

CLIMATE CHANGE

56/2025

Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Fachbericht Wasserkraft

CLIMATE CHANGE 56/2025

EVUPLAN des Bundesministeriums für Wirtschaft und
Klimaschutz

Forschungskennzahl 37EV 18 102 0
FB001699

Endbericht

Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien- Statistik (AGEE-Stat)

Fachbericht Wasserkraft

von

Pia Bünis, Rita Keuneke
FICHTNER Water & Transportation GmbH, Aachen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

FICHTNER Water & Transportation GmbH
Bachstraße 62-64
52066 Aachen

Abschlussdatum:

November 2024

Redaktion:

Fachgebiet V 1.8 Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
(AGEE-Stat)
Michael Memmler, Jeannette Pabst

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7692>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Oktober 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Kurzbeschreibung: Wissenschaftliche Analysen zu ausgewählten Aspekten der Statistik erneuerbarer Energien und zur Unterstützung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) - Fachbericht Wasserkraft

In Deutschland gibt es schätzungsweise 9.400 Wasserkraftanlagen mit einer installierten Leistung von ca. 5.607 MW (Lauf- und Speicherwasseranlagen sowie Pumpspeicherwerke mit natürlichem Zufluss). Das Regelarbeitsvermögen beträgt etwa 20 TWh/a. Der Anteil der Energieerzeugung aus Wasserkraft an der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien lag im Jahr 2023 bei 7,3 %. (AGEE-Stat 2024a)

Schwerpunkt des vorliegenden Fachberichts sind Besonderheiten der Erneuerbare Energien-Statistik wie Grenzkraftwerke und Pumpspeicherwerkwerke mit natürlichem Zufluss sowie die Entwicklung einer Methodik zum Selbstverbrauch von Wasserkraftanlagen.

An den Grenzgewässern zu Frankreich, der Schweiz und Luxemburg befinden sich 27 Wasserkraftanlagen im gemeinsamen Besitz deutscher und französischer bzw. schweizerischer und luxemburgischer Unternehmen mit einer installierten Leistung von insgesamt ca. 1,57 GW. Des Weiteren werden in Deutschland 25 Pumpspeicher-Wasserkraftwerke betrieben. Davon sind neun Kraftwerke sogenannte Mixed Plants mit natürlichem Zufluss (PM) und 16 Kraftwerke reine Pumpspeicherwerkwerke.

Etwa 2.200 der 9.400 Wasserkraftanlagen sind Kraftwerke mit reinem Selbstverbrauch. Die hochgerechnete Summe des Selbstverbrauchs beträgt 1.094 GWh (netto) und 1.115 GWh (brutto) für Deutschland, also etwa 5,5 % der Stromerzeugung aus Wasserkraft.

Abstract: Scientific analyses on selected aspects of renewable energy statistics and to support the Working Group on Renewable Energy Statistics - Technical Report on Hydropower

In Germany, there are an estimated 9,400 hydroelectric power plants with an installed capacity of approx. 5,610 MW (run-of-river and storage hydroelectric power plants as well as pumped storage plants with natural inflow). The standard capacity is around 20 TWh/a. In 2023, the share of energy generation from hydropower in gross electricity generation from renewable energies was 7.3 %. (AGEE-Stat 2024a)

This technical report focuses on the special features of the renewable energy statistics, such as cross-border power plants and pumped storage power plants with natural inflow, as well as the development of a methodology for the self-consumption of hydropower plants.

On the border waters with France, Switzerland and Luxembourg, there are 27 hydroelectric power plants jointly owned by German and French or Swiss and Luxembourg companies with a total installed capacity of approx. 1.57 GW. Furthermore, 25 pumped storage hydroelectric power plants are operated in Germany. Of these, nine power plants are so-called mixed plants with natural inflow and 16 power plants are pure pumped storage power plants.

Around 2,200 of the 9,400 hydropower plants are power plants with pure self-consumption. The extrapolated total of self-consumption is 1,094 GWh (net) and 1,115 GWh (gross) for Germany, which is about 5.5 % of the electricity generated from hydropower.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung.....	11
Summary	13
1 Einleitung.....	15
2 Entwicklung des Anlagenbestands.....	16
2.1 Anzahl der Anlagen in Betrieb	16
2.2 Entwicklung des Zu- und Rückbaus.....	18
2.3 EEG-Vergütungsanspruch der Anlagen	20
2.3.1 Anzahl der Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch.....	20
2.3.2 Anzahl der Anlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch.....	21
2.4 Mittlere Lebensdauer und mittleres Alter	21
2.5 Entwicklung der durchschnittlichen Auslastung / Jahresvolllaststunden.....	22
2.5.1 Jahresvolllaststunden in der Literatur	22
2.5.2 Jahresvolllaststunden zur Ermittlung des Selbstverbrauchs	23
3 Energiestatistische Besonderheiten bei Wasserkraft	25
3.1 Grenzkraftwerke und deren statistische Behandlung	25
3.2 Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland.....	33
3.3 Auflistung der Wasserkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke außerhalb Deutschlands mit Einspeisung ins deutsche Stromnetz	36
3.4 Schätzung des wirtschaftlich motivierten Selbstverbrauchs	37
3.4.1 Konzeption einer empirischen Erhebung und darauf aufbauend eines fortschreibbaren Modells zum bisher nicht erfassten Selbstverbrauch.....	38
3.4.2 Durchführung der empirischen Erhebung	39
3.4.3 Datenauswertung	39
3.4.4 Räumliche Verschneidung EEG-Daten mit Länderdaten	42
3.4.5 Ergebnisse zum reinen und teilweisen Selbstverbrauch	44
4 Entwicklung der installierten elektrischen Leistung und Stromerzeugung.....	48
4.1 Technischer Eigenverbrauch.....	48
4.2 Elektrische Bruttolleistung und Nettoleistung.....	48
4.2.1 Leistung der Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch	48
4.2.2 Bruttolleistung der Anlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch.....	51

4.2.3	Ermittlung der AGEE-Stat Zeitreihen zur installierten Nettoleistung	52
4.3	Entwicklung der Brutto-Stromerzeugung	53
4.3.1	Stromerzeugung mit EEG-Vergütungsanspruch	53
4.3.2	Stromerzeugung ohne EEG-Vergütungsanspruch	53
4.3.3	Zeitreihe der gesamten Bruttostromerzeugung gemäß AGEE-Stat	54
4.4	Entwicklung der Netto-Stromerzeugung	54
4.4.1	Netzeinspeisung mit EEG-Vergütung	55
4.4.2	Netzeinspeisung ohne EEG-Vergütung	55
5	Sektorale Zuordnung der installierten Nettonennleistung im MaStR	56
6	Aktuelle Trends zur Entwicklung der Wasserkraft	59
6.1	Ökologische Anforderungen	59
6.2	Genehmigungssituation	59
6.3	Zubautrends	59
6.4	Erwartete Entwicklung der Wasserkraft bezüglich EEG-Regelungen	60
6.5	Finanzierungsinstrumente	61
7	Quellenverzeichnis	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vorgehensweise zur Ermittlung des Selbstverbrauchs	12
Abbildung 2:	Approach of determining self-consumption	14
Abbildung 3:	Karte der Wasserkraftanlagen in Deutschland (Stand 2017) ...	18
Abbildung 4:	Vorgehensweise zur Ermittlung des Selbstverbrauchs	44
Abbildung 5:	Nettostrommenge des Selbstverbrauchs bezogen auf die gesamte Stromerzeugung	46
Abbildung 6:	Entwicklung der installierten Bruttolleistung und Inkrafttreten der EEG-Fassungen	49
Abbildung 7:	Laufzeit der EEG-Förderung (Stand 2023)	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Stromerzeugungsanlagen mit dem Energieträger Wasser im MaStR im Jahr 2023.....	16
Tabelle 2:	In Betrieb befindliche Anlagen nach Bundesländern im MaStR im Jahr 2023	17
Tabelle 3:	Inbetriebnahmen von Stromerzeugungseinheiten differenziert nach Inbetriebnahmejahr (Stand 01.04.2024)	19
Tabelle 4:	Stilllegungen von Stromerzeugungseinheiten (Stand 01.04.2024).....	19
Tabelle 5:	Neubauprojekte und Ertüchtigungen Wasserkraft in Deutschland nach 2010	19
Tabelle 6:	Aktuelle Planungen von Wasserkraft in Deutschland (Stand 01.04.2024).....	20
Tabelle 7:	Entwicklung Anlagenanzahl mit EEG-Vergütungsanspruch	21
Tabelle 8:	Entwicklung der Jahresvolllaststunden der Wasserkraft (ohne natürlicher Zufluss Pumpspeicher).....	23
Tabelle 9:	Jahresvolllaststunden 2019 für verschiedene Bundesländer (Verknüpfung EEG-Daten 2019 mit dem MaStR); Angabe Volleinspeisung (VE) oder Teileinspeisung (TE).....	24
Tabelle 10:	Gewählte Jahresvolllaststunden für die Berechnung des Selbstverbrauchs des Jahres 2019 für verschiedene Bundesländer.....	24
Tabelle 11:	Grenzkraftwerke und internationale Verteilung der Leistung und Jahresarbeit	25
Tabelle 12:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Grenzkraftwerke nach Ländern.....	33
Tabelle 13:	Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss (Mixed Plants), Stand 04/2024	34
Tabelle 14:	Pumpspeicherkraftwerke (reine Speicherkraftwerke)	35

Tabelle 15:	Wasserkraftwerke und Pumpspeicherwerk außerhalb Deutschlands > 10 MW.....	36
Tabelle 16:	Strommengen Selbstverbrauch gemäß EEG-Bewegungsdaten	38
Tabelle 17:	Reiner Selbstverbrauch Ausbauleistung ≤ 1 MW, Werte aus Verschneidung	45
Tabelle 18:	Teilweiser Selbstverbrauch bei Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleistung ≤ 1 MW, Werte aus Verschneidung.....	45
Tabelle 19:	Erzeugung Selbstverbrauch nach Leistungsklassen [GWh]	46
Tabelle 20:	Entwicklung technischer Eigenverbrauch bei Wasserkraftanlagen > 1 MW	48
Tabelle 21:	Installierte Bruttolleistung mit EEG-Vergütungsanspruch	49
Tabelle 22:	Installierte Bruttolleistung mit EEG-Vergütungsanspruch nach Leistungsklassen	50
Tabelle 23:	Installierte Bruttolleistung von EEG-Anlagen gemäß MaStR (2023)	51
Tabelle 24:	Installierte Bruttolleistung WKA mit und ohne EEG-Vergütungsanspruch nach Leistungsklassen im MaStR im Jahr 2023	51
Tabelle 25:	Entwicklung der elektrischen Leistung (netto) (ohne PSW).....	52
Tabelle 26:	Entwicklung der elektrischen Nettoleistung (ohne PSW) (AGEE-Stat)	53
Tabelle 27:	Entwicklung der Bruttostromerzeugung mit EEG-Vergütungsanspruch.....	53
Tabelle 28:	Entwicklung der Bruttostromerzeugung ohne EEG-Vergütungsanspruch (ohne PSW).....	54
Tabelle 29:	Entwicklung der gesamten Bruttostromerzeugung (ohne PSW) (AGEE-Stat)	54
Tabelle 30:	Entwicklung der Nettostromerzeugung (ohne PSW mit natürlichem Zufluss)	54
Tabelle 31:	Entwicklung der Netzeinspeisung mit EEG-Vergütung.....	55
Tabelle 32:	Entwicklung der Netzeinspeisung ohne EEG-Vergütung.....	55
Tabelle 33:	Sektoreneinteilung Daten Marktstammdatenregister (2023) .	56
Tabelle 34:	Zuordnung der Nettonennleistung im MaStR zu Sektoren (2023)	57

Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BDW	Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke
BGH	Bundesgerichtshof
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
Destatis	Statistisches Bundesamt
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
FWT GmbH	Fichtner Water & Transportation GmbH
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
hf	Mittlere Fallhöhe
k. A.	Keine Angabe
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LW	Laufwasser
MaStR	Marktstammdatenregister
MQ	mittlerer Gewässerabfluss
NACE	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
P	Leistung
PM	Mixed Plants
PP	Leistung der Maschinen im Pumpbetrieb
PSW	Pumpspeicherkraftwerk
PT	Leistung der Maschinen im Turbinenbetrieb
SEE	Stromerzeugungseinheit
SW	Speicherwasser
UBA	Umweltbundesamt
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WKA	Wasserkraftanlage

Zusammenfassung

Die Wasserkraft ist eine bereits seit Jahrhunderten genutzte und bewährte Energiequelle. Auch heute ist sie weiterhin bedeutend und wird intensiv genutzt. Im Jahr 2023 betrug die Stromerzeugung in Deutschland insgesamt 512 TWh Energie (AGEB 2024). Hiervon entfielen 273 TWh auf die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien. Der Anteil der Energieerzeugung aus Wasserkraft an der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien lag im Jahr 2023 bei 7,3 % (AGEE-Stat 2024a).

Im Marktstammdatenregister stehen die Stammdaten aller Stromerzeugungsanlagen zur Verfügung, die mit dem Stromnetz verbunden sind. Zum Stand 01.04.2024 sind 8.698 Stromerzeugungseinheiten (SEE) mit dem Energieträger Wasser im Marktstammdatenregister eingetragen. Hiervon befinden sich im Jahr 2023 8.549 SEE in Betrieb. Dreißig dieser SEE befinden sich in Österreich oder der Schweiz, speisen jedoch in das deutsche Stromnetz ein. Die sich in Betrieb befindlichen SEE können zu 7.216 Wasserkraftanlagen in Deutschland zusammengefasst werden (BNetzA 2024a).

Wie hoch die Anzahl der Wasserkraftanlagen und deren Stromerzeugung ist, die nicht mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind, sondern im sogenannten Inselbetrieb ihren Strom verbrauchen, wird derzeit nicht statistisch erfasst (keine Registrierung gemäß MaStR-Verordnung ohne Netzanschluss). Laut Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie werden in Deutschland etwa 8.300 Wasserkraftanlagen betrieben, von denen circa 7.300 in das öffentliche Netz einspeisen (Geidel et al. 2021).

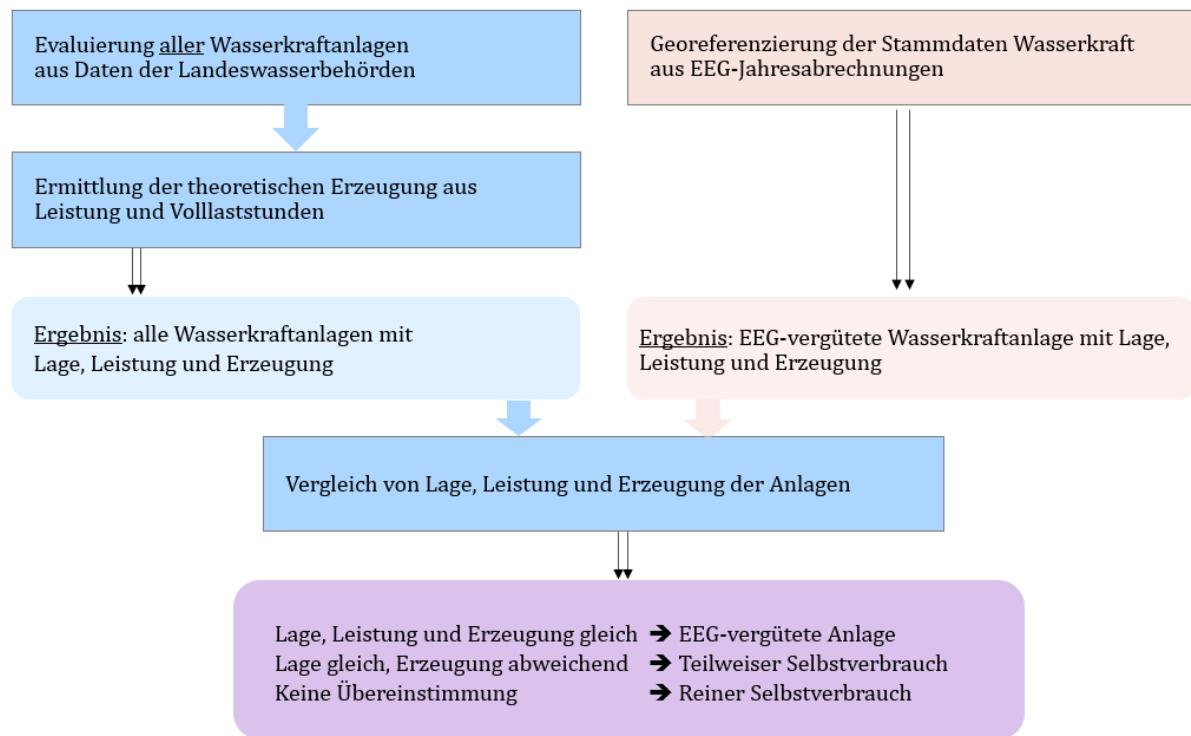
An den Grenzgewässern zu Frankreich, der Schweiz und Luxemburg befinden sich Wasserkraftanlagen im gemeinsamen Besitz deutscher und französischer bzw. schweizerischer und luxemburgischer Unternehmen. Im Marktstammdatenregister sind insgesamt 27 Grenzkraftwerke, davon 18 mit einer Bruttoleistung größer als 1 MW registriert. Hierbei handelt es sich um Kraftwerke mit mehreren Stromerzeugungseinheiten (Maschinenblöcke) mit einem Anschluss an das deutsche Stromnetz. Alle Grenzkraftwerke verfügen gemeinsam über eine installierte Leistung von insgesamt ca. 1,57 GW. Davon entfallen 474,2 MW entsprechend dem Betreiberanteil auf Deutschland, 684 MW auf Österreich, 327,3 MW auf die Schweiz, 123,9 MW auf Frankreich und 7,8 MW auf Luxemburg.

In Deutschland werden des Weiteren 25 Pumpspeicher-Wasserkraftwerke betrieben. Neun Kraftwerke sind sogenannte Mixed Plants mit natürlichem Zufluss (PM). Sie sind gleichzeitig Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke. 16 Kraftwerke sind reine Pumpspeicherkraftwerke mit einem Oberbecken ohne natürlichen Zufluss.

Alle in Betrieb befindlichen Anlagen verfügen zusammen über einen Speicherenergieinhalt von 60,7 GWh, der bei Bedarf abgerufen und genutzt werden kann. Aufgrund der unterschiedlichen Turbinen- und Pumpenleistungen variieren allerdings die Zeiträume, innerhalb derer der Speicherenergieinhalt erneut zur Verfügung steht.

Im Rahmen des ersten Teils dieses zwischenzeitlich verlängerten Projektes wurde die Konzeption einer empirischen Erhebung und darauf aufbauend eines fortschreibbaren Modells zum bisher nicht erfassten Selbstverbrauch entwickelt. In einer räumlichen Verschneidung von verorteten EEG-Stammdaten der Übertragungsnetzbetreiber mit den Geodaten der Bundesländer konnten Wasserkraftanlagen ohne Einspeisung ins allgemeine Stromnetz identifiziert werden. Hierbei handelte es sich um die Teilmenge der „Reinen Selbstverbraucher“. Des Weiteren wurden die Teilmengen der Teil-Selbstverbraucher aus dem Erzeugungspotenzial abzüglich der EEG-Einspeisemenge abgeleitet. Das Vorgehen ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Vorgehensweise zur Ermittlung des Selbstverbrauchs



Quelle: (eigene Darstellung FWT GmbH)

Die hochgerechnete Summe des Selbstverbrauchs aus Wasserkraftanlagen beträgt 1.094 GWh (netto) und 1.115 GWh (brutto) für Deutschland. Die berechnete Gesamtstrommenge der Voll- und Teilweise-Selbstverbraucher ist gemessen an der gesamten Stromerzeugung aus Wasserkraft von ca. 20.000 GWh in Deutschland gering.

Die Entwicklung der installierten elektrischen Leistung von Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Pumpspeicherkraftwerken mit natürlichem Zulauf zeigt einen Anstieg von 5.193 MW im Jahr 2006 auf 5.629 MW im Jahr 2016, insgesamt somit ca. 8 %. Nach leichten Rückgängen lag die installierte Leistung im Jahr 2023 bei 5.607 MW (AGEE-Stat 2024a).

Durch die von der Witterung abhängigen Abflüsse der Gewässer schwankt die jährliche Stromerzeugung um bis zu 15 % um den Mittelwert. Die niedrigsten Werte für die Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft ohne Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss gab es seit 2005 in den Jahren 2011 und 2022. Die höchste Stromerzeugung aus Wasserkraft wurde im Jahr 2013 mit über 22 TWh pro Jahr erreicht (AGEE-Stat 2024b).

Insbesondere in den Jahren 2025 bis 2035 läuft eine Reihe von wasserrechtlichen Zulassungen aus, sodass diese neu beantragt werden müssen. Bei der Betrachtung der Restlaufzeit der EEG-Anlagen zeigt sich, dass im Zeitraum von 2029 bis 2036 für jährlich zwischen 400 bis 500 Anlagen die EEG-Förderung ausläuft. Die Entwicklungen im Bereich Wasserkraft sind abhängig von der Größe der Anlage. Kleine Anlagen werden aus wirtschaftlichen Gründen eher stillgelegt, während größere Anlagen im Rahmen von Ertüchtigungen einen Leistungszuwachs erzielen werden.

