



Kanowmühle (Foto: Christian Jähnel)

PROJEKTTITEL

Wasserkraft-Fachkonzept zur Umsetzung der §§ 33-35 WHG unter besonderer Berücksichtigung der Prüfung von Wasserkraftnutzung nach den Standortgegebenheiten gemäß § 35 Abs. (3) WHG für das Land Brandenburg – TEIL 1

Teilbericht Wasserkraftanlagenpotential

AUFTRAGGEBER

Landesamt für Umwelt Brandenburg - Referat W26
Postfach 60 10 61
14410 Potsdam

AUFTRAGNEHMER

team ferox GmbH
Melanchthonstraße 7
01099 Dresden

team ferox

BearbeiterInnen: -
Daniel Schmidt -

unter der Mitarbeit von: -
Technische Universität Dresden -
Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden -



BearbeiterInnen: -
Dr. Ulf Helbig, Felix Stiller, Christian Jähnel -

DATUM

15.06.2022

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG	12 -
2	GRUNDLAGEN	14 -
2.1	Querbauwerksdatenbank	14 -
2.2	Vergleichsstudien	16 -
2.3	Hydrologische Daten	17 -
3	ERMITTLUNG DES WASSERKRAFTANLAGENPOTENTIALS	19 -
3.1	Bauwerksspezifische Kenndaten	19 -
3.1.1	Bestimmung der mittleren Schleusungswassermenge	19 -
3.1.2	Abflussaufteilung bei Bauwerksgruppen mit mehreren Fließarmen	20 -
3.1.3	Ergänzende Hinweise	21 -
3.2	Kohortenbildung	22 -
3.3	Ermittlung des standortspezifischen Potentials	24 -
3.4	Ermitteltes Leistungspotential	27 -
3.5	Vergleich zur Potentialstudie von 1992	32 -
3.6	Einflüsse des Klimawandels auf das Wasserkraftanlagenpotential in - Brandenburg	38 -
3.7	Bergbaueinflüsse	39 -
4	ERGÄNZENDE POTENTIALANALYSEN AN AUSGEWÄHLTEN STANDORTEN - MITTELS CASIMIR-HYDROPOWER	41 -
4.1	CASiMiR-Hydropower	41 -
4.2	Methodik	42 -
4.2.1	Zeitliche Zuordnung	42 -
4.2.2	Turbinenwahl und Wirkungsgrade	43 -
4.3	Simulationsergebnisse	43 -
4.4	Auswertung der CASiMiR-Berechnungen	44 -
5	ERGEBNISDISKUSSION	47 -
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	49 -
7	QUELLEN	51 -

TABELLENVERZEICHNIS -

Tabelle 2-1: Datengrundlagen	14 -
Tabelle 3-1: Volllaststunden für $\varepsilon = 1,3$ nach Trendlinien für Dauerlinientypen nach MUNVL - Nordrhein-Westfalen (NRW, 2005).....	27 -
Tabelle 3-2: Verteilung der Querbauwerke auf die Kohorten zum Stand der Auswertung und - nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen.....	28 -
Tabelle 3-3: Theoretisches Erzeugungspotential in Abhängigkeit der verschiedenen Kohorten - zum Stand der Auswertung und nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen	31 -
Tabelle 3-4: Anzahl der Standorte unter der Betrachtung verschiedener Leistungs- Schwellenwerte zum Stand der Auswertung und nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen	32 -
Tabelle 3-5: Anzahl betrachteter Anlagenstandorte im Vergleich (Stand 11.2021)	36 -
Tabelle 3-6: Gegenüberstellung des Leistungs- und Jahresarbeitspotential (Stand 11.2021).....	37 -
Tabelle 4-1: Mittels CASiMiR-Hydropower betrachtete Standorte.....	42 -
Tabelle 4-2: Ergebnisse der CASiMiR-Simulationsrechnungen	44 -
Tabelle 5-1: Struktur der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien im Land Brandenburg - für das Jahr 2019, aus 11. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg (Energieagentur Brandenburg, 2021).....	47 -
Tabelle 8-1: Schleusenabfluss gemäß Abschnitt 3.1.1	54 -
Tabelle 8-2: Abflussaufteilung an Bauwerksgruppen gemäß Abschnitt 3.1.2 ohne Abzug von $Q_{\text{öko}}$	55 -
Tabelle 8-3: Standortspezifisches Leistungspotential und entsprechende Jahresarbeit, - Bezeichnung gemäß Bauwerkskatalog (Institut für Binnenfischerei e.V., 2017).....	57 -
Tabelle 8-4: Standortspezifisches Leistungspotential und entsprechende Jahresarbeit in - Abhängigkeit der Schwellenwerte des Leistungspotentials.....	63 -

ABBILDUNGSVERZEICHNIS -

Abbildung 2-1: Übersicht der 1.031 Standorte mit vorhandenen Querbauwerken/Stauhaltungen - im Land Brandenburg (aus Bauwerke_oekolog_Durchg.shp (1) in Tabelle 2-1).....	15 -
Abbildung 2-2: Zusammenhang zwischen Abfluss, Fallhöhe und Anlagenwirkungsgrad bei der - Betrachtung mit CASiMiR Hydropower, hier am Beispiel des Standortes - Hohenofen	18 -
Abbildung 3-1: Differenzierung der Kohorten auf Basis der verschiedenen Kriterien	23 -
Abbildung 3-2: Standorte von Querbauwerken an denen, gemäß der Kriterien in Abschnitt 3.2, - das Wasserkraftpotential ermittelt wurde (Stand 11.2021).....	24 -
Abbildung 3-3: Vorgehen bei der Bestimmung des theoretischen Erzeugungspotentials E_a	25 -
Abbildung 3-4: Aufteilung der Anlagenstandorte zu den entsprechenden Kohorten anhand - definierter Grenz- und Schwellenwerte. Die vier Standorte mit einem Abfluss von - $Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$ sind das Wehr Hinterarche, das große Wehr Brandenburg, das - Schlauchwehr Bahnitz und das Nadelwehr Grütz (vgl. Abschnitt 3.2; Stand 11.2021)...	27 -
Abbildung 3-5: Lage potenzieller Standorte für $MQ > 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Stand 11.2021)	29 -
Abbildung 3-6: Lage der potenziellen Standorte für $1 \text{ m}^3/\text{s} < MQ < 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Stand 11.2021)	30 -
Abbildung 3-7: Leistungspotentiale je Flussgebiet (K.A.B.-Studie – neu bestimmt durch team ferox/IWD; Stand 11.2021).....	34 -
Abbildung 3-8: Potential der Klemmleistung der sechs Flussgebietseinheiten – K.A.B.-Studie - 1992 (oben) und des neu bestimmten techn.-theor. Leistungspotentials (unten). - (Stand 11.2021)	35 -
Abbildung 3-9: Jahresarbeit E_a je Flussgebiet gegenübergestellt (K.A.B.-Studie – neu bestimmt - durch team ferox/IWD; Stand 11.2021).....	37 -
Abbildung 3-10: Schwarze Elster - Sohlabsturz Kleinkoschen, 05.09.2019 (Quelle: LfU, Sommer, R.) ..	40 -
Abbildung 3-11: Schwarze Elster - Buchwalde B96 Brücke, 12.04.2020 (Quelle: LfU, Sommer, R.)	40 -
Abbildung 4-1: Anlagenwirkungsgrad bei Verwendung einer Kaplan turbine in Abhängigkeit der - Beaufschlagung (verändert nach Giesecke et al. (2014), Ossberger (2020))	43 -
Abbildung 4-2: Dauerlinie mit Überschreitungstagen und der abflussabhängigen - Fallhöhenbeziehung am Beispiel des Wehrs Rhinow	45 -
Abbildung 4-3: Dauerlinie mit Überschreitungstagen und der abflussabhängigen Leistung bzw. - akkumulierten Arbeit E_a am Beispiel des Wehrs Rhinow	46 -

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS -

AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
BB	Brandenburg
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
DWD	Deutscher Wetterdienst
FAA	Fischaufstiegsanlage
GIS	Geoinformationssystem
IfB	Institut für Binnenfischerei
KWK	Kleinwasserkraftanlage
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
MOW	Mindestwasser-Orientierungswert
MWA	Mindestwasserabgabe
NHN	Normalhöhennull
NRW	Nordrhein-Westfalen
OP	Oberpegel – Pegel oberhalb eines Querbauwerkes
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PNP	Pegelnullpunkt
UP	Unterpegel – Pegel unterhalb eines Querbauwerkes
WKA	Wasserkraftanlage
WNA	Wasserstraßen-Neubauamt
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

SYMBOLVERZEICHNIS

B_s	{m}	Breite der Schleusenkammer
E_a	{GWh/a}	Arbeit bzw. Energie in einem Jahr
H	{m}	Wasserspiegeldifferenz – Bruttofallhöhe, max. hydraulische Höhendifferenz
h_o	{m}	oberwasserseitige Wasserspiegellage
h_u	{m}	unterwasserseitige Wasserspiegellage
L_s	{m}	Länge der Schleusenkammer
MQ	{m ³ /s}	Mittelwasserabfluss
P	{kW}	Leistung
Q	{m ³ /s}	Abfluss
Q_A	{m ³ /s}	Ausbaudurchfluss
Q_{BYP}	{m ³ /s}	Wasserbedarf einer Bypassanlage
Q_{FAA}	{m ³ /s}	Abfluss einer Fischaufstiegsanlage
$Q_{ÖBM}$	{m ³ /s}	ökologisch begründeter Mindestwasserabfluss
$Q_{öko}$	{m ³ /s}	Wasserbedarf zur ökologischen Durchgängigkeit
Q_s	{m ³ /s}	Wasserbedarf einer Schleuse
W	{m}	Wasserstand
η	{-}	Wirkungsgrad
ε	{-}	Ausbaugrad
ρ	{kg/m ³ }	Dichte

GLOSSAR

Abfluss	{m ³ /s}	Quantitativ: Wasservolumen, das einen bestimmten Querschnitt in der Zeiteinheit durchfließt und einem Einzugsgebiet zugeordnet ist. ¹
Abflussganglinie		Die Entwicklung des Abflusses innerhalb eines Zeitraumes t , die sich für ein definiertes (Teil-)Einzugsgebiet A bzw. an einem bestimmten Gewässerknotenpunkt/-abschnitt eines Gewässersystems vollzieht. Die Abflussganglinie kann zum Beispiel die Entwicklung des Abflusses für einen Tag, für ein Jahr oder für ein Hochwasserereignis beschreiben. ¹
Arbeitsvermögen/ Jahresarbeit	{MWh/a}	Das Arbeitsvermögen eines Wasserkraftwerks bildet die in einem zeitlichen Abschnitt erzeugbare elektrische Arbeit ab. Wird diese über eine Zeitspanne eines ganzen Jahres betrachtet, wird von Jahresarbeit gesprochen.
Ausbaugrad		Der Ausbaugrad definiert das Verhältnis des Ausbaudurchflusses Q_A zum Mittelwasserabfluss MQ (Q_A/MQ).
Ausbauleistung	{kW}	Die Ausbauleistung entspricht der Leistung beim Ausbaudurchfluss und definiert damit die maximale Leistung die eine Wasserkraftanlage erbringen kann.
Ausbauwassermenge/ Ausbaudurchfluss	{m ³ /s}	Die Ausbauwassermenge/ der Ausbaudurchfluss bezeichnet die Menge an Wasser, die eine Wasserkraftanlage pro Sekunde mit dessen Turbinen elektrisch verwerten kann.
Ausleitungsstrecke		Die Ausleitungsstrecke ist der Abschnitt des Flussbetts zwischen Entnahmebauwerk oder Wehr und der Wiedereinleitung des Triebwassers. ¹
Bruttofallhöhe/ Nettofallhöhe	{m}	Definiert den Höhenunterschied an einem Standort zwischen Ober- und Unterwasserspiegel. Die Nettofallhöhe beschreibt den energetisch verwertbaren Anteil der Fallhöhe unter Abzug verschiedener Verlustbeiwerte.
Bypass		Als Bypässe werden Gerinne bezeichnet, deren primäre Aufgabe darin besteht, abwandernden Fischen eine gefahrlose Umgehung der Triebwerke oder sonstiger Gefahrenstellen vom Oberwasser zum Unterwasser zu ermöglichen. ²
Dotation	{l/s, m ³ /s}	Die Dotation beschreibt den Abfluss, der für den erfolgreichen Betrieb einer Fischauf- bzw. Fischabstiegsanlage vonnöten ist.
Durchfluss	{m ³ /s}	Quotient aus Wasservolumen, das einen bestimmten Fließquerschnitt durchfließt, und Zeiteinheit.

¹Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. – DWA (2018): Merkblatt DWA – M 600 - Begriffe aus Gewässerunterhaltung und Gewässerentwicklung. Hennef 2018.

² Ebel, G. (2013): Fischschutz- und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen. Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbio-logische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Band 4, 483 S., Halle (Saale).

Einzugsgebiet -		Das Einzugsgebiet definiert die Fläche, aus der das Wasser dem Untersuchungsstandort zufließt und aus der sich der standortspezifische Abfluss bildet.
Energie	{kWh, MWh}	Energie definiert im physikalischen Sinn die Menge von Arbeit, die ein System über einen definierten Zeitraum verrichten kann. Für die Wasserkraftnutzung wird zwischen: <ul style="list-style-type: none">➤ potentieller Lageenergie eines Wasserkörpers zu einem definierten Bezugshorizont und➤ kinetischer Energie, die der Bewegung des fließenden Wassers innewohnt unterschieden.
Erzeugungspotential	{MWh} -	Das Erzeugungspotential bildet das standortspezifische Potential einer Wasserkraftanlage zur Stromerzeugung über einen definierten Betrachtungszeitraum ab.
Fischaufstiegsanlage - (FAA) -		Bauwerk, das aufwunderwilligen Fischen aller Arten, Größen und Entwicklungsstadien an mindestens 300 Tagen im Jahr einen ohne Zeit- und damit Energieverlust auffindbaren sowie einen ohne vermeidbaren Stress sowie gefahrlos passierbaren Wanderkorridor in das Oberwasser eines Wanderhindernisses bietet. Dies sind Anlagen, die den Fischen und soweit möglich auch anderen aquatischen Organismen (Makrozoobenthos) die aufwärts gerichtete Wanderung über Querbauwerke ermöglichen soll. ¹
Gesamtwirkungsgrad -		Der Gesamtwirkungsgrad ist das Produkt der verschiedenen Einzelwirkungsgrade der technischen Einrichtungen.
(installierte) Leistung	{kW, MW} -	Die installierte Leistung beschreibt die maximale Leistung (Nennleistung) der gesamten Anlage.
Leistungspotential	{kW} -	Das Leistungspotential bildet die maximal realisierbare Leistung eines Standortes ab, welche in Abhängigkeit der verschiedenen technischen und standortspezifischen Randbedingungen zukünftig erreicht werden kann.
Mittelwasserabfluss	{m ³ /s} -	Der Mittelwasserabfluss (MQ) ist das arithmetische Mittel des gemessenen Abflusses über einen definierten Zeitraum.
Mindestwasser-Orientierungswert -		Unter dem Mindestwasser-Orientierungswert wird die Abflussmenge innerhalb des Fließgewässers verstanden, bei der die Bewirtschaftungsziele gemäß der WRRL (guter ökologischer Zustand/gutes ökologisches Potential) erreicht werden können.
Nadelwehr -		Ein Nadelwehr ist eine besondere Konstruktionsform eines Wehres, bei dem der Aufstau durch quer oder diagonal zur Fließrichtung stehende einzelne Holzbohlen, die sog. Nadeln, erzeugt wird. Die Nadeln werden durch den Wasserdruck an einem Anschlag an der Gewässersohle und oberhalb der Wasserlinie an einem Laufsteg des Wehrbocks festgehalten.

