

FOKUS ENERGIEAUTONOMIE

AKTUELLE ERKENNTNISSE ZUR ENTWICKLUNG DES SELBSTVERBRAUCHS AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN

AGEE-Stat/UBA-Workshop

Dessau-Roßlau | 18. Juni 2024

Marcel Ebert

FKZ: 37EV 18 102 0
Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und
zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)



- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch Strom aus Wasserkraft
- 4 Selbstverbrauch Strom aus Windkraft
- 5 Selbstverbrauch Strom aus Biogas
- 6 Fazit

Projekthintergrund: FKZ: 37EV 18 102 0

- Die Bundesregierung benötigt aktuelle und belastbare Zahlen zum Ausbau der erneuerbaren Energien, um den Stand der Energiewende verfolgen und politischen Steuerungsbedarf frühzeitig erkennen zu können.
- Berichtspflichten der Bundesregierung auf europäischer und internationaler Ebene, z. B. im Rahmen der Energieunion der EU (Governance-Verordnung, Energiestatistik-Verordnung 1099/2008/EG)
- Zusätzlicher Informationsbedarf, insbesondere im Bereich der nichtamtlichen Statistik
- Unterstützung der AGEE-Stat bei der kontinuierlichen Validierung und methodischen Weiterentwicklung sowie Aktualisierung der vorhandenen Datenbestände und Modelle





Allgemeine Aufgaben und Ziele

Aufbauend auf den bisherigen Arbeiten der AGEE-Stat sollen in den Fachberichten wesentliche und energieträgerübergreifende **Daten und Kennziffern als Zeitreihenbetrachtung** ermittelt werden:

- Entwicklung der **installierten elektrischen und/oder thermischen Leistung** des Anlagenbestands (differenziert nach Brutto/Netto-Leistung)
- Entwicklung der **Strom- und Wärmeerzeugung** des Anlagenbestands (differenziert nach Brutto/Netto-Stromerzeugung und Netzeinspeisung und wirtschaftlich motiviertem Selbstverbrauch; bei biogenen Energieträgern und Tiefengeothermie differenziert nach Kondensations- und KWK-Betrieb)
- Entwicklung der **Zahl der Anlagen** im Betrieb
- Entwicklung der **mittleren Lebensdauer** und **durchschnittlichen Jahresvollbenutzungsstunden** des Anlagenbestands

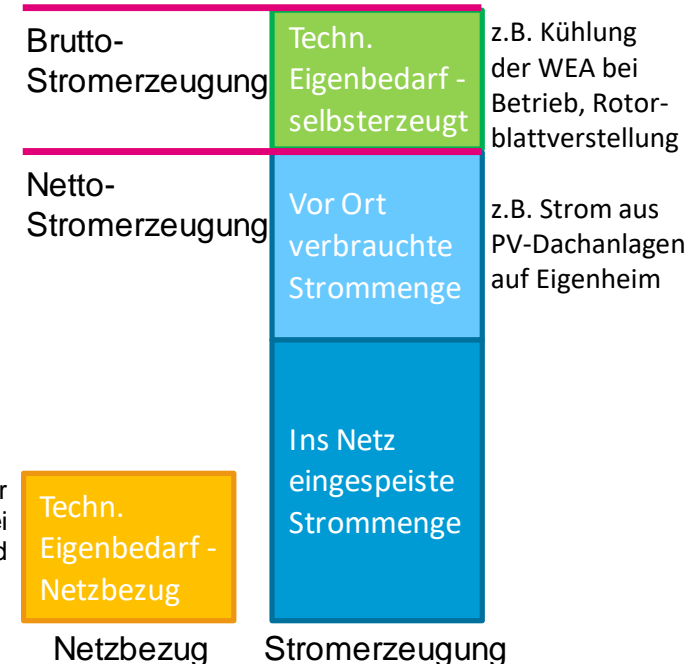
➔ **Plausibilisierung und Validierung wesentlicher Daten und Annahmen sowie Weiterentwicklung bisheriger Methoden der AGEE-Stat**



Wirtschaftlich motivierter Selbstverbrauch von EE-Anlagen

- Zur vollständigen Bilanzierung des Bruttostromverbrauchs und zur Kontrolle der EE-Zielerreichung ist eine vollständige Erfassung der Stromerzeugung notwendig
- Problem: Selbstverbrauchsmengen statistisch nicht vollständig erfasst -> Anpassungsbedarf bisheriger Schätzmethoden
- Wirtschaftlich motivierter Selbstverbrauch bislang vor allem bei Photovoltaik relevant, wird voraussichtlich auch bei anderen Energieträgern zunehmend an Bedeutung gewinnen
 - Höhere Wirtschaftlichkeit
 - Post-EEG-Phase: Selbstverbrauch als Alternative zur Stromvermarktung (anteilig oder vollständig)

z.B. Heizung der WEA bei Stillstand



Quelle: AGEE-Stat

Herausforderung: Validierung bisheriger Methoden zur Abschätzung des nichterfassten Selbstverbrauchs und Weiterentwicklung der Schätzmethoden