Summary

Hydropower has been used as a proven source of energy for centuries. Today, it continues to be important and is globally used intensively. In 2023, a total of 512 TWh of energy was provided from renewable energy sources in Germany (AGEB 2024.). Of this, 273 TWh was accounted for by electricity production from renewable energies. In 2023, the share of gross electricity generation from renewable energy sources accounted for by hydropower was 7.3 % (AGEE-Stat 2024a).

The master data of all power generation plants connected to the public grid are available in the core energy market data register Markstammdatenregister (MaStR). As of 1 April 2024, 8,698 electricity generating units (EGUs) with the energy source water are registered in the MaStR. Of these, 8,549 EGUs were in operation in 2023. Thirty of these EGUs are located in Austria or Switzerland, but feed into the German power grid. The EGUs in operation can be summarised as 7,216 hydropower plants in Germany (BNetzA 2024a).

The number of hydropower plants and their electricity generation that do not feed into the public grid but consume their electricity themselves in so-called isolated operation is not currently recorded statistically (no registration according to the MaStR regulation without grid connection). According to the National Water Strategy, there are around 8,300 hydroelectric power plants in Germany, of which approximately 7,300 feed into the public grid (Geidel et al. 2021).

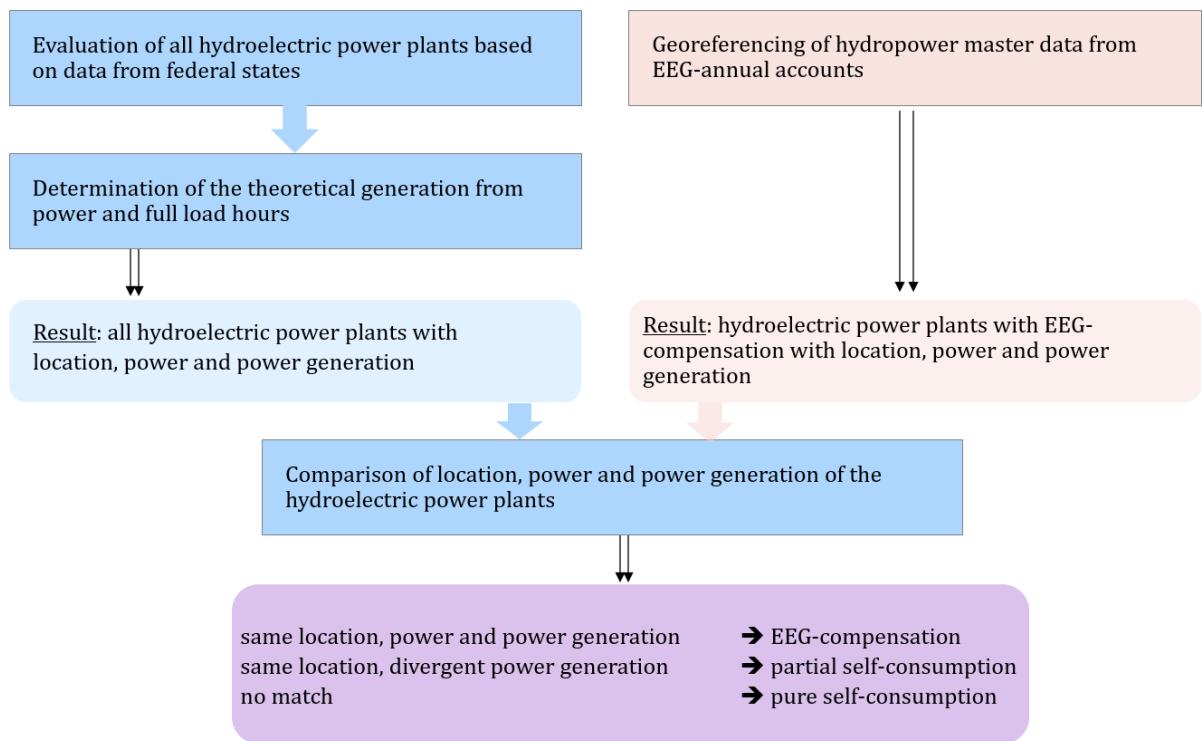
On the border waters with France, Switzerland and Luxembourg, there are hydroelectric power plants jointly owned by German and French or Swiss and Luxembourg companies. A total of 27 cross-border power plants are registered in the market master data register, 18 of which have a gross output greater than 1 MW. These are power plants with several electricity generation units (machine blocks) connected to the German electricity grid. All cross-border power plants together have a total installed capacity of approx. 1.57 GW. Of which 474.2 MW is allocated to Germany, 684 MW to Austria, 327.3 MW to Switzerland, 123.9 MW to France and 7.8 MW to Luxembourg, in line with the operators' shares.

In addition, 25 pumped storage hydroelectric power plants are operated in Germany. Nine power plants are so-called mixed plants with natural inflow. They are both storage and pumped storage power plants. 16 power plants are pure pumped storage power plants with an upper basin without natural inflow.

All plants in operation together have a storage energy content of 60.7 GWh, which can be accessed and used as needed. However, due to the different turbine and pump capacities, the periods within which the storage energy content is available again vary.

The first part of this project, which has since been extended, developed the concept for an empirical survey and, based on this, an updatable model for self-consumption, which had not been covered previously. By spatially intersecting the transmission system operators' local EEG master data with the geodata of the federal states, it was possible to identify hydropower plants that did not feed into the power grid. These are the subset of 'pure self-consumers'. Furthermore, the subsets of partial self-consumers were derived from the generation potential minus the electricity fed into the grid and remunerated by the EEG. The procedure is shown in Figure 2.

Abbildung 2: Approach of determining self-consumption



Quelle: (eigene Darstellung FWT GmbH)

The extrapolated total self-consumption from hydroelectric power plants is 1,094 GWh (net) and 1,115 GWh (gross) for Germany. The calculated total electricity volume of full and partial self-consumers is low compared to the total electricity generation from hydropower of approx. 20,000 GWh in Germany.

The development of the installed electrical output of run-of-river and storage hydroelectric power plants and pumped storage power plants with natural inflow shows an increase from 5,193 MW in 2006 to 5,629 MW in 2016, a total of approx. 8 %. After slight declines, the installed capacity in 2023 was 5,607 MW (AGEE-Stat 2024a).

Due to the weather-dependent runoff of watercourses, annual electricity generation fluctuates by up to 15 % around the average value. The lowest values for gross electricity generation from hydropower without pumped storage plants with natural inflow were recorded in 2011 and 2022. The highest electricity generation was achieved in 2013, at almost 2 TWh per year (AGEE-Stat 2024b).

Particularly between 2025 and 2035, a number of water law permits will expire, meaning that new permits will be required. An analysis of the remaining lifetime of the EEG plants shows that between 400 and 500 plants will lose their EEG funding each year between 2029 and 2036. Developments in the hydropower sector depend on the size of the plant. Small plants are more likely to be decommissioned for economic reasons, while larger plants will increase their output as a result of modernisation.

1 Einleitung

Die Wasserkraft ist eine bereits seit Jahrhunderten genutzte und bewährte Energiequelle. Gemäß Auswertung des Marktstammdatenregisters vom 01.04.2024 sind im Jahr 2023 7.223 Wasserkraftanlagen an das deutsche Stromnetz angeschlossen. Davon befinden sich sieben Wasserkraftanlagen in Österreich oder der Schweiz.

Die Gesamtleistung von Lauf- und Speicherwasseranlagen sowie Pumpspeicherwerken mit natürlichem Zufluss betrug 2023 etwa 5.607 MW. Die Jahresarbeit beträgt im Mittel 20 TWh. Im Jahr 2023 wurden in Deutschland insgesamt 505 TWh Energie aus erneuerbaren Energieträgern bereitgestellt, von dieser Summe entfielen 273 TWh auf die Stromproduktion. Der Anteil der Energieerzeugung aus Wasserkraft an der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien lag im Jahr 2023 bei 7,3 % (AGEE-Stat 2024a).

Wasserkraftanlagen zeigen eine große Spannweite der installierten Leistung. Diese reicht von einigen Kilowatt bis über 200 Megawatt. Große Anlagen mit Leistungen von einigen Megawatt erreichen heute Wirkungsgrade von bis zu gut 90 %. Hier ist keine große Steigerung mehr zu erwarten. Auch moderne kleine Anlagen zeigen relativ hohe Wirkungsgrade im Bereich von über 85 %. Weitere Steigerungen sind nur begrenzt möglich.

Ein besonderer Aspekt der Wasserkraft ist, dass es Grenzkraftwerke an den Grenzen zu Österreich, der Schweiz, Frankreich und Luxemburg gibt. Diese stehen zum Beispiel in Nachbarländern, speisen aber in das deutsche Stromnetz ein oder sie stehen in Deutschland, speisen jedoch in das Netz eines Nachbarlandes ein. Einige Grenzkraftwerke leiten die erzeugte Strommenge zu Anteilen in das deutsche Stromnetz und das Stromnetz eines Nachbarlandes ein. Die insgesamt installierte Leistung von Grenzkraftwerken, die Deutschland zugeordnet werden kann, liegt bei 507,8 MW.

Eine Form von Wasserkraftanlagen bilden Pumpspeicherkraftwerke (PSW). Diese sind wichtige Speicher für elektrische Energie und stellen einen wichtigen Baustein bei der Stabilisierung der Stromnetze dar. Infolge des laufenden Ausbaus der erneuerbaren Energien besteht im Stromverbundnetz ein erhöhter Regel- und Ausgleichsbedarf. Aus diesem Grund wurden vor ca. 10 bis 15 Jahren zahlreiche Projekte für neue Pumpspeicherkraftwerke wieder reaktiviert oder für den Ausbau der existierenden Anlagen neu entwickelt. Ein großer Teil der Projekte ist jedoch wieder zurückgestellt worden, weil sich die wirtschaftlichen Randbedingungen verschlechtert hatten. Es ist momentan nicht absehbar, ob die aktuelle Entwicklung auf dem Strommarkt anhält, so dass in Zukunft mit einem wirtschaftlichen Betrieb für Pumpspeicherkraftwerke gerechnet werden kann.

Aktuelle Zahlen zum Stand der erneuerbaren Energien sind für Politik und Wirtschaft eine wichtige Entscheidungsgrundlage. Das Ziel dieses Fachberichtes ist es, einen Beitrag zur Plausibilisierung und Weiterentwicklung der Erneuerbare Energien-Statistik zu leisten, um eine unterjährig fortlaufend aktualisierte, konsistente, belastbare und abgestimmte Datenbasis zum Nutzungsstand der erneuerbaren Energien in Deutschland sowie zum deutschen Beitrag zu den energie- und klimapolitischen Zielen der EU bereitzustellen.

2 Entwicklung des Anlagenbestands

2.1 Anzahl der Anlagen in Betrieb

Bei der Erfassung der Anlagenzahl wird die Problematik des Anlagenbegriffs deutlich. Seit dem Urteil des Bundesgerichtshofs von Oktober 2013 (BGH 2013) gilt grundsätzlich der weite Anlagenbegriff im EEG, so dass mehrere Stromerzeugungseinheiten eine Anlage bilden. Im Folgenden werden daher verschiedene Anlagen mit eigenem EEG-Schlüssel als eine Anlage gezählt, wenn sie über die gleiche Adresse verfügen. In der amtlichen Statistik und im Marktstammdatenregister wird hingegen der Begriff Stromerzeugungseinheit verwendet, der nur einen Generator beinhaltet. Keuneke et al. (2023) empfehlen daher, den Anlagenbegriff so zu definieren, dass alle Erzeugungseinheiten, die ein gemeinsames Wasserentnahmehabwerk benutzen, als eine Anlage bezeichnet werden.

Seit dem 31.01.2019 steht das Marktstammdatenregister (MaStR) zur Verfügung. Seit diesem Zeitpunkt müssen Registrierungen von neuen Stromerzeugungsanlagen ausschließlich über das Register erfolgen. Mit Hilfe des MaStR (BNetzA 2024a) steht seit Anfang 2021 eine umfassende Bestandsaufnahme der Stammdaten aller Stromerzeugungsanlagen und somit auch der Wasserkraft zur Verfügung.

Für Ende 2023 sind im MaStR mit Datenstand zum Zeitpunkt 01.04.2024 8.549 SEE mit dem Betriebsstatus „in Betrieb“ eingetragen. (siehe Tabelle 1). Im MaStR sind auch SEE eingetragen, die im Ausland liegen, aber in das deutsche Stromnetz einspeisen. Für Ende 2023 sind 30 ausländische SEE eingetragen, die zu zwei Wasserkraftanlagen in der Schweiz (KW Laufenburg und KW Rheinfelden) und fünf Wasserkraftanlagen in Österreich (Latschauwerk, Kopswerk, Obervermuntwerk, Rodundwerk und Vermuntwerk) gehören.

Stromerzeugungseinheiten, bei denen Adresse, Anlagenbetreiber und Art der Wasserkraftanlage übereinstimmen, wurden zu einer Anlage zusammengefasst. Gemäß dieser Zusammenfassung sind im MaStR (Stand 01.04.2024) Informationen zu 7.216 im Jahr 2023 sich in Deutschland in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen enthalten. Eine Auflistung der Anlagenzahlen für die verschiedenen Bundesländer befindet sich in Tabelle 2.

Tabelle 1: Stromerzeugungsanlagen mit dem Energieträger Wasser im MaStR im Jahr 2023

Betriebszustand	SEE Wasser Inland	SEE Wasser Ausland
In Planung	28	0
In Betrieb	8.519	30
Vorübergehend stillgelegt	38	0
Endgültig stillgelegt	74	0
Summe	8.659	30

Quelle: (BNetzA 2024a)

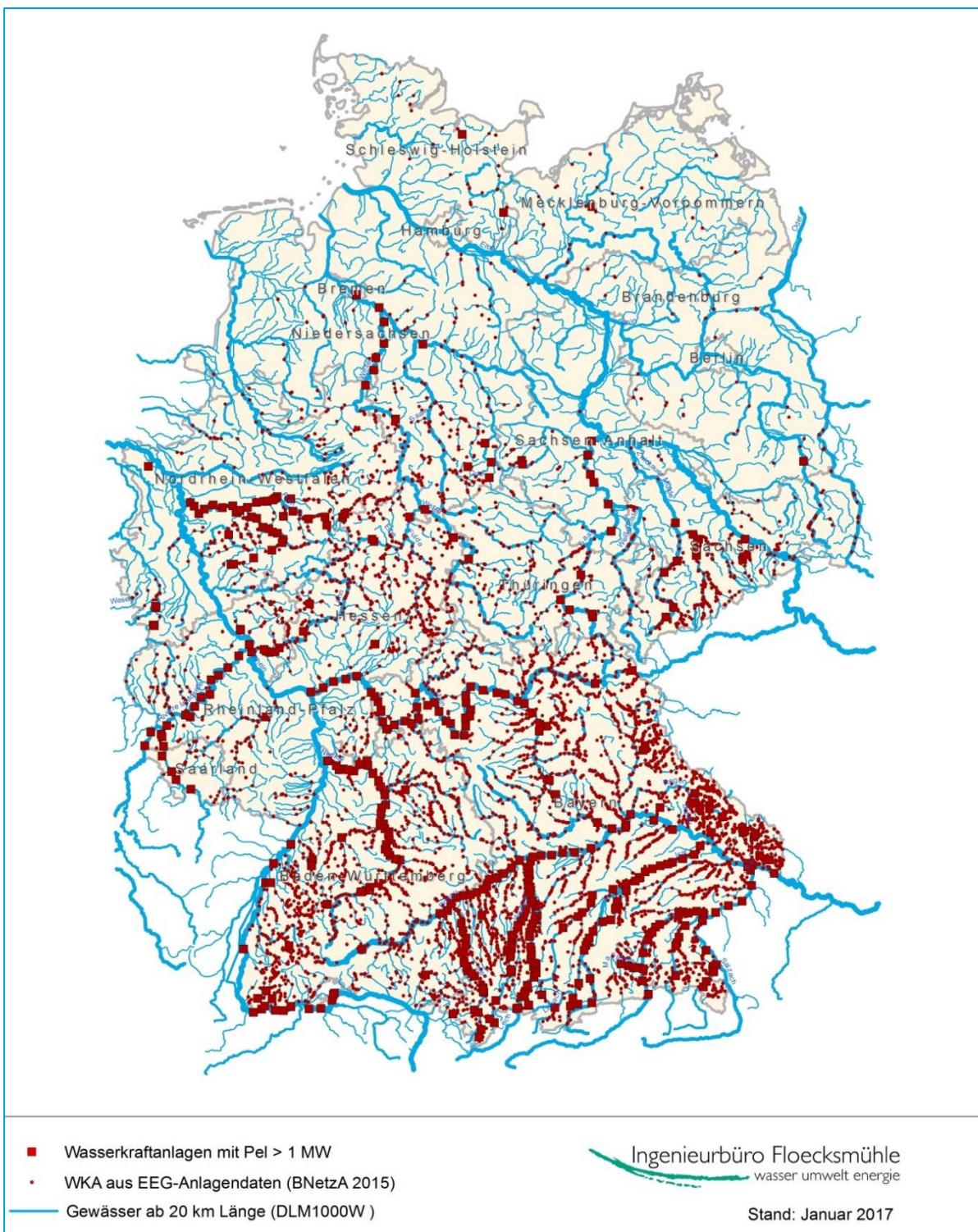
Tabelle 2: In Betrieb befindliche Anlagen nach Bundesländern im MaStR im Jahr 2023

Bundesland	Anzahl WKA	Anzahl SEE	Summe Bruttolleistung [MW]	Summe Nettonennleistung [MW]
Baden-Württemberg	1.600	1.903	884,76	860,86
Bayern	3.620	4.200	2.807,05	2.751,49
Berlin	0	0	0,00	0,00
Brandenburg	35	37	4,73	4,66
Bremen	1	2	10,00	9,73
Hamburg	1	1	0,12	0,12
Hessen	448	489	94,11	87,55
Mecklenburg-Vorpommern	19	21	2,60	2,50
Niedersachsen	233	273	296,15	272,82
Nordrhein-Westfalen	399	524	188,97	183,04
Rheinland-Pfalz	224	269	236,75	235,79
Saarland	29	32	18,03	17,60
Sachsen	332	429	94,47	89,03
Sachsen-Anhalt	57	81	32,93	32,31
Schleswig-Holstein	19	22	4,95	4,85
Thüringen	199	236	40,20	37,67
Summe	7.216	8.519	4.716	4.590

Quelle: (BNetzA 2024a; Zusammenfassung zu WKA durch FWT GmbH)

Den Bestand der Wasserkraftanlagen in Deutschland zeigt Abbildung 3. Dargestellt sind die Wasserkraftanlagen mit einer Leistung ≥ 1 MW und die Anlagen der Leistung < 1 MW, die im Jahr 2015 eine Förderung nach EEG erhielten. Deutlich wird die große Anlagendichte in den Mittelgebirgen und in Süddeutschland bzw. entlang der größeren Flüsse. Der Datenstand von 2015 wurde gewählt, weil nach aktuellen Vorgaben des Datenschutzes für Anlagen mit weniger als 30 kW und damit für einen großen Teil der Anlagen keine Adressdaten mehr vorliegen. 2017 wurde eine Aktualisierung vorgenommen.

Abbildung 3: Karte der Wasserkraftanlagen in Deutschland (Stand 2017)



Quelle: (Auswertung durch FWT GmbH und Hydrotec basierend auf BNetzA 2015)

2.2 Entwicklung des Zu- und Rückbaus

Im Marktstammdatenregister ist für jede SEE das Inbetriebnahmedatum eingetragen. Die Anzahl der ab 2017 bis Ende 2023 pro Jahr neu in Betrieb genommenen Stromerzeugungseinheiten ist in Tabelle 3 dargestellt. Der Zubau entfällt überwiegend auf das Bundesland Bayern (149,5 MW), gefolgt von Baden-Württemberg (10,2 MW) und Nordrhein-Westfalen (8,1 MW). Gemeldete

dauerhafte Stilllegungen von Stromerzeugungseinheiten gibt es in diesem Zeitraum insgesamt 74 mit einer Bruttolleistung von 95,5 MW. Gemeldete vorübergehende Stilllegungen gibt es in dem Zeitraum insgesamt 38, davon sind 24 Stromerzeugungseinheiten im Leistungsbereich kleiner 100 kW zu finden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 3: Inbetriebnahmen von Stromerzeugungseinheiten differenziert nach Inbetriebnahmejahr (Stand 01.04.2024)

Inbetriebnahme Jahr	Anzahl Einheiten gesamt	Anzahl Einheiten < 100 kW	Bruttolleistung gesamt [MW]	Nettonennleistung gesamt [MW]
2017	141	115	11,0	10,6
2018	103	80	10,1	9,6
2019	86	70	9,4	9,2
2020	92	53	21,0	20,5
2021	33	23	10,6	10,6
2022	40	26	125,2	125,1
2023	22	17	2,5	2,3

Quellen: (BNetzA 2024a)

Tabelle 4: Stilllegungen von Stromerzeugungseinheiten (Stand 01.04.2024)

Zeitraum	Art Stilllegung	Anzahl Einheiten gesamt	Anzahl Einheiten < 100 kW	Bruttolleistung gesamt [MW]	Nettonennleistung gesamt [MW]
01.04.2024	vorübergehende	38	24	5,8	5,4
2017 - 2023	endgültige	74	42	95,5	94,7

Quellen: (BNetzA 2024a)

Beispielhaft für große Neubauprojekte bzw. Ertüchtigungen von Wasserkraftanlagen in Deutschland werden die folgenden Standorte aufgeführt. Es handelt sich um eine Auswahl an bekannten Anlagen.