Oberwasser		Oberwasser beschreibt den Gewässerabschnitt oberhalb (stromauf) eines im Fließquerschnitt befindlichen Untersuchungspunktes (zumeist einer baulichen Anlage).
Ökologische Abflüsse	{m ³ /s}	Definiert die Summe aller notwendigen Abflussmengen für den erfolgreichen Betrieb einer Fischaufstiegsanlage und einer Bypassanlage.
Ökologische Mindestwasserführung, Ökologisch begründeter Mindestwasserabfluss	{m ³ /s}	Der ökologisch erforderliche Mindestabfluss in einem Gewässer ist der Abfluss, der für das Überleben der benthischen Lebewesen und die dafür notwendigen Strukturen im Gewässer mindestens erforderlich ist. Insbesondere bei Ausleitungsstrecken von Wasserkraftwerken von besonderer Bedeutung, da in Niedrigwasserzeiten eine definierte Mindestwassermenge zur Aufrechterhaltung der ökologischen Gewässerfunktionen (lineare Durchgängigkeit) im Gewässerbett verbleiben muss => siehe § 33 WHG ¹ . Für die Ermittlung des ökologisch begründeten Mindestwasserabflusses ist die Kenntnis der Habitatansprüche der gewässertypischen Arten von großer Relevanz.
Potential		Das Potential beschreibt in dieser Studie die Möglichkeit einer Wasserkraftanlage, unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten, Energie zu produzieren. In Abhängigkeit der verschiedenen Parameter wird der Begriff für das Leistungs- und Erzeugungspotential nochmals unterschiedlich definiert.
Querbauwerk		Querbauwerke sind künstlich errichtete bauliche Anlagen, die ein Gewässer queren und dessen natürliche Strömungsverhältnisse beeinflussen. Querbauwerke können somit als feste Sohlschwellen, Abstürze und Talsperren oder als bewegliche Bauwerke wie Schlauchwehre, Walzwehre etc. definiert werden. Querbauwerke dienen z. B. dazu, Sohle und Ufer gegen Erosion zu schützen, die Gewässersohle oder den Wasserspiegel zu heben, Feststoffe zurückzuhalten oder die Fließgeschwindigkeit zu reduzieren oder Wasser zurückzuhalten. ¹
Schütz		Konstruktionselement zum Absperren und Aufstauen von Wasser in Wehranlagen, Talsperren und Kraftwerken. Schütze bestehen im Allgemeinen aus stählernen rechteckigen Stautafeln, die in seitlichen Führungsnuten, den Schütznischen, gleitend oder rollend gelagert sind. ¹
Standort		Der Standort beschreibt in dieser Studie ein Querbauwerk, welches eine definierte Fallhöhe und einen definierten Mittelwasserabfluss vorweist.
Stau		Anstieg des Wasserspiegels infolge eines künstlichen oder natürlichen Abflusshindernisses. ¹
Stauregelung		Veränderung der natürlichen Wasserstands- und Strömungsverhältnisse durch den Einbau von Staustufen, zu verschiedenen Zwecken. ¹

Staustufe		Eine Staustufe ist eine Anlage zum Aufstauen eines Flusses, um den Wasserstand flussaufwärts und flussabwärts zu regeln. Meistens liegen in einem staugeregelten Flussabschnitt mehrere Staustufen hintereinander. Häufiger Anlass zum Errichten einer Staustufe ist die Erleichterung der Schiffbarkeit und die Gewinnung von elektrischer Energie durch Laufwasserkraftwerke. ¹
Technisch-Theoretisches Potential		Eine erweiterte Differenzierung des theoretischen Potentials, unter Berücksichtigung des Gesamtwirkungsgrades einer Anlage auf Grundlage des derzeitigen Standes der Technik.
Theoretisches Potential		Beschreibt das Leistungspotential, welches sich auf der Grundlage ökologischer Auflagen, wirtschaftlichen Einschränkungen und den individuellen Standortgegebenheiten ableiten lässt.
Unterwasser		Unterwasser beschreibt den Gewässerabschnitt unterhalb (stromab) eines im Fließquerschnitt befindlichen Untersuchungspunktes (zumeist einer baulichen Anlage).
Volllaststunden	{h/a}	Definiert die Stunden pro Jahr, die eine Wasserkraftanlage unter Ausbauleistung theoretisch laufen muss, um die Jahresenergieerzeugung zu generieren.
Wasserdargebot	{m ³ /s}	Beschreibt den zumeist natürlichen Zufluss, der einer Wasserkraftanlage zur Verfügung steht.
Wasserkraft		Beschreibt die regenerative Energieform, die aus der Umsetzung der potentiellen oder kinetischen Energie des Wassers gewonnen werden kann.
Wasserkraftwerk, Wasserkraftanlage		Definiert die bauliche Anlage zur energetischen Verwertung des Wassers.

1 VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG

Zur Umsetzung der §§ 33 – 35 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) wurde das Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU) durch das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MLUL) beauftragt, die juristischen, hydrologischen, wasserbaulichen, ökonomischen und ökologischen Randbedingungen für die Wasserkraft in Brandenburg aufzuarbeiten. Zur effizienteren Durchführung wurde die Bearbeitung in drei Teile untergliedert:

Teil I: Hydrologische, wasserbauliche und ökonomische Randbedingungen

Teil II: Ökologische Rahmenbedingungen (nicht beauftragt)

Teil III: Rechtliche Rahmenbedingungen (nicht beauftragt)

Die team feroX GmbH wurde mit ihrem Nachauftragnehmer dem Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik (IWD) der TU Dresden mit der Bearbeitung des ersten Teils „Hydrologische, wasserbauliche und ökonomische Randbedingungen“ beauftragt. Neben der Ermittlung und Beschreibung des aktuellen Wasserkraftanlagenbestandes soll auch das vorhandene Wasserkraftpotential an bestehenden Querbauwerken in Brandenburg ermittelt werden. Als wesentliche Grundlage dient dabei der Teil 3 des Landeskonceptes zur ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer Brandenburgs „Bewertung der Querbauwerke in Brandenburger Vorranggewässern“. In diesem Querbauwerkskatalog sind 1.031 Querbauwerke erfasst und dokumentiert.

Im Rahmen des vorliegenden Teilberichtes 1 wird das technische Wasserkraftpotential an den brandenburgischen Querbauwerken, die derzeit nicht energetisch bewirtschaftet werden, abgeleitet. Dieser Teilbericht wurde vorgezogen, da eine umfangreiche Besichtigung der existierenden Anlagen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich war. Die Erfordernisse der ökologischen Durchgängigkeit, auch im Sinne des § 35 WHG, werden bereits berücksichtigt, indem die Anforderungen der im Querbauwerkskatalog genannten Bemessungsfischarten an die jeweilige Geometrie des erforderlichen Wanderkorridors und die dafür erforderliche Wassermenge in die Ermittlung des Wasserkraftpotentials am jeweiligen Standort eingehen. Das standortspezifische Potential wird nach Abzug der erforderlichen ökologischen und wasserwirtschaftlichen Teilwassermengen berechnet und in Abhängigkeit von unterschiedlichen wasserbaulichen bzw. wasserwirtschaftlichen Randbedingungen in Kohorten aufgegliedert. Um eine genauere Aussage über das tatsächliche standortspezifische Potential treffen zu können, findet darüber hinaus exemplarisch an ausgewählten Standorten eine erweiterte Betrachtung mittels der Software CASiMiR-Hydropower statt.

Das energetische Potential der Wasserkraft in Brandenburg beschränkt sich überwiegend auf die großen Einzugsgebiete der Havel, der Spree und der Schwarzen Elster. Im Gegensatz zur Potentialstudie von 1992 (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) ergeben sich geringe Potentiale für die Dahme, die Neiße und den Finowkanal.

Bei dem hier ermittelten Wasserkraftanlagenpotential handelt es sich nur um das grundsätzlich zur Verfügung stehende technische Potential. Die Ergebnisse des Teilberichts stellen keine Präjudizierung einer behördlichen Genehmigungsfähigkeit dar. Deren Nachweis ist durch den Antragsteller am jeweiligen Querbauwerksstandort für den Betrieb einer Wasserkraftanlage (WKA) zu erbringen.

Zur Einschätzung des Potentials werden weder ökologische noch rechtliche Anforderungen, die sich zum Beispiel aus der Lage der einzelnen Standorte in den verschiedenen Schutzgebieten und deren jeweiligen Schutzgebietsverordnungen sowie weiteren standortspezifischen Aspekten ergeben können, berücksichtigt.

Sofern jedoch für die jeweiligen Querbauwerke bzw. Standorte bereits Hinweise über einen möglichen Rückbau vorliegen oder andere technische Kriterien dazu führen, dass eine Wasserkraftnutzung nicht möglich erscheint, wurde dies entsprechend vermerkt. Darüber hinaus werden die möglichen bergbaulichen und klimatischen Einflüsse auf das Wasserkraftanlagenpotential soweit als möglich berücksichtigt und dargestellt.

2 GRUNDLAGEN

Tabelle 2-1 zeigt die wesentlichen Daten und Veröffentlichungen, die im Rahmen des Projekts für die weiteren Untersuchungen aufbereitet und in den Analysen verwendet wurden (in Klammern jeweils die Quelle der Angaben). Alle weiteren Quellen können den entsprechenden Kapiteln entnommen werden.

Tabelle 2-1: Datengrundlagen

Nr.	Datenquellen & Dokument	Beschreibung
(1)	Bauwerke_oekolog_Durchg.shp	Querbauwerksübersicht (MLUK, 2020)
(2)	gewnet25_bb_a.shp gewnet25_bb_p.shp gewnet25_bb_r.shp	Gewässernetz Brandenburg (MLUK, 2020)
(3)	Potentialstudie 1992	Potentialstudie zur Wasserkraft in Brandenburg von 1992 (LfU)
(4)	Studie Arnsberg	Ermittlung des erschließbaren Restpotentials der Wasserkraft im Regierungsbezirk Arnsberg von 2019 (LfU)
(5)	MWE Studie Wasserkraft	Grundlage für ein Konzept zur Wasserkraftnutzung in Brandenburg von 2013 (LfU)
(6)	Potentialstudie NRW	Potentialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 5 – Wasserkraft von 2017 (LfU)
(7)	Querbauwerkskatalog	Landeskonzept zur ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer Brandenburgs – Teil 3: Bewertung der Querbauwerke in Brandenburger Vorranggewässern von 2017 (IfB)
(8)	Pegeldaten LfU	Standortspezifische Pegelanfragen am 03.09.2020 (LfU)
(9)	Pegeldaten WSV	Standortspezifische Pegelanfragen am 06.08, 10.08, 04.09, 05.11. und 19.11.2020 (WSV)
(10)	Querbauwerksdaten LfU	Standortspezifische Kenndaten ausgewählter Wehre und Schleusen 02.11.2020 (LfU)
(11)	Querbauwerksdaten WSV	Standortspezifische Kenndaten ausgewählter Wehre und Schleusen 04.09.2020 (WSV)

2.1 Querbauwerksdatenbank

Der Ermittlung des Wasserkraftanlagenpotentials liegt ein umfangreicher Querbauwerkskatalog (Institut für Binnenfischerei e.V., 2017) zugrunde. Dieser beinhaltet eine strukturierte Auflistung der Querbauwerke in den Vorranggewässern Brandenburgs und stellt allgemeine Daten zur Lage, zu hydrologischen Kennwerten und Angaben über installierte Teilbauwerke wie Wehre, Fischaufstiegsanlagen und Schleusen dar. Der Katalog gibt darüber hinaus Hinweise, in welchem Umfang bauliche Anpassungen zur Erreichung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische am jeweiligen Standort vorgenommen werden müssten. Diese wurden auf Grundlage der am Standort zu berücksichtigenden Bemessungsfischart(en) nach dem DWA-Merkblatt M-509 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2014) dimensioniert und bilden die Grundlage der angesetzten standortspezifischen Abflussminderung durch die jeweilige Fischaufstiegsanlage. Der Abbildung 2-1 kann die Lage der 1.031 zu untersuchenden und durch das LfU als Geodaten bereitgestellten Standorte entnommen werden.

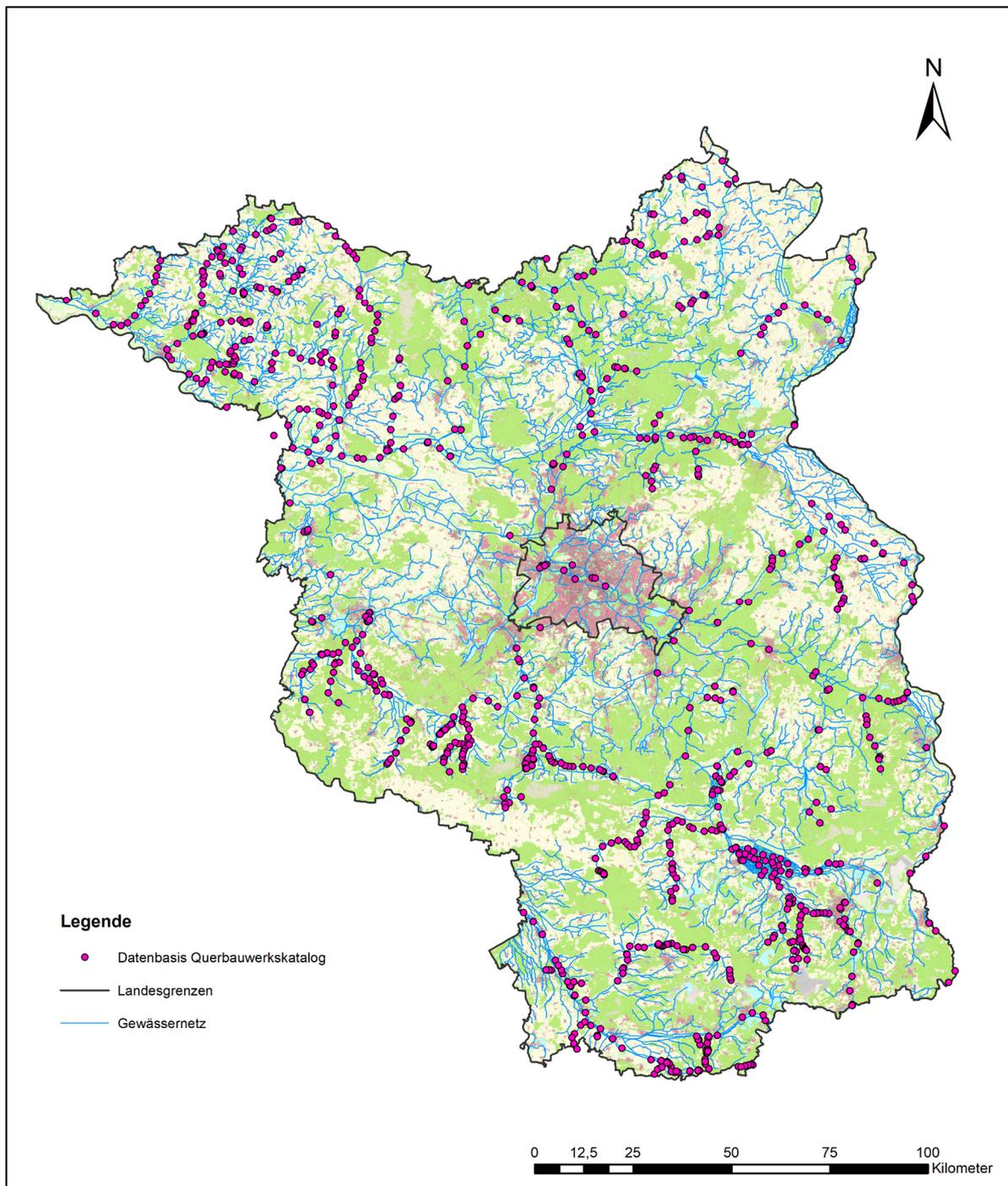


Abbildung 2-1: Übersicht der 1.031 Standorte mit vorhandenen Querbauwerken/Stauhaltungen im Land Brandenburg (aus Bauwerke_oekolog_Durchg.shp (1) in Tabelle 2-1)

2.2 Vergleichsstudien

Als Vergleichsgrundlage für den vorliegenden Teilbericht wurden sowohl die Potentialstudien aus Brandenburg der Jahre 1992 (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) und 2017 (gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, 2017) als auch die Potentialstudie aus Nordrhein-Westfalen (NRW) (Landesamt für Natur, 2017) sowie die Studie zur Ermittlung des erschließbaren Restpotentials der Wasserkraft im Regierungsbezirk Arnsberg (DAHLEM, Universität Duisburg Essen, & Planungsbüro Koenzen, 2013) herangezogen.