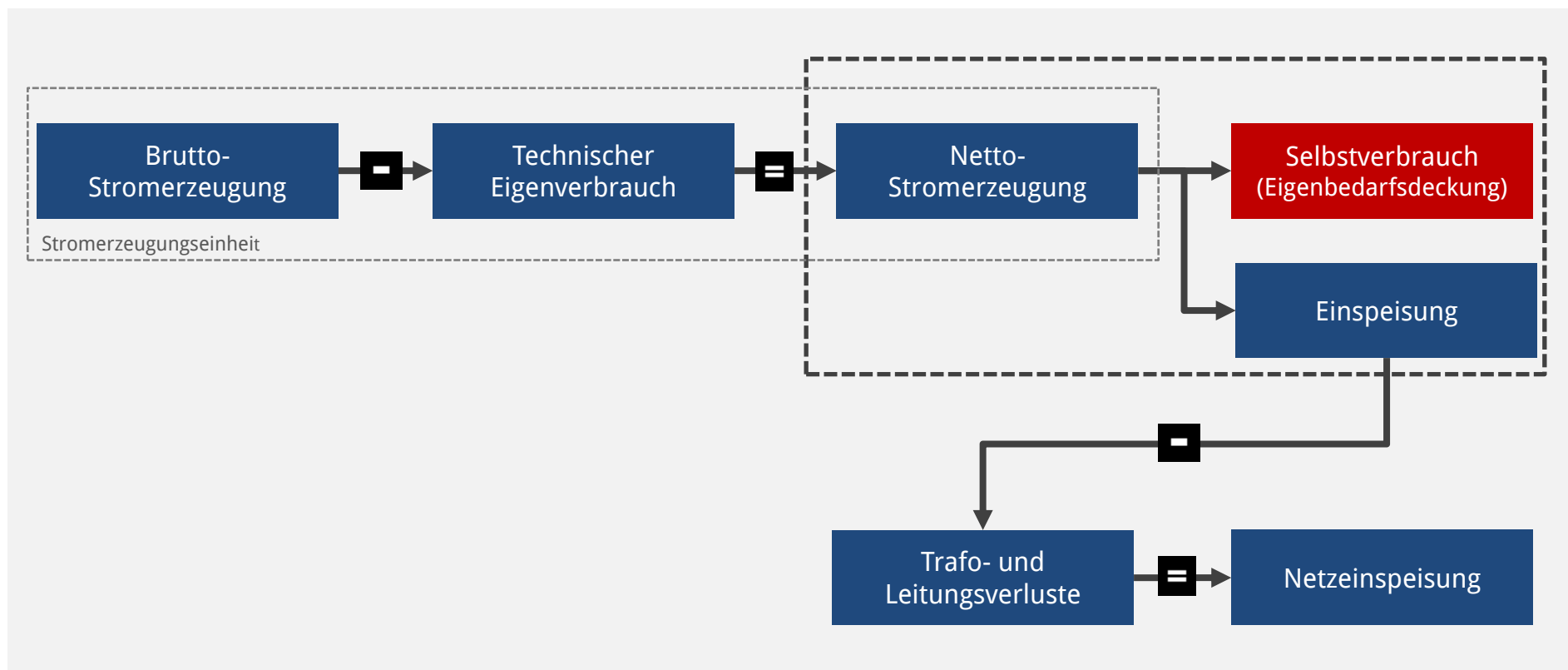
- Einbindung von Experten im Rahmen von Fachgesprächen



- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch von Strom aus Wasserkraft
- 4 Selbstverbrauch von Strom aus Windkraft
- 5 Selbstverbrauch von Strom aus Biogas
- 6 Fazit



Schema Stromerzeugung und Selbstverbrauch





Begriffsdefinition

- **Brutto-Stromerzeugung:** Die Brutto-Stromerzeugung ist die an den Generatorklemmen gemessene elektrische Energie, die während des Berichtszeitraums erzeugt wurde.
- **Technischer Eigenverbrauch:** Der technische Eigenverbrauch beschreibt den Stromverbrauch, der zur Aufrechterhaltung des Produktionsprozesses einer Anlage oder zur Versorgung der Stromerzeugungseinheit (wie BHKW, WKA, WEA...) benötigt wird (ohne Energiebezug von Dritten).
- **Netto-Stromerzeugung:** Die Nettostromerzeugung einer Erzeugungseinheit ist die Bruttostromerzeugung abzüglich des Eigenverbrauchs. Der Eigenverbrauch umfasst den Energieverbrauch zur Aufrechterhaltung des Produktionsprozesses der Anlage (ohne Energiebezug von Dritten). Die erzeugte Netto-Strommenge kann auch zum Teil oder gänzlich für die Deckung des **Selbstverbrauchs** verwendet werden.
- **Trafo- und Leitungsverluste:** Trafoverluste treten in Transformatoren auf, die elektrische Energie von einem Spannungsniveau auf ein anderes umwandeln. Diese Verluste setzen sich aus den beiden Hauptkomponenten Kupferverluste (Lastverluste) und Eisenverluste (Leerlaufverluste) zusammen. Die Leitungsverluste (Widerstandsverluste) entstehen beim Transport bis zum Netzeinspeisepunkt.
- **Netzeinspeisung:** Die Netzeinspeisung bezeichnet die Menge an elektrischer Energie, die von Erzeugern in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.



- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch von Strom aus Wasserkraft**
- 4 Selbstverbrauch von Strom aus Windkraft
- 5 Selbstverbrauch von Strom aus Biogas
- 6 Fazit

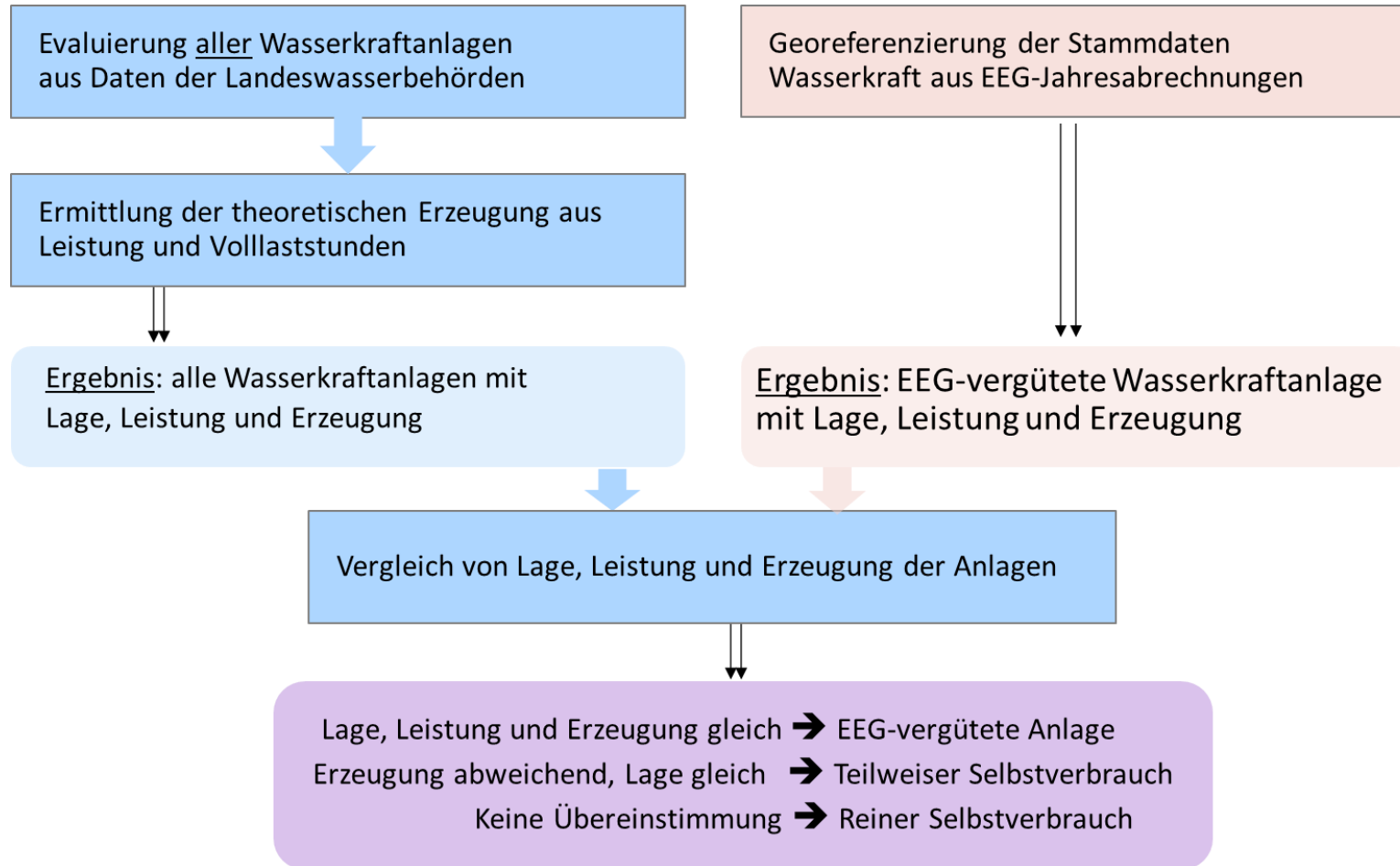


Methodik: Selbstverbrauchs-Modell

- **Herausforderung:** Anlagen, die eine Vermarktung ausschließlich außerhalb des öffentlichen Netzes einschließlich Selbstverbrauch durchführen und nicht über Stromnetze miteinander verbunden sind, werden weder im MaStR noch durch das Statistische Bundesamt erfasst.
- **Datenbasis:** MaStR, EEG-Bewegungsdaten, Kataster/Datenbanken der Bundesländer zur Registrierung von Wasserkraftanlagen (für Errichtung und Betrieb von WKA ist ein Wasserrecht erforderlich). Zum Teil sind in den Datenbanken auch Informationen über Anlagen enthalten, die erzeugten Strom selbst verbrauchen.
- **Methodik:**
 - Identifizierung von „reinen Selbstverbrauchern“ ohne Einspeisung ins öffentliche Stromnetz durch räumliche Verschneidung von EEG-Stammdaten und Geodaten (Kataster oder Datenbanken zur Registrierung von Wasserkraftanlagen) ausgewählter Bundesländer (BY, BW, RP)
 - Zur Berechnung der Stromerzeugung von Wasserkraftanlagen ohne vorliegende Leistungs- oder Erzeugungsdaten wurden technische Parameter wie Fallhöhe, Ausbaudurchfluss und mittlerer Gewässerabfluss verwendet.