Tabelle 5: Neubauprojekte und Ertüchtigungen Wasserkraft in Deutschland nach 2010

Inbetriebnahme	Standort	Leistung [MW]	Jahresproduktion [MWh]	Ausbauwassermenge [m³/s]
2011	Bremen	10	33.000	220
2012	Rheinfelden	100	600.000	1.500
2013	Willstätt	0,99	5.300	25
2017	Atex	1,6	8.000	2,2
2018	Meitingen	13,2	83.800	129
2019/2020	Bad Ems	0,8	3.000	30
2021	Muldestausee	3,12	13.600	69

Inbetriebnahme	Standort	Leistung [MW]	Jahresproduktion [MWh]	Ausbauwassermenge [m³/s]
2022	Töging a. Inn	(+33) nachher 118	(+140.000) nachher 700.000	(+ 70) nachher 410
2022	Friedingen (Donau)	2,25	5.800	15
2022	Gartenau (Berchtesgadener Ache)	1,9	8.000	20

Quellen: (Energiedienst 2020; EnBW 2024a; Weserkraftwerk Bremen 2024; Dumont, U., G. Hermens (2013); Steinhoff 2024; BNetzA 2024a; <https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/news-presse/presse/2019/07/22/toeging>; zek Hydro 2021)

Im Marktstammdatenregister sind weitere Planungen von Wasserkraftanlagen registriert. Diese sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Die Liste ist vermutlich nicht vollständig, da nicht alle Planungen registriert werden müssen. Verpflichtend ist dies bei Stromerzeugungseinheiten mit dem Energieträger Wasser nur, wenn die „Errichtung oder der Betrieb der Stromerzeugungseinheit einer Zulassung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz [...] oder sonstigem Bundesrecht bedarf und die Zulassung erteilt wurde“ (§ 5 Absatz 4 Satz 1 MaStRV). Ab der Bekanntgabe der Zulassung muss die Registrierung innerhalb eines Monats erfolgen (vergl. § 5 Absatz 5 Satz 3 und 4 MaStRV).

Tabelle 6: Aktuelle Planungen von Wasserkraft in Deutschland (Stand 01.04.2024)

Anzahl Einheiten gesamt	Anzahl Einheiten < 100 kW	Bruttoleistung gesamt [MW]	Nettonennleistung gesamt [MW]
31	23	2,8	2,6

Quellen: (BNetzA 2024a)

2.3 EEG-Vergütungsanspruch der Anlagen

2.3.1 Anzahl der Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch

Die langfristige Entwicklung der nach EEG vergüteten Anlagen für die Jahre 2003 bis 2022 ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Zahl der Anlagen wurde bis zum Jahr 2006 in den Statistikberichten der BNetzA veröffentlicht. Für das Jahr 2007 konnten keine Angaben zur Anlagenanzahl ermittelt werden. Ab dem Jahr 2008 wurden die Anlagenzahlen in BNetzA (2017 - 2019) publiziert. Gemäß dieser Veröffentlichung ist die Anlagenanzahl von 2006 auf 2008 deutlich gesunken. Der starke Rückgang der Anlagenanzahl weist auf eine unterschiedliche Systematik in der Datenerhebung bzw. -auswertung hin. Ab dem Jahr 2020 wurden die Daten der Übertragungsnetzbetreiber selbst ausgewertet (ÜNB 2021 – 2024).

Tabelle 7: Entwicklung Anlagenanzahl mit EEG-Vergütungsanspruch

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Anzahl Anlagen	5.957	6.216	6.359	6.484	k. A.	6.017	6.324	6.571	6.825	6.974	
Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Anzahl Anlagen	6.864	6.947	7.078	7.041	7.138	7.172	7.222	7.014	6.833	6.814	6.735

Quelle: (2003 bis 2006: BNetzA 2008, 2008 – 2019: BNetzA 2019, 2020-2023: ÜNB 2021 - 2024)

Im Datendownload des MaStR (Stand 01.04.2024) sind für das Berichtsjahr 2023 in der Tabelle „AnlagenEegWasser“ 6.312 EEG-Anlagen, die sich in Deutschland und in Betrieb befinden, mit zugeordneten SEE aufgelistet. Zusätzlich gibt es das Kraftwerk Rheinfelden, welches ebenfalls in der Tabelle aufgelistet ist, jedoch im MaStR der Schweiz zugeordnet wird. Da dieses Kraftwerk auch in den Daten der Übertragungsnetzbetreiber enthalten ist, wird es weiterhin bei den Auswertungen zu Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch berücksichtigt. Werden die sich in Betrieb befindlichen Stromerzeugungseinheiten in eigener Auswertung zu Anlagen zusammengefasst und auf die Angabe mindestens einer Eeg-MaStR-Nummer hin ausgewertet, so ergeben sich 6.103 Wasserkraftanlagen mit EEG-Vergütungsanspruch im Jahr 2023.

Ein Erklärungsansatz für die Differenz zu den Daten der ÜNB und der Tabelle „AnlagenEegWasser“ ist, dass Stromerzeugungseinheiten an einem Standort über eigene EEG-Vergütungsschlüssel verfügen können und somit als separate EEG-Anlagen erfasst werden. Es liegt jedoch auch der Schluss nahe, dass bei der Registrierung mancher Stromerzeugungseinheiten im MaStR vergessen wurde, den EEG-Anlagenschlüssel anzugeben.

2.3.2 Anzahl der Anlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch

In den Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie (Geidel et al. 2021) wird die Anzahl an Wasserkraftanlagen in Deutschland mit etwa 8.300 angegeben, von denen circa 7.300 in das öffentliche Netz einspeisen (Geidel et al. 2021). Werden von den 8.300 Wasserkraftanlagen 6.103 Wasserkraftanlagen abgezogen, denen ein EEG-Anlagenschlüssel zugeordnet werden kann (siehe Kapitel 2.3.1), so ergeben sich ca. 2.200 Wasserkraftanlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch.

Für einen zweiten Berechnungsansatz wird die Gesamtzahl der Wasserkraftanlagen in Deutschland aus der Summe der zusammengefassten Wasserkraftanlagen im MaStR (7.216) (siehe Kapitel 2.1) und der hochgerechneten Anzahl an Wasserkraftanlagen mit reinem Selbstverbrauch (ca. 2.200) (siehe Kapitel 3.4.5) gebildet. Abzüglich der 6.103 Wasserkraftanlagen mit zugeordnetem EEG-Anlagenschlüssel (siehe Kapitel 2.3.1) ergeben sich ca. 3.300 Wasserkraftanlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch.

2.4 Mittlere Lebensdauer und mittleres Alter

Bekanntermaßen ist die technische Lebensdauer von Wasserkraftanlagen sehr hoch. Die Nutzungsdauer der baulichen Anlagenteile beträgt ca. 60 Jahre und die der maschinellen und elektrischen Ausrüstung ca. 30 Jahre (Giesecke 2014).

Im MaStR sind bis Ende des Jahres 2023 75 SEE registriert, deren Betriebsstatus mit „endgültig stillgelegt“ eingetragen wurde. Die mittlere Lebensdauer dieser Anlagen betrug 50 Jahre.

Ca. 9,5 % der Stromerzeugungseinheiten und der Wasserkraftanlagen im Marktstammdatenregister sind jünger als 10 Jahre. Jünger als 30 Jahre sind 53 % der Stromerzeugungseinheiten und 55 % der Wasserkraftanlagen.

Das mittlere Alter der im MaStR registrierten Stromerzeugungseinheiten beträgt ca. 40,5 Jahre. Zusammengefasst nach Wasserkraftanlagen beträgt das mittlere Alter 39 Jahre. 135 Stromerzeugungseinheiten bzw. 124 Wasserkraftanlagen haben als Datum der Inbetriebnahme den 01.01.1900 eingetragen. Dieses ist das frühestmögliche Datum, welches im MaStR eingegeben werden kann. Daraus kann geschlossen werden, dass einige Anlagen über ein noch früheres Inbetriebnahmedatum verfügen.

2.5 Entwicklung der durchschnittlichen Auslastung / Jahresvolllaststunden

2.5.1 Jahresvolllaststunden in der Literatur

Die Stromerzeugung ist insbesondere von den mittleren Jahresvolllaststunden oder auch Jahresbenutzungsstunden abhängig. Die Anzahl der Volllaststunden berechnet sich als Quotient aus der Jahresenergieproduktion W und der installierten Leistung P:

$$\text{Volllaststunden [h]} = W [\text{kWh/a}] / P [\text{kW}]$$

Die Volllaststunden sind wesentlich niedriger als die Gesamtstundenzahl eines Jahres von 8.760 h und liegen typischerweise im Bereich zwischen 4.000 bis 6.000 h (Anderer et al. 2010). Die geringen Volllaststunden im Vergleich zur Gesamtstundenzahl des Jahres resultieren einerseits aus Stillstandszeiten durch Revision, Hochwasser, Trockenzeiten und ungeplante Ausfälle. Andererseits beeinflussen der tatsächliche Ausbaugrad und das Abflussverhalten der Gewässer die Volllaststunden. Der wichtigste Einflussfaktor auf die Jahresbenutzungsstunden oder Volllaststunden für die Wasserkraft sind die Niederschlagsmengen und damit das verfügbare Wasserdargebot. Dadurch werden die WKA häufig nur in Teillast betrieben.

Im Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045 (ÜNB 2023a) werden für Speicherwasser 1.722 bzw. 1.726 gemittelte Volllaststunden angesetzt und für Laufwasser 4.400. In (Anderer et al. 2017) werden Werte zwischen 3.650 h bei sehr ungleichmäßigen Gewässern und 4.650 h bei sehr gleichmäßigen Gewässern angegeben. Gemäß BDEW (2019) betragen die durchschnittlichen Volllaststunden im Jahr 2018 für die Wasserkraft 3.170 h und für 2019 3.550 h (vorläufiger Wert). In den beiden darauffolgenden Jahren liegen die Werte ebenfalls in diesem Bereich mit 3.280 h in 2020 und 3.430 h in 2021 (vorläufiger Wert) (BDEW 2022). Diese Werte sind somit niedriger als die Angaben im Netzentwicklungsplan (ÜNB 2023a) und der Potenzialstudie (Anderer et al. 2017).

In Tabelle 8 ist die Ermittlung der Jahresvolllaststunden als Quotient aus der Jahresarbeit und der installierten Leistung für Wasserkraftanlagen in Deutschland dargestellt, wobei Pumpspeicheranlagen mit natürlichem Zufluss nicht enthalten sind (AGEE-Stat 2024b). Im Zeitraum von 2005 bis 2023 liegen die Jahresvolllaststunden zwischen ca. 3.860 und 5.030 h. Verglichen mit dem Mittelwert dieses Zeitraums schwanken die Jahresvollaststunden um ca. ±15 %.

Tabelle 8: Entwicklung der Jahresvolllaststunden der Wasserkraft (ohne natürlicher Zufluss Pumpspeicher)

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Installierte Leistung (netto) [MW]	4.134	4.117	4.083	4.104	4.283	4.252	4.469	4.451	4.434	4.424
Bruttostromerzeugung [GWh]	18.988	19.418	20.530	19.948	18.632	20.424	17.265	21.195	22.311	19.176
Jahresvolllaststunden [h]	4.593	4.717	5.028	4.861	4.350	4.803	3.863	4.762	5.032	4.335
Relation zum Mittelwert der Jahresvolllaststunden 2005 – 2023 [%]	103	106	112	109	97	107	86	107	113	97

Jahr	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Installierte Leistung (netto) [MW]	4.433	4.442	4.449	4.218	4.267	4.320	4.355	4.435	4.567
Bruttostromerzeugung [GWh]	18.511	19.982	19.671	17.606	19.641	18.214	19.115	17.145	19.352
Jahresvolllaststunden [h]	4.176	4.498	4.421	4.174	4.603	4.216	4.389	3.866	4.237
Relation zum Mittelwert der Jahresvolllaststunden 2005 – 2023 [%]	93	101	99	93	103	94	98	86	95

Quelle: (AGEE-Stat 2024b und eigene Berechnungen basierend auf AGEE-Stat 2024b)

2.5.2 Jahresvollaststunden zur Ermittlung des Selbstverbrauchs

Im Zuge der Ermittlung des Selbstverbrauchs von Wasserkraftanlagen (Kapitel 3.4) wurden zunächst Daten aus dem Jahr 2018 für die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz ausgewertet. Da das Bezugsjahr 2018 besonders abflussarm und somit nicht repräsentativ war, wurden dann jedoch die Daten der EEG-Jahresendabrechnungen aus dem „mittleren“ Jahr 2019 als Grundlage für die Ermittlung der Vollaststunden gewählt.

Die Sichtung verschiedener Quellen (Anderer et al. 2017, BDEW 2019 und 2021, ÜNB 2019a) und die Ergebnisse eigener Berechnungen zeigten des Weiteren, dass mit regional unterschiedlichen Ansätzen für die Volllaststunden zur Ermittlung des Selbstverbrauchs gerechnet werden muss. Um diese regionalen Unterschiede zu berücksichtigen, wurden die Volllaststunden für die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz differenziert nach Voll- und Teileinspeisung ermittelt. Dafür wurden die EEG-Bewegungsdaten aus dem Jahr 2019 (ÜNB 2020) über den EEG-Anlagenschlüssel mit den Angaben im Marktstammdatenregister (Stand 11.01.2022) verknüpft (Tabelle 9).

Tabelle 9: Jahresvolllaststunden 2019 für verschiedene Bundesländer (Verknüpfung EEG-Daten 2019 mit dem MaStR); Angabe Volleinspeisung (VE) oder Teileinspeisung (TE)

Installierte Leistung	Bayern VE	Bayern TE	Baden-Württemberg VE	Baden-Württemberg TE	Rheinland-Pfalz VE	Rheinland-Pfalz TE
≤ 100 kW	3.498	3.102	3.456	3.098	2.863	3.284
> 100 – 200 kW	4.038	3.655	3.767	3.232	3.694	2.709
> 200 – 500 kW	3.944	4.166	3.460	4.060	keine Angaben	Keine Angaben
> 0,5 MW – 1 MW	4.325	3.835	3.874	3.099	3.274	Keine Angaben

Quelle: (eigene Berechnungen FWT GmbH basierend auf ÜNB (2020) und BNetzA (2022))

Die Volllaststunden, die für die Berechnung des Selbstverbrauchs schlussendlich herangezogen wurden, wurden entsprechend den Leistungsklassen angepasst (Tabelle 10). Die Anpassung stellte sicher, dass statistische Zufälle geglättet, nicht explizit ausgewiesene Teileinspeisung bei EEG-Anlagen berücksichtigt und eine logische Steigerung mit zunehmender Anlagengröße erreicht wurde. Außerdem wurde der Selbstverbrauch in den einzelnen Leistungsklassen berücksichtigt. Der Durchschnittswert der Volllaststunden bayerischer Wasserkraftanlagen beträgt laut einer Experteneinschätzung (BDW 2021) 4.000 h ohne wirtschaftlichen Eigenverbrauch. Entsprechend der Auswertung nach Leistungsklassen (Tabelle 9) wurden in Bayern daher die Jahresvolllaststunden in der untersten Leistungsklasse mit 4.000 (Tabelle 10) festgelegt. Die Volllaststunden in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz wurden entsprechend geringer und einheitlich festgelegt.

Tabelle 10: Gewählte Jahresvolllaststunden für die Berechnung des Selbstverbrauchs des Jahres 2019 für verschiedene Bundesländer

Installierte Leistung	Jahresvolllaststunden Bayern	Jahresvolllaststunden Baden-Württemberg	Jahresvolllaststunden Rheinland-Pfalz
≤ 100 kW	4.000	3.800	3.800
> 100 – 200 kW	4.100	3.900	3.900
> 200 – 500 kW	4.300	4.000	4.000
> 0,5 MW – 1 MW	4.300	4.000	4.000

Quelle: (eigene Berechnungen FWT GmbH basierend auf Tabelle 9 und BDW (2021))

3 Energiestatistische Besonderheiten bei Wasserkraft

3.1 Grenzkraftwerke und deren statistische Behandlung

Hochrhein und Oberrhein bilden über weite Strecken die Grenze zu Frankreich bzw. der Schweiz. Die Wasserkraftanlagen befinden sich dort im gemeinsamen Besitz deutscher und französischer bzw. schweizerischer Unternehmen, wobei der deutsche Anteil am Regelvermögen der Kraftwerke meist 50 % beträgt. Größere Abweichungen von diesem Wert ergeben sich je nach Lage des Gesamtkomplexes (Tabelle 11).

Des Weiteren gibt es acht Grenzkraftwerke an der Grenze zu Österreich, die über eine durchschnittliche Jahreserzeugung von mehr als zwei TWh verfügen. Sie wurden im Dezember 2012 von einem österreichischen Stromkonzern erworben. Mit Ausnahme des Grenzkraftwerks Jochenstein an der Donau liegen alle am Inn.

Das Marktstammdatenregister beinhaltet den Eintrag „Bestandteil Grenzkraftwerk“. Im Datenbankdownload des Marktstammdatenregister (01.04.2024) sind nach Zusammenfassung der SEE zu WKA insgesamt 27 Grenzkraftwerke, davon 18 mit einer Bruttoleistung größer als 1 MW im Jahr 2023 registriert.

Neben den Anlagen, die im Marktstammdatenregister aufgeführt werden, enthält Tabelle 11 neun weitere Grenzkraftwerke, die aus anderen Quellen recherchiert wurden.

Tabelle 11: Grenzkraftwerke und internationale Verteilung der Leistung und Jahresarbeit

Kraftwerksname	Inbetriebnahme	Land/Bundesland	Anteile nach Betreiber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
Albbrück-Dogern mit Wehr	1933/2019	Deutschland / BW	78	65,5	511,45	https://radag.de/fileadmin/user_upload/RADAG_GB2023_FINAL.pdf Abruf am 29.10.2024
Albbrück-Dogern mit Wehr	1933/2019	Schweiz	22	18,5	144,25	https://radag.de/fileadmin/user_upload/RADAG_GB2023_FINAL.pdf Abruf am 29.10.2024
Braunau-Simbach	1954	Deutschland / BY	0	0	0	https://prod.verbund.de/de/projekte-kraftwerke/wasserkraft-in-deutschland Abruf am 29.10.2024
Braunau-Simbach	1954	Österreich	100	100	550	https://prod.verbund.de/de/projekte-kraftwerke/wasserkraft-in-deutschland Abruf am 29.10.2024
Breisach	2008	Deutschland / BW	50	1,3	10,3	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
						https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/beteiligungen/ Abruf am 29.10.2024
Breisach	2008	Frankreich	50	1,3	10,3	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/beteiligungen/ Abruf am 29.10.2024
Egglfing-Obernberg	1944	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unsere-kraftwerke/egglfing-obernberg https://www.life-riverscape-lower-inn.eu/de-at/massnahmen-ziele/durchgaengigkeit-und-lebensraum Abruf am 29.10.2024
Egglfing-Obernberg	1944	Österreich	100	84	485	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unsere-kraftwerke/egglfing-obernberg https://www.life-riverscape-lower-inn.eu/de-at/massnahmen-ziele/durchgaengigkeit-und-lebensraum Abruf am 29.10.2024
Eglisau	1920	Deutsch-land / BW	0	0	0	https://api3.geo.admin.ch/rest/services/energie/MapServer/ch.bfe.statistik-wasserkraftanlagen/108700/extendedHtmlPopup?lang=de Abruf am 29.10.2024
Eglisau	1920	Schweiz	100	43,4	318	https://api3.geo.admin.ch/rest/services/energie/MapServer/ch.bfe.statistik-wasserkraftanlagen/108700/extendedHtmlPopup?lang=de

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
						Abruf am 29.10.2024
Ering-Frauenstein	1943	Deutschland / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/ering-frauenstein Abruf am 29.10.2024
Ering-Frauenstein	1943	Österreich	100	73	434	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/ering-frauenstein Abruf am 29.10.2024
Gambsheim	1974	Deutschland / BW	50	48,0	328,0	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 29.10.2024
Gambsheim	1974	Frankreich	50	48,0	328,0	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 29.10.2024
Grenzach-Wyhlen	1912	Deutschland / BW	67	25,8	171	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ https://www.naturenergieholding.ch/energieerzeugung/wasserkraft/wasserkraftwerk-wyhlen Abruf am 29.10.2024
Grenzach-Wyhlen	1912	Schweiz	33	12,7	84	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ https://www.naturenergieholding.ch/energieerzeugung/wasserkraft/wasserkraftwerk-wyhlen Abruf am 29.10.2024
Grevenmacher	1964	Deutschland / RP	0	0	0	Jahresfinanzbericht 2023 Société Electrique de l'Our, Download verfügbar unter:

