0, 893 |
| Geothermie KW ORG | 223, 9 | 213, 2 | 0, 309 | 0, 241 | 0, 025 | 0, 866 |
| Geothermie KW SMB | 222, 9 | 212, 2 | 0, 306 | 0, 239 | 0, 024 | 0, 862 |

Biogene Strombereitstellung

| System | Emission in g/kWh _{el} | | | | | KEV _{NE} |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|--|
| | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | kWh _{primär} /kWh _{el} |
| Biogas (Gülle), Gas-BHKW | 188 | 36 | 0, 852 | 0, 509 | 0, 0161 | 0, 139 |
| Biogas (Mais), Gas-BHKW | 402 | 63 | 4, 691 | 0, 789 | 0, 0519 | 0, 257 |
| Biogas (Weizen), Gas-BHKW | 394 | 66 | 4, 286 | 0, 780 | 0, 0569 | 0, 266 |
| Biogas (org. Müll), Gas-BHKW | 179 | 28 | 0, 806 | 0, 456 | 0, 0137 | 0, 107 |
| Biogas (Grasschnitt), Gas-BHKW | 363 | 66 | 3, 310 | 0, 853 | 0, 0401 | 0, 269 |
| Klär gas, Gas-BHKW | 6 | 0 | 0, 469 | 0, 673 | 0, 0187 | 0, 000 |
| Deponie gas, Gas-bHKW | 3 | 0 | 0, 670 | 0, 639 | 0, 0032 | 0, 000 |
| Rapsöl-Diesel-BHKW | 307 | 100 | 7, 147 | 4, 575 | 0, 0920 | 0, 430 |
| Palmöl- Diesel-BHKW | 338 | 87 | 3, 924 | 4, 752 | 0, 2348 | 0, 347 |
| Biomüll-DT-HKW | 11 | 2 | 0, 596 | 0, 855 | 0, 0054 | 0, 003 |
| Altholz- DT-HKW | 14 | 9 | 1, 028 | 1, 423 | 0, 0762 | 0, 035 |
| Holz-IND- DT-HKW | 2 | 0 | 0, 760 | 0, 699 | 0, 0131 | 0, 000 |
| Holz-HS- Wald- DT-HKW | 17 | 14 | 0, 835 | 0, 773 | 0, 0624 | 0, 051 |
| Holz-Pellet-ORC-HKW | 37 | 33 | 0, 669 | 0, 531 | 0, 1394 | 0, 135 |

4 Ausgewählte Ergebnisse (Wärme)

Wärme- pumpe

| | Emission in g/kWh _{el} | | | | | KEV _{NE} |
|-----------------|---------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| System | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | kWh/ kWh _{el} |
| WP Luft neu | 210, 5 | 201, 1 | 0, 304 | 0, 215 | 0, 018 | 0, 840 |
| WP Luft Bestand | 240, 4 | 229, 7 | 0, 346 | 0, 244 | 0, 020 | 0, 960 |
| WP Sole Neu | 177, 8 | 169, 8 | 0, 272 | 0, 194 | 0, 018 | 0, 699 |
| WP Sole Bestand | 201, 0 | 192, 0 | 0, 305 | 0, 217 | 0, 020 | 0, 793 |

Holz

| | Emission in g/MJ _{th} | | | | | KEV _{NE} |
|--------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|--|
| System | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | MJ _{primär} /MJ _{th} |
| Holz-Stücke HH | 5 | 2 | 0, 079 | 0, 054 | 0, 0517 | 0, 028 |
| Holz-HS-Wald HH&KV | 6 | 5 | 0, 108 | 0, 106 | 0, 0401 | 0, 069 |
| Holz-Pellet HH&KV | 7 | 6 | 0, 096 | 0, 081 | 0, 0181 | 0, 095 |
| Holz-HS-KUP HH&KV | 9 | 6 | 0, 137 | 0, 113 | 0, 0314 | 0, 080 |
| Holz-IND | 0 | 0 | 0, 123 | 0, 113 | 0, 0021 | 0, 000 |
| Holz-HS Wald IND | 6 | 6 | 0, 103 | 0, 080 | 0, 0103 | 0, 082 |
| Holz-Pellet IND | 7 | 7 | 0, 097 | 0, 077 | 0, 0199 | 0, 098 |

Solar

| | Emission in g/MJ _{th} | | | | | KEV _{NE} |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|--|
| System | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | MJ _{primär} /MJ _{th} |
| Solar-Kollektor flach | 23 | 21 | 0,067 | 0,042 | 0,0165 | 0,078 |
| Solar-Kollektor Vakuumröhre | 33 | 29 | 0,097 | 0,057 | 0,0264 | 0,113 |
| Solar-Kollektor Schwimmbad | 20 | 19 | 0,041 | 0,035 | 0,0027 | 0,068 |

4 Ausgewählte Ergebnisse (Kraftstoffe)

Flüssige Energieträger

| Bioenergieträger | Emission in g/MJ _{out} , ohne Nutzung | | | | | KEV _{NE} |
|---------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|---|
| | CO ₂ Äq | CO ₂ | SO ₂ Äq | NO _x | PM ₁₀ | MJ _{primär} /MJ _{out} |
| AME | 7 | 6 | 0,013 | 0,012 | 0,0005 | 0,154 |
| RME | 56 | 22 | 0,719 | 0,123 | 0,0147 | 0,390 |
| PME | 60 | 20 | 0,233 | 0,146 | 0,0383 | 0,341 |
| SME | 14 | 12 | 0,117 | 0,070 | 0,0125 | 0,163 |
| Rapsöl | 12 | 11 | 0,106 | 0,063 | 0,0112 | 0,147 |
| EtOH-Weizen | 50 | 26 | 0,680 | 0,096 | 0,0095 | 0,435 |
| EtOH-Zuckerrübe | 29 | 15 | 0,597 | 0,057 | 0,0049 | 0,248 |
| EtOH-Zuckerrohr-BR* | 33 | 18 | 0,461 | 0,296 | 0,1979 | 0,226 |

Hinweis:

Bei der Nutzung fallen weitere Emissionen bei NO_x und Staub an

5 Anwendbarkeit Daten

- Vorkettendaten für Materialeinsatz und Hilfsenergie (Strom) entspricht nationalem Mix
- Strom-nutzende Systeme werden mit nationalem Mix bilanziert
- Keine Aussage über zeitliche Verfügbarkeit der erzeugten Energie
- Nur teilweise Berücksichtigung von Abregelung, Fehler insbesondere bei:
 - Erzeugung erneuerbarer Strom zeitweise höher als Bedarf
 - Limitierung im Netz, must-run Kraftwerke, Lastgradienten
- Keine indirekten Landnutzungsänderungen

Ihre Ansprechpartner

Lothar Rausch

Öko-Institut e.V.

Büro Berlin
Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
+49 (30) 405085-148
l.rausch@oeko.de

Uwe R. Fritsche

IINAS GmbH

Heidelberger Str. 129 1/2.
64285 Darmstadt
+49 30 405085-1234
uf@iinas.org

Endbericht: <http://www.oeko.de/oekodoc/1621/2012-467-de.zip>

GEMIS: www.gemis.de