 - Berechnung des Selbstverbrauchs: Neben den „reinen Selbstverbrauchern“ wurden auch die Teilmengen der Teil-Selbstverbraucher aus dem Erzeugungspotenzial abzüglich der EEG-Einspeisemenge abgeleitet. Auf Basis der Analyse für die drei Bundesländer erfolgte eine Hochrechnung auf ganz Deutschland.

SELBSTVERBRAUCH VON STROM AUS WASSERKRAFT

Schema: Selbstverbrauchs-Modell



Quelle: FWT



Schätzung: Selbstverbrauch von Strom aus WKA

- Basierend auf den Daten des MaStR ergeben sich bei Berücksichtigung aller WKA (7.215) abzüglich der WKA denen mindestens eine EEGMaStRNummer zugeordnet wird (5.991) 1.224 WKA ohne EEG-Vergütungsanspruch.
- Teilmengen der drei Bundesländer (Datenbasis 2018): 65% der installierten Leistung und 76% der EEG-Strommenge.
- Hochgerechneter Selbstverbrauch für Deutschland: 1.115 GWh (brutto) für Deutschland im Jahr 2018 (reiner Selbstverbrauch: 469 GWh, teilweiser Selbstverbrauch: 646 GWh)

Jahr	2018	2019	2020	2021	Quelle
Stromerzeugung (brutto) [GWh/a]	17.201	19.237	17.809	18.544	AGEE-Stat
Davon Einspeisung (brutto) [GWh/a] 066N (bis 1 MW)	(1.908)	(2.094)	(1.909)	(2.256)	Destatis
Davon Stromerzeugung (brutto) [GWh/a] mit EEG- Vergütungsanspruch (bis 1 MW)	(1.868)	(2.102)	(1.860)	(2.291)	ÜNB
Selbstverbrauch (brutto) [GWh/a]	1.115	1.115	1.115	1.115	FWT GmbH
Summe Stromerzeugung (brutto) [GWh/a]	18.316	20.352	18.924	19.659	