- In der Potentialstudie für Brandenburg aus dem Jahr 1992 wurden anhand des Linienpotentials ca. 140 Standorte (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) mit Stauhaltung (Wehre und Schütze) hinsichtlich einer Wasserkraftnutzung ausgewertet und auf einen Schwellenwert von 10 kW bezogen (vgl. Abschnitt 3.5). Das Linienpotential bestimmt sich dabei aus den durchschnittlichen jährlichen Abflüssen des Gewässers in Kombination mit dem vorhandenen Gefälle entlang eines Flusslaufes.
- Unter Berücksichtigung aktueller Randbedingungen erfolgte im Jahr 2017 eine überarbeitete Betrachtung von lediglich 21 Standorten (gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, 2017), welche in der K.A.B.-Studie von 1992 mit einer potentiellen Leistung von mehr als 50 kW angegeben waren.
- Die Studien aus NRW haben in umfangreicher Weise das Potential der dort bereits existierenden und potentiell erschließbaren Wasserkraftstandorte untersucht. Aufgrund ihrer Aktualität und des Umfangs wurde auf diese Studie verstärkt Bezug genommen.

Zusätzlich zu den oben genannten Studien wurde für die methodische Umsetzung vor allem auf Studien zur ökologischen Durchgängigkeit, zur Wasserverfügbarkeit und zu den möglichen Klimafolgen in Brandenburg zurückgegriffen.

- Die Studien zur ökologischen Durchgängigkeit liefern Anhaltspunkte zu standortrelevanten Abflüssen und baulichen Anpassungen, um die geforderte Durchgängigkeit gewährleisten zu können (Institut für Binnenfischerei e.V., 2012; Institut für Binnenfischerei e.V., 2017).
- Anhand der biota-Studien über die Wasserverfügbarkeit zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit in Brandenburg lassen sich erweiterte Aussagen zur standortspezifischen Wasseraufteilung durch Schleusen, Wasserkraftanlagen und Bauwerksgruppen ableiten (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013).
- Die folgenden vier Studien (vgl. Kapitel 7) gehen auf die Entwicklung des Klimawandels und die sich ergebenden Auswirkungen für das Land Brandenburg ein (Landesumweltamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, 2016; Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., 2003; Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019; MLUK-Brandenburg, 2021).
- Das Niedrigwasserkonzept Brandenburg fokussiert überwiegend auf die Trockenperioden und unterstreicht die Bedeutung der Bergbauaktivitäten für den regionalen Wasserhaushalt (MLUK-Brandenburg, 2021).

Weitere Studien, die für die Bearbeitung des vorliegenden Berichts nötig waren, werden in den jeweiligen Kapiteln separat aufgeführt.

2.3 Hydrologische Daten

Zur Bestimmung der hydrologischen Hauptdaten bilden die in der Querbauwerksdatenbank angegebenen Abflüsse die Grundlage. Sie werden, wenn nicht anders angegeben, für die weitere Betrachtung übernommen und basieren auf einem Niederschlags-Abfluss-Modell (ArcEGMO), welches auch in der Wasserverfügbarkeitsstudie von biota Teil I und Teil II (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) Verwendung fand. Dem Modell wurden aktuelle Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) unter Ergänzung von Klimadaten des Potsdamer Institutes für Klimafolgenforschung (PIK) zur potentiellen Verdunstung zugrunde gelegt. Überall dort, wo sich Ungenauigkeiten hinsichtlich der angegebenen Abflüsse ergaben, erfolgten im Rahmen des Projektes erweiterte Datenabfragen bzw. es ist direkt auf die Studien zur Wasserverfügbarkeit im Land Brandenburg (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) zurückgegriffen worden. Vor allem zur Abflussaufteilung bei Schleusen und Bauwerksgruppen sind teilweise umfangreiche Annahmen notwendig gewesen, die in Abschnitt 3.1 näher erläutert werden.

Um exemplarisch eine genauere Aussage über das tatsächliche standortspezifische Potential treffen zu können, erfolgte darüber hinaus an ausgewählten Standorten eine erweiterte Analyse mittels der Software CASiMiR-Hydropower (vgl. Abschnitt 4). Hierfür wurden hoch aufgelöste Daten an 41 Standorten zu

- Ganglinien (Tagesmittelwerte),
- Wasserstandsdaten an Ober- und Unterpegel (Tagesmittelwerte) und
- installierten bzw. geplanten Fischaufstiegsanlagen

angefragt (LfU Brandenburg, 2020), (WSV, 2020), (Ungar, 2020), (Löper & Born, 2020). Durch CASiMiR-Hydropower ist es möglich, bauwerksspezifische Ganglinien und abflussabhängige Fallhöhen direkt in Verbindung zu setzen (vgl. Abbildung 2-2) und eine detailliertere Berechnung des Wasserkraftanlagenpotentials durchzuführen. Da eine konstante qualitative Übereinstimmung der Daten erforderlich ist, kommen lediglich 12 der 41 Standorte für eine erweiterte Analyse in Frage.

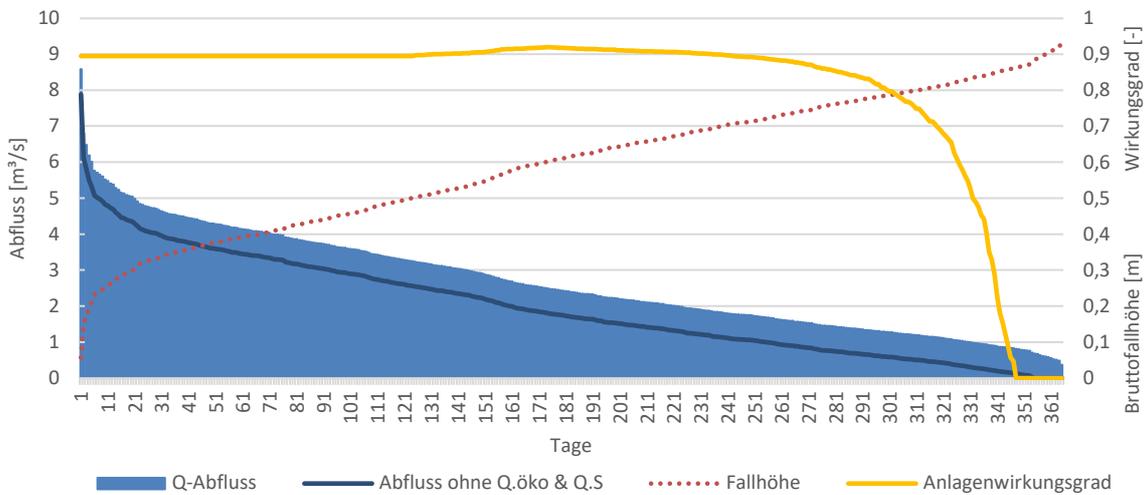


Abbildung 2-2: Zusammenhang zwischen Abfluss, Fallhöhe und Anlagenwirkungsgrad bei der Betrachtung mit CASiMiR Hydropower, hier am Beispiel des Standortes Hohenofen

Um einen Ausblick auf die zu erwartende Veränderung des Wasserdargebotes in Folge des Klimawandels geben zu können, werden verschiedene Studien des LfU (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) (Landesumweltamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, 2016) in Verbindung mit dem Klimabericht für das Land Brandenburg vom PIK (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V., 2003) und dem Klimareport Brandenburg des DWD (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019) betrachtet. Die diesbezüglichen Auswirkungen, welche sich für das Wasserkraftpotential ableiten lassen, finden in Abschnitt 3.6 nähere Erläuterung.

3 ERMITTLUNG DES WASSERKRAFTANLAGENPOTENTIALS

Das methodische Vorgehen für die Prüfung von Anlagenstandorten orientiert sich in großen Teilen an der Vorgehensweise der Studien „Aktionsprogramm Erneuerbare Energien zur Ermittlung des erschließbaren Restpotentials der Wasserkraft im Regierungsbezirk Arnsberg“ (DAHLEM, Universität Duisburg Essen, & Planungsbüro Koenzen, 2013), der „Potentialstudie Erneuerbare Energien NRW – Teil 5 – Wasserkraft“ (Landesamt für Natur, 2017) und der „Machbarkeitsstudie zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an der Mühle Doberburg“ (IHC). Ein orientierender Vorschlag des MLUK Brandenburg ist es, alle bestehenden Querbauwerke, bei denen ein $MQ \geq 5 \text{ m}^3/\text{s}$ vorliegt, in die Ermittlung des Wasserkraftanlagenpotentials einzubeziehen. Auf Grundlage der im vorangegangenen Kapitel erläuterten Datenbasis wurden durch den AN die Standorte in vier Kohorten untergliedert und auf Ihr Standortpotential hin untersucht.

3.1 Bauwerksspezifische Kenndaten

Die bauwerksspezifischen Kenndaten sowohl für die Abflüsse und die Fallhöhen als auch für die Bemessungsgrößen der Fischaufstiegsanlagen werden der Bauwerksdatenbank (Institut für Binnenfischerei e.V., 2017) entnommen. Als Bauwerksgruppe wird eine Kombination aus mindestens zwei Querbauwerken wie Schleusen, Wehren o. ä. betrachtet, die als Verbund im Fließquerschnitt wirken. Insofern Daten zu den Schleusungsvolumina oder den Abflussaufteilungen an Bauwerksgruppen vorhanden waren, finden diese bevorzugt Verwendung. Da dies aber für den überwiegenden Teil des Querbauwerkskataloges nicht der Fall ist, müssen Annahmen getroffen werden, auf die nachstehend genauer eingegangen werden soll.

3.1.1 Bestimmung der mittleren Schleusungswassermenge

Da für eine belastbare Bestimmung der zu erwartenden Leistung eines Standortes ein differenzierter Abfluss relevant ist, müssen etwaige Schleusen am Standort und deren Wasserbedarf berücksichtigt werden. Weil auf Nachfrage beim AG keine expliziten Daten bezüglich der zu erwartenden Schleusungswassermengen vorliegen, musste erneut auf eine Annäherung entsprechend der Studie zur Wasserverfügbarkeit (Teil II) (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) zurückgegriffen werden. Alle Schleusenanlagen, die dieser Studie entnommen werden konnten, sind überführt und durch Anlagen ergänzt worden, welche durch das LfU Brandenburg (LfU Brandenburg, 2020) und der WSV (WSV, 2020) auf Anfrage in Form von Planunterlagen bereitgestellt wurden. Falls aus diesen Unterlagen keine brauchbaren Daten abgeleitet werden konnten, wurde auf Luftbilder in Verbindung mit der im Bauwerkskatalog hinterlegten Fallhöhe zurückgegriffen.

Dadurch finden insgesamt 40 Schleusen in der Potentialberechnung Berücksichtigung (vgl. Tabelle 8-1). Die Bestimmung des erforderlichen Wasserbedarfes erfolgt aus dem Produkt der Differenz des Volumens der Schleuse zwischen Ober- und Unterwasser unter Betrachtung eines „Worst-Case-Szenarios“ von zwei Gesamtschleusungen pro Stunde. Die Berechnung lässt sich mit folgender Gleichung veranschaulichen:

$$Q_S = \frac{L_S \cdot s \cdot h \cdot h \cdot 2}{3600} \quad 3/ \quad (1)$$

$L_S =$	<i>Länge der Schleue</i>	
$s =$	<i>reite der Schleue</i>	
$h =$	<i>Wasserpiegellage Oberpegel</i>	
$h =$	<i>Wasserpiegellage Unterpegel</i>	
$Q_S =$	<i>Wasserbedarf einer Schleue</i>	3/

3.1.2 Abflussaufteilung bei Bauwerksgruppen mit mehreren Fließarmen

Bei einem Großteil der im Querbauwerkskatalog gelisteten Bauwerksgruppen mit mehreren Fließarmen gibt es keine Angaben über den individuell auf jedes Teilbauwerk anfallenden Abfluss. Stattdessen wird in der Regel an allen Teilbauwerken der gleiche standortspezifische Gesamtabfluss angegeben. Da diese Betrachtung zu einer deutlichen Überschätzung des standortspezifischen Potentials führen würde, müssen Annahmen zur Abflussaufteilung getroffen werden. Um hierbei belastbare Daten für die Potentialermittlung einzelner Standorte einer Bauwerksgruppe zu generieren, wird eine Abflussaufteilung des übergeordneten Gewässerabflusses auf die verschiedenen Fließarme vorgenommen.

Dafür wird erneut auf einen Ansatz aus der Studie zur Wasserverfügbarkeit im Land Brandenburg (Teil I & II) zurückgegriffen (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013), welcher von einem Hauptbauwerk und mehreren Nebenbauwerken unter Abzug der Schleusungswassermengen ausgeht. Jeder Nebenarm wird dabei mit 10 % des Gesamtabflusses beaufschlagt und von diesem abgezogen. Anhand dieser Betrachtung ermittelt sich die Abflussaufteilung wie folgt:

$$Q_{Haupt} = Q_{ges} - n \cdot 0,1 \cdot Q_{ges} \quad Q_S \quad 3/ \quad (2)$$

$Q_{Haupt} =$	<i>Hauptabflu nach Aufteilung</i>	3/
$Q_{ges} =$	<i>Gesamtabflu de Gewä er</i>	3/
$n =$	<i>Anzahl der Fließar e/ Querbauwerke</i>	
$Q_S =$	<i>Wasserbedarf der Schleue a betrachteten Standort</i>	3/

Einige ausgewählte Standorte können über die o. g. Gleichung (2) nicht direkt bestimmt werden, da bei diesen Standorten kein expliziter Hauptabfluss definiert werden kann. Für diese Standorte wurden separate Anfragen an das LfU (LfU Brandenburg, 2020) sowie die WSV (WSV, 2020) gestellt, ausgewertet und in der Potentialbetrachtung berücksichtigt. Insofern bereits gesonderte Abflusskenndaten an Bauwerksgruppen vorhanden waren, wurden diese der Abflussaufteilung vorgezogen. Ein Beispiel bildet die Bauwerksgruppe der Stadt Brandenburg, für die die Aufteilung nicht vorgenommen werden musste, sondern lediglich die Schleusungswassermenge (vgl. Tabelle 8-2) abzuziehen war.