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
						http://www.seo.lu/SEO/Das-Unternehmen/Finanzbericht-e https://www.edoweb-rlp.de/resource/edoweb:5423862/data Abruf am 30.10.2024
Greven-macher	1964	Luxem-burg	100	7,8	39	Jahresfinanzbericht 2023 Société Electrique de l'Our, Download verfügbar unter: http://www.seo.lu/SEO/Das-Unternehmen/Finanzbericht-e https://www.edoweb-rlp.de/resource/edoweb:5423862/data Abruf am 30.10.2024
Iffezheim	1978/2013	Deutsch-land / BW	50	74	435	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Iffezheim	1978/2013	Frankreich	50	74	435	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Jochenstein	1956	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/gewaeser/donau Abruf am 30.10.2024
Jochenstein	1956	Österreich	100	132	850	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/gewaeser/donau Abruf am 30.10.2024
Kehl	2009	Deutsch-land / BW	50	0,6	4,1	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
						https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Kehl	2009	Frankreich	50	0,6	4,1	https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/standorte/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Laufenburg	1914	Deutsch-land / BW	67	71	469	https://www.naturenergieholding.ch/energieerzeugung/wasserkraft/wasserkraftwerk-laufenburg https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Laufenburg	1914	Schweiz, Drittaktio-näre	33	35	231	https://www.naturenergieholding.ch/energieerzeugung/wasserkraft/wasserkraftwerk-laufenburg https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkraft/beteiligungen/ Abruf am 30.10.2024
Neuhausen	1950	Deutsch-land / BW	0	0	0	https://www.enalpin.ch/energie/strom/wasserkraftwerk?showAll=1#news_container_226 Abruf am 30.10.2024
Neuhausen	1950	Schweiz	100	5,2	45	https://www.enalpin.ch/energie/strom/wasserkraftwerk?showAll=1#news_container_226 Abruf am 30.10.2024
Nussdorf	1982	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/nussdorf-inn Abruf am 30.10.2024
Nussdorf	1982	Österreich	100,0	48	245,8	https://www.verbund.com/de-at/ueber-

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
						verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/nussdorf-inn Abruf am 30.10.2024
Oberaudorf-Ebbs*	1992	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/oberaudorf-ebbs Abruf am 30.10.2024
Oberaudorf-Ebbs*	1992	Österreich	100,0	60	268	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/oberaudorf-ebbs Abruf am 30.10.2024
Palzem	1964	Deutsch-land/RP	100	4,5	20	Jahresfinanzbericht 2023 Société Electrique de l'Our, Download verfügbar unter: http://www.seo.lu/SEO/Das-Unternehmen/Finanzbericht-e https://www.edoweb-rlp.de/resource/edoweb:5423862/data Abruf am 30.10.2024
Palzem	1964	Luxem-burg	0	0	0	Jahresfinanzbericht 2023 Société Electrique de l'Our, Download verfügbar unter: http://www.seo.lu/SEO/Das-Unternehmen/Finanzbericht-e https://www.edoweb-rlp.de/resource/edoweb:5423862/data Abruf am 30.10.2024
Passau-Ingling	1966	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/passau-ingling Abruf am 30.10.2024
Passau-Ingling	1966	Österreich	100	86	504,7	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/passau-ingling Abruf am 30.10.2024

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
Rheinau	1898 / 1957	Deutsch-land / BW	8	3	20	https://www.enalpin.ch/energie/strom/wasserkraftwerk?showAll=1#news_container_226 Abruf am 30.10.2024
Rheinau	1898 / 1957	Schweiz	92	34	225	https://www.enalpin.ch/energie/strom/wasserkraftwerk?showAll=1#news_container_226 Abruf am 30.10.2024
Rheinfelden	2010	Deutsch-land	67	67	402	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Rheinfelden	2010	Schweiz	33	33	198	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Reckingen	1942	Deutsch-land / BW	50,0	19,5	125	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Reckingen	1942	Schweiz	50,0	19,5	125	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Rott	2004	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.salzburg-ag.at/ueber-die-salzburg-ag/unternehmen/erzeugung/erzeugungsanlagen/wasserkraftwerk-rott.html#search/rott Abruf am 30.10.2024
Rott	2004	Österreich	100,0	5	27,2	https://www.salzburg-ag.at/ueber-die-salzburg-ag/unternehmen/erzeugung/erzeugungsanlagen/wasserkraftwerk-rott.html#search/rott Abruf am 30.10.2024

Kraftwerks-name	Inbetrieb-nahme	Land/Bundes-land	Anteile nach Betrei-ber [%]	Inst. Leistung / Ausbau-leistung Brutto [MW]	Regel-jahres-arbeit [GWh/a]	Quelle/Bemerkung
Ryburg-Schwörstadt	1931	Deutsch-land / BW	50	60	380	https://www.krsag.ch/technik/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/ Abruf am 30.10.2024
Ryburg-Schwörstadt	1931	Schweiz	50	60	380	https://www.krsag.ch/technik/ https://www.enbw.com/unternehmen/themen/wasserkrift/standorte/ Abruf am 30.10.2024
Säckingen	1966	Deutsch-land / BW	45,9	34,0	224,9	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Säckingen	1966	Schweiz	54,1	40,0	265,1	https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/wasser/standorte.html Abruf am 30.10.2024
Schärding-Neuhaus*	1966	Deutsch-land / BY	0	0	0	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/schaerding-neuhaus Abruf am 30.10.2024
Schärding-Neuhaus*	1966	Österreich	100	96	541,8	https://www.verbund.com/de-at/ueber-verbund/kraftwerke/unser-kraftwerke/schaerding-neuhaus Abruf am 30.10.2024
Schaffhausen	1967	Deutsch-land / BW	0,0	0	0	https://www.shpower.ch/sh-power/ueberuns/kraftwerke.html Abruf am 30.10.2024
Schaffhausen	1967	Schweiz	100,0	26	165	https://www.shpower.ch/sh-power/ueberuns/kraftwerke.html Abruf am 30.10.2024

*keine Einspeisung mehr ins deutsche Netz (Quelle: BNetzA 2023)

Quelle: (Anderer et al 2010b, aktualisiert 2024 mit diversen Quellen, Abfrage 10.2024)

Alle Grenzkraftwerke verfügen gemeinsam über eine installierte Leistung von insgesamt ca. 1,57 GW. Davon entfallen 474,2 MW (29,3 %) entsprechend dem Betreiberanteil auf Deutschland, 684 MW (42,3%) auf Österreich, 327,3 MW (20,2 %) auf die Schweiz, 123,9 MW (7,7 %) auf Frankreich und 7,8 MW (0,5 %) auf Luxemburg (Tabelle 12).

Tabelle 12: Zusammenstellung der Ergebnisse der Grenzkraftwerke nach Ländern

Land	Installierte Leistung / Ausbauleistung Brutto [MW]	Prozentualer Anteil an Leistung gesamt	Regeljahresarbeit [GWh/a]
Deutschland	474,2	29,3 %	3.100,75
Frankreich	123,9	7,7 %	777,4
Luxemburg	7,8	0,5 %	39
Österreich	684	42,3 %	3.906,3
Schweiz	327,3	20,2 %	2.180,35
Summe	1.570,7	100 %	9.581,7

Quelle: (Zusammenstellung aus Tabelle 11)

Durch Kontaktaufnahme mit den Statistischen Landesämtern wurde eine Plausibilisierung der Leistungssummen angestrebt: Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg konnte bestätigen, dass die ermittelten Leistungen und Stromeinspeisungen der Grenzkraftwerke für die Länder Frankreich und Schweiz in der Größenordnung in etwa zutreffen. Das Statistische Landesamt Rheinland-Pfalz konnte keine Auskunft geben. Das Statistische Landesamt Bayern konnte bestätigen, dass Kraftwerke aus Österreich in der deutschen Energiestatistik nicht berücksichtigt sind.

3.2 Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland

Pumpspeicher stellen den Großteil der Stromspeicherkapazität in Deutschland. In Deutschland werden derzeit 25 Pumpspeicherkraftwerke betrieben, davon beinhalten die Leitzachwerke, die Kraftwerksgruppe Jansen und das Werk Waldeck jeweils zwei PSW. Der Betrieb der PSW Oberberg I und II (Ruselkraftwerke) ist 2019 eingestellt worden. Das PSKW Niederwartha ist 2024 endgültig stillgelegt worden.

Die Nettonennleistung der einzelnen Pumpspeicher reicht von wenigen MW bis hin zu 1.052 MW (BNetzA 2024b). Insgesamt beträgt die Nettonennleistung aller Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland im Jahr 2023 6,2 GW und hat damit gegenüber 2019 um 5 % abgenommen.

Alle in Betrieb befindlichen Anlagen verfügen gemäß Kraftwerksliste (BNetzA 2021) zusammen über eine nutzbare Speicherkapazität von 60,7 GWh, die bei Bedarf abgerufen und theoretisch komplett genutzt werden kann (siehe Tabelle 13 und Tabelle 14). Aufgrund der unterschiedlichen Turbinen- und Pumpenleistungen variieren allerdings die Zeiträume, innerhalb derer der Speicherenergieinhalt erneut zur Verfügung steht.

In Tabelle 13 und Tabelle 14 sind die Pumpspeicherkraftwerke differenziert nach ihrer Betriebsweise gelistet. Hier ist unter anderem der Speicherenergieinhalt pro Anlage in GWh dargestellt. Hierbei handelt es sich um die nutzbare Speicherkapazität, die das Arbeitsvermögen eines Pumpspeicherkraftwerks beschreibt. Bei Pumpspeichern bezieht sich die Angabe auf die gesamte nutzbare Speicherkapazität einschließlich der Anteile, die für Netzdienstleistungen wie Regelenergie oder Schwarzstartfähigkeit vorgehalten werden (BNetzA, 2021).

Neun Kraftwerke sind sogenannte Mixed Plants mit natürlichem Zufluss (PM). Sie sind gleichzeitig Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke. 16 Kraftwerke sind reine Pumpspeicherkraftwerke mit einem Oberbecken ohne natürlichen Zufluss.

Tabelle 13: Pumpspeicherkraftwerke mit natürlichem Zufluss (Mixed Plants), Stand 04/2024

Kraftwerksname	Land	Datum Aufnahme Stromerzeugung	h _f Stauziel [m]	P _P [MW]	P _T [MW]	Netto-nenn-leistung (BNetzA 2024b) [MW]	Nutzbare Speicher-kapazität (BNetzA 2021) [GWh]
Häusern	BW	13.06.1931	205,0	100,0	112,0	120,0	10,0
Säckingen	BW	21.11.1966	413,0	296,0	370,0	360,0	1,084
Schwarzenbachwerk (Rudolf-Fettweis-Werk)	BW	01.01.1926	357,0	20,0	21,7	21,7	0,000
Waldshut	BW	1951 - 1952	160,0	80,0	160,0	176,0	Gemeinsames Speicher-volumen mit Kraftwerk Häusern
Witznau	BW	1946 - 1950	250,0	128,0	240,0	220,0	Gemeinsames Speicher-volumen mit Kraftwerk Häusern
Leitzachwerk 1	BY	16.01.1984	127,0	48,0	49,2	48,0	Gemeinsames Speicher-volumen mit Leitzach-kraftwerk 2
Leitzachwerk 2	BY	01.12.1960	128,0	36,8	49,0	44,0	0,620
Bleiloch (2 Blöcke)	TH	02.12.1932	49,0	36,0	80,0	79,8	8,682
Hohenwarte I (2 Blöcke)	TH	11.02.1959	56,0	36,0	62,8	59,8	10,0
Summe				780,8	1.144,7	1.129,3	30,386

Quelle: (Heimerl & Kohler (2017) aktualisiert durch FWT GmbH 2024 mit (BNetzA 2021, BNetzA 2024b)), Legende: P_T – Leistung der Maschinen im Turbinenbetrieb; P_P – Leistung der Maschinen im Pumpbetrieb; h_f – mittlere Fallhöhe

Tabelle 14: Pumpspeicherkraftwerke (reine Speicherkraftwerke)

Kraftwerksname	Land	Datum Aufnahme Stromerzeugung	h _f Stauziel [m]	P _P [MW]	P _T [MW]	Netto-nenn-leistung [MW]	Nutzbare Speicher-kapazität (BNetzA 2021) [GWh]
Glems (2 Blöcke)	BW	26.10.1964	292,0	68,0	90,0	90,0	0,594
Wehr (4 Blöcke)	BW	1975 - 1976	626,0	980,0	910,0	910,0	3,282
Happurg (4 Blöcke)	BY	01.01.1958	(209,0)	132,0	(160,0)	160,0	0,850
Langenprozelten (2 Blöcke)	BY	01.01.1976	310,4	154,6	164,0	164,0	0,950
Pfreimd (3 Blöcke) Reisach (Jansen)	BY	01.01.1955	179,1	84,0	84,0	84,0	0,600
Pfreimd Tanzmühle (Jansen)	BY	01.01.1958	122,5	24,5	28,0	28,0	
Waldeck 1 (Bringhausen) (1 Block)	HE	01.01.1931	296,6	75,0	143,0	145,0	0,550
Waldeck 2 (2 Blöcke)	HE	01.01.1974	329,0	500,0	480,0	480,0	3,786
Erzhausen	NI	01.05.1964	286,7	230,0	220,0	200,0	1,035
Koepchenwerk Herdecke (1 Block)	NW	01.01.1989	165,2	157,0	153,0	162,0	0,634
Rönkhausen (2 Blöcke)	NW	01.01.1969	277,0	140,0	140,0	138,0	0,735
Geesthacht (3 Blöcke)	SH	14.02.1958	80,0	96,0	120,0	119,1	0,534
Markersbach (6 Blöcke)	SN	1979 - 1981	288,0	1.170,0	1.050,0	1.045,2	4,350
Wendefurth (2 Blöcke)	ST	1967 - 1968	126,0	82,0	80,0	79,8	0,531
Goldisthal (4 Blöcke)	TH	2003 - 2004	302,0	1.131,0	1.060,0	1.052,0	9,637
Hohenwarte II (8 Blöcke)	TH	1965 - 1966	304,0	336,0	320,0	317,6	2,212
Summe		1931 – 2004		5.360,1	4.882,0	5.084,7	30,28

Quelle: (Heimerl & Kohler 2017) aktualisiert durch FWT GmbH 2023 mit (BNetzA 2021, BNetzA 2024b), Legende: P_T – Leistung der Maschinen im Turbinenbetrieb; P_P – Leistung der Maschinen im Pumpbetrieb; h_f – mittlere Fallhöhe

Die Stromerzeugung aus natürlichem Zufluss in den Pumpspeicherkraftwerken (PM) im langjährigen Mittel kann mit rund 500 GWh/a angesetzt werden, im Jahr 2022 sind etwa 480 GWh/a erzeugt worden, im Jahr 2023 etwa 540 GWh/a (Destatis 2024a).

In der amtlichen Statistik 066K (Destatis 2022) ist die Nettonennleistung der Pumpspeicherwerke mit natürlichem Zufluss für den Berichtszeitraum 2021 mit 1.134 MW angegeben. Die Angaben der Erhebung weichen im Vergleich zu den Summen der Mixed Plants in Tabelle 13 nur geringfügig ab. Für 2022 unterliegen die Daten der Geheimhaltung.

3.3 Auflistung der Wasserkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke außerhalb Deutschlands mit Einspeisung ins deutsche Stromnetz

Aktuell speisen sieben Pumpspeicherkraftwerke, von denen sechs in Österreich liegen und eines (Vianden) in Luxemburg, in das deutsche Stromnetz ein. Bei einigen Kraftwerksgruppen (Kopswerk, Kühtai bzw. Silz und Obervermuntwerk) wird der Speichersee von einem zweiten Kraftwerk genutzt.

Tabelle 15: Wasserkraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke außerhalb Deutschlands > 10 MW

Kraftwerksname	Art des Kraftwerks	Land	Fertigstellung	Pumpleistung [MW]	Netto-nenn-leistung im Turbinen-betrieb [MW]
PSW Vianden (11 Blöcke)	Pumpspeicher	Luxemburg	1954 – 1964, 1975, 2015 (Block 10, 11)	1.040	1.294
SW Kopswerk I (3 Blöcke)	Speicherwasser	Österreich	01.01.1969	Kein Pumpbetrieb	245
PSW Kopswerk II (3 Blöcke)	Pumpspeicher	Österreich	01.09.2008	480	525
PSW Kühtai (2 Blöcke)	Pumpspeicher	Österreich	15.01.1981	242	289
SW Silz (2 Blöcke)	Speicherwasser	Österreich	06.04.1981	Kein Pumpbetrieb	500
PSW Lünerseewerk (5 Blöcke)	Pumpspeicher	Österreich	01.11.1957	224	280
PSW Rodundwerk I (4 Blöcke)	Speicherwasser	Österreich	01.08.1943	41	50
PSW Rodundwerk II (1 Block)	Pumpspeicher	Österreich	01.03.2011	286	295
PSW Obervermuntwerk II (2 Turbinen)	Pumpspeicher	Österreich	22.06.2018	360	380
PSW Rellswerk (1 Block)	Pumpspeicher	Österreich	01.01.2017	12	12
LW Laufenburg	Laufwasser	Schweiz	01.10.1914	k. A.	41,77

Quelle: (Anderer et al. 2019, aktualisiert 2024 durch FWT GmbH mit (BNetzA 2024b)

Laut Auskunft des Statistischen Bundesamtes werden die Einspeisungen nach dem Betreiber behandelt, d.h. ggf. auch anteilig (bei Betreibern beider Länder). Eine Einspeisung eines

Kraftwerks in Deutschland mit ausländischem Betreiber ist demnach ein Import, während ein Kraftwerk im Ausland mit deutschem Betreiber als inländische Einspeisung gemeldet wird.

3.4 Schätzung des wirtschaftlich motivierten Selbstverbrauchs

Die Anzahl der WKA ohne Vergütungsanspruch und die Strommengen, die nicht ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden, werden statistisch nicht erfasst. So bestehen nach wie vor Unsicherheiten hinsichtlich des Umfangs der Wasserkraftnutzung ohne EEG-Vergütungsanspruch.

Auch anteiliger Selbstverbrauch ist für die Energiewirtschaft schwer zu ermitteln. Bisher wird dieser Anteil in keiner Statistik erfasst. Hinweise darauf sind erst seit dem EEG 2014 im Anlagen- bzw. seit 2019 im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur verfügbar. Eigene Recherchen haben keine weiteren, öffentlich zugänglichen Daten zu selbst verbrauchten Strommengen von Wasserkraftanlagen ergeben. Bei der Eigenversorgung wird unterschieden zwischen der „reinen“ Eigenversorgung und der „teilweisen“ Eigenversorgung, des Weiteren zwischen umlagepflichtigen und umlagebefreiten Strommengen der Eigenversorgung. Im Rahmen dieser Studie wird beim reinen Selbstverbrauch der Anschluss an ein Stromnetz nicht untersucht. Der Selbstverbrauch umfasst in dieser Studie auch die direkte Stromweitergabe an Dritte.

Anlagenregister

Das Anlagenregister nach EEG 2014 beinhaltete Angaben dazu, ob die Betreiber planen, den erzeugten Strom nach Inbetriebnahme ihrer Anlagen im Sinne eines Selbstverbrauchs selbst zu nutzen. Das Register wurde zusammen mit dem PV-Meldeportal durch die Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV), welche am 1. Juli 2017 in Kraft trat, abgelöst. Neben Neuanlagen mussten Bestandsanlagen dann gemeldet werden, wenn bestimmte meldepflichtige Ereignisse eintraten. Dies konnte eine Ertüchtigungsmaßnahme, eine Änderung der installierten Leistung oder eine Stilllegung sein. Eine Auswertung der Angaben zum Selbstverbrauch im Jahr 2018 zeigt, dass etwa 10 % der Neuinbetriebnahmen einen Selbstverbrauch geplant haben, bezogen auf die installierte Leistung. Bei ertüchtigten Anlagen ist für 40 % der Anlagen und etwas weniger als ein Drittel der angegebenen Gesamtleistung ein teilweiser Selbstverbrauch geplant.

Marktstammdatenregister

Im Marktstammdatenregister, das seit dem 31.01.2019 zur Verfügung steht, werden Angaben zur Einspeisung abgefragt. Es wird unterschieden, ob der gesamte Strom aus der Stromerzeugungseinheit ins Netz eingespeist wird (Volleinspeisung) oder ob nur ein Teil des erzeugten Stroms eingespeist wird (Teileinspeisung). Bei der Teileinspeisung wird ein Teil des erzeugten Stroms vom Betreiber selbst verbraucht. Angaben zu Strommengen oder Anteilsgrößen gibt es nicht. Eine Auswertung des Datenbankabrufs des Marktstammdatenregisters mit Stand vom 01.04.2024 ergibt, dass im Jahr 2023 von 7.216 zusammengefassten Wasserkraftanlagen in Deutschland 3.247 WKA eine Volleinspeisung und 3.904 WKA eine Teileinspeisung vornehmen. Bei 65 WKA fehlt diese Angabe in den Daten.