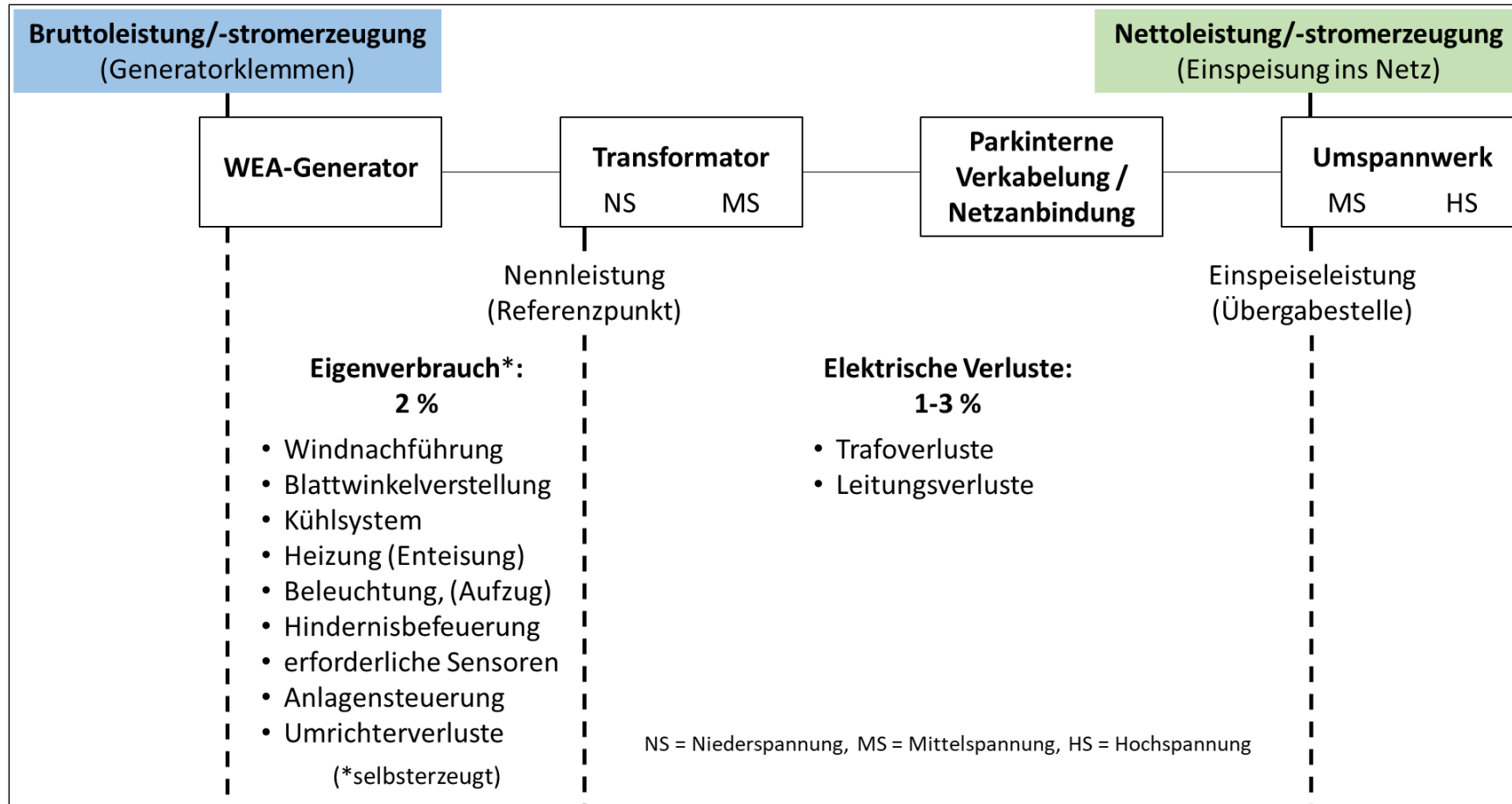
Quelle: FWT



- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch von Strom aus Wasserkraft
- 4 Selbstverbrauch von Strom aus Windkraft**
- 5 Selbstverbrauch von Strom aus Biogas
- 6 Fazit

SELBSTVERBRAUCH VON STROM AUS WINDKRAFT

Schema Stromerzeugung Windkraft



Quelle: UL Solutions



Auswertung zum Selbstverbrauch (ÜNB-Bewegungsdaten)

- Im Jahr 2022 wurden in den EEG-Jahresabrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber 24,6 GWh Strom der Kategorie „*Strommenge ohne EEG-Vergütung, durch Anlagenbetreiber oder Dritte verbraucht*“ zugeordnet, was eine Steigerung um 37 % im Vergleich zu 2020 darstellt.
- Der Großteil dieser Strommenge entfällt auf 22 Windenergieanlagen (WEA) mit insgesamt 36,3 MW Leistung. Bei den anderen Anlagen handelt es sich überwiegend um Kleinwindanlagen mit max. 30 kW Leistung, die für die Betrachtung von Leistung und Stromerzeugung nicht relevant sind.
- Für 186 WEA mit 111,7 MW Leistung ist ein Selbstverbrauch dokumentiert, wobei bei 32 Anlagen dieser Anteil zwischen 6 % und 87 % liegt.
- Von den 186 WEA sind laut MaStR-Daten 138 als „Teileinspeisung (einschließlich Eigenverbrauch)“ klassifiziert, 31 als „Volleinspeisung“ und 17 ohne Angabe. 9 WEA mit Selbstverbrauch fehlen in den MaStR-Daten vollständig.

 **Aufgrund der vorliegenden Informationen ist anzunehmen, dass die Strommengen ohne EEG-Vergütung/Selbstverbrauch nicht vollständig erfasst werden.**



Auswertung zum Selbstverbrauch (ÜNB-Bewegungsdaten + MaStR)

- **Interne Bilanzierung:** Betreiber von Windenergieanlagen (WEA) mit Selbstverbrauch bilanzieren Strommengen intern mit Netzbetreibern, aber ohne detaillierte EEG-Meldung.
- **Datenlücken:** Strommengen für Selbstverbrauch werden in den Bewegungsdaten der Übertragungsnetzbetreiber oft nicht erfasst. Beispiel: Windpark Leipzig liefert Strom direkt an BMW, diese Menge wird nicht registriert.
- **Marktstammdatenregister:** 2.090 WEA (davon 1.199 > 80 kW) als "Teileinspeisung" registriert, aber nicht in den Bewegungsdaten reflektiert. Nur wenige Anlagen dokumentieren getrennt EEG-vergüteten und selbstverbrauchten Strom.
- **Unterschiedliche Bewertungen:** Betreiber melden WEA aufgrund des technischen Eigenverbrauchs als "Teileinspeisung" im MaStR, obwohl häufig kein Selbstverbrauch im Sinne der methodischen Abgrenzung vorliegt. .
- **Fazit:** Strommengen für Selbstverbrauch und Netzeinspeisung könnten in den ÜNB-Bewegungsdaten erfasst werden, jedoch sind entsprechende Meldungen selten. Praxis zeigt, dass selbst genutzte Strommengen oft nur intern bilanziert und nicht in EEG-Jahresabrechnungen gemeldet werden.