Weiterhin sind gesonderte Anfragen hinsichtlich der Abflussaufteilung an der Zehdenicker Freiarche (Ungar, 2020) und der Bauwerksgruppe Quitzöbel (WSA Spree-Havel, 2020) getätigt worden. Im Fall der Zehdenicker Freiarche wird im Querbauwerkskatalog ein zu

hoher Abflusskennwert angegeben, welcher nach Rückfrage nicht bestätigt werden konnte und zum Ausschluss des Standorts geführt hat.

Dem Standort Sachsenhausen wurden im Bauwerkskatalog nur sehr geringe Abflüsse zugewiesen, dieser korreliert aber mit dem Malzer Kanal in Verbindung mit der Schleuse Lehnitz. Für diese wurde jedoch ein deutlich höherer Abfluss ($Q = 10,16 \text{ m}^3/\text{s}$) hinterlegt, als der in der Wasserverfügbarkeitsstudie (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) dargestellte ($Q = 2,6 \text{ m}^3/\text{s}$), wobei die Wasserverfügbarkeitsstudie (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) ebenso von einer Abflussaufteilung am vorliegenden Standort ausgeht. Aus den genannten Gründen werden auch in dem vorliegenden Teilbericht die genannten Bauwerke mit dem Hauptabfluss über das große Wehr Sachsenhausen betrachtet.

Alle Standorte, an denen eine Abflussaufteilung notwendig war, können der Tabelle 8-2 im Anhang entnommen werden. Basis für den Wasserbedarf der Schleusen sind die Ergebnisse aus Tabelle 8-1.

3.1.3 Ergänzende Hinweise

Zusätzlich zu den zuvor genannten Randbedingungen, sind während der Bearbeitung ergänzende Aspekte in die Betrachtung eingeflossen, die im Folgenden nähere Erläuterung erfahren.

Für die Potentialbetrachtung entfallen die beiden Grenzgewässer der Oder und der Lausitzer Neiße. Während an der Oder keine Querbauwerke in der Querbauwerksdatenbank (Institut für Binnenfischerei e.V., 2017) dokumentiert sind, ist die Neiße bereits an allen Standorten für die Wasserkraftnutzung ausgebaut und bietet sich für die vorliegende Betrachtung nicht an. Darüber hinaus ist es auffällig, dass der Querbauwerkskatalog sehr geringe Abflüsse für die Standorte der Lausitzer Neiße angibt, die nicht plausibel sind und wodurch diese nach Berücksichtigung von FAA (Dimensionierung gemäß DWA 2014) unter den Schwellenwert des Betrachtungsabflusses gefallen wären. Vor diesem Hintergrund empfehlen die Autoren eine erneute Begutachtung der Abflusswerte, da beispielsweise die Daten der gewässerkundlichen Jahrbücher deutlich größere Werte postulieren.

Im Fall vieler kleiner Gewässer, wie dem Strom, Brieskower Kanal o. ä., unterschreitet der Mittelwasserabfluss unter Berücksichtigung notwendiger Fischauftiegs- bzw. Fischabstiegsanlagen die erforderlichen Wassermengen, wodurch diese Gewässer trotz bereits vorhandener Wasserräder und größerer Fallhöhen nicht weiter betrachtet wurden.

Im Fall von Nadelwehren handelt es sich um temporär wirksame Bauwerksstrukturen zur Stauregelung, die kein Wehr im massiven Ausbauzustand darstellen. Diese Anlagen nehmen jedoch eine nachhaltige Funktion in Form der Stauregelung ein und können entsprechend um- oder ausgebaut werden (z.B. Nadelwehr Neubrück in der Spree). Aus diesem Grund bleiben die entsprechenden Standorte mit einem Vermerk¹ in Tabelle 8-3 erhalten.

Einige Bauwerksstrukturen wie Grundwehre, positive Sohlstufen, Rampen u. ä. wurden als nicht geeignete Bauwerke bewertet und entfallen als potentielle Wasserkraftanlagenstandorte. Die Wehrkrone eines Grundwehres reicht weder über den Wasserspiegel des Ober- noch über den des Unterwassers. Positive Sohlstufen bilden einen lokalen Versprung

zwischen einer tieferliegenden oberwasserseitigen und einer höherliegenden unterwasserseitigen Gewässersohle. Rampen stellen örtliche Verziehungen mit größerem Gefälle zwischen einer höheren oberwasser- und einer tieferen unterwasserseitigen Gewässersohle dar, die oftmals mit Fließwechsellinien und geringeren Fließtiefen einhergehen. Darüber hinaus erzeugen Grundwehre und positive Sohlschwellen i. d. R. nur einen geringen Aufstau ($< 0,5$ m) bzw. weisen aufgrund der daraus resultierenden geringen Fallhöhen/Höhendifferenzen nur ein sehr geringes Potential auf (vgl. auch Abschn. 3.2).

Vergleichbares gilt für die aktuell existierenden Querbauwerke, welche in den kommenden 30 Jahren rückgebaut, durch Sohlstrukturen ersetzt bzw. durch Umgehungsgerinne ihrer Funktion größtenteils entzogen werden. Zwar wurden seitens des LfU in der Regel keine konkreten Aussagen übermittelt, in welchem Umfang für ganz Brandenburg Standorte rückgebaut werden sollen, aufgrund einzelner Rückmeldungen konnten jedoch Standorte identifiziert werden, die in näherer Zukunft für einen Rückbau bzw. ein Ersatzneubau in Form eines Sohlenbauwerkes vorgesehen sind. Vor diesem Hintergrund wurden diese Standorte für die allgemeine Potentialberechnung belassen, ein Vergleich zur reduzierten Anlagenanzahl und deren energetischem Potential wird aber gezogen. In Absatz 3.4 werden daher stets die Werte des aktuellen Ausbaustands (Stand 11.2021) dem zu erwartenden Standortumfang in 30 Jahren gegenübergestellt. Die betroffenen Standorte wurden im Anhang unter Tabelle 8-3 mit Endnoten² versehen.

Besonders hervorzuheben ist der Standort „Stadtmühlenwehr Perleberg“, welcher zwar eine stauregulierende Funktion übernimmt, bei dem jedoch das Wasserrecht durch das LfU erworben wurde, mit dem klaren Ziel des Rückbaus und der Herstellung der vollumfänglichen ökologischen Durchgängigkeit. Vor diesem Hintergrund wird der Standort mit einem Bauwerk berücksichtigt, das in 30 Jahren wahrscheinlich zurückgebaut sein wird.

3.2 Kohortenbildung

In einem ersten Schritt werden gemäß der Leistungsbeschreibung aus dem Jahr 2019 (LfU Brandenburg) alle Querbauwerke selektiert, die eine der beiden Mindestkriterien erfüllen:

1. Mindestfallhöhe $H \geq 0,5$ m (vgl. K.A.B. -Studie (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992))
2. $MQ \geq 1$ m³/s (vgl. NRW-Studie (Landesamt für Natur, 2017))

Den entsprechenden Standorten werden anschließend alle relevanten Daten zugeordnet wie:

- Mittelwasserabfluss MQ ,
- mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ ,
- maximale hydraulische Höhendifferenz H ,
- Informationen zu FAA und den dazugehörigen Durchflüssen Q_{FAA} sowie
- der Wasserbedarf der Schleusen Q_s .

Entsprechend dieser Kriterien sind insgesamt vier Kohorten potenzieller Anlagenstandorte zusammengestellt worden, deren Differenzierung in Abbildung 3-1 schematisch dargestellt ist.

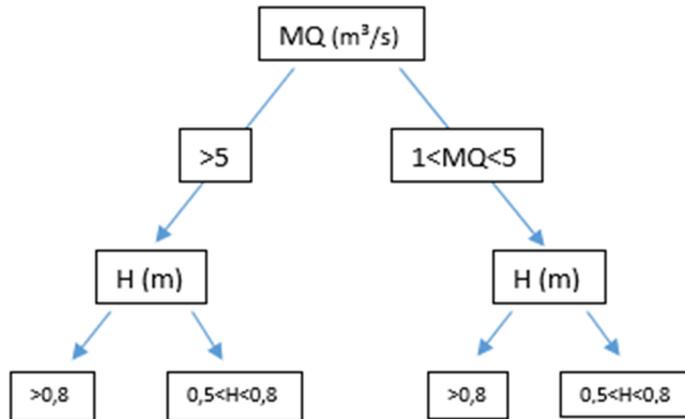


Abbildung 3-1: Differenzierung der Kohorten auf Basis der verschiedenen Kriterien

Hierbei ist zu beachten, dass bei der Unterteilung von einem korrigierten mittleren Abfluss ($MQ - Q_{\text{öko}} - Q_s$) ausgegangen wird, da es sich dabei um das tatsächliche zur Turbinierung verfügbare Dargebot handelt (vgl. Abbildung 3-1).

Unter Zugrundelegung der Untersuchungskriterien ergibt sich ein Bestand von 127 Standorten (vgl. Abbildung 3-2), der bezüglich seiner Potentiale genauer analysiert und vorgestellt wird.

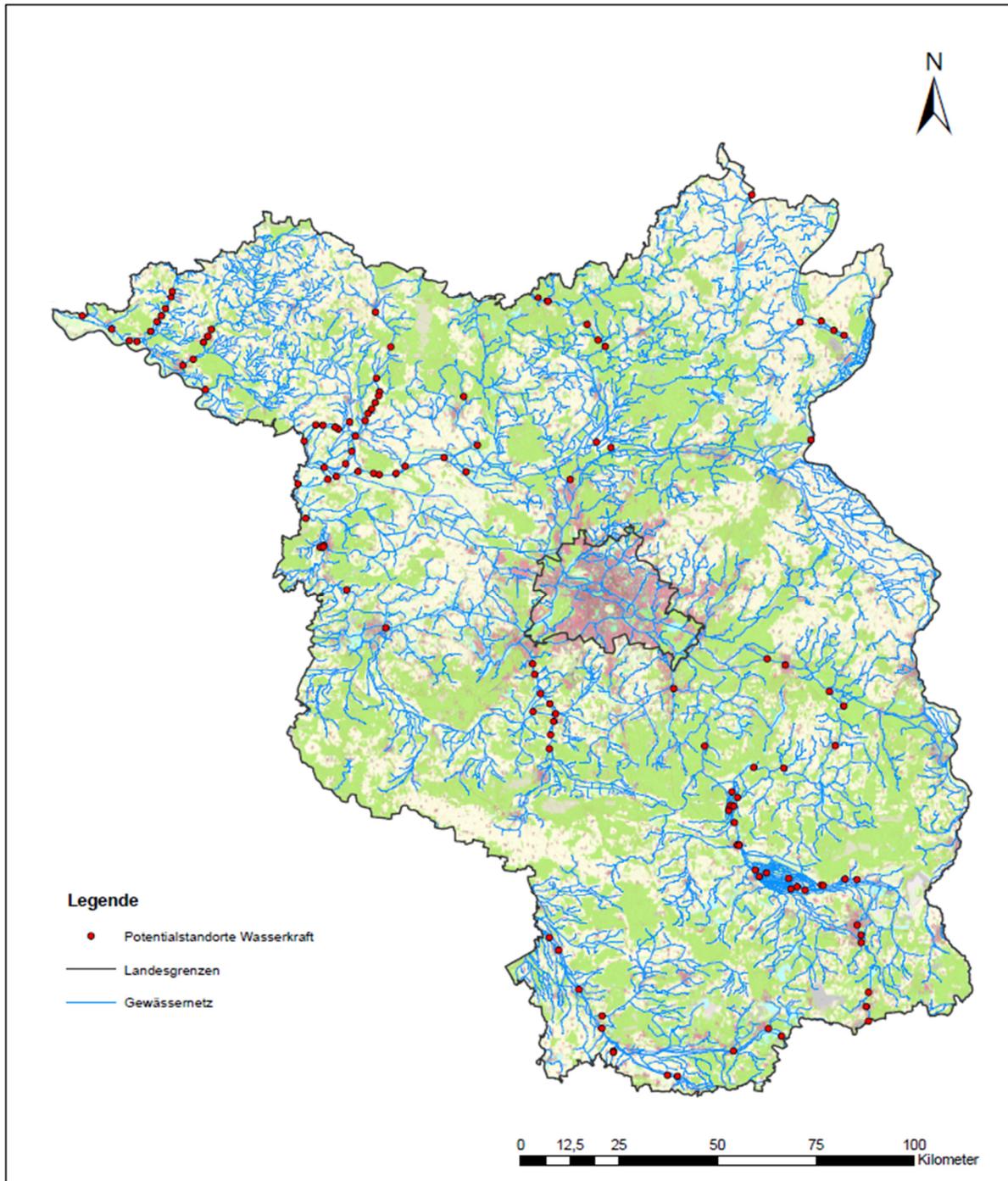


Abbildung 3-2: Standorte von Querbauwerken an denen, gemäß der Kriterien in Abschnitt 3.2, das Wasserkraftpotential ermittelt wurde (Stand 11.2021)

3.3 Ermittlung des standortspezifischen Potentials

Das Potential eines Standorts kann durch verschiedene Potentialbegriffe definiert werden. Die Energieerzeugung an einer Wasserkraftanlage steht in einem unmittelbaren linearen Zusammenhang mit der am Standort vorhandenen Fallhöhe sowie dem zur Energieerzeugung

gung zur Verfügung stehenden Durchfluss. Aus diesem Grund ist zunächst eine Abschätzung des Ausbaudurchflusses Q_A erforderlich. Der Ausbaudurchfluss wird als Produkt aus dem Ausbaugrad ε und dem Mittelwasserabfluss MQ ermittelt ($Q_A = \varepsilon \cdot MQ$, vgl. Abbildung 3-3) und gibt denjenigen Durchfluss an, bei welchem die optimale Leistungsausbeute einer WKA erwartet wird (Giesecke, Heimerl, & Mosonyi, 2014). Insofern eine Bauwerksgruppe vorliegt, die keine Abflussaufteilung aufweist, wird diese Aufteilung entsprechend dem Abschnitt 3.1.2 bestimmt.

Der Ausbaugrad $\varepsilon = 1,3$ entspricht dem Wert der Potentialstudie NRW (Landesamt für Natur, 2017) bzw. näherungsweise der Annahme aus der K.A.B.-Studie (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) und deckt sich mit den Angaben durchschnittlicher Ausbaugrade in Mitteleuropa (Giesecke, Heimerl, & Mosonyi, 2014).