EEG-Bewegungsdaten

Aus den EEG-Bewegungsdaten wurden für die Jahre 2017 bis 2023 die Strommengen der Vergütungskategorie „Selbstverbrauch“ mit der Definition „ohne EEG-Vergütung durch Anlagenbetreiber oder durch Dritte verbraucht“ folgende Angaben ermittelt:

Tabelle 16: Strommengen Selbstverbrauch gemäß EEG-Bewegungsdaten

Jahr	Anzahl Anlagen	Selbstverbrauch [GWh]	Jahresarbeit [GWh]	Selbstverbrauchsquote, gemittelt [%]	Selbstverbrauch bezogen auf gesamte nach EEG geförderte Erzeugung aus Wasserkraft [%]
2018	117	3,3	8,5	39	0,7
2019	148	4,2	13,0	32	0,8
2020	176	4,9	14,7	33	1,0
2021	168	5,6	18,9	30%	1,0
2022	183	8,2	48,2	17%	1,7
2023	72	11,7	38,6	30%	2,1

Quelle: (eigene Auswertung FWT GmbH basierend auf ÜNB (2019-2024))

Die geringe Anzahl von Meldungen zum Eigenverbrauch in den EEG-Daten erklärt sich damit, dass eine Mitteilungspflicht nur für umlagepflichtige, selbst verbrauchte Strommengen besteht. Bestandsgeschützte (Inbetriebnahme vor 2014) und De-Minimis-Mengen für Anlagenleistungen $\leq 10 \text{ kW}$ und Strommengen $< 10 \text{ MWh/a}$ fallen nicht unter die Meldepflicht. Der Anteil des Selbstverbrauchs an der gesamten durch das EEG geförderten Erzeugung hat über die Jahre leicht zugenommen.

Umfragen

Aus Umfrageergebnissen, die im Rahmen des EEG-Erfahrungsberichtes (Anderer et al. 2019) im Zeitraum 2017-2018 erfolgten, ergaben sich folgende Aussagen für Anlagen, die nicht 100 % ins Netz einspeisen: Für Anlagen der Leistung $P < 1 \text{ MW}$ wurde ein Mittelwert des Eigenverbrauchsanteils an der Stromerzeugung von 23 % angegeben. Er variiert zwischen 0,1 % und 95 %. Für die Anlagen der Leistung $P \geq 1 \text{ MW}$ liegt der Anteil zwischen 0 % und 49 % mit einem Durchschnittswert von 4,2 %.

Im Sommer 2021 und Winter 2022 wurden im Rahmen des EEG-Erfahrungsberichtes (Keuneke et al. 2023) die Kraftwerksbetreiber befragt, die eine Vergütung gemäß EEG 2017 oder EEG 2021 erhalten. In 50 % der Rückmeldungen bejahten die Anlagenbetreiber Eigenverbrauch. Der Eigenverbrauchsanteil an der Stromerzeugung lag zwischen 0,5 und 75 % und im Mittel bei ca. 16 %.

3.4.1 Konzeption einer empirischen Erhebung und darauf aufbauend eines fortschreibbaren Modells zum bisher nicht erfassten Selbstverbrauch

In den amtlichen Statistiken wird der Selbstverbrauch bisher nicht umfänglich erfasst. Ein Ziel dieses Projekts ist es daher, möglichst alle Wasserkraftanlagen in Deutschland zu erfassen. Dazu gehören insbesondere kleine Wasserkraftanlagen, die bisher nur unzureichend statistisch erfasst wurden, und Anlagen, die nicht ins allgemeine Stromnetz einspeisen.

Neben den Daten, die von der BNetzA oder dem Statistischen Bundesamt erfasst werden, verfügen die meisten Bundesländer über Kataster oder Datenbanken, in denen die Wasserkraftanlagen landesweit registriert sind. Für die Errichtung und den Betrieb von Wasserkraftanlagen ist ein Wasserrecht erforderlich, das je nach Bundesland bei den Oberen oder Unteren Wasserbehörden geführt wird. Es ist somit zu erwarten, dass in den Landesdatenbanken auch die Anlagen erfasst sind, die den erzeugten Strom selbst verbrauchen.

Eine mögliche Vorgehensweise zur Erfassung der kleinen Wasserkraftanlagen ohne Netzanschluss ist daher ein Abgleich der bei den Ländern vorliegenden georeferenzierten Daten zu Wasserkraftanlagen mit den Daten der Übertragungsnetzbetreiber zu den EEG-geförderten Anlagen. Aus der Differenz können die Anlagen ohne Netzanschluss identifiziert werden.

Im Rahmen einer Behördenbefragung wurden die technischen und georeferenzierten Daten erfasst. Sofern keine Angaben zur Leistung oder zur Erzeugung vorlagen, wurde die Höhe der Erzeugung und damit des Eigenverbrauchs anhand der zu erfragenden technischen Daten (Fallhöhe, Ausbaudurchfluss, ggf. mittlerer Gewässerabfluss MQ) der Wasserkraftanlagen geschätzt.

3.4.2 Durchführung der empirischen Erhebung

Im Zuge der Befragung wurden 2019 13 Landesbehörden angeschrieben. Auf die Befragung der Länder Berlin, Bremen und Hamburg wurde verzichtet, da hier nur je maximal zwei Wasserkraftanlagen mit EEG-Einspeisung vorhanden sind und Inselanlagen außerhalb des EEG aufgrund des engmaschigen Stromnetzes nicht vermutet werden, so dass dort kein Abgleich erforderlich ist. Die für diesen Abgleich abgefragten Attribute der Wasserkraftanlagen waren:

- ▶ Lage (Koordinaten in UTM-Zone 32N)
- ▶ Betriebszustand (in Betrieb, außer Betrieb/stillgelegt)
- ▶ Installierte elektrische Leistung
- ▶ Alternativ: Fallhöhe und Ausbaudurchfluss
- ▶ Sektor-Zuordnung des Anlagenbetreibers
 - Energiewirtschaft (EVU, Stadtwerk, Sonstige zur Versorgung Dritte)
 - Industrie (über 20 Mitarbeiter)
 - Gewerblicher Betrieb (bis 20 Mitarbeiter), Handel, Dienstleistungen, öffentliche Einrichtungen (GHD)
 - Landwirtschaftlicher Betrieb
 - Private Haushalte/Kleinstanlage für den privaten Bedarf

3.4.3 Datenauswertung

Von den angefragten 13 Landesbehörden haben zehn Behörden Daten überliefert. Da nur die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz Daten mit den relevanten Attributen (Leistung bzw. Fallhöhe und Ausbaudurchfluss) zur Verfügung gestellt haben, wurden diese Daten näher untersucht und auf ganz Deutschland hochskaliert.

Für einen zeitlich passenden Bezug wurden die Daten der ÜNB (2019) über die EEG-Anlagen im Jahr 2018 herangezogen. Der Anteil der drei oben genannten Länder bezogen auf die Anzahl der

EEG-Anlagen im Jahr 2018 betrug 78,5 %, bezogen auf die installierte Leistung 65 % und auf die EEG-Strommenge 76 %. Damit wurde ein Großteil der Wasserkraftanlagen durch die Datenüberlieferung der drei Länder erfasst.

Darüber hinaus wurde im Jahr 2021 ein AGEE-Stat Fachgespräch zum Thema „Selbsterzeugter Letztverbrauch von Wasserkraftanlagen“ mit ca. 30 Vertreter*innen von Behörden, Verbänden sowie Wasserkraftanlagenbetreibern durchgeführt. Aus Sicht der Teilnehmenden des Fachgesprächs zum Projekt sollte bei der Schätzung des Wirkungsgrads auch die Leistungsgröße, die Technologie und das Alter der Anlagen einfließen. Da zur Technologie der Wasserkraftanlagen jedoch keine Informationen vorlagen, wurde für kleine und mittlere Wasserkraftanlagen vor allem das Alter berücksichtigt.

Bayern

Das konkrete Vorgehen soll am Beispiel der Bayerischen Wasserkraftanlagen näher erläutert werden: Die erhaltenen Landesdaten von Bayern enthalten 4.246 Wasserkraftanlagen mit dem Betriebsstatus „in Betrieb“. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden die Daten nicht mit der Angabe der installierten Leistung geliefert, sondern mit Angaben zu Fallhöhe und Mittlerem Abfluss (MQ). Bei ca. 300 Datensätzen fehlten diese Angaben.

Ca. 40 % der Wasserkraftanlagen in Bayern sind 50 Jahre und älter, 60 % sind jünger als 50 Jahre (BNetzA 2022). Gemäß einer Experteneinschätzung (BDEW 2021) liegt der Wirkungsgrad für modernisierte Wasserkraftanlagen bei 80 %, für ältere Anlagen bei 70 %. Hieraus ergab sich für die Wasserkraftanlagen in Bayern ein gewichteter Mittelwert für den Wirkungsgrad von 76 %.

Hiermit wurde die maximale Leistung abgeschätzt:

$$P = Q_A * h_F * g * \rho * \eta$$

Q_A = Wassermenge in m^3/s , h_F = Fallhöhe in m, g = Erdbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$), ρ = Dichte des Wassers (1000 kg/m^3), η = Wirkungsgrad

Der Überschlagsbeiwert aus $g * \rho * \eta$ beträgt somit 7,65.

Der Ausbaudurchfluss Q_A gibt den maximal von einer Wasserkraftanlage zu verarbeitenden Wasserdurchfluss an. Er wird als Produkt aus dem Ausbaugrad und dem MQ des Gewässers ermittelt. Der Ausbaugrad bei Laufwasserkraftwerken ist das Verhältnis zwischen Ausbaudurchfluss und Mittelwasserabfluss. Laut einer Experteneinschätzung (BDEW 2021) liegt in Bayern der Ausbaugrad von Wasserkraftanlagen bei 1 bis 1,2. Dieser Wert ist ein Erfahrungswert aus Gesprächen mit Planern und Betreibern. Der Ausbaugrad wurde hier mit 1,1 angenommen.

Die Jahreserzeugung wurde anschließend aus der Multiplikation der errechneten Leistung P mit den möglichen Jahresvollaststunden ermittelt. In einer Sensitivitätsanalyse wurden die unterschiedlichen Jahresvollaststunden berücksichtigt und der Gesamtwirkungsgrad so gewählt, dass errechnete Leistung und Jahresarbeit mit den Daten aus der Statistik vergleichbar sind. Die errechnete installierte Leistung beträgt für die in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen mit den Inselanlagen in Bayern insgesamt 2.200 MW einschließlich 50 MW aus den 300 Datensätzen ohne Leistungsangabe (diese Leistungsangabe stammt aus den EEG-Stammdaten). Beim reinen Selbstverbrauch wurden die Anlagen ohne Angabe der Leistung mit einer konservativen Schätzung von 30 kW pro Anlage berücksichtigt.

Baden-Württemberg

Die Daten des Landes Baden-Württemberg enthalten insgesamt 1.909 Datensätze. Davon sind 1.586 Anlagen in Betrieb. Die Daten enthalten jedoch auch sechs Pumpspeicherkraftwerke, davon zwei reine Pumpspeicherkraftwerke, sowie zwei Wasserkraftwerke in Frankreich und eines in der Schweiz. Insgesamt beträgt die Ausbauleistung ca. 3 GW. Ohne die drei Anlagen in Frankreich/Schweiz und die sechs PSW beträgt die Ausbauleistung 857 MW. Außer Betrieb jedoch betriebsfähig sind 79 Anlagen. Die Ausbauleistung dieser Anlagen konnte jedoch aufgrund unvollständiger Angaben nicht ermittelt werden. Des Weiteren sind 244 Anlagen außer Betrieb oder stillgelegt. 425 Anlagen haben keine Angaben zur installierten Leistung. Der Fokus bei der Datenerfassung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) liegt nicht im Energiesektor, sondern in der Wasserwirtschaft. Es konnten hier auch keine ergänzenden Daten geliefert werden. An den 212 Standorten mit teilweisem Selbstverbrauch wurde die Leistung aus den EEG-Daten übernommen. Beim reinen Selbstverbrauch wurden die Anlagen ohne Angabe der Leistung mit einer konservativen Schätzung von 30 kW pro Anlage berücksichtigt. Insgesamt konnten 1655 Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleitung von 857 MW ausgewertet werden.

Rheinland-Pfalz

Die Daten von Rheinland-Pfalz enthalten insgesamt 503 Datensätze. 213 Wasserkraftanlagen wurden nicht weiter betrachtet, weil die Anlagen außer Betrieb sind. Vier weitere waren falsch verortet und konnten nicht berücksichtigt werden, da sie außerhalb von Deutschland lagen. Somit wurden noch 286 Anlagen ausgewertet. Hiervon sind 277 in Betrieb, für neun Anlagen ist der Betriebszustand unbekannt. An 63 Anlagen fehlte die Angabe der Leistung, an sechs dieser Standorte konnte die Leistung aus Fallhöhe und Ausbauwassermenge errechnet werden. An den Standorten mit teilweisem Selbstverbrauch wurde die Leistung aus den EEG-Daten übernommen. Beim reinen Selbstverbrauch wurden die Anlagen ohne Angabe der Leistung mit einer konservativen Schätzung von 30 kW pro Anlage berücksichtigt. Insgesamt konnten 286 Anlagen mit 253 MW Ausbauleistung ausgewertet werden.

Hessen

Die Daten von Wasserkraftanlagen beim Landesamt wurden nach Rücksprache mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz nicht zur Verfügung gestellt.

Nordrhein-Westfalen

In den Daten von Nordrhein-Westfalen sind keine Angaben zu Leistung und Fallhöhe vorhanden. Sie konnten somit nicht ausgewertet werden.

Thüringen

Die Daten aus Thüringen sind nicht vollständig und nicht georeferenziert. Für Wasserkraftbetreiber besteht keine Meldepflicht gegenüber der Behörde.

Mecklenburg-Vorpommern

Die Daten von Mecklenburg-Vorpommern sind nicht georeferenziert und konnten daher nicht verschnitten werden.

Niedersachsen

In den Daten fehlen Angaben zu Leistung und Ausbauwassermenge bzw. mittlerem Abfluss. Somit konnten sie nicht ausgewertet werden.

Sachsen

Die Angaben zur Leistung der Wasserkraftanlagen in Sachsen wurden aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht zur Verfügung gestellt. Es sind nur Daten zur Höhe des Querbauwerkes vorhanden. Die Daten zum mittleren Abfluss können nur aufwendig für jeden Standort einzeln im Wasserhaushaltsportal ermittelt werden.

Sachsen-Anhalt

In der Tabelle fehlen Angaben zu Leistung, Fallhöhe und Ausbauwassermenge bzw. mittlerem Abfluss. Die Daten konnten somit nicht ausgewertet werden.

Schleswig-Holstein

Die Daten aus Schleswig-Holstein sind nicht georeferenziert und konnten daher nicht verschnitten werden.

Die Bundesländer Brandenburg und Saarland haben nicht geantwortet.

3.4.4 Räumliche Verschneidung EEG-Daten mit Länderdaten

Um die Lage der Wasserkraftanlagen zu ermitteln, wurden die Adressdaten aus den EEG-Stammdaten mit ArcGIS Online verortet. ArcGIS Online ermöglicht die Erstellung eines Punkt-Layers aus einer Tabelle von Adressen in einer Textdatei. Bei der Auffindung der Adressen wurde der „ArcGIS World Geocoding Service“ als Locator verwendet. Besteht die Adresse nur aus der Postleitzahl, wurde der Schwerpunkt des PLZ-Polygons als Punkt gewählt.

Insgesamt wurden so 7.236 EEG-Anlagen verortet. Bei fehlenden Adressdaten wurden diese mit Hilfe des EEG-Anlagenschlüssels aus Daten der vergangenen Jahre ermittelt. Für 284 EEG-Anlagen konnten keine Adressdaten ermittelt werden. Davon lagen 9 Anlagen in Rheinland-Pfalz, 98 in Baden-Württemberg und 124 in Bayern. Hier wurde nur die PLZ der Anlage verortet.

Anschließend wurden die verorteten EEG-Daten in ArcGIS mit den georeferenzierten Daten der Länder verschnitten. Hierbei wurde der am nächsten liegende Datenpunkt der EEG-Verortung an den Standort der Wasserkraftanlage aus den Länderdaten angefügt und die Distanz zwischen den beiden Punkten ermittelt.

Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen in Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz traten bei der Verschneidung der Leistungsangaben Differenzen auf, die unterschiedlichen Ursprungs sein können:

► Leistung der EEG-Daten > (errechnete) Leistung Bundesland:

Gründe hierfür können sein:

- Ausbaugrad der Wasserkraftanlage > 1
- Vollaststunden abweichend
- Unterschiede beim Anlagenbegriff
- Datenbestand nicht einheitlich
- Fehlzuordnungen

► (Errechnete) Leistung Bundesland > Leistung der EEG-Daten

Gründe hierfür sind:

- Ausbaugrad der Wasserkraftanlage < 1 (Bayern)

- MQ fehlerbehaftet (Bayern)
- Wirkungsgrad anders bemessen (Bayern)
- Vollaststunden abweichend
- Unterschiede beim Anlagenbegriff
- Datenbestand nicht einheitlich
- Fehlzuordnungen

Die Unterschiede bei den Leistungsangaben wurden bei der Zuordnung berücksichtigt und gegebenenfalls händisch korrigiert.

Das Risiko von Fehlzuordnungen bei der Verschneidung wächst mit zunehmender Anlagendichte. Bei geringen Verschneidungsdistanzen (< 1.000m) wird davon ausgegangen, dass die EEG-Anlage und die Wasserkraftanlage aus den Länderdaten identisch sind und die Zuordnung korrekt erfolgt ist. In diesen Fällen wurde die theoretisch ermittelte Stromerzeugung aus den Länderdaten mit der EEG-Stromerzeugung verglichen. Eine positive Differenz wird dem teilweisen Selbstverbrauch zugerechnet.

Liegt die Verschneidungsdistanz zwischen 1.000 m und 1.500 m, wurde der Standort in der Karte geprüft und die Zuordnung händisch angepasst. Bei Verschneidungsdistanzen > 1.500 m wird davon ausgegangen, dass die Zuordnung falsch ist und keine EEG-Anlage in näherer Umgebung zugeordnet werden kann. In diesem Fall wird die gesamte errechnete Erzeugung dem reinen Selbstverbrauch zugerechnet.

Bei den Anlagen nur mit PLZ-Verortung wies die Verschneidung mit den Länderdaten erwartungsgemäß Ungenauigkeiten auf. Zeigte bei den Anlagen mit Adressdaten die Verschneidung bis zu einer Distanz von 1.000 m eine gute Übereinstimmung auf, konnten bei den Anlagen nur mit PLZ-Verortung eine Zuordnung mit bis zu 6.000 m festgestellt werden. Schwierig war die Zuordnung bei den Anlagen ohne Adressdaten insbesondere, wenn mehrere Anlagen in einem PLZ-Bereich zu finden waren. Hier musste händisch die Zuordnung nachbearbeitet werden.

Zur Qualitätssicherung wurden stichprobenartig vereinfachte Einzelfallprüfungen durchgeführt. Hier wurden auch die Angaben aus dem Marktstammdatenregister einbezogen und die Daten ggf. korrigiert. Da das MaStR zum Zeitpunkt der Überprüfung noch unvollständig war, waren viele große Anlagen noch nicht registriert. Alle mehrfachen Zuordnungen wurden überprüft und die Zuordnungen wurden im Einzelfall händisch korrigiert. Ein stichprobenartiger Vergleich für Rheinland-Pfalz mit den Daten aus dem MaStR zeigt, dass die Daten im Leistungsbereich bis 1 MW sehr gut übereinstimmen. Im Bereich der großen Anlagen passten die Angaben aus den Landesdaten nicht immer zu den Daten aus MaStR und EEG. Da zum Zeitpunkt der Auswertung nur ca. 55 % der Daten im MaStR Koordinaten aufwiesen, konnte der Vergleich nur stichprobenartig durchgeführt werden. In Bayern wurde der Vergleich nur an einem Gewässer durchgeführt. Hier zeigt sich, dass die Daten etwas mehr variieren als in Rheinland-Pfalz, jedoch tendenziell übereinstimmen. Die Ursache hierfür liegt darin, dass die Leistung aus Sekundärdaten ermittelt wurde.