SELBSTVERBRAUCH VON STROM AUS WINDKRAFT

Auswertung zum Selbstverbrauch (ÜNB-Bewegungsdaten)

- **Verteilung der Strommenge ohne EEG-Vergütung (2022):**
 - 22 WEA (36,3 MW) machen rund 89 % der in den EEG-Bewegungsdaten dokumentierten Strommenge ohne EEG-Vergütung aus. 128 Kleinwindanlagen (max. 30 kW) tragen nur etwa 4 % zum Selbstverbrauch bei.
 - Die in den EEG-Bewegungsdaten 2022 dokumentierte Strommenge ohne EEG-Vergütung beträgt 24,6 GWh. Diese Menge erfasst nicht vollständig die Stromerzeugung von WEA zur Eigenversorgung und Direktlieferung.
 - Anhand der ermittelten Informationen wird geschätzt, dass die nicht oder nicht vollständig erfasste Strommenge bei einem **Selbstverbrauch unter 50 GWh** liegt.

Leistungs- klasse	Anzahl	Leistung	SV-Strom- menge	SV- Gesamtanteil
2,78-3,37 MW	26 WEA	81,6 MW	12,1 GWh	51,3 %
2-2,3 MW	7 WEA	15,5 MW	4,3 GWh	18,5 %
750-800 kW	9 WEA	7,1 MW	4,3 GWh	18,3 %
500-600 kW	8 WEA	4,2 MW	2,2 GWh	9,4 %
≤ 300 kW	8 WEA	1,8 MW	0,6 GWh	2,5 %

Quelle: UL Solutions

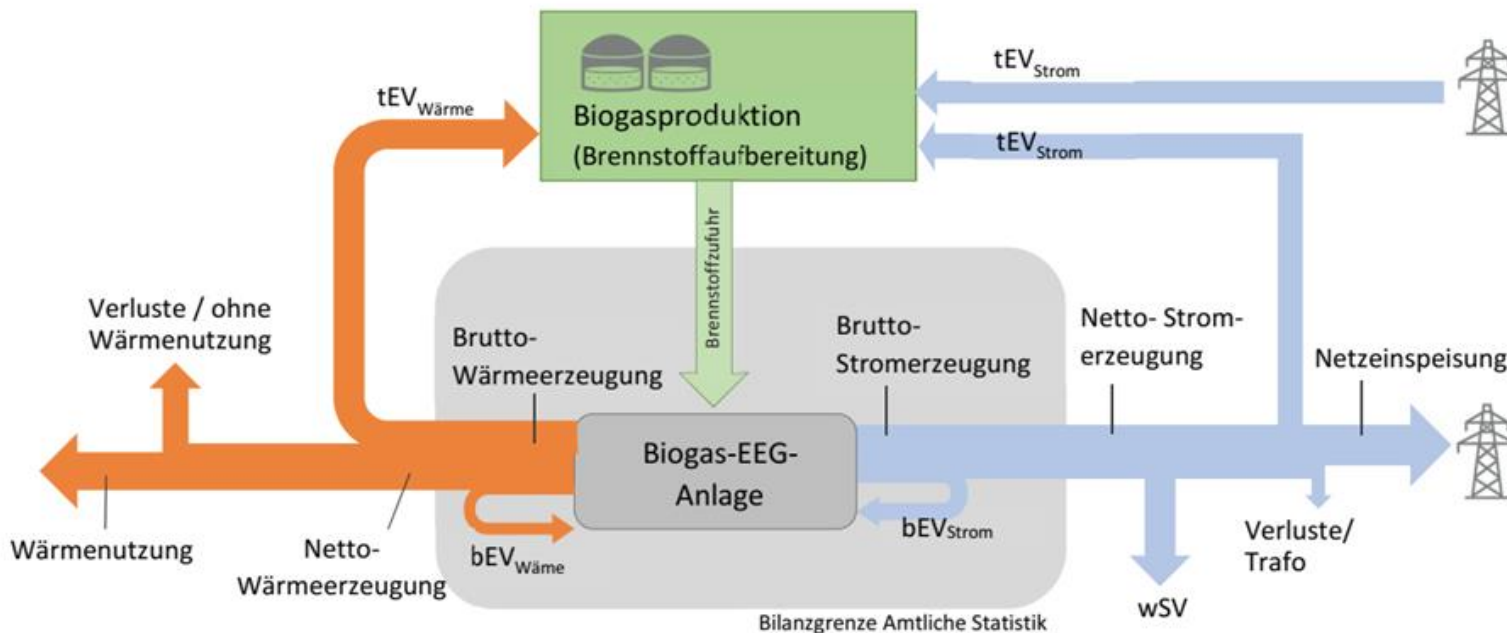


- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch von Strom aus Wasserkraft
- 4 Selbstverbrauch von Strom aus Windkraft
- 5** Selbstverbrauch von Strom aus Biogas
- 6 Fazit