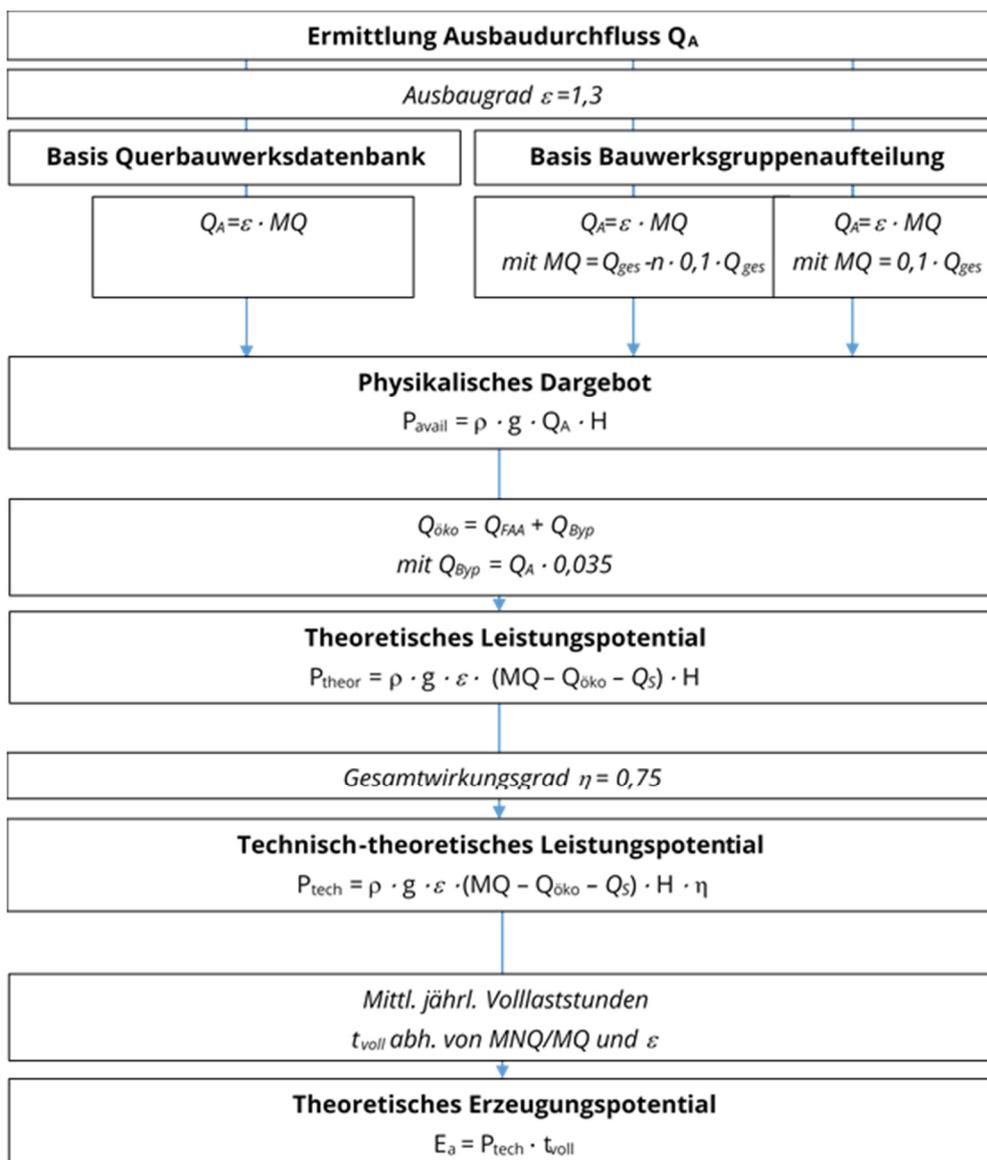


Abbildung 3-3: Vorgehen bei der Bestimmung des theoretischen Erzeugungspotentials E_a

Das physikalische Dargebot P_{avail} ist eine theoretische Größe und gibt die maximal mögliche Ausnutzung einer Energiequelle an. Das theoretische Leistungspotential P_{theor} beschreibt das Potential, welches sich auf Basis ökologischer Auflagen, wirtschaftlichen Einschränkungen und den individuellen Standortgegebenheiten erschließt. Eine erweiterte Differenzierung erfolgt durch das technisch-theoretische Leistungspotential P_{tech} , welches den Gesamtwirkungsgrad einer Anlage auf Grundlage des derzeitigen Standes der Technik berücksichtigt.

Bei der Ermittlung des Durchflusses für P_{theor} werden eine Abflussmenge $Q_{\text{öko}}$ und der Wasserbedarf bereits existierender Schleusen Q_S berücksichtigt. Der ökologische Abfluss $Q_{\text{öko}}$ setzt sich aus den notwendigen Abflüssen für eine Fischaufstiegsanlage Q_{FAA} und ggf. eines Bypasses Q_{ByP} zusammen. Das weitere Erfordernis eines ökologischen Mindestabflusses im Sinne des § 33 WHG (ökologisch begründete Mindestwasserführung – $Q_{\text{öBM}}$) bleibt an dieser Stelle unberücksichtigt. Dies kann aber in Abhängigkeit von der jeweiligen Wasserkraftanlage in Verbindung mit den standörtlichen Gegebenheiten relevant werden und ist spätestens bei der Beantragung und Genehmigung entsprechend zu berücksichtigen. Es sind dann jeweils die typspezifischen Mindestwasser-Orientierungswerte (MOW) zu beachten (vgl. LAWA 2019). Diese stellen gemäß LAWA (2020) den Orientierungswert für die Mindestwasserführung in einer Ausleitungsstrecke dar, bei dessen Unterschreitung in aller Regel kein guter ökologischer Zustand/ Potential des Gewässers mehr erreicht werden kann, ohne dass es dazu noch eines weiteren Parameters mit Orientierungswertverletzung brauchen würde.

Die notwendigen Abflüsse einer Fischaufstiegsanlage wurden der Querbauwerksdatenbank (NRW, 2005) entnommen, welche für jeden Standort eine Empfehlung für eine Fischaufstiegsanlagenbemessung gemäß den Ausführungen des DWA-Merkblattes M 509 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, 2014) vorgibt. In Anlehnung an die Studien Arnsberg (DAHLEM, Universität Duisburg Essen, & Planungsbüro Koenzen, 2013) und NRW (Landesamt für Natur, 2017) wird für den Abfluss einer Bypassanlage zur Gewährleistung der stromab gerichteten Fischwanderung ein Wert von 3,5 % des Ausbaudurchflusses angesetzt (vgl. Abbildung 3-3).

Das technisch-theoretische Leistungspotential P_{tech} berücksichtigt darüber hinaus einen mittleren Gesamtwirkungsgrad der Anlagen. Dieser wird in Anlehnung an die NRW-Studie (Landesamt für Natur, 2017) mit $\eta = 0,75$ angenommen, entspricht damit auch der K.A.B.-Studie von 1992 (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) und ist als gemeinsamer Mittelwert der Wirkungsgrade von Turbinen, Getrieben und Generatoren zu verstehen (vgl. Abbildung 3-3).

Durch Multiplikation des technisch-theoretischen Leistungspotentials mit den anfallenden Volllaststunden eines Jahres kann die potenzielle Jahresarbeit bzw. das theoretische Erzeugungspotential ermittelt werden. Die mittleren jährlichen Volllaststunden hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Neben dem tatsächlichen Ausbaugrad spielen Wartungs- und Ausfallzeiten, Wartungszustand, Verlegung von Rechenanlagen oder auch Hoch- bzw. Niedrigwasser eine entscheidende Rolle (Landesamt für Natur, 2017). Eine detaillierte Berechnung der mittleren jährlichen Volllaststunden wurde in der Studie Arnsberg aus zahlreichen vorhandenen und potentiellen Wasserkraftanlagen getätigt. Die Annahmen basieren dabei auf Untersuchungen des Hessischen Ministeriums für Umwelt (1995) zu Jahresdauerlinien von Gewässern mit gleichmäßigem (Typ I) und ungleichmäßi-

gem (Typ II) Abflussverhalten (NRW, 2005). In Anlehnung daran werden folgende Volllaststunden bei einem Ausbaugrad von $\varepsilon = 1,3$ für die Potentialberechnung gemäß Tabelle 3-1 angesetzt.

Tabelle 3-1: Volllaststunden für $\varepsilon = 1,3$ nach Trendlinien für Dauerlinientypen nach MUNVL Nordrhein-Westfalen (NRW, 2005)

Abflussverhalten	MNQ/MQ	Dauerlinientyp	Volllaststunden t_{voll} gem. Trendlinie $\varepsilon = 1,3$
			[h/a]
sehr gleichmäßig	$\geq 0,27$	I a	4.650
gleichmäßig	0,18 – 0,27	I b	4.100
ungleichmäßig	0,09 – 0,18	II a	3.800
sehr ungleichmäßig	$< 0,09$	II b	3.650

3.4 Ermitteltes Leistungspotential

Nachdem der Querbauwerksdatenbank 127 Standorte entnommen werden konnten, die die Mindestanforderungen nach Abschnitt 3.2 erfüllen, sind diese den entsprechenden Kohorten zugeordnet wurden. Abbildung 3-4 gibt eine Übersicht über die Verteilung der Standorte auf die vier Kohorten. Da sich die 127 Standorte auf den aktuellen Bestand beziehen, wird in den kommenden Tabellen zusätzlich immer auf den zukünftigen Umfang der Anlagenstandorte (106) nach Abzug aller Querbauwerke, die in Sohlbauwerke oder durch Umgehungsgerinne zurückgebaut werden, Bezug genommen. Die Auswahl beruht auf Rückmeldungen durch Betreiber und Behörden, nach deren Aussage die Standorte in einem Zeithorizont von etwa 30 Jahren durch Rück- und Umbau für eine mögliche Energiegewinnung nicht mehr zur Verfügung stehen werden (vgl. Abschnitt 3.1.3).

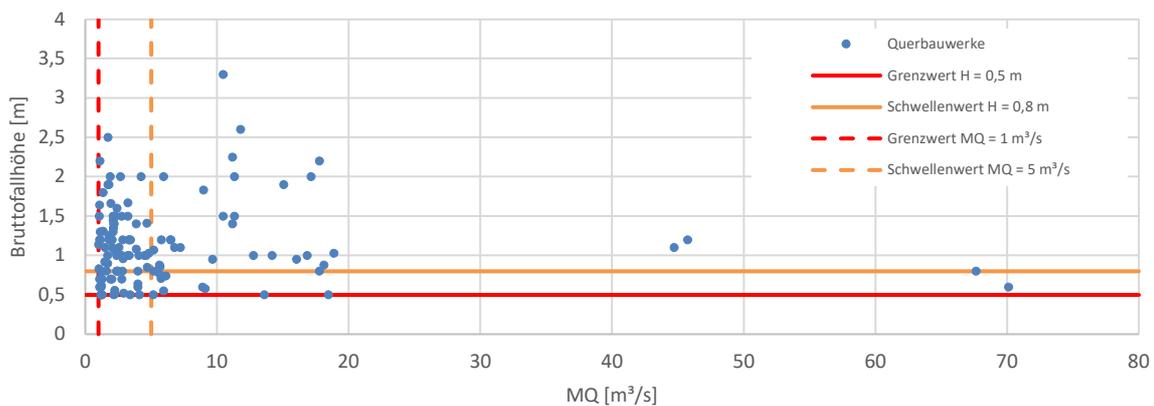


Abbildung 3-4: Aufteilung der Anlagenstandorte zu den entsprechenden Kohorten anhand definierter Grenz- und Schwellenwerte. Die vier Standorte mit einem Abfluss von $Q > 40 \text{ m}^3/\text{s}$ sind das Wehr Hinterarche, das große Wehr Brandenburg, das Schlauchwehr Bahnitz und das Nadelwehr Grütz (vgl. Abschnitt 3.2; Stand 11.2021)

Ergänzt wird Abbildung 3-4 durch eine Aufschlüsselung der Anlagenstandorte einzelner Kohorten in Tabelle 3-2. Dabei fällt auf, dass ein Großteil der relevanten Standorte (85 Stück bzw. 67 %) einen Abfluss mit $Q < 5 \text{ m}^3/\text{s}$ aufweisen. Die entsprechenden Standorte können der Abbildung 3-6 entnommen werden. Auffällig ist außerdem, dass die Standorte mit relativ großem Wasserdargebot nur vergleichsweise geringe Fallhöhen aufweisen. Demnach

befinden sich lediglich 31 Standorte in den Bereichen von Fallhöhen und Abflüssen größer $H = 0,8$ m bzw. $Q = 5$ m³/s (vgl. Abbildung 3-5). Anhand der Abbildung 3-4 lässt sich deutlich erkennen, dass dem Großteil der Standorte nur eine geringe Fallhöhe zuzuschreiben ist, die eine Größe $H = 1,5$ m nur in wenigen Fällen übersteigt. Der Umstand der geringen Fallhöhen liegt vor allem in der geomorphologischen Beschaffenheit des Landes Brandenburgs begründet (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992).

Tabelle 3-2: Verteilung der Querbauwerke auf die Kohorten zum Stand der Auswertung und nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen

Kohorten	Querbauwerke	
	Stand 11.2021	in ca. 30 Jahren
$MQ > 5$ & $H > 0,8$	31	28
$MQ > 5$ & $0,5 < H < 0,8$	11	10
$1 < MQ < 5$ & $H > 0,8$	65	52
$1 < MQ < 5$ & $0,5 < H < 0,8$	20	16
Σ	127	106

Die Standorte, welche einen Abfluss $Q < 5$ m³/s aufweisen, ergeben hingegen eine deutlich größere Anzahl als Standorte mit größeren Abflüssen. Durch den Vergleich von Abbildung 3-5 mit Abbildung 3-6 fällt auf, dass besonders viele potentielle Standorte für kleinere Anlagen neben den größeren Flüssen Spree, Havel und Schwarzen Elster auf kleinere Flussgebiete der Dosse und Löcknitz im Nordwesten entfallen.

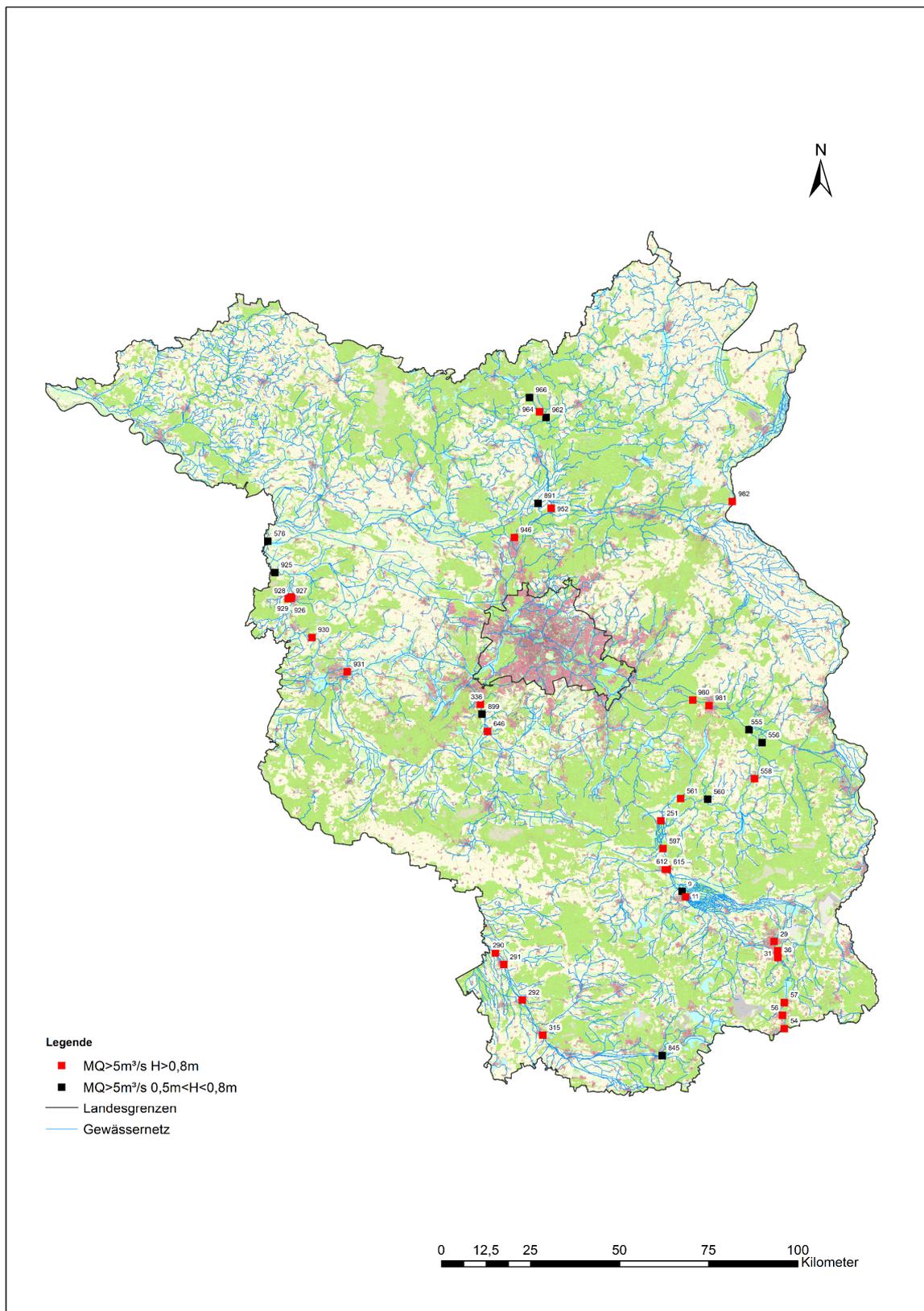


Abbildung 3-5: Lage potenzieller Standorte für $MQ > 5 \text{ m}^3/\text{s}$ (Stand 11.2021)