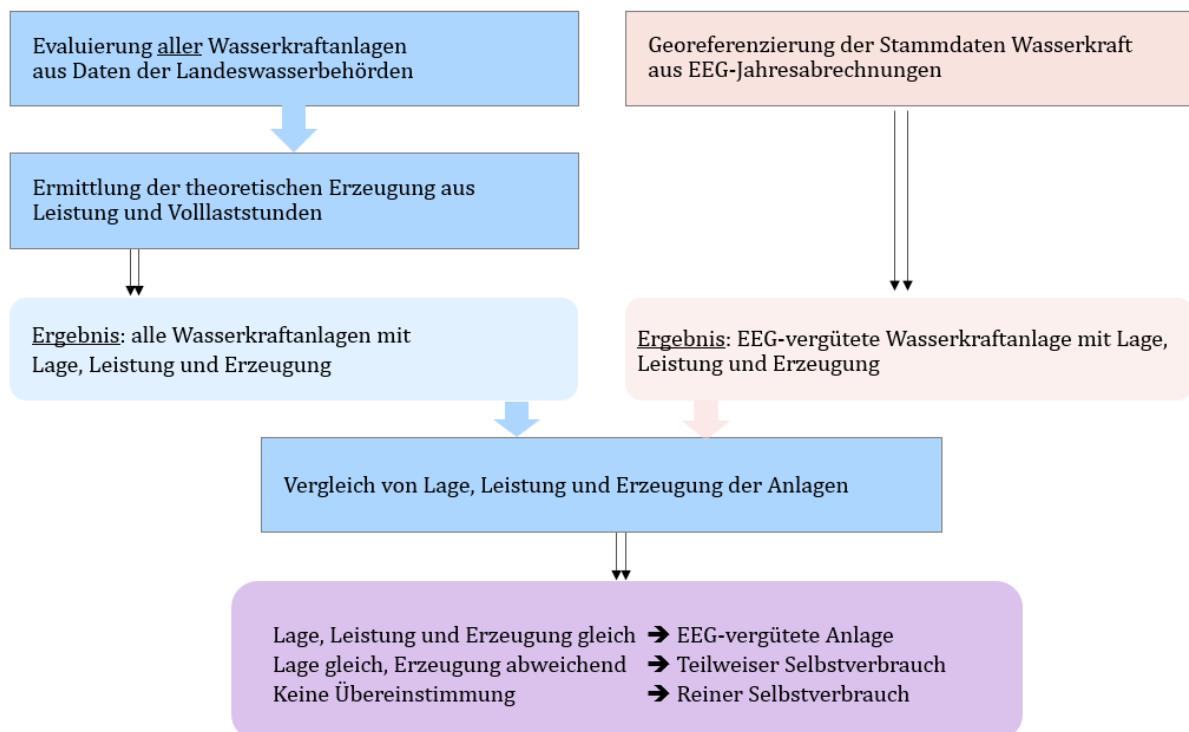
Fazit: Die Verschneidung der verschiedenen Datensätze hat grundsätzlich gut funktioniert. Unterschiede in den Datengrundlagen konnten durch individuelle Bearbeitung und händische Korrekturen ausgeglichen werden. Bei der Einzelfallprüfung wurde festgestellt, dass bei einer

vollständigen und qualitätsgesicherten Registrierung im MaStR zukünftig noch bessere Ergebnisse zu erwarten sind.

3.4.5 Ergebnisse zum reinen und teilweisen Selbstverbrauch

Wie vorstehend beschrieben, konnten durch die Verschneidung der Landesdaten mit den EEG-Daten Wasserkraftanlagen ohne Stromeinspeisung identifiziert werden. Hierbei handelt es sich um die Teilmenge der „Reinen Selbstverbraucher“. Die Teilmenge der Teil-Selbstverbraucher lässt sich aus dem Erzeugungspotenzial minus der EEG-Einspeisemenge ableiten. Die Vorgehensweise ist in der Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Vorgehensweise zur Ermittlung des Selbstverbrauchs



Quelle: (eigene Darstellung FWT GmbH)

Die Anteile der drei untersuchten Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz betragen bezogen auf die gesamte installierte Leistung in Deutschland 65 % und bezogen auf die EEG-Strommenge 76 %. Ausgehend von diesen Anteilen wurde die Anzahl der Anlagen mit reinem Selbstverbrauch, deren installierte Leistung und die Erzeugung dieser Anlagen hochgerechnet. Konkret wurden in Tabelle 17 die jeweiligen Summen der drei Bundesländer mit dem unteren Grenzwert von 76 % und dem oberen Grenzwert von 65 % hochgerechnet. Der Mittelwert entspricht einem Erfassungsgrad von 70,5 %.

Tabelle 17: Reiner Selbstverbrauch Ausbauleistung ≤ 1 MW, Werte aus Verschneidung

	Bayern	Baden-Württemberg	Rheinland-Pfalz	Summe BY, BW, RP	Hochrechnung Deutschland	Mittelwert/ Oberer Grenzwert/ Unterer Grenzwert
Anzahl WKA mit reinem Selbstverbrauch Ausbauleistung ≤ 1 MW	1020 131*	436 169*	94 42*	1550		2.199 2.385 2.039
Installierte Leistung reiner Selbstverbrauch ≤ 1 MW [MW]	54	24	3	81		116 125 107
Erzeugung reiner Selbstverbrauch < 1 MW 2018 [GWh]	224	93	10	327		464 503 430

*davon ohne Leistungsangabe (hier wurde eine konservative eigene Schätzung von 30 kW gewählt)

Quelle: (eigene Berechnung FWT GmbH)

Der teilweise Selbstverbrauch wurde anlagenscharf aus dem Erzeugungspotenzial abzüglich der EEG-Erzeugung ermittelt (siehe Tabelle 18). Die Hochrechnung für Deutschland erfolgte mit den gleichen Annahmen zum Erfassungsgrad wie in Tabelle 17 (65 %, 70,5 %, 76 %).

Tabelle 18: Teilweiser Selbstverbrauch bei Wasserkraftanlagen mit einer Ausbauleistung ≤ 1 MW, Werte aus Verschneidung

	Bayern	Baden-Württemberg	Rheinland-Pfalz	Summe BY, BW, RP	Hochrechnung Deutschland	Mittelwert/ Oberer Grenzwert/ Unterer Grenzwert
Anzahl WKA mit teilweisem Selbstverbrauch	2.235	770	123	3.128		4.437 4.812 4.116
Installierte Leistung teilweiser Selbstverbrauch [MW]	146	80	9	235		333 362 309
Erzeugung teilweiser Selbstverbrauch 2018 [GWh]	292	136	16	444		630 683 584
Aggregierte EEG-Netzeinspeisung 2018 [GWh]	319	178	20	517		733 795 680

Quelle: (eigene Berechnung FWT GmbH)

Die Aufteilung des Selbstverbrauchs nach Leistungsklassen folgt in Tabelle 19. Der größte Anteil des Selbstverbrauchs entfällt demnach auf Anlagen der Leistungsklasse ≤ 100 kW. Es wird davon ausgegangen, dass die EEG-Anlagen, die im Jahr 2018 keine Bewegungsdaten

verzeichneten, stillstanden und aus diesem Grund weder reinen noch teilweisen Selbstverbrauch aufwiesen.

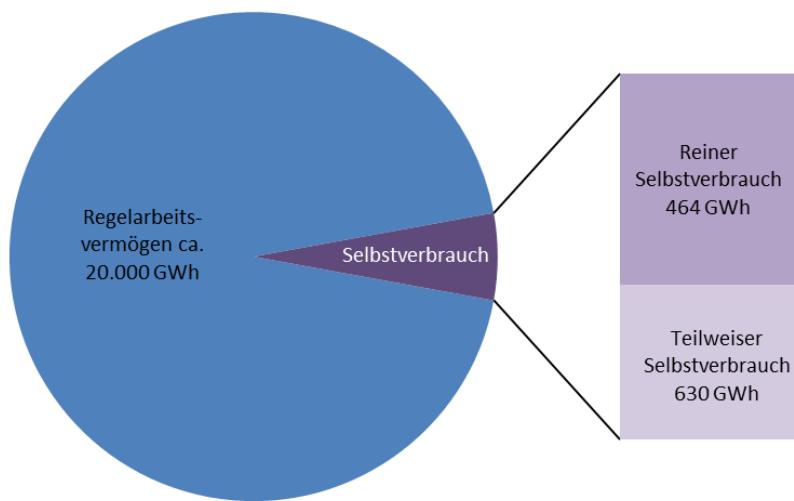
Tabelle 19: Erzeugung Selbstverbrauch nach Leistungsklassen [GWh]

	Bayern	Baden-Württemberg	Rheinland-Pfalz	Summe BY, BW, RP	Hochrechnung Deutschland Mittelwert
≤ 100 kW	174	76	15	265	375,9
> 100 – 200 kW	65	27	3	95	134,7
> 200 -500 kW	127	75	4	206	357,3
> 0,5 MW – 1 MW	150	51	4	205	290,8
Summe	516	229	26	771	1.093,7

Quelle: (eigene Berechnung FWT GmbH)

Die Nettostrommenge des Selbstverbrauchs in Deutschland ergibt sich aus dem ermittelten reinen Selbstverbrauch sowie dem teilweisen Selbstverbrauch. Der hochgerechnete reine Selbstverbrauch beträgt 464 GWh. Zuzüglich eines durchschnittlichen Kraftwerkseigenbrauchs von 1 % (siehe Kapitel 4.1) ergibt sich eine Bruttostrommenge von 469 GWh. Der hochgerechnete teilweise Selbstverbrauch von 630 GWh zuzüglich des Kraftwerkseigenverbrauchs (1 %) und eines mittleren Transformatormittelverlustes von 1,5 % (siehe Kapitel 4.1) ergibt eine Bruttostrommenge von 646 GWh. Hiermit ergibt sich insgesamt eine Summe für die Bruttostromerzeugung für den Selbstverbrauch von 1.115 GWh und eine Nettostromerzeugung von 1.094 GWh für Deutschland. Die so ermittelte Strommenge der Voll- und Teilweise-Selbstverbraucher ist gemessen an der gesamten Stromerzeugung aus Wasserkraft von ca. 20.000 GWh in Deutschland dennoch gering (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Nettostrommenge des Selbstverbrauchs bezogen auf die gesamte Stromerzeugung



Quelle: (eigene Darstellung FWT GmbH)

Auswertungen zeigen für Deutschland im Jahr 2018 um 25 %, 2019 um 7 % und 2020 um 11 % geringere Niederschläge im Vergleich zur Referenzperiode 1961 – 1990 mit durchschnittlich 790 l/m². 2021 lag der Niederschlag um 2 % über dem Mittel der Referenzperiode, 2022 wieder

15 % unterhalb des Referenzwertes und 2023 um 21 % oberhalb des Referenzwertes (DWD 2024). Laut einer Experteneinschätzung (BDW 2021) haben trockene Jahre geringen Einfluss auf den Selbstverbrauch von Wasserkraftanlagen, da in diesen Jahren der erzeugte Strom vorrangig für den Eigenverbrauch genutzt wird. Diese Feststellung wurde auch von Teilnehmenden des Fachgesprächs bestätigt. Somit ist eine trockene Witterung wenig relevant für die Höhe des Selbstverbrauchs.

Für die sektorale Zuordnung des ermittelten Selbstverbrauchs wird geschätzt, dass sich dieser auf die Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Industrie, Haushalte und GHD aufteilt. Mengenmäßig wird eine Aufteilung entsprechend des Stromverbrauchs der Verbraucher (AGEB 2024) (siehe Kapitel 5) angenommen.

Für die Ermittlung des Selbstverbrauchs wurden die 2019 von den Bundesländern bereitgestellten Daten mit den Daten der Übertragungsnetzbetreiber des Jahres 2018 verglichen. Das schafft eine bestmögliche Vergleichbarkeit der Daten. Eine Aktualisierung des Modells mit den neuesten vorliegenden Daten der Übertragungsnetzbetreiber würde zu falschen Ergebnissen führen, da die Datenlage der Bundesländer aus dem Jahr 2019 stammt. Falls es in Zukunft gewünscht ist, kann das Modell aktualisiert werden. Hierfür müssen alle Daten von den Bundesländern erneut bereitgestellt, die theoretische Erzeugung neu ermittelt, die Daten der EEG-Jahresabrechnungen georeferenziert und mit den Daten der Bundesländer verglichen werden.

4 Entwicklung der installierten elektrischen Leistung und Stromerzeugung

4.1 Technischer Eigenverbrauch

Für einen reibungslosen Betrieb von Wasserkraftanlagen sind weitere elektrisch betriebene Anlagen erforderlich, die nicht unmittelbar der Stromerzeugung dienen, aber ohne die die Funktion der Anlage nicht gegeben ist. Zu diesen Anlagenteilen gehören z. B. Rechenreiniger und Verstellorgane der Wehranlage, wie Schützen, Klappen oder Walzen. Diese Strommengen (technischer Eigenverbrauch) werden bisher nicht statistisch erfasst. Die Erfassung ist mit einem hohen Aufwand verbunden, insbesondere durch die Installation und den Betrieb von Messeinrichtungen sowie die Abrechnungsvorgänge mit den Netzbetreibern. Diese Verluste werden üblicherweise beim Anlagenwirkungsgrad berücksichtigt und werden nicht gesondert ausgewiesen.

In der Literatur sind Verluste durch Eigenverbrauch bei Kaltschmitt et al. (2006) in Höhe von 1 – 2 % und bei Giesecke et al. (2014) in einer Spannweite von 0,5 – 1,5 % zu finden.

Eigene Berechnungen aus den Daten des statistischen Bundesamts für den Zeitraum von 2018 bis 2023 sind in Tabelle 20 dargestellt. Der technische Eigenverbrauch schwankt im angegebenen Zeitraum für Laufwasserkraftwerke zwischen 0,8 und 0,9 % und für Speicherwasserkraftwerke zwischen 0,5 und 0,8 %.

Tabelle 20: Entwicklung technischer Eigenverbrauch bei Wasserkraftanlagen > 1 MW

Energieträger	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Laufwasser [GWh]	126,7	130,6	129,9	126,3	122,6	125,7
Laufwasser [%]	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8
Speicherwasser [GWh]	4,1	4,6	4,2	4,0	3,6	4
Speicherwasser [%]	0,8	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5

Quelle: (eigene Berechnungen FWT GmbH basierend auf Destatis (2024b))

Der Kraftwerkseigenverbrauch wird entsprechend der Ausführungen mit 1 % angesetzt.

Da die meisten Wasserkraftanlagen im Nieder- und Mittelspannungsnetz in der Regel mit einem eigenen Transformator, der meist vor dem Netzeinspeisepunkt angeordnet ist, betrieben werden, kommen noch Umwandlungsverluste im Transformator hinzu. Die Verluste betragen laut Kaltschmitt et al. (2006) 1 – 2 %. Die Verluste in einem Transformator sind umso höher, je höher die Leistung ist. Der Transformatorverlust wird mit 1,5 % angesetzt.

4.2 Elektrische Bruttoleistung und Nettoleistung

4.2.1 Leistung der Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch

Die langfristige Entwicklung der installierten Leistung der nach EEG vergüteten Anlagen für die Jahre 2003 bis 2023 ist in Tabelle 21 dargestellt. Da es sich um die maximale Leistung der in einem Kraftwerk installierten Generatoren handelt, wird die Leistung mit der Bruttoleistung gleichgesetzt. Hierbei ist festzustellen, dass sich die installierte Leistung der geförderten Anlagen kontinuierlich von etwa 1.000 MW um etwa 60 % auf rund 1.600 MW im Jahr 2015

vergrößert hat. 2016 bis 2020 blieb die installierte Leistung ungefähr konstant. In den Jahren 2021 - 2023 sank die Leistung verglichen mit 2020 um ca. 100 MW ab.

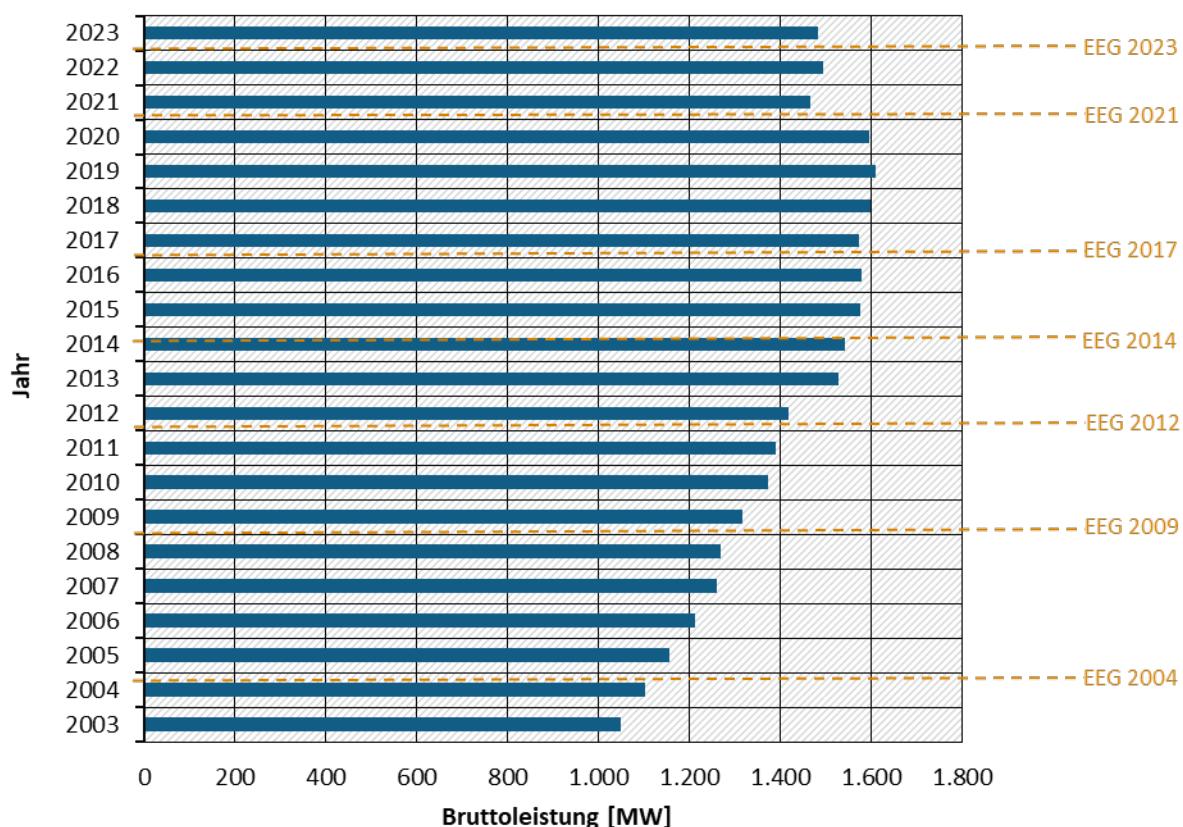
Tabelle 21: **Installierte Bruttoleistung mit EEG-Vergütungsanspruch**

Jahr	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Bruttoleistung [MW]	1.049	1.103	1.156	1.211	1.260	1.270	1.316	1.372	1.389	1.417	
Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Bruttoleistung [MW]	1.529	1.541	1.576	1.580	1.572	1.572	1.603	1.595	1.465	1.494	1.483

Quelle: (2003-2017: BNetzA 2019, 2018 - 2023: ÜNB 2019-2024)

In Abbildung 6 ist die zeitliche Entwicklung der installierten Bruttoleistung mit EEG-Vergütungsanspruch sowie das Inkrafttreten der EEG-Fassungen dargestellt.

Abbildung 6: **Entwicklung der installierten Bruttoleistung und Inkrafttreten der EEG-Fassungen**



Quelle: (eigene Darstellung FWT GmbH basierend auf: 2003-2019: BNetzA (2019), 2020-2023: ÜNB (2021 - 2024))

In Tabelle 22 ist die installierte Bruttoleistung der Wasserkraftanlagen mit einer EEG-Vergütung differenziert nach Leistungsklassen für die Jahre 2018 bis 2023 dargestellt. In den Leistungsklassen bis 1 MW gibt es keine großen Änderungen der installierten Bruttoleistung. Im Bereich 1 MW bis 5 MW nimmt die Leistung tendenziell ab, während sie im Bereich von 5 MW bis 50 MW über die dargestellten Jahre eher zunahm. In der Leistungsklasse > 50 MW sind seit 2021 keine Wasserkraftanlagen mehr enthalten.

Tabelle 22: Installierte Bruttoleistung mit EEG-Vergütungsanspruch nach Leistungsklassen

Leistungsklasse	2018 [MW]	2019 [MW]	2020 [MW]	2021 [MW]	2022 [MW]	2023 [MW]
≤ 100 kW	161	163	164	159	160	159
>100 - 200 kW	75	75	76	76	76	76
>200 - 500 kW	214	214	218	219	215	214
>0,5 - 1 MW	184	186	184	182	182	185
> 1 - 2 MW	197	200	195	185	191	191
> 2 - 5 MW	496	500	497	488	490	484
> 5 - 10 MW	21	21	28	34	34	27
> 10 - 20 MW	12	35	24	35	30	30
> 20 - 50 MW	39	89	89	89	116	116
> 50 MW	173	120	120	0	0	0
Summe	1.572	1.603	1.595	1.465	1.494	1.483

Quelle: (eigene Auswertungen FWT GmbH für 2018-2023 basierend auf ÜNB (2019 – 2024))

In Tabelle 23 sind zwei Auswertungen der MaStR-Daten für das Jahr 2023 dargestellt. Zum einen wurden die sich in Betrieb befindlichen SEE zu WKA zusammengefasst und anschließend die WKA betrachtet, die über mindestens eine SEE mit EEG-MaStR-Nummer verfügen (linke zwei Spalten). Zum anderen wurde die vom MaStR bereit gestellte Tabelle AnlagenEegWasser nach den sich in Betrieb befindlichen Anlagen ausgewertet (rechte zwei Spalten). Bei beiden Auswertungen ist auch das Kraftwerk Rheinfelden, welches im MaStR der Schweiz zugeordnet wird, enthalten.

Verglichen mit den Daten der Übertragungsnetzbetreiber für das Jahr 2023 stimmt die Summe der installierten Leistung je Leistungsklasse für Leistungsklassen bis 5 MW recht gut überein. Für größere Leistungsklassen weisen die Eintragungen im MaStR jedoch wesentlich höhere Summen der installierten Leistung auf als die Daten der Übertragungsnetzbetreiber. Eine mögliche Erklärung ist, dass in den Bewegungsdaten der ÜNB-Daten die Anlagen berücksichtigt werden, die tatsächlich im betrachteten Jahr eine EEG-Vergütung erhalten haben, während im MaStR nur eingetragen ist, ob eine Stromerzeugungseinheit generell eine EEG-MaStR Nummer besitzt und damit einer EEG-Anlage zugeordnet ist (Datenstand 01.04.2024).