SELBSTVERBRAUCH VON STROM AUS BIOGAS

Schema Stromerzeugung und Selbstverbrauch: BIOGAS

Teileinspeisung



bEV: Betriebseigenverbrauch der KWK-Anlage
tEV: technischer Eigenverbrauch
Biogasproduktion/ Brennstoffaufbereitung
wSV: wirtschaftlicher Selbstverbrauch

Quelle: DBFZ



DBFZ-Betreiberbefragung: Biogasanlagen mit Selbstverbrauch

- Selbstverbrauch erfolgt vor allem bei kleinen (≤ 500 kWel) und großen Anlagen (> 1.000 kWel).
 - Kleinanlagen: Selbstverbrauch zur Eigenversorgung, um Autarkie zu erreichen.
 - Große Anlagen: Stromverbrauch für zusätzliche Nutzungen wie Wärmepumpen und Trocknungsanlagen (Lüfter).
- Nutzung hauptsächlich im landwirtschaftlichen Betrieb (Stall, Scheune, Werkstatt) und auch für Trocknungsprozesse und Wohnhäuser; Wärmenetzpumpen, die mit selbst erzeugtem Strom betrieben werden, zählen ebenfalls zum Selbstverbrauch.
- Biogasanlagenbetreiber nutzen im Durchschnitt 7% des erzeugten Stroms selbst (deutlicher Anstieg gegenüber den Vorjahren mit 5%). Unter Berücksichtigung der Anlagenleistung liegt der Selbstverbrauchsanteil bei 4,2% (ebenfalls Steigerung im Vergleich zu 3,2% in den Vorjahren).
- Die Hälfte der Betreiber gibt dabei an, dass zwischen 1 und 4 % der Stromerzeugung für den weiteren Selbstverbrauch genutzt werden.
- Die Höhe des Selbstverbrauchs zeigt keine nennenswerten Unterschiede zwischen verschiedenen Leistungsklassen der Biogasanlagen.

Quelle: DBFZ



Methodik: Selbstverbrauchs-Modell

- **Datenbasis:** DBFZ-Betreiberbefragung, EEG-Bewegungsdaten, MaStR
- **Methodik:**
 - Zur Abschätzung des Umfangs des nicht-technischen Selbstverbrauchs von Biogasanlagen werden die vorliegenden Ergebnisse der DBFZ-Betreiberbefragung mittels Spannweiten (Min und Max) auf den gesamten Anlagenbestand hochgerechnet (Anzahl der Biogasanlagen und Anteil an der Stromerzeugung).
 - Ergänzend wird zur Ableitung des Umfangs des wirtschaftlichen Selbstverbrauchs ein einheitlicher Min/Max-Wert für alle Größenklassen herangezogen. Diese Darstellung erfolgt, da die zugrunde liegende Datenbasis sehr klein ist.
 - Anhand der festgelegten Spannweiten wird über die Verteilung des Anlagenbestandes (Bezugsgröße Biogasproduktionsstandorte) und der erzeugten Strommenge (differenziert nach Leistungsklassen) der wirtschaftliche Selbstverbrauch abgeschätzt.

SELBSTVERBRAUCH VON STROM AUS BIOGAS

Ergebnis: Wirtschaftlicher Selbstverbrauch (wSV)

- Hinsichtlich der Anzahl von Biogasanlagen mit wirtschaftlichem Selbstverbrauch ergibt sich über das gewichtete Mittel (Bezugsgröße Verteilung Biogasanlagenbestand) eine Spannweite von ca. 12,5 – 18,1 %.
- Damit werden an 12,5 – 18,1 % der Biogasproduktionsanlagen in 2022 Teile der Gesamtstromerzeugung für den wSV (nicht technischer Anlagenbetrieb) genutzt. Bezogen auf den Anlagenbestand entspricht dies rund 1.060 bis 1.500 Biogasanlagen.
- Aufbauend auf diesen Spannweiten wird ausgehend von den ermittelten Anlagenzahlen mit wirtschaftlichem Selbstverbrauch der größenklassenspezifischen Stromerzeugung und den angenommenen Anteilen des wirtschaftlichen Selbstverbrauchs eine Hochrechnung auf den Umfang des wirtschaftlichen Stromselbstverbrauchs am Anlagenbestand vorgenommen.
- Die Abschätzung zeigt, dass der Gesamtumfang des wirtschaftlichen Selbstverbrauchs gerundet zwischen 77,2 und 189,3 GWh im Jahr 2022 lag (Schätzung Vorjahre: 67 – 173 GWh).