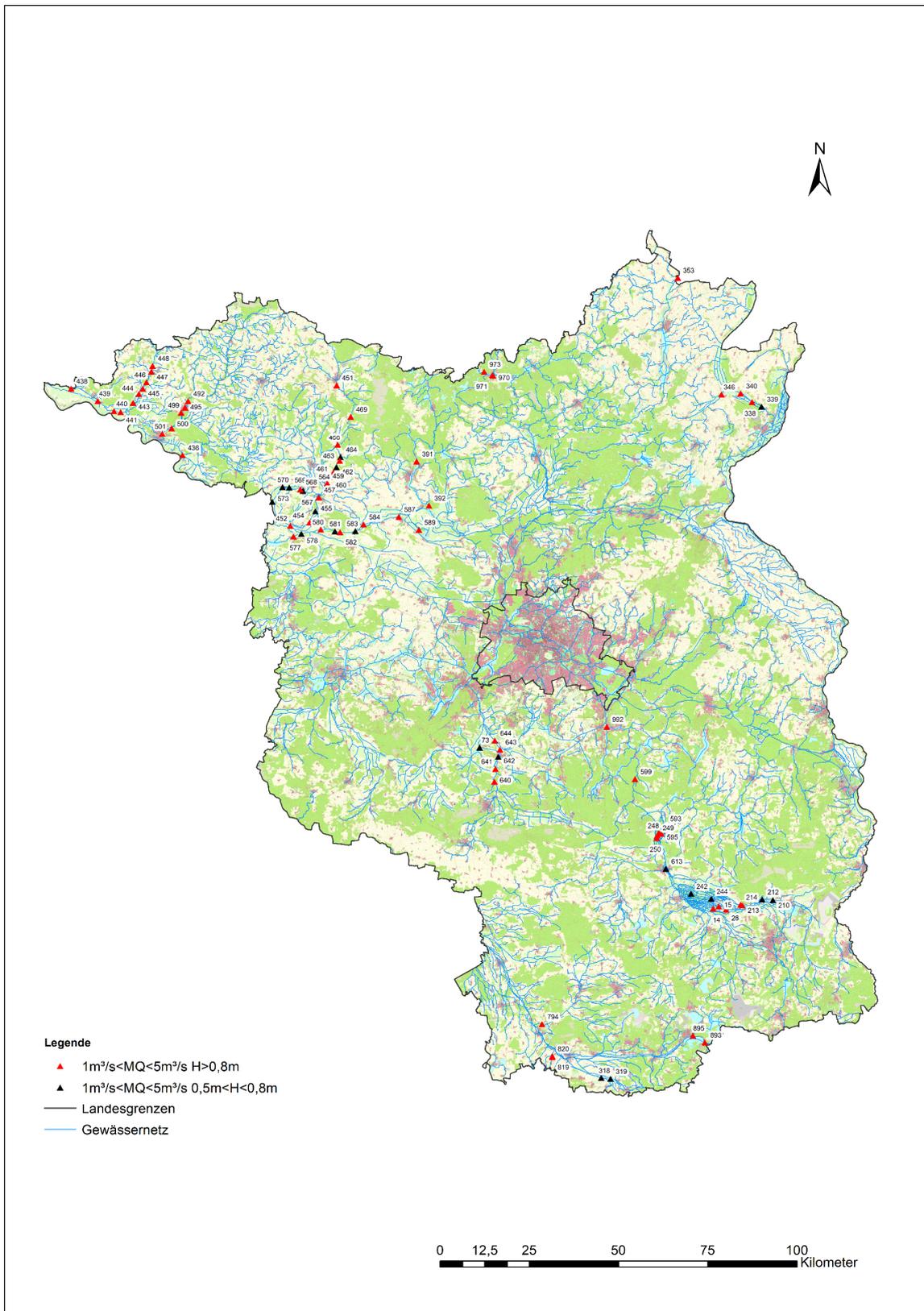


Abbildung 3-6: Lage der potenziellen Standorte für 1 m³/s < MQ < 5 m³/s (Stand 11.2021)

Das ermittelte differenzierte technisch-theoretische Leistungspotential und das theoretische Erzeugungspotential für die o. g. vier beschriebenen Kohorten kann jeweils Tabelle 3-3 entnommen werden. Die Daten für die Einzelstandorte sind im Anhang in Tabelle 8-3 zu finden.

Tabelle 3-3: Theoretisches Erzeugungspotential in Abhängigkeit der verschiedenen Kohorten zum Stand der Auswertung und nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen

Kohorten	Techn.-theor. Leistungspotential	
	Stand 11.2021 [kW]	in ca. 30 Jahren [kW]
MQ > 5, H > 0,8	5.620,62	5.235,05
MQ > 5, 0,5 < H < 0,8	955,03	906,37
1 < MQ < 5, H > 0,8	1.821,74	1.512,21
1 < MQ < 5, 0,5 < H < 0,8	228,34	191,87
Σ	8.625,73	7.845,49
Kohorten	Theor. Erzeugungspotential	
	Stand 11.2021 [GWh/a]	in ca. 30 Jahren [GWh/a]
MQ > 5, H > 0,8	25,43	23,64
MQ > 5, 0,5 < H < 0,8	4,43	4,20
1 < MQ < 5, H > 0,8	8,16	6,77
1 < MQ < 5, 0,5 < H < 0,8	1,02	0,87
Σ	39,04	35,48

Im Land Brandenburg beläuft sich demnach das gesamte aktuell ungenutzte Leistungspotential auf ca. 8,63 MW und das gesamte Erzeugungspotential auf ca. 39,04 GWh im Jahr. Es kann festgehalten werden, dass der Großteil des Leistungs- und Erzeugungspotentials auf Standorte mit einem mittleren Abfluss $Q > 5 \text{ m}^3/\text{s}$ und vor allem auf Fallhöhen von größer $H = 0,8 \text{ m}$ entfällt. Diese Standorte liegen fast ausnahmslos an den Gewässern Havel, Spree und Schwarze Elster (vgl. Abbildung 3-5 und Abbildung 3-6). Werden nunmehr die nach Abschnitt 3.1.3 bestimmten Standorte herausgenommen, welche perspektivisch (in ca. 30 Jahren) rückgebaut oder durch Sohlbauwerke ersetzt werden, reduziert sich das Techn.-theor. Leistungspotential auf ca. 7,85 MW beziehungsweise das Theor. Erzeugungspotential auf 35,48 GWh im Jahr. Finden darüber hinaus gewisse Leistungs-Schwellenwerte wie 10 und 50 kW (vgl. (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) (Landesamt für Natur, 2017)) bzw. 100, 200 und 500 kW Berücksichtigung, reduziert sich die Anzahl der Standorte mit relevanter Leistung zusätzlich (vgl. Tabelle 3-4).

Eine tabellarische Übersicht der individuellen Standorte in Verbindung mit den entsprechenden Kohorten kann der im Anhang befindlichen Tabelle 8-3 entnommen werden. In Tabelle 8-4 findet eine Auflistung der Standorte mit Bezug zu den Leistungs-Schwellenwerten statt.

Tabelle 3-4: Anzahl der Standorte unter der Betrachtung verschiedener Leistungs-Schwellenwerte zum Stand der Auswertung und nach ca. 30 Jahren auf Basis verschiedener Rückmeldungen

Schwellenwert	Anzahl der Standorte	
	Stand 11.2021	in ca. 30 Jahren
> 10 kW	115	96
> 50 kW	34	32
> 100 kW	23	21
> 200 kW	11	10
> 500 kW	1	1

3.5 Vergleich zur Potentialstudie von 1992

Die K.A.B.-Studie zum Wasserkraftanlagenpotential an Brandenburger Staustufen von 1992 wurde in drei Teilberichte gegliedert.

Teil I (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) bildet den Erläuterungsbericht. Die Teile II (K.A.B. AG Berlin-Marzahn, 1992) und III (K.A.B. AG Berlin-Marzahn, 1992) ergänzen in Form von Einzeldokumentationen den ersten Teil und geben neben einer bildlichen Dokumentation der entsprechenden Standorte, Aufschluss über deren Lage, hydrologische Kenndaten und deren Bauzustand. Die entsprechenden Daten sind dabei anhand umfangreicher Begehungen gewonnen worden.

Im Teil I wird näher auf die Methodik zur Ermittlung des Wasserkraftanlagenpotentials eingegangen. So ist in der genannten Studie der Indikator zur Ausbaumöglichkeit des entsprechenden Wasserlaufes das Linienpotential (auch theoretisches Flusspotential) herangezogen worden. Dieses wird abschnittsweise aus dem Abfluss und dem Gefälle errechnet. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass das theoretische Flusspotential in Brandenburg bereits weitestgehend an Staustufen konzentriert ist (K.A.B. AG Berlin-Marzan, 1992) und daher lediglich Aufwendungen zur Installation der eigentlichen Wasserkraftanlage für die Erschließung des Standortpotentials nötig sind. Dies ist der Fall, da das Gewässerbett selbst und das anliegende Geländeprofil aufgrund der Stauhaltung bereits technisch erschlossen sind. Die K.A.B.-Studie stimmt mit der vorliegenden Studie in ihrer Einschätzung dahingehend überein, dass bei Fallhöhen ($H < 0,5$ m) mit dem aktuellen Stand der Technik eine energetische Nutzung nicht zielführend ist.

Das Linienpotential P_{Tech} an den entsprechenden Stauhaltungen wurde in der K.A.B.-Studie über folgende Formel bestimmt:

$$P_{Tech} = 9,81 \cdot MQ \cdot \Delta h \quad [kW] \quad (3)$$

$$\begin{array}{lll} MQ = & \text{mittlerer Abfluss} & [m^3/s] \\ \Delta h = & \text{Höhendifferenz} & [m] \end{array}$$

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei dieser Betrachtung ein erster Gesamtwirkungsgrad von $\eta = 1$ zugrunde liegt und Querbauwerksgruppen wie Brandenburg, Rathenow u. a. nicht aufgeteilt wurden.

Das tatsächlich nutzbare Leistungspotential P_{el} wurde hingegen über folgende Formel bestimmt:

$$P_{el} = QA \cdot h_{FA} \cdot \eta_{Ges} \cdot UF \quad [kW] \quad (4)$$

$QA =$	<i>Ausbauwassermenge</i>	$[m^3/s]$
$h_{FA} =$	<i>Ausbaufallhöhe = $h_{FA,Brutto} - 0,1m$</i>	$[m]$
$\eta_{Ges} =$	<i>Gesamtwirkungsgrad = 0,81 bei $h_{FA} \geq 1m$ 0,65 bei $1 > h_{FA} \geq 0,5m$</i>	$[-]$
$UF =$	<i>Umrechnungsfaktor = 9,8</i>	$[-]$

Die Ausbauwassermenge QA wurde entweder anhand:

- einer Dauerabflusslinie (Q_{90} Überschreitungstage),
- mit einem Ausbaugrad von 1,25 ($MQ \cdot 1,25$) bei regulierten Gewässern oder
- als Schätzwert

veranschlagt.

Die Volllaststunden der K.A.B.-Studie sind auf Basis:

- einer partiellen Berechnung entsprechend der Dauerabflusslinie,
- mit $0,75 \cdot 8.200$ h (falls keine Dauerlinie vorhanden war) oder
- mit 8.200 h für konstante Durchflüsse

bestimmt worden.

In der K.A.B.-Studie wurden für Brandenburg insgesamt 284 Standorte mit einem Wasserkraftanlagenpotential ausgewiesen, welche den sechs großen Fließgewässern Havel, Spree, Dahme, Finowkanal, Neiße und der Schwarzen Elster zugeordnet und einer Einteilung anhand der Referenzleistung von 5kW bzw. 10 kW unterzogen wurden.

Da in der K.A.B.-Studie abweichende Annahmen und Schwerpunkte bei der individuellen Standortanalyse hinterlegt sind, soll an dieser Stelle von einer direkten Gegenüberstellung einzelner Standorte abgesehen werden. Stattdessen bietet sich ein allgemeiner Vergleich hinsichtlich des übergreifenden Leistungspotentials und der Jahresarbeit an. Um einer Verwechslung zuvorzukommen, soll an dieser Stelle auf einen Unterschied in der Notation hingewiesen werden:

In der K.A.B.-Studie wird mit P_{Tech} das physikalische Dargebot bezeichnet, welches im vorliegenden Bericht mit P_{avail} Verwendung findet.

Ähnlich verhält es sich bei der Klemmleistung P_{el} , welche im vorliegenden Bericht dem technisch-theoretischen Leistungspotential P_{tech} entspricht. Dieser doppeldeutigen Verwendung des Indizes P_{tech} gilt es, bei den weiterführenden Ausführungen Beachtung zu schenken.

Entsprechend der K.A.B.-Studie werden die Erzeugungspotentiale der vorliegenden Studie ebenso auf die sechs Flussgebiete bezogen. In Abbildung 3-8 sind die beiden Leistungspotentiale nach Berücksichtigung aller Wirkungsgrade, Volllaststunden und Abflussminde-

rungen dargestellt. Dabei wurde analog der K.A.B.-Studie sowohl nach Haupt- und Nebenflussläufen als auch dem Flussgebiet unterschieden. Demnach gehen sowohl die K.A.B.-Studie als auch der vorliegende Bericht davon aus, dass das überwiegende Potential der Standorte dem Hauptflusslauf zuzuordnen ist. Zur besseren Veranschaulichung werden in Abbildung 3-7 die Leistungspotentiale der beiden Studien gegenübergestellt.