Zum 01.10.2024 wurde von der BNetzA eine Qualitätssicherungsmaßnahme umgesetzt, bei der bei allen Wasserkraftanlagen im MaStR, denen bisher noch keine EEG-Anlage zugeordnet ist, eine EEG-Anlage ergänzt wurde. Dabei „ist es unerheblich, ob für diese Anlage ein Zahlungsanspruch nach dem EEG besteht“ (BNetzA 2024c). Entscheidend ist stattdessen, ob die Einheiten mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

Tabelle 23: Installierte Bruttoleistung von EEG-Anlagen gemäß MaStR (2023)

Leistungsklasse	Zusammengefasste WKA mit EEG- MaStR-Nummer	Zusammengefasste WKA mit EEG- MaStR-Nummer	Tabelle AnlagenEegWasser	Tabelle AnlagenEegWasser
	Bruttoleistung [MW]	Anzahl		
≤ 100 kW	142	4.383	144	4.447
>100 - 200 kW	71	474	76	498
>200 - 500 kW	205	619	219	652
>0,5 - 1 MW	177	248	191	264
> 1 - 2 MW	211	148	175	118
> 2 - 5 MW	473	139	491	141
> 5 - 10 MW	387	52	701	90
> 10 - 20 MW	400	30	581	44
> 20 - 50 MW	279	9	328	12
> 50 MW	572	6	379	4
Summe	2.913	6.103	3.285	6.267

Quelle: (Auswertung BNetzA 2024a)

4.2.2 Bruttoleistung der Anlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch

Die Bruttoleistung aller Stromerzeugungsanlagen, die mit dem öffentlichen Netz verbunden sind, kann dem MaStR entnommen werden. Die Zusammenfassung zu WKA erfolgte durch die FWT GmbH anhand gleicher Adresse, Anlagenbetreiber und Art der WKA (Datenstand 01.04.2024). Für die Auswertung der Bruttoleistung ohne EEG-Vergütungsanspruch wurden die Anlagen aus dem MaStR betrachtet, die vor dem 01.01.2023 in Betrieb und nicht vor dem 01.01.2023 außer Betrieb genommen wurden. Die Anlagen wurden nach Leistungsklassen ausgewertet. Anschließend wurden die Bruttoleistungen der Anlagen mit EEG-MaStR-Nummer abgezogen. Die Ergebnisse für Anlagen in Deutschland sind in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Installierte Bruttoleistung WKA mit und ohne EEG-Vergütungsanspruch nach Leistungsklassen im MaStR im Jahr 2023

Leistungsklasse	Zusammengefasste WKA [MW]	Zusammengefasste WKA mit EEG-MaStR-Nummer [MW]	Zusammengefasste WKA ohne EEG-MaStR-Nummer [MW]
≤ 100 kW	165	142	23
>100 - 200 kW	76	71	5
>200 - 500 kW	216	205	11
>0,5 - 1 MW	183	177	6
≥ 1 - 2 MW	212	211	1

Leistungsklasse	Zusammengefasste WKA [MW]	Zusammengefasste WKA mit EEG-MaStR-Nummer [MW]	Zusammengefasste WKA ohne EEG-MaStR-Nummer [MW]
> 2 - 5 MW	481	469	12
> 5 - 10 MW	440	387	53
> 10 - 20 MW	719	400	319
> 20 - 50 MW	753	279	474
> 50 MW	1.470	476	994
Summe	4.715	2.913	1.802

Quelle: (Auswertung BNetzA 2024a)

4.2.3 Ermittlung der AGEE-Stat Zeitreihen zur installierten Nettoleistung

Die Entwicklung der installierten elektrischen Nettoleistung von Lauf- und Speicherwasserkraftanlagen ohne Pumpspeicherwerke ist in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Entwicklung der elektrischen Leistung (netto) (ohne PSW)

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Installierte Leistung (netto) [MW]	4.134	4.117	4.083	4.104	4.283	4.252	4.469	4.451	4.434

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Installierte Leistung (netto) [MW]	4.424	4.433	4.442	4.449	4.218	4.267	4.320	4.355	4.435	4.567

Quelle: (AGEE-Stat 2024b; ab 2018 Berechnung in Tabelle 26)

Tabelle 26 dokumentiert im Detail die Ermittlung der installierten Leistung (netto) in Tabelle 25 für die Jahre 2018 bis 2023. Hierfür werden verschiedene Quellen zusammengefügt. Zunächst wird die Nettonennleistung aus der Jahreserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung im Verarbeitenden Gewerbe, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden einschließlich der Energieversorgung für Anlagen > 1 MW herangezogen (Erhebungen 067 und 066K). Die Leistung der Anlagen außerhalb dieser Berichtskreise (unter 1 MW) wird aus der Erhebung über die Stromein- und -ausspeisung bei Netzbetreibern (066N) ergänzt. Beim Vergleich der Erhebung 066N mit den ermittelten Angaben aus den EEG-Daten der Übertragungsnetzbetreiber entspricht die installierte Leistung nahezu der Nettonennleistung aus der Erhebung 066N. Die gesamte installierte elektrische Leistung (netto) für die Wasserkraft ergibt sich schließlich aus der Summe der Leistungen nach den genannten statistischen Erhebungen zuzüglich der Leistung der reinen Selbstverbraucher.

Tabelle 26: Entwicklung der elektrischen Nettoleistung (ohne PSW) (AGEE-Stat)

Jahr	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Nettonennleistung [MW] 067 und 066K (Anlagen > 1 MW)	3.451	3.509	3.551	3.586	3.668	3.799
Nettonennleistung [MW] 066N (Anlagen bis 1 MW)	651	642	654	654	652	652
Installierte Leistung [MW] mit EEG-Vergütungsanspruch (Anlagen bis 1 MW)	(634)	(638)	(642)	(636)	(633)	(634)
Selbstverbrauch (netto) [MW]	116	116	116	116	116	116
Summe installierte Leistung (netto) [MW]	4.218	4.267	4.320	4.355	4.435	4.567

Quellen: (Destatis 2022, Destatis 2023c, Destatis 2024b, Destatis 2024c, Destatis 2023b, ÜNB 2019 - 2024, eigene Berechnungen zum Selbstverbrauch siehe Kapitel 3.4)

4.3 Entwicklung der Brutto-Stromerzeugung

4.3.1 Stromerzeugung mit EEG-Vergütungsanspruch

Die Bewegungsdaten der EEG-Jahresabrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber beinhalten die Jahresarbeit der EEG-Einspeisung und damit die Nettostromerzeugung. Angaben zur Bruttoerzeugung werden in den Daten nicht ausgewiesen und können somit auch nicht ausgewertet werden. Zur Abschätzung der Bruttostromerzeugung mit EEG-Anspruch wurden die Angaben der Nettostromerzeugung mit EEG-Vergütung aus Tabelle 31 mit den Angaben zum technischen Eigenverbrauch von 1 % und einem Transformatorverlust von 1,5 % ergänzt.

Tabelle 27: Entwicklung der Bruttostromerzeugung mit EEG-Vergütungsanspruch

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
[GWh/a]	5.077	5.047	5.686	5.107	4.999	5.807	4.964	5.552	6.422

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	5.787	5.481	6.098	5.921	4.978	5.687	5.178	5.740	4.941	5.638

Quelle: (eigene Berechnung FWT GmbH auf Basis Tabelle 31)

4.3.2 Stromerzeugung ohne EEG-Vergütungsanspruch

Die Bruttostromerzeugung ohne EEG-Vergütungsanspruch wurde aus der Differenz von Gesamt-Bruttostromerzeugung (Tabelle 29) und EEG-Bruttostromerzeugung (Tabelle 27) ermittelt. Das Ergebnis setzt sich vorwiegend aus Großanlagen ohne EEG-Vergütungsanspruch und Anlagen im Eigenverbrauch zusammen.

Tabelle 28: Entwicklung der Bruttostromerzeugung ohne EEG-Vergütungsanspruch (ohne PSW)

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
[GWh/a]	13.911	14.371	14.844	14.841	13.633	14.617	12.682	15.643	15.889	
Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	13.389	13.030	13.884	13.750	12.628	13.954	13.036	13.375	12.205	13.715

Quelle: (eigene Berechnungen FWT GmbH basierend auf Tabelle 27 und Tabelle 29)

4.3.3 Zeitreihe der gesamten Bruttostromerzeugung gemäß AGEE-Stat

Die längerfristige Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus Wasserkraft zeigt Tabelle 29.

Tabelle 29: Entwicklung der gesamten Bruttostromerzeugung (ohne PSW) (AGEE-Stat)

Einheit	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
[GWh/a]	18.988	19.418	20.530	19.948	18.632	20.424	17.265	21.195	22.311	
Einheit	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	19.176	18.511	19.982	19.671	17.606	19.641	18.214	19.115	17.145	19.352

Quelle: (AGEE-Stat 2024b)

In Tabelle 29 ist die Bruttostromerzeugung durch PSW mit natürlichem Zufluss nicht enthalten. Diese betrug gemäß Tabelle 43311-0001 rund 480 GWh im Jahr 2022 (Destatis 2023a) und rund 540 GWh im Jahr 2023 (Destatis 2024a).

4.4 Entwicklung der Netto-Stromerzeugung

Die Nettostromerzeugung ist die an das Versorgungssystem abgegebene Strommenge nach Abzug des technischen Eigenverbrauchs, der für Neben- und Hilfsanlagen eines Kraftwerks während des Betriebs verbraucht wird, und der Transformatorverlust. Die langfristige Entwicklung der Nettostromerzeugung für die Jahre 2005 bis 2023 ist in Tabelle 30 dargestellt.

Tabelle 30: Entwicklung der Nettostromerzeugung (ohne PSW mit natürlichem Zufluss)

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
[GWh/a]	18.709	19.119	20.186	19.651	18.352	20.173	16.939	20.788	21.998	
Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	18.915	18.218	19.667	19.516	17.434	19.463	18.039	18.941	16.978	19.179

Quelle: (AGEE-Stat 2024b)

4.4.1 Netzeinspeisung mit EEG-Vergütung

Die langfristige Entwicklung der nach EEG vergüteten Anlagen für die Jahre 2005 bis 2023 ist in Tabelle 31 unter Angabe der ins öffentliche Netz eingespeisten Strommengen dargestellt. Die geförderte Jahresarbeit zeigt im Mittel einen leichten Anstieg, wobei erhebliche Schwankungen zwischen 4,6 und 6,3 TWh auftreten. Ein Vergleich mit den jährlichen Niederschlagshöhen (DWD 2024) zeigt, dass sich die trockenen Jahre 2018 und 2022 in der Netzeinspeisung der EEG-Anlagen widerspiegeln. Eine Rolle bei den Schwankungen in der Erzeugung spielen jedoch auch das Abflussverhalten der Gewässer und Änderungen in der Summe der installierten Leistung von Anlagen mit EEG-Vergütungsanspruch.

Tabelle 31: Entwicklung der Netzeinspeisung mit EEG-Vergütung

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
[GWh/a]	4.953	4.924	5.547	4.982	4.877	5.665	4.843	5.417	6.265

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	5.656	5.347	5.949	5.777	4.857	5.548	5.052	5.600	4.820	5.500

Quelle: (BNetzA 2019, 2020 - 2022; ÜNB 2021 - 2024)

4.4.2 Netzeinspeisung ohne EEG-Vergütung

Die langfristige Entwicklung der Netzeinspeisung ohne EEG-Vergütung für die Jahre 2005 bis 2023 ist in Tabelle 32 dargestellt. Für die Berechnung wurde von der Nettostromerzeugung ohne Pumpspeicherwerke mit natürlichem Zufluss (siehe Tabelle 30) die durch das EEG vergütete Strommenge (siehe Tabelle 31) abgezogen. Abzüglich der Summe der hochgerechneten Nettostromerzeugung aus reinem und teilweisem Selbstverbrauch (siehe Kapitel 3.4.5) ergibt sich die ins Netz eingespeiste Erzeugung ohne EEG-Vergütung.

Tabelle 32: Entwicklung der Netzeinspeisung ohne EEG-Vergütung

Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
[GWh/a]	12.662	13.101	13.545	13.575	12.381	13.414	11.002	14.277	14.639

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
[GWh/a]	12.175	11.777	12.624	12.645	11.483	12.821	11.893	12.247	11.064	12.585

Quelle: (eigene Berechnung FWT GmbH basierend auf Tabelle 30, Tabelle 31, Kapitel 3.4.5)

5 Sektorale Zuordnung der installierten Nettonennleistung im MaStR

Die Zuordnung der Nettostromerzeugung der sich in Deutschland in Betrieb befindlichen Anlagen zu den energiestatistischen Sektoren und -Subsektoren erfolgt über die im MaStR bei einigen Anlagenbetreibern angegebenen Hauptwirtschaftszweige. Über die Nummer des Anlagenbetreibers können Stromerzeugungseinheiten oder Wasserkraftanlagen Anlagenbetreibern zugeordnet werden. Insgesamt lassen sich 2.320 WKA einem Sektor bzw. Subsektor zuordnen. Tabelle 33 zeigt die Zuordnung der Nettonennleistung der sich in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen zu den Sektoren. Dabei wird zwischen Voll- und Teileinspeisung unterschieden. Für die Bestimmung der Strommenge wurden die Stromerzeugungseinheiten über die MaStR- Tabelle AnlagenEegWasser mit den Informationen der Übertragungsnetzbetreiber zur erzeugten Strommenge verknüpft. Dadurch können insgesamt 3.055 GWh einem Sektor zugeordnet werden.

Tabelle 33: Sektoreneinteilung Daten Marktstammdatenregister (2023)

Sektor	Nettonenn-leistung gesamt [MW]	Nettonenn-leistung Volleinspeisung [MW]	Nettonenn-leistung Teileinspeisung [MW]	Nettonenn-leistung ohne Angabe der Einspeisung [MW]	Zuordnung Strommenge 2023 (ÜNB 2024) zu MaStR-Daten [GWh]
Land- und Forstwirtschaft	3,06	2,19	0,87	0	6,87
Fischerei	0,05	0,01	0,04	0,00	0,11
Umwaltungsbereich	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Energieerzeugung	2.381,54	1.530,72	826,80	24,02	2.706,35
Industrie	108,54	13,30	95,09	0,15	125,99
Verkehr	5,08	5,08	0,00	0,00	22,21
GHD	96,00	33,86	62,12	0,03	193,75
Haushalte	0,09	0,00	0,09	0,00	0,00
Summe mit NACE-Zuordnung	2.594,36	1.585,16	985,01	24,20	3.055,28
Keine Angabe*	1.995,67	1.806,93	176,14	12,60	2.444,72
davon keine Angabe erforderlich	38,94	11,61	26,84	0,49	
davon Angabe erforderlich	1.956,73	1.795,32	149,30	12,11	
Summe (Anlagen in Betrieb)	4.590,03	3.392,09	1.161,15	36,80	5.500**

* Keine Angabe aufgrund natürlicher Person, Bruttoleistung <=30 kW oder derzeit noch nicht zugeordnet

** entspricht der Summe Nettostromerzeugung gemäß ÜNB 2024

Quelle: (Auswertung durch FWT GmbH basierend auf BNetzA (2024a) und ÜNB (2024))

Neben den 2.594 MW installierter Nettonennleistung, die einem Sektor im MaStR zugeordnet sind, werden 1.996 MW keinem Sektor zugeordnet. Die Zuordnung dieser Anlagen zu Sektoren wird daher über die installierte Leistung mit EEG-Vergütungsanspruch und über den Energieverbrauch der Verbraucher abgeschätzt.

In den Daten der Übertragungsnetzbetreiber für das Jahr 2023 (ÜNB 2024) beträgt die Summe der installierten Leistung mit EEG-Vergütungsanspruch 1.483 MW. Es handelt sich hierbei um die maximale Leistung der in einem Kraftwerk installierten Generatoren, weswegen die Leistung mit der Bruttoleistung gleichgesetzt wird. Über den EEG-Anlagenschlüssel lassen sich die Daten der Übertragungsnetzbetreiber mit den Daten des MaStR aus der Tabelle AnlagenEEgWasser (BNetzA 2024a) verknüpfen. Dadurch können 818,35 MW der installierten Leistung in den Daten der ÜNB (2024) einem Sektor zugeordnet werden. Der Großteil wird dem Sektor Energieerzeugung zugeordnet (699,32 MW). Die bisher nicht zugeordneten 818,35 MW entsprechen nach Abzug von 2,5 % für Transformatorverluste und den Kraftwerkseigenverbrauch einer installierten Nettoleistung von 648,13 MW. Diese Leistung wird in einem vereinfachten Ansatz für die Einschätzung komplett dem Energiesektor zugeordnet (siehe zweite Spalte Tabelle 34).

Von den bislang nicht zugeordneten 1.995,67 MW Nettonennleistung im MaStR verbleiben nach Zuweisung von 648,13 MW zum Energiesektor 1.347,54 MW. Diese Leistung wird anteilig anhand des Stromverbrauchs der Verbraucher auf die Sektoren verteilt. Die verbrauchten Strommengen im Jahr 2023 entstammen den Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland (AGEB 2024). Die prozentuale Verteilung gemäß AGE (2024) sowie die darauf basierenden geschätzten Mengen der Nettonennleistung im MaStR ohne bisherige Zuordnung sind in der zweiten und dritten Spalte von Tabelle 34 dargestellt.

In der vierten Spalte von Tabelle 34 ist die installierte Nettonennleistung je Sektor gemäß Angabe im MaStR (siehe Tabelle 33) dargestellt. In der rechten Spalte steht die summierte Nettonennleistung je Sektor, bestehend aus der gutachterlichen Einschätzung anhand des Verbrauchs und der angegebenen Zuordnung im MaStR.

Tabelle 34: Zuordnung der Nettonennleistung im MaStR zu Sektoren (2023)

Sektor	Prozentuale Verteilung Strommengen (eigene Berechnungen, basierend auf AGEB 2024)	Geschätzte Zuordnung (basierend auf prozentualer Verteilung) [MW]	Angegebene Zuordnung MaStR [MW]	Summe: Einschätzung + Angegebene Zuordnung MaStR [MW]
Land- und Forstwirtschaft geschätzt	0,97 %	13,01	3,06	16,07
Fischerei geschätzt	0,01 %	0,08	0,05	0,13
Umwandlungsbereich	k. A.	0	0	0
Energieerzeugung	k. A.	648,13	2.381,54	3.029,67

Sektor	Prozentuale Verteilung Strommengen (eigene Berechnungen, basierend auf AGEB 2024)	Geschätzte Zuordnung (basierend auf prozentualer Verteilung) [MW]	Angegebene Zuordnung MaStR [MW]	Summe: Einschätzung + Angegebene Zuordnung MaStR [MW]
Industrie	41,60 %	560,55	108,54	669,09
Verkehr	3,30 %	44,43	5,08	49,51
GHD	26,02 %	350,60	96,00	446,60
Haushalte	28,12 %	378,87	0,09	378,96
Summe		1.995,67	2.594,36	4.590,03

Quelle: (Auswertung durch FWT GmbH basierend auf AGEB (2024), BNetzA (2024a) und ÜNB (2024))

6 Aktuelle Trends zur Entwicklung der Wasserkraft

6.1 Ökologische Anforderungen

Im Wasserhaushaltsgesetz (§§ 33 bis 35 WHG) werden Anforderungen an die Betreiber von Stau- bzw. Wasserkraftanlagen formuliert, um die Bewirtschaftungsziele nach §§ 27 bis 31 zu erreichen. Im Wesentlichen betrifft dies die Herstellung der auf- und abwärts gerichteten Durchgängigkeit sowie den Fischschutz und bei Ausleitungskraftwerken die Abgabe einer Mindestwassermenge.

Die Kosten für die Umsetzung dieser ökologischen Maßnahmen können bei kleinen Anlagen die Einnahmen aus der Stromerzeugung übersteigen. Dies kann dazu führen, dass sich Betreiber für eine Stilllegung der Wasserkraftanlagen entscheiden. Einige Bundesländer unterstützen die Umsetzung ökologischer Maßnahmen mit Förderprogrammen.

6.2 Genehmigungssituation

Für den Betrieb einer Wasserkraftanlage ist eine wasserrechtliche Zulassung erforderlich, die in Form einer Erlaubnis, einer gehobenen Erlaubnis oder eine Bewilligung ausgestellt wird. Die Erlaubnis bzw. die Bewilligung ist dabei meist auf 20 bis 40 Jahre begrenzt. Altrechte benötigen hingegen keine erneute Zulassung. Da insbesondere im Zeitraum von 2025 bis 2035 viele wasserrechtlichen Zulassungen auslaufen werden, ist im Zuge der Neugenehmigungen mit der Umsetzung von ökologischen Maßnahmen und Wehrsanierungen zu rechnen. Dadurch kann es zu Stillstandzeiten oder auch zu Stilllegungen von Wasserkraftanlagen kommen.

Aufgrund des komplexen Genehmigungsprozesses kann für den Neubau einer Wasserkraftanlage von Beginn der Planung bis zur Fertigstellung der Anlage mit mindestens fünf Jahren gerechnet werden.

6.3 Zubautrends

Pumpspeicherkraftwerke

Durch den vermehrten Einsatz von Wind- und Solarenergie unterliegt das deutsche Stromnetz in Zukunft immer häufiger Schwankungen. Die Speicherkapazität von Pumpspeicherkraftwerken ist daher im Hinblick auf die Energiewende nicht zu vernachlässigen.