Leistungs- klasse, kWel	wSV 2020 [GWh], Min	wSV 2020 [GWh], Max	wSV 2022 [GWh], Min	wSV 2022 [GWh], Max
≤ 150 kW	25,2	40,1	16,8	34,0
151- 500 kW	18,5	56,9	18,3	28,1
501- 1.000 kW	18,4	23,0	18,1	68,0
> 1.000 kW	18,4	52,7	24,1	59,2
Summe	80,5	172,6	77,2	189,3

Quelle: DBFZ



Biogas: Gesamtbilanz Strom

Bilanzierungsgröße	Anmerkung	Einheit	2018	2019	2020	2021	2022
Netzeinspeisung	EEG-Jahresabrechnung	GWh	28.484	28.122	28.717	28.243	28.329
Trafo- und Leitungsverluste	3 %	GWh	881	870	888	873	876
Technischer Eigenverbrauch (tEV) gesamt	5 %	GWh	1.446	1.426	1.458	1.432	1.437
Technischer Eigenverbrauch (tEV) eigengedeckt	20 % des tEV	GWh	289	285	292	286	287
Wirtschaftlicher Selbstverbrauch (wSV)	100 GWh/a auf Basis Schätzmodell	GWh	100	100	100	100	100
Netto-Stromerzeugung		GWh	29.754	29.377	29.997	29.503	29.593
Betriebseigenverbrauch (bEV)	3 %	GWh	920	909	928	912	915
Brutto-Stromerzeugung		GWh	30.674	30.286	30.925	30.415	30.508



Fazit: Selbstverbrauch des erzeugten Stromes aus Biogas

- Die dargestellten Ergebnisse zum wirtschaftlichen Selbstverbrauch des erzeugten Stromes stellen eine erste Einschätzung dar. Aufgrund der ungenügenden Datenlage ist es bislang nicht möglich, die Ergebnisse weiter zu verifizieren.
- Vorliegende Ergebnisse der Betreiberbefragung erlauben eine Abschätzung eines wirtschaftlichen Selbstverbrauches (wSV) von pauschal 100 GWh pro Jahr.
- Im Hinblick auf den Weiterbetrieb der Biogasanlagen könnte die Eigenversorgung mit Strom am Anlagenstandort an Bedeutung gewinnen.
- Angesichts der derzeit steigenden Energiepreise ist zu erwarten, dass der wirtschaftliche Selbstverbrauch der erzeugten Energie an den Anlagen zunehmen wird (Berücksichtigung bei Auswertungen der EEG-Daten zur Netzeinspeisung).
- Angaben der Betreiber zum technischen Eigenverbrauch können wirtschaftliche Selbstverbräuche enthalten (fehlende Differenzierung bzw. Zusammenfassung aller Eigenverbräuche).
- Eine weiterführende Datenerhebung zum wirtschaftlichen Selbstverbrauch wird in Zukunft notwendig sein.



- 1 Projektüberblick (Hintergrund und Ziele)
- 2 Methodische Grundlagen zum Selbstverbrauch
- 3 Selbstverbrauch von Strom aus Wasserkraft
- 4 Selbstverbrauch von Strom aus Windkraft
- 5 Selbstverbrauch von Strom aus Biogas
- 6** Fazit



- Der Selbstverbrauch von erneuerbaren Energien ist ein zentraler Baustein der Energiewende. Um den Fortschritt zu quantifizieren ist eine präzise Datenerfassung unerlässlich.
- Angesichts steigender Energiepreise ist zu erwarten, dass der wirtschaftliche Selbstverbrauch zunehmen wird.
- Derzeit können die Selbstverbräuche aus erneuerbaren Energien nur auf Basis von Modellen abgeschätzt werden. Modellbasierte Abschätzungen liegen aktuell für Wasserkraft, Windkraft, Biogas und Photovoltaik vor.
- Die Meldung über ÜNB-Bewegungsdaten ist optional, was zu einer Untererfassung des ungeforderten Selbstverbrauchs bzw. Lieferung an Dritte führt.
- Eventuell könnte eine verpflichtende Meldung in den ÜNB-Bewegungsdaten, zumindest für größere Anlagen, die Untererfassung des Selbstverbrauchs reduzieren.



Leipziger Institut für Energie GmbH

Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Telefon 03 41 / 22 47 62 - 0
Telefax 03 41 / 22 47 62 - 10

E-Mail mail@ie-leipzig.com
Internet www.ie-leipzig.com

Marcel Ebert

Telefon 03 41 / 22 47 62 - 22
E-Mail Marcel.Ebert@ie-leipzig.com