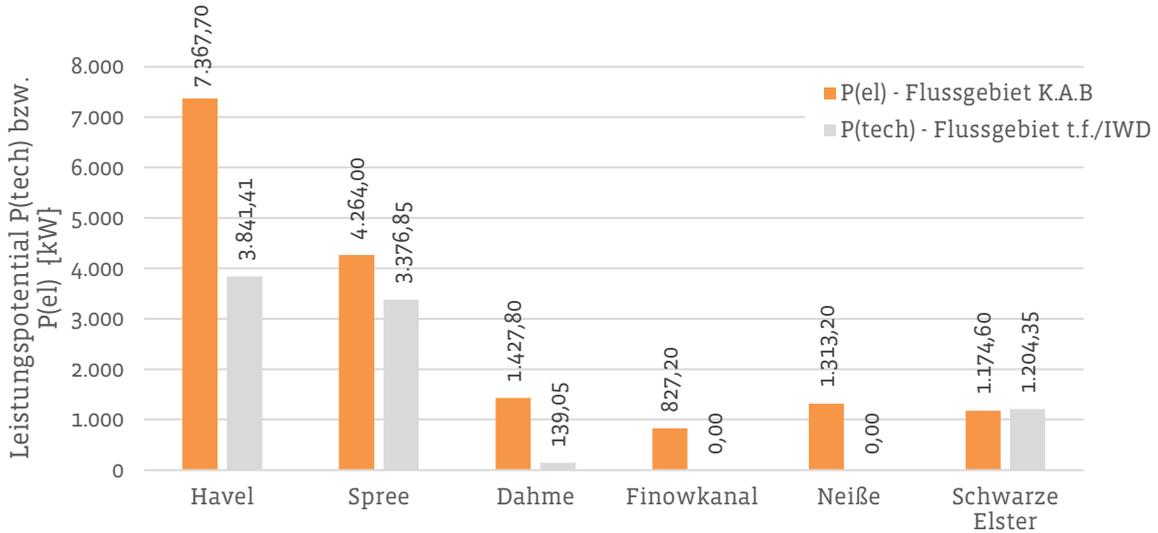


Abbildung 3-7: Leistungspotentiale je Flussgebiet (K.A.B.-Studie – neu bestimmt durch team ferox/IWD; Stand 11.2021)

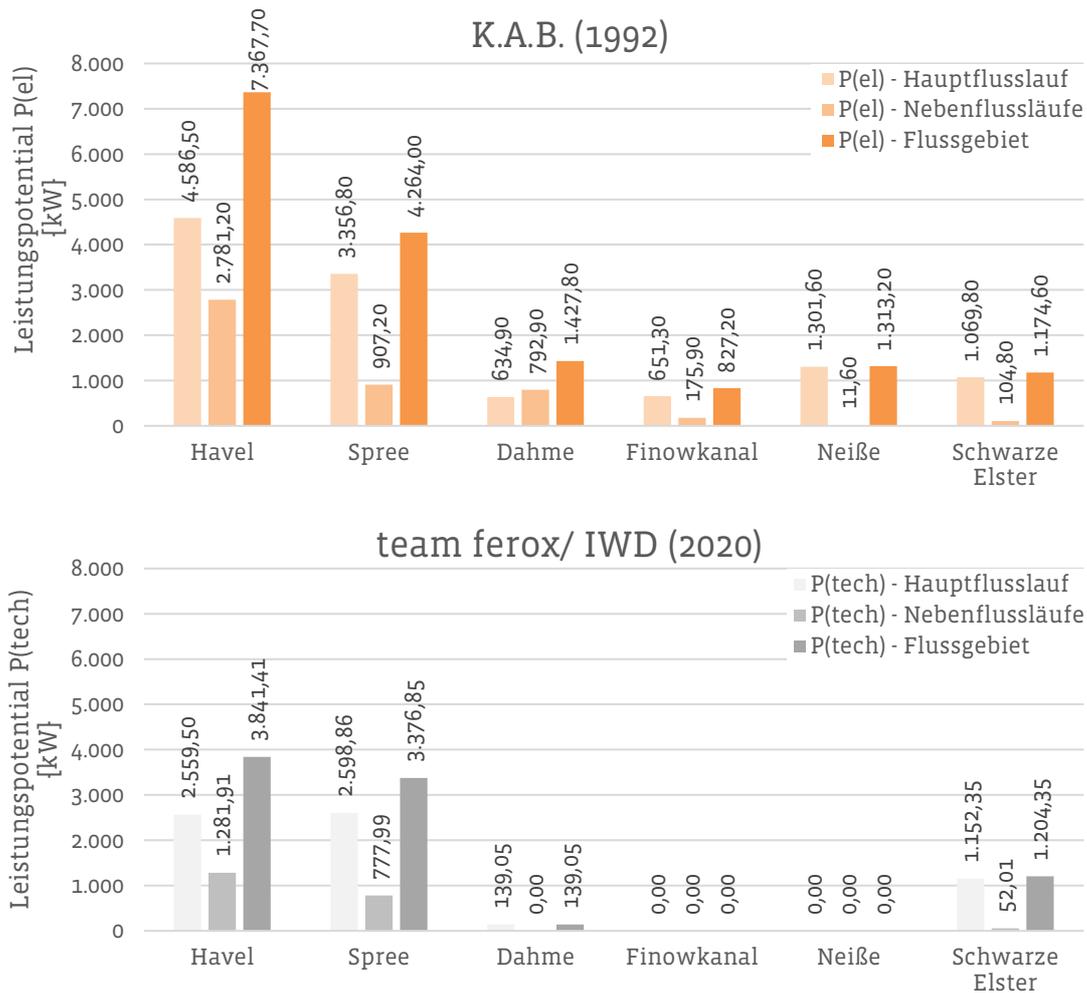


Abbildung 3-8: Potential der Klemmleistung der sechs Flussgebietseinheiten – K.A.B.-Studie 1992 (oben) und des neu bestimmten techn.-theor. Leistungspotentials (unten). (Stand 11.2021)

Es fällt auf, dass das ermittelte Leistungspotential an vier von sechs Flussgebieten signifikant niedriger ausfällt, als es noch 1992 prognostiziert wurde. Lediglich an den Standorten der Spree und Schwarzen Elster konnten ähnliche Leistungspotentiale nachgewiesen werden. Letzteres zeigt sogar eine leichte Zunahme. Begründet wird dies im Fall der Spree durch eine erhebliche Steigerung der betrachteten Anlagenstandorte (vgl. Tabelle 3-5). Für die Schwarze Elster erschließt sich die leichte Zunahme der Jahresarbeit durch die zugrundeliegenden Fallhöhen. In der KAB -Studie wurden im Bereich der Schwarzen Elster deutlich geringere Fallhöhen herangezogen als in der Querbauwerksdatenbank von 2017 angegeben. Dies führt zu einer deutlichen Potentialsteigerung an den entsprechenden Einzelstandorten.

Tabelle 3-5: Anzahl betrachteter Anlagenstandorte im Vergleich (Stand 11.2021)

Flussgebiet	K.A.B.-Studie Anzahl der Standorte	team ferox/IWD Anzahl der Standorte
Havel	171	66
Spree	32	45
Dahme	28	2
Finowkanal	30	0
Neiße	5	0
Schwarze Elster	18	12

Trotz der o. g. Gründe, kann jedoch von keinem Anstieg des Leistungspotentials gesprochen werden. Die Ursache lässt sich aus den verbliebenen vier Flussgebieten und den Ausführungen in Abschnitt 3.3 ableiten. So ist darauf hinzuweisen, dass in der KAB-Studie zwar ein sehr großer Standortumfang berücksichtigt wurde, die Autoren jedoch ebenso festhielten, dass der Großteil des Potentials auf größere Anlagenstandorte und im Besonderen auf die Revitalisierung ehemaliger Wasserkraftanlagen zurückzuführen ist. Weiterhin ist davon auszugehen, dass die Berücksichtigung der Durchgängigkeit für relevante Leitfischarten und der Wasserbedarf anliegender Schleusen zu einer Minderung des energetisch verwertbaren Abflusses führt. Vor allem in den drei Gebieten der Dahme, Neiße und dem Finowkanal wiesen diese zwar oftmals verwertbare Gewässerabflüsse auf, fielen aber nach Abzug der Durchflüsse für die FAA, den Bypass und ggf. vorliegenden Schleusen unter den entsprechenden Grenzwert. Dieser Effekt führt auch dazu, dass für die Gewässer der Dahme und des Finowkanals keine Anlagenstandorte mehr ausgewiesen werden konnten. In der KAB-Studie wurden dagegen viele Standorte berücksichtigt, die im Vergleich zur vorliegenden Studie auch besonders geringe Leistungspotentiale prognostizieren. Besonders hervorzuheben sei dabei die Havel, die überaus viele Standorte mit besonders geringen Abflüssen ($< 1 \text{ m}^3/\text{s}$) und somit sehr geringen Leistungspotentialen beinhaltete.

Findet nunmehr die ermittelte Jahresarbeit Berücksichtigung, fällt ein weiterer Effekt besonders an den Gewässern der Havel und der Spree auf. Nach Gegenüberstellung der ermittelten Leistungspotentiale aus Abbildung 3-8 mit der entsprechenden Jahresarbeit aus Abbildung 3-9, lässt sich eine weitere Divergenz zwischen den beiden Studien nachweisen und eine zusätzliche Abnahme der Jahresarbeit im Vergleich zur K.A.B.-Studie feststellen. Dies kann aus den Annahmen der anzusetzenden Volllaststunden hergeleitet werden. So greift die Studie von 1992 auf eine erhöhte Volllaststundenzahl zurück, die teils sogar mit 8.200 h definiert wird. Im vorliegenden Bericht werden hingegen umfangreiche Untersuchungen aus der Studie Arnsberg herangezogen, nach der die Volllaststunden durch ein Verhältnis von MQ zu MNQ und der Dauerlinie bestimmt werden. Demzufolge ergeben sich nahezu um die Hälfte verringerte Werte für die anzusetzenden Volllaststunden und eine Reduzierung der zu erwartenden Jahresarbeit (vgl. Abschnitt 3.3).

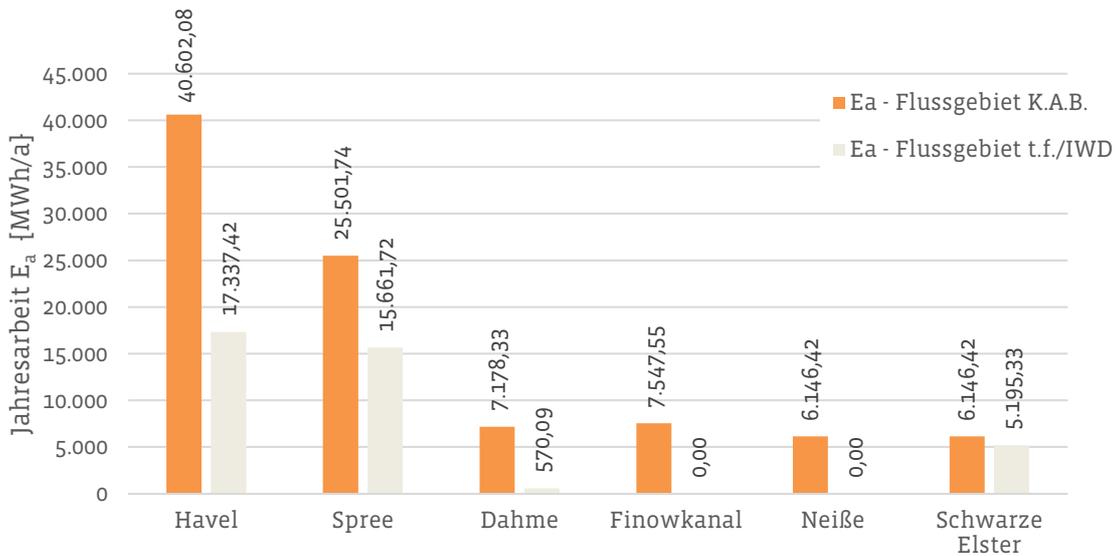


Abbildung 3-9: Jahresarbeit E_a je Flussgebiet gegenübergestellt (K.A.B.-Studie – neu bestimmt durch team ferox/IWD; Stand 11.2021)

Abschließend wird auf die Tabelle 3-6 verwiesen, die eine allgemeine Gegenüberstellung der absoluten Werte darstellt. Mit ca. 38,76 GWh/a nimmt die potentielle Jahresarbeit an den sechs Flussläufen um ca. 58 %, bezogen auf die Untersuchungen von 1992 ab. Der Trend einer stark abnehmenden potentiellen Jahresarbeit konnte bereits in einer vorangegangenen Studie beobachtet werden (gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, 2017). Bei dieser wurde ebenso eine signifikante Abnahme der Jahresarbeit um 30 % festgestellt, wohingegen lediglich 21 große Anlagenstandorte mit einer Leistung $P > 50$ kW betrachtet wurden, ohne dabei jedoch den Wasserbedarf von Schleusen zu berücksichtigen.

Es ist demnach davon auszugehen, dass sich die Abflussminderung besonders bei kleineren Anlagenstandorten bemerkbar macht und demnach das Leistungspotential verstärkt drosselt. Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass sich die summierten Leistungswerte in Tabelle 3-3 und Tabelle 3-5 geringfügig unterscheiden, da sich zwei Standorte in keine der Kategorien von 1992 einordnen lassen.

Tabelle 3-6: Gegenüberstellung des Leistungs- und Jahresarbeitspotential (Stand 11.2021)

Flusslauf	Hauptflusslauf		Nebenflusslauf		Flussgebiet		Flussgebietsjahresarbeit	
	P _{el} K.A.B. [kW]	P _{tech} t.f./IWD [kW]	P _{el} K.A.B. [kW]	P _{tech} t.f./IWD [kW]	P _{el} K.A.B. [kW]	P _{tech} t.f./IWD [kW]	E K.A.B. [MWh/a]	E t.f./IWD [MWh/a]
Havel	4.586,5	2.559,5	2.781,2	1.281,91	7.367,7	3.841,41	40.602,076	17.337,42
Spree	3.356,8	2.598,86	907,2	777,99	4264	3.376,85	25.501,738	15.661,72
Dahme	634,9	139,05	792,9	0	1.427,8	139,05	7.178,33	570,09
Finowkanal	651,3	0	175,9	0	827,2	0	7.547,554	0
Neiße	1.301,6	0	11,6	0	1.313,2	0	6.146,419	0
Schwarze Elster	1.069,8	1.152,35	104,8	52,01	1.174,6	1.204,35	6.146,419	5.195,33
Σ	11.600,9	6.449,76	4.773,6	2.111,91	16.374,5	8.561,67	93.122,54	38.764,56

3.6 Einflüsse des Klimawandels auf das Wasserkraftanlagenpotential in Brandenburg

Dem vorliegenden Bericht liegen bereits umfangreiche Untersuchungen zur Wasserverfügbarkeit im Land Brandenburg (biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH, 2013) vor. Diese geben konkrete Abflüsse durch das Niederschlags-Abfluss-Modell ArcEGMO an. Auf dessen Basis wird unter Zuhilfenahme verschiedener Studien und Klimamodelle ein Ausblick gegeben, wie sich die klimatischen Veränderungen auf das Wasserkraftanlagenpotential auswirken könnten. Da allerdings eine umfangreiche Analyse der klimatischen Entwicklung nicht Gegenstand dieser Studie ist, sollen an dieser Stelle lediglich Tendenzen aufgezeigt werden, die jedoch keineswegs eine vertiefte Untersuchung ersetzen können.

Das LfU Brandenburg hat 2016 einen umfangreichen Bericht (Landesumweltamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, 2016) über die Entwicklung des Klimas im Land Brandenburg bis zum Ende des 21. Jhd. veröffentlicht, dieser wurde im Jahr 2019 durch den Klimareport Brandenburg des DWD (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019) aktualisiert. Ausgehend davon, werden für die Niederschlagssummen im Land Brandenburg keine starken Änderungen gegenüber dem gängigen Trend (+ 3 % Jahressummenniederschlag) prognostiziert. Demnach ist im Betrachtungszeitraum bis 2050 lediglich mit einer Zunahme des mittleren jährlichen Niederschlages von 3 bis 5 % zu rechnen. Wird hingegen der Betrachtungshorizont auf 2071 – 2100 ausgedehnt, kann von einer mittleren Niederschlagszunahme um bis zu 6% ausgegangen werden. Beide Studien verweisen jedoch auf eine Verlagerung der Niederschläge von den Sommer- zu den Wintermonaten hin. So wird im langen Betrachtungszeitraum von Steigerungen der Niederschlagsmengen im Winter um bis zu +19 % und von Abnahmen im Sommer um bis zu -10 % ausgegangen.