Das Pumpspeicherkraftwerk Happurg, welches 2011 wegen Schäden in der Sohle des Oberbeckens abgeschaltet wurde, soll wieder in Betrieb genommen werden. Mit den dafür benötigten Baumaßnahmen soll umgehend begonnen werden, sodass das Pumpspeicherkraftwerk 2028 wieder zur Verfügung steht (Uniper 2024).

Weitere fünf Kraftwerke sind in Baden-Württemberg in Planung, wovon zwei zwar im Ausland stehen, aber in das deutsche Netz einspeisen (BMWi 2020). Im Spätjahr 2023 begannen die Bauarbeiten für das Pumpspeicherkraftwerk Forbach im Murgtal (EnBW 2024b).

Restwasserkraftwerke - Mindestwasserkraftwerke

Der Mindestabfluss bei Wasserkraftwerken mit Ausleitungsstrecken kann ebenfalls zur Stromerzeugung genutzt werden, indem Restwasserturbinen eingebaut werden. Im EEG-Erfahrungsbericht zum Teilvorhaben Wasserkraft (Keuneke et al. 2023) wurde ein Trend zur Nutzung von Wasserkraftschnecken und Restwasseranlagen festgestellt.

6.4 Erwartete Entwicklung der Wasserkraft bezüglich EEG-Regelungen

Die Dauer der Vergütung durch das EEG differiert in den EEG-Versionen. Während Anlagen, die nach dem EEG 2000 vergütet werden, diese Vergütung für eine unbeschränkte Dauer erhalten, liegen je nach Version des EEG und der Anlagenleistung die Förderdauern bei 15, 20 oder 30 Jahren. Seit dem EEG 2012 ist eine Vergütungsdauer von 20 Kalenderjahren zzgl. dem Inbetriebnahmejahr festgeschrieben.

EEG 2017

Die Wasserkraft war von der Umstellung auf wettbewerbliche Ausschreibungsverfahren im EEG 2017 ausgenommen und die Förderung folgte im EEG 2017 in den meisten Punkten den Bestimmungen der vorherigen EEG-Fassung von 2014.

EEG 2021

Die Förderung gemäß EEG 2021 folgte den Bestimmungen des EEG 2017. Anlagen, deren wasserrechtliche Zulassung erlischt, müssen zur Erlangung einer Neuzulassung die Anforderungen der §§ 33 bis 35 WHG erfüllen. Die Erfüllung dieser gewässerökologischen Anforderungen ist mit hohen Investitionen verbunden und wird als wesentliche Einflussgröße für den Weiterbetrieb von Wasserkraftanlagen angesehen.

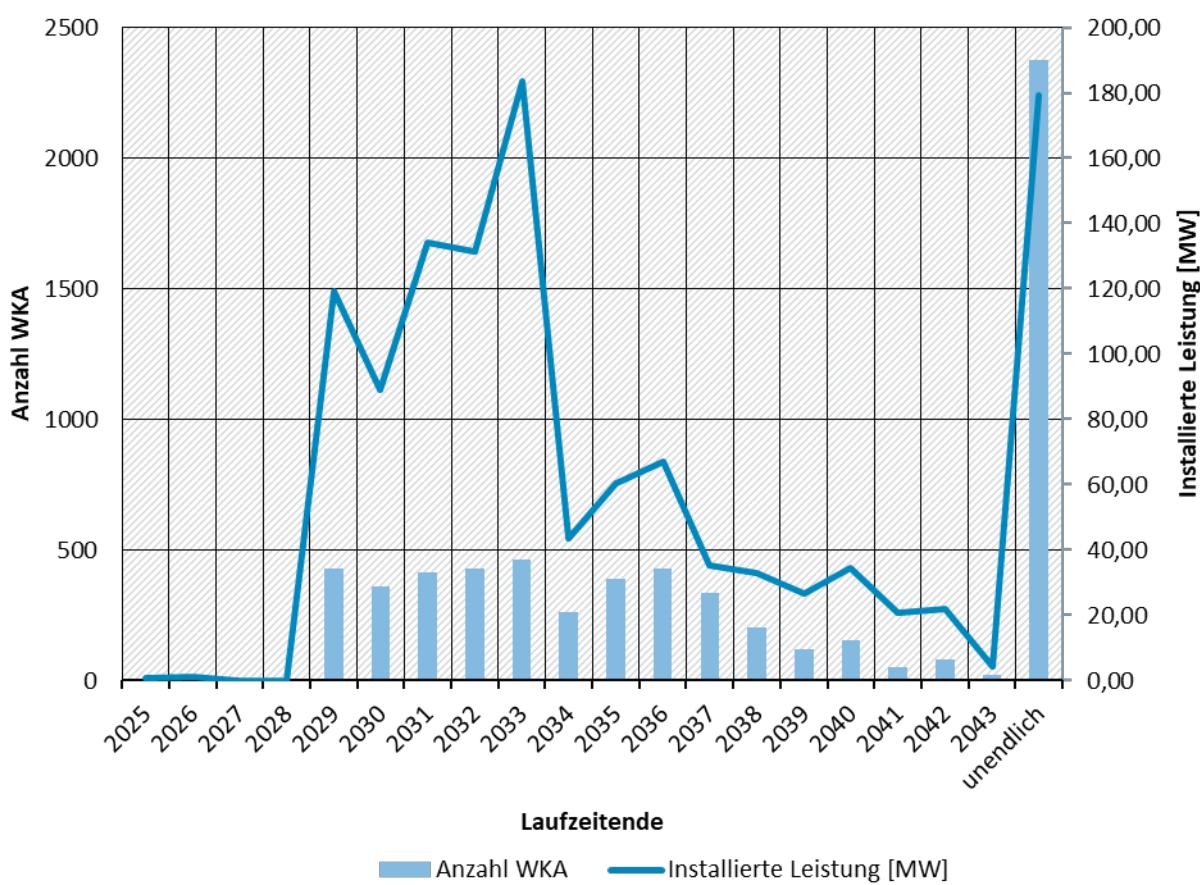
EEG 2023

Die aktuelle Fassung des EEG ist am 01.01.2023 in Kraft getreten. Das EEG 2023 sieht vor, dass Strom in Deutschland bis 2035 nahezu ausschließlich aus Erneuerbaren Energien stammen soll. Zur Beschleunigung des Ausbaus in allen Bereichen wird in der EEG-Novelle 2023 der Grundsatz verankert, dass die Nutzung Erneuerbarer-Energien-Anlagen im übergeordneten öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Vor dem Hintergrund der hohen Ausbauziele für erneuerbare Energien soll geprüft werden, in welchem Umfang die Wasserkraft im Einklang mit den Belangen des Gewässerschutz zukünftig verstärkt genutzt werden kann. (Deutscher Bundestag 2022)

EEG-Restlaufzeit

Zur Ermittlung der Restlaufzeit der EEG-Anlagen wurde aus den EEG-Daten 2023 die Dauer der EEG-Vergütungszahlungen mit Hilfe der unterschiedlichen Vergütungskategorien ermittelt. Abbildung 7 zeigt die installierte Leistung der EEG-Anlagen differenziert nach der Restlaufzeit der EEG-Förderung.

Abbildung 7: Laufzeit der EEG-Förderung (Stand 2023)



Quelle: (eigene Darstellung durch FWT GmbH basierend auf Daten ÜNB (2024))

Hier zeigt sich, dass in den Jahren 2029 bis 2033 jeweils zwischen 262 und 462 Anlagen keine Vergütung mehr erhalten werden, sofern sie nicht vorher eine technische Modernisierung durchführen und damit der Anspruch auf eine Förderung erneut wirksam wird. 2.375 Wasserkraftanlagen erhalten eine EEG-Einspeisevergütung ohne Begrenzung der Vergütungsdauer.

Fazit

Auch wenn mit dem EEG 2023 die Nutzung Erneuerbarer-Energien-Anlagen im übergeordneten öffentlichen Interesse liegt, bleiben die gewässerökologischen Anforderungen an die Wasserkraft bestehen.

Man kann daher davon ausgehen, dass bei den Anlagen < 500 kW nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung oder der wasserrechtlichen Zulassung Stilllegungen erfolgen, da diese Anlagen ohne eine EEG-Förderung nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Bei den größeren Anlagen ist ein Wechsel aus der früheren EEG-Fassung hin zu einer neueren EEG-Vergütung durch Ertüchtigungsmaßnahmen in Kombination mit einer Steigerung des Leistungsvermögens der Anlage zu erwarten.

6.5 Finanzierungsinstrumente

Im Jahr 2023 wurde gemäß den Berechnungen in Tabelle 31 und Tabelle 32 etwa 30 % des in das Netz eingespeisten Wasserkraftstroms über das EEG finanziert. Ein Ende der EEG-Vergütung von einer beträchtlichen Anzahl von Wasserkraftanlagen wird erst im Jahr 2029 eintreten. 70 %

des erzeugten Wasserkraftstroms, insbesondere von Anlagen mit großer Leistung, wird über bilaterale Geschäfte oder über die Börse vermarktet.

Sowohl die Kosten zur Errichtung der Wasserkraftanlagen als auch der Modernisierungsaufwand zur Realisierung technischer und ökologischer Maßnahmen haben sich in den letzten Jahren v. a. aufgrund gestiegener Baukosten wesentlich erhöht. Zur Umsetzung ökologischer Verbesserungen haben einige Bundesländer entsprechende Förderprogramme aufgelegt. In einigen Bundesländern wird mit diesen Programmen auch der Rückbau von Standorten gefördert.

7 Quellenverzeichnis

AGEE-Stat (2024a): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (Stand September 2024),
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland_deu.xlsx [abgerufen am 29.11.2024].

AGEE-Stat (2024b): Bruttostromerzeugung, installierte Netto-Leistung und Nettostromerzeugung Wasserkraft ohne natürlicher Zufluss Pumpspeicher für die Jahre 2005 - 2023, Überlassung durch AGEE-Stat.

AGEB (2024) AG Energiebilanzen e.V.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre von 1990 bis 2023. Stand: September 2024 (endgültige Ergebnisse bis 2022, vorläufige Daten für 2023),
https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/11/awt_2023_d.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

Anderer, P., R. Keuneke, E. Massmann (2019): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz, Teilvorhaben IId Wasserkraft, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Anderer, P., E. Massmann, S. Heimerl, B. Kohler, U. Wolf-Schumann, B. Schumann (2017): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 5 - Wasserkraft, LANUV-Fachbericht 40, Studie im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen,
https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_40_Teil_5-Wasserkraft.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

Anderer, P., U. Dumont, S. Heimerl, A. Ruprecht, U. Wolf-Schumann (2010a): Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, <https://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/24585/Potentialermittlung++Ausbau+Wasserkraftnutzung/089160d6-bd0c-4bc3-a952-fca5f59c66de> [abgerufen am 29.11.2024].

Anderer, P., U. Dumont, S. Heimerl, A. Ruprecht, U. Wolf Schumann (2010b): Das Wasserkraftpotenzial in Deutschland, in: *WasserWirtschaft 100*, Nr. 9, 2010, S. 12-16, <https://doi.org/10.1007/bf03241666> [abgerufen am 29.11.2024].

BDEW (2019): Jahresvolllaststunden 2018/19,
https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden_2018_2019_o_online_jaehrlich_Ba_26052020.pdf [abgerufen am 20.07.2020].

BDEW (2022): Jahresvolllaststunden 2020/2021,
https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden_2020_2021_o_online_jaehrlich_Ba_09062022.pdf [abgerufen am 26.03.2024].

BDW (2021): Bundesverband deutscher Wasserkraftwerke: Persönliche Mitteilung vom 08.07.2021.

BGH (2013): Bundesgerichtshof: Urteil vom 23.10.2013, Aktenzeichen VIII ZR 262/12 Anlagenbegriff des EEG.

BMWi (2020): Kleine Anfrage der Abgeordneten Lukas Köhler, Frank Sitta, Grigorios Aggelidis und weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP. Betr.: Investitionsbedingungen von Pumpspeicherkraftwerken,
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Parlamentarische-Anfragen/2020/19-19968.pdf?blob=publicationFile&v=4> [abgerufen 07.2020].

BNetzA (2024a): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Marktstammdatenregister, Gesamtdatenauszug vom 01.04.2024,
<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Datendownload> [abgerufen am 02.04.2024].

BNetzA (2024b): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): „Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur“, Stand 15.04.2024,
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html> [abgerufen am 30.10.2024].

BNetzA (2024c): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Hinweise zur Anpassung einer EEG-Anlage im Marktstammdatenregister, Stand 01.10.2024,
https://www.marktstammdatenregister.de/MaStRHilfe/files/regHilfen/Hinweise_zur_Anpassung_einer_EEG-Anlage_im_Marktstammdatenregister.pdf, [abgerufen am 20.11.2024].

BNetzA (2023). Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): „Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur“, Stand 19.07.2023.
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html [abgerufen am 09.10.2023].

BNetzA (2022): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Marktstammdatenregister, Datenabfrage, <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR> [abgerufen am 31.01.2022].

BNetzA (2021). Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): „Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur“, Stand 15.11.2021,
https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html [abgerufen am 21.12.2021].

BNetzA, (2019): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): EEG in Zahlen 2019,
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEGinZahlen_2019_BF.pdf?blob=publicationFile&v=1 [abgerufen am 29.11.2024].

BNetzA, (2018): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): EEG in Zahlen 2018,
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fdata.bundesnetzagentur.de%2FBundesnetzagentur%2FSharedDocs%2FDownloads%2FDE%2FSachgebiete%2FEnergie%2FUnternehmen_Institutionen%2FErneuerbareEnergien%2FZahlenDatenInformationen%2FEEGinZahlen_2018.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK [abgerufen am 29.11.2024].

BNetzA, (2017): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): EEG in Zahlen 2017,
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.bundesnetzagentur.de%2FSharedDocuments%2FDownloads%2FDE%2FSachgebiete%2FEnergie%2FUnternehmen_Institutionen%2FErneuerbareEnergien%2FZahlenDatenInformationen%2FEEGinZahlen_2017.xlsx%3F_blob%3DpublicationFile%26v%3D1&wdOrigin=BROWSELINK [abgerufen am 29.11.2024].

BNetzA, (2008): Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Statistikbericht Jahresendabrechnung 2006 nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), April 2008,
https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/private/active/0/BNetzA_Statistik_EEG_2006.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

Destatis (2024a): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Monatserhebung über die Elektrizitätsversorgung Wertearbruf über die Genesis-Online Datenbank Tabelle 43311-0001: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> [abgerufen am 22.05.2024].

Destatis (2024b): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Jahreserhebungen über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung im Verarbeitendem Gewerbe, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden für 2022 (Erhebungen 067 und 066K), Überlassung durch das Statistische Bundesamt.

Destatis (2024c): Statistisches Bundesamt: Nettoleistung für die Erhebungen 067, 066K und 066N für das Jahr 2023, Überlassung durch AGEE-Stat.

Destatis (2023a): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Monatserhebung über die Elektrizitätsversorgung, Wertearruf über die Genesis-Online Datenbank Tabelle 43311-0001: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> [abgerufen am 09.10.2023].

Destatis (2023b): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Erhebung ü. Stromein- u.-ausspeisung bei Netzbetreibern 066N. 2018 - 2022. Überlassung durch das Statistische Bundesamt.

Destatis (2023c): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Jahreserhebungen über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung im Verarbeitendem Gewerbe, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden für 2021 (Erhebungen 067 und 066K), Überlassung durch das Statistische Bundesamt.

Destatis (2022): Statistisches Bundesamt: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung: Jahreserhebungen über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung im Verarbeitendem Gewerbe, im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden für 2018 - 2020 (Erhebungen 067 und 066K), Überlassung durch das Statistische Bundesamt.

Deutscher Bundestag (2022): Drucksache 20/2580 Beschlussempfehlung des Ausschusses für Klimaschutz und Energie zum Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, <https://dserver.bundestag.de/btd/20/025/2002580.pdf> [abgerufen am 29.11.2024].

Dumont, U., G. Hermens (2013): Neubau der Wasserkraftanlage Willstätt mit Fischschutz und vollständiger Fischwechselanlage, in: *WasserWirtschaft*, Heft 10/2013, S. 42-45, <https://doi.org/10.1365/s35147-013-0760-0> [abgerufen am 29.11.2024].

DWD (2024): Deutscher Wetterdienst: Mitteilung vom 15.03.2024, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/trends-der-niederschlagshoehe#teilweise-sehr-regenreiche-jahre-seit-1965> [abgerufen am 29.11.2024].

EnBW (2024a): Energie Baden-Württemberg: Rheinkraftwerk Iffezheim, <https://www.enbw.com/unternehmen/konzern/energieerzeugung/neubau-und-projekte/rheinkraftwerk-iffezheim/> [abgerufen am 29.11.2024].

EnBW (2024b): Energie Baden-Württemberg: Pumpspeicherkraftwerk Forbach, <https://www.enbw.com/unternehmen/konzern/energieerzeugung/neubau-und-projekte/pumpspeicherkraftwerk-forbach/> [abgerufen am 29.11.2024].

Energiedienst (2020): Wasserkraftwerk Rheinfelden, <https://www.energiedienst.de/produktion/wasserkraft/wasserkraftwerk-rheinfelden/> [abgerufen am 18.02.2020].

Geidel, T., T. Dworak, D. Schmidt, M. Rogger, C. Matauschek, J. Völker, D. Borchardt (2021): Abschlussbericht, Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie, Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-03_texte_86-2021_fachinformation_wasserstrategie_0.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

Giesecke, J., S. Heimerl, E. Mosonyi (2014): *Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb*, 6. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53871-1> [abgerufen am 29.11.2024].

Heimerl, S., B. Kohler (2017): Aktueller Stand der Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland, in *WasserWirtschaft*, Heft 10/2017, S. 77-79, <https://doi.org/10.1007/s35147-017-0169-2> [abgerufen am 29.11.2024].

Kaltschmitt, M., W. Streicher, A. Wiese (2006): *Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*, 4. Auflage, Springer-Verlag, <https://doi.org/10.1007/3-540-28205-X> [abgerufen am 29.11.2024].

Keuneke, R., E. Massmann, B. Pietzsch, P. Bünis, S. Heimerl (2023): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021), Teilverhaben „Wasserkraft“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/schlussbericht-wasserkraft-231027.pdf?blob=publicationFile&v=6%20l> [abgerufen am 29.11.2024].

MaStRV (2024): <https://www.gesetze-im-internet.de/mastrv/> [abgerufen am 29.11.2024].

Steinhoff (2024): Steinhoff Energie - Neue Energie mit Tradition: Reaktivierung des Wasserkraftstandortes Bad Ems, <http://www.steinhoff-energie.de/joomla/index.php/die-projekte/15-projekt-bad-ems> [abgerufen am 29.11.2024].

ÜNB (2024): Übertragungsnetzbetreiber: EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/EEG/EEG-Abrechnungen/EEG-Jahresabrechnungen> [abgerufen am 16.09.2024].

ÜNB (2023a): Übertragungsnetzbetreiber: Netzentwicklungsplan Strom 2037 mit Ausblick 2045, Version 2023, Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber, https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2023-07/NEP_2037_2045_V2023_2_Entwurf_Teil1_1.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

ÜNB (2023b): Übertragungsnetzbetreiber: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen> [abgerufen am 03.10.2023].

ÜNB (2022): Übertragungsnetzbetreiber: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen> [abgerufen am 03.10.2023].

ÜNB (2021): Übertragungsnetzbetreiber: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen> [abgerufen am 03.10.2023].

ÜNB (2020): Übertragungsnetzbetreiber: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen> [abgerufen am 04.08.2020].

ÜNB (2019): Übertragungsnetzbetreiber: Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, EEG-Jahresabrechnungen, <https://www.netztransparenz.de/EEG/Jahresabrechnungen> [abgerufen am 08.08.2019].

Uniper (2024): Uniper nimmt Pumpspeicherkraftwerk Happurg für rund 250 Millionen Euro wieder in Betrieb, 20.06.2024, <https://www.uniper.energy/news/de/uniper-nimmt-pumpspeicherkraftwerk-happurg-fuer-rund-250-millionen-euro-wieder-in-betrieb> [abgerufen am 20.11.2024].

Weserkraftwerk Bremen (2024): Weserkraftwerk Bremen GmbH & Co. KG: Weserkraftwerk Bremen, <https://www.weserkraftwerk-bremen.de/> [abgerufen am 29.11.2024].

Zek Hydro (2021): Künz stößt beim Neubau von Wehranlage Jettenbach in neue Größendimension vor, in: *zek Hydro*, Ausgabe 5, 2020, S. 15-17.

EEG-Fassungen

EEG 2000 (2003): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/6-EEG00_031222.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2004 (2006): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/EEG_2004_letzte_Fassung_061107.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2009 (2011): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/EEG_2009_juris_Stand_110721.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2012 (2012): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/EEG2012_juris_120817.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2014 (2016): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/EEG_2014_160829.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2017 (2020): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2020-08/EEG_2017_200808.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2021 (2022): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2022-10/EEG_2021_221008.pdf [abgerufen am 29.11.2024].

EEG 2023 (2024): https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/sites/default/files/2024-10/EEG_241023.pdf [abgerufen am 29.11.2024].