Vor den Hintergrund der absehbaren Verschiebung des Jahresniederschlages von den Sommer- zu den Wintermonaten werden intensivere Dürre- und Starkregenperioden vorausgesagt (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019). Dieses Phänomen würde für die Abflussdauerlinien eine merkliche Verschiebung der zu erwartenden Abflüsse in die jeweiligen Extrembereiche nach sich ziehen, was letztlich zu einer niedrigeren energetischen Verwertbarkeit führt. Da Kleinst- und Kleinwasserkraftanlagen gängiger Bauart einen vergleichsweise geringumfänglichen Arbeitsbereich aufweisen, wären tendenziell verstärkte Abschaltungen bei Niedrig- oder Hochwasserereignissen verbunden mit geringeren Energieausbeuten zu erwarten. Eine diesbezügliche quantifizierbare Aussage kann mangels einer ausreichenden Datenbasis zum aktuellen Zeitpunkt nicht getroffen werden.

Gemäß Landesamt für Umwelt Brandenburg ergeben sich zukünftig die nachfolgenden Auswirkungen des Klimawandels:

- Die Grundwasserneubildung nimmt ab.
- Die Verdunstung nimmt zu.
- Extremereignisse werden häufiger.
- Der Basisabfluss wird sich verringern.
- Die Wasserverfügbarkeit wird abnehmen.

Nach der Aussage des Klimareferenten vom LfU Brandenburg gehen die Veränderungen der 30-jährigen Mittel mit einer sich stark erhöhenden Niederschlagsvariabilität einher. Dies sei bereits seit 2000 in Brandenburg zu beobachten und durch Extremjahre mit den

höchsten und niedrigsten Niederschlagsmengen seit Beginn der Aufzeichnung geprägt. Das jährliche Wasserdargebot ist hoch vulnerabel. Die zunehmende Starkniederschläge werden durch lange Trockenphasen kompensiert. Des Weiteren wird die, durch steigende Temperaturen, zunehmende Verdunstung einzelne Fließe und Seen stark beeinflussen.

3.7 Bergbaueinflüsse

Im Süden Brandenburgs befindet sich mit der Lausitz eine der am stärksten durch Bergbau geprägten Regionen Deutschlands. Die Lausitz erstreckt sich dabei länderübergreifend zwischen Brandenburg und Sachsen und wirkt somit als Gesamtsystem. Als Nachnutzungsziel werden umfangreiche Ausbauformen wie Tagebaufolgeseen angestrebt, wodurch eine der größten künstlichen Seenlandschaften Europas im Entstehen ist. Dass dabei die Nutzungspläne mit dem derzeit umgesetzten Wasserhaushaltskonzept konkurrieren, wird sich im mittelfristigen Verlauf auch auf die Wasserkraft auswirken. Vor dem Hintergrund des zu erwartenden Klimawandels und den in Abschnitt 3.6 beschriebenen Auswirkungen, lassen sich für die Braunkohleregion weitere Aussagen hinsichtlich der Wasserkraft ableiten. Für die Betrachtung des Wasserdargebotes sind daher folgende Punkte von besonderem Interesse:

- Grundwasser,
- Brauch- und Sumpfungswässer,
- Evaporation.

Während das Sumpfungswasser vorwiegend im aktuellen Zustand von Bedeutung ist, sind die Evaporationsraten besonders für die entstehenden großen Seeoberflächen entscheidend. Beide Prozesse stehen in einem direkten Wirkzusammenhang und werden durch das Vorhandensein von Grundwasser zusätzlich beeinflusst.

Um eine trockene Förderung der Kohle gewährleisten zu können, wird das Grundwasser im aktiven Zustand der Braunkohleförderung auf Tiefen von bis zu 150 m abgesenkt. Die dadurch anfallenden Sumpfungswässer werden in stark ausgebaute und begradigte Fließgewässer geleitet, welche teils von den eigentlichen Grund- und Oberflächenabflüssen durch Sohlabdichtungen entkoppelt sind (MLUK-Brandenburg, 2021). In extremen Niedrigwasserperioden dient dieses Sumpfungswasser oftmals dazu, den Niedrigwasserabfluss der angrenzenden Flüsse zu stabilisieren. Für die Spree entspricht das Sumpfungswasser im Niedrigwasserfall dabei einem Anteil von mehr als 50 % (MLUK-Brandenburg, 2021).

Mit der Flutung der Tagebaue wird dieses Sumpfungswasser in näherer Zukunft sukzessive abnehmen und kann durch das langsam steigende Grundwasser nicht kompensiert werden. Einige Gewässer sind vor diesem Hintergrund niedrigwassergefährdet und fallen, wie am Beispiel der Schwarzen Elster zu beobachten war, vermehrt trocken (MLUK-Brandenburg, 2021).



Abbildung 3-10: Schwarze Elster - Sohlabsturz Kleinkoschen, 05.09.2019 (Quelle: LfU, Sommer, R.)



Abbildung 3-11: Schwarze Elster - Buchwalde B96 Brücke, 12.04.2020 (Quelle: LfU, Sommer, R.)

Zukünftig sollen daher die Seen während der Dürreperioden als Wasserspeicher (Bsp. Speichersystem Lohsa II) dienen und zur Niedrigwasseraufhöhung herangezogen werden (MLUK-Brandenburg, 2021). Dass die großen Wasserflächen vor allem in dieser Phase hohen Abstromverlusten durch erhöhte Verdunstungsmengen und den noch niedrigen Grundwasserständen (LMBV mbH, 2021) ausgesetzt sind, lässt hingegen eine verstärkte Wasserknappheit vermuten.

Für die Wasserkraft bedeutet dies mit Bezug auf die Abschnitte 3.5 und 3.6, dass das Wasserkraftanlagenpotential vor allem in den Gewässern der Spree und der Schwarzen Elster in den Sommermonaten absehbar reduziert sein wird. Da diese Reduzierung nur sehr schwierig zu quantifizieren ist, wird sie hier ignoriert und entsprechend für beide Gewässer in diesem Bericht ein vermutlich überhöhtes Wasserkraftanlagenpotential prognostiziert (vgl. Abbildung 3-9).

Einerseits ist zu erwarten, dass durch die vermehrt prognostizierten Trockenperioden im Sommer die Oberflächenabflüsse geringer ausfallen und sich durch die abnehmenden Sumpfungswässer nicht ausgleichen lassen. Andererseits führen die erhöhten Verdunstungsraten dazu, dass dem Gesamtsystem Wasser entzogen wird. Auf die sich unterstrom der Schwarzen Elster direkt anschließende Elbe wird das Flussgebiet der Schwarzen Elster einen eher geringeren Einfluss ausüben. Im Falle der Spree hingegen mündet diese unmittelbar in die Havel und bildet dort den Hauptzufluss. Es ist demnach davon auszugehen, dass sich die Effekte, welche sich für die Wasserkraft an der Spree ergeben, auch auf die Havel auswirken dürften.

Die geschilderten Umstände werden maßgeblich dafür verantwortlich sein, dass die künftigen Potentiale der Schwarzen Elster, der Spree und im weiteren Verlauf der Havel geringer ausfallen werden als angegeben. Da die Gewährleistung der Durchgängigkeit und die Niedrigwasserbewirtschaftung zusätzliche Einschränkungen des energetisch nutzbaren Oberflächenwassers darstellen, vermindert dies das Wasserkraftanlagenpotential vor allem in Trockenperioden noch weiter. Eine genaue Bilanzierung der zu erwartenden Potentialänderung ist durch die große Ungewissheit der zukünftigen Niederschlagssummen und den davon abhängigen wasserwirtschaftlichen Entscheidungsprozessen in den verantwortlichen Behörden nicht möglich und wird deshalb in diesem Bericht nicht vorgenommen.

4 ERGÄNZENDE POTENTIALANALYSEN AN AUSGEWÄHLTEN STANDORTEN MITTELS CASIMIR-HYDROPOWER

In diesem Kapitel werden ausgewählte Standorte exemplarisch einer detaillierteren Potentialbetrachtung mit Hilfe der Simulationssoftware CASiMiR-Hydropower unterzogen. Dies geschieht aus der Annahme heraus, dass die in Kapitel 3 beschriebene Methode nur ein überschlägiges Berechnungsmodell darstellt. Da sich vor allem bei Flusskraftwerken im Kleinwasserkraftanlagenbereich stark variierende Wasserstands- und Fallhöhenunterschiede einstellen können, bietet sich ein solches Modell (MQ + Fallhöhe) nur für eine allgemeine Übersichtsdarstellung an. Besonders bei der Kleinwasserkraft ist aber eine individuelle Betrachtung der standortspezifischen Gegebenheiten für das Abschätzen des anliegenden Wasserkraftanlagenpotentials zielführend. Eine umfangreiche Analyse aller Standorte wird in der vorliegenden Studie nicht vorgenommen, da dies im Bearbeitungsrahmen nicht explizit vorgesehen war. Dennoch werden in den folgenden Abschnitten 12 Standorte einer individuellen Betrachtung unterzogen, um den Mehrwert bei der Bestimmung von deren jeweiligem Leistungs- und Erzeugungspotential aufzuzeigen. Die hier exemplarisch mit CASiMiR untersuchten Standorte ersetzen in keiner Weise umfangreiche Analysen des gesamten Standortebestandes, sondern sollen lediglich einen Ausblick über den Nutzen der vorliegenden Methodik geben. Die Ergebnisse dieses Kapitels zeigen, dass besonders bei der Kleinwasserkraft die Vorhersagen über deren Energiepotential unter Berücksichtigung aller standortspezifischen Randbedingungen mittels der Software CASiMiR präzisiert werden und von der überschlägigen Ermittlung deutlich abweichen können.

4.1 CASiMiR-Hydropower

CASiMiR-Hydropower ist eine frei verfügbare Simulationssoftware (sje - Ecohydraulic Engineering GmbH, 2019), welche es dem Anwender ermöglicht, die Leistung und Energieproduktion von Wasserkraftanlagen zu bestimmen. Grundlage der Berechnung bilden Zuflussganglinien, Aussagen zu Mindestwasserregelungen, Wirkungsgrade, Fallhöhen und weiteren Anlagenkenndaten wie An- und Abschaltpunkte. Auf Basis dieser Daten können verschiedene Szenarien in zugänglicher und übersichtlicher Weise simuliert und miteinander verglichen werden. CASiMiR ermittelt dabei die Leistung P über folgende Formel:

$$P = \eta_{tot} \frac{\rho_w \cdot g}{10^3} \cdot h_f \cdot Q \quad [kW] \quad (5)$$

$Q =$	<i>Durchfluss</i>	$[m^3/s]$
$h_f =$	<i>Fallhöhe</i>	$[m]$
$\eta_{tot} =$	<i>Wirkungsgrad der Anlage</i>	$[-]$
$\rho_w =$	<i>Dichte des Wassers</i>	$[kg/m^3]$
$g =$	<i>Erdbeschleunigung</i>	$[m/s^2]$

Das entsprechende Arbeitsvermögen E_a lässt sich aus dem Integral der Leistung über einen bestimmten zeitlichen Betrachtungshorizont bestimmen (sje - Ecological Engineering GmbH, 2008).

$$E_a = \int_0^t P(t) dt = \eta_{tot} \cdot 9,81 \cdot \int_0^t Q \cdot h_f(t) dt \quad [kWh] \quad (6)$$

$E_a =$	<i>Arbeitsvermögen</i>	[kWh]
$Q(t) =$	<i>zeitlich veränderlicher Durchfluss</i>	[m ³ /s]
$h_f(t) =$	<i>zeitlich veränderliche Fallhöhe</i>	[m]
$t =$	<i>Zeitspanne der Produktion</i>	[h]

Anhand der Messdaten der verschiedenen Anlagenstandorte ist es demnach möglich, das ganzjährige Wasserkraftpotential zu berechnen und miteinander zu vergleichen. Darüber hinaus können die zu erwartenden Einnahmen durch die EEG-Vergütung für den jeweiligen Standort ermittelt werden. CASiMiR-Hydropower kann daher als belastbare Grundlage für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wasserkraft fungieren.

4.2 Methodik

Entsprechend Abschnitt 2.3 basieren die Analysen auf den Pegeldata von 41 angefragten Standorten zu Wasserständen und Durchflüssen. Lediglich 12 Standorte wiesen dabei sowohl Pegelwasserstände ober- und unterhalb des Querbauwerkes als auch Abflussdaten auf. Nach ausgiebiger Filterung wurden diese der jeweiligen Kohorte zugeordnet und mit CASiMiR-Hydropower analysiert. Dadurch lässt sich der gesamte zu erwartende Bereich mit hohen und niedrigen Abflüssen bzw. Fallhöhen abdecken.

Tabelle 4-1: Mittels CASiMiR-Hydropower betrachtete Standorte

Standort	Kohorte	Zeitschiene ab dem Jahr
Liebenwalde	MQ > 5 & H > 0,8	2000
Zaaren		2014
Hohensaaten		2014
Bahnitz		2000
Grütz	MQ > 5 & 0,5 < H < 0,8	2000
Regow		2014
Altfriesack	1 < MQ < 5 & H > 0,8	2000
Rhinow		2008
Steinhavel		2000
Blankensee	1 < MQ < 5 & 0,5 < H < 0,8	2000
Hohenofen		2013
neue Mühle		2000

4.2.1 Zeitliche Zuordnung

Aufgrund der Tatsache, dass die übermittelten Daten ein breites zeitliches Spektrum und eine hohe Variabilität hinsichtlich ihrer Qualität aufweisen, werden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Betrachtungshorizont ab dem Jahr 2000,
- Jahre mit Extremereignissen werden herausgenommen (2010 – 2013 & 2018).

Es wird sich nur auf Daten ab dem Jahr 2000 bezogen, da ein aktuelles Bild des Abflussgeschehens abgebildet werden soll. Darüber hinaus sind manche Datenreihen erst ab späteren Zeitpunkten verfügbar gewesen. Durch die Beschränkung wird eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander ermöglicht.

Bei den Jahren 2010 bis 2013 handelt es sich um Hochwasserjahre, die analog der Vorgängerstudie (gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, 2017) aus der Betrachtung ausgeschlossen werden, um die Dauerlinien nicht unnötig in die Extrembereiche zu verlagern. Aus diesem Grund wird auch das Extremjahr 2018 aus der Untersuchung ausgeschlossen, da das Land Brandenburg in diesem Jahr von besonders intensiven Trockenperioden geprägt war (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2019). Dabei wurde stets das hydrologische Jahr herangezogen, um die Niederschlagswerte in fester Form während der Winterzeit zu berücksichtigen.

4.2.2 Turbinenwahl und Wirkungsgrade

In CASiMiR-Hydropower ist es möglich, entweder mit einem gemittelten Wirkungsgrad oder mit einem individuellen, anlagenspezifischen Wirkungsgradverlauf zu rechnen (siehe Ecological Engineering GmbH, 2008). Da Kaplan-turbinen über einen breiten Turbinenbeaufschlagungsbereich hinweg hohe Wirkungsgrade von über 90% aufweisen (Gloor, 2014) (Voith GmbH & Co KGaA, 2020), werden diese heutzutage verstärkt bei Kleinwasserkraftanlagen verbaut (Pálffy & al., 2017). Aus diesem Grund wird der Wirkungsgradverlauf von Kaplan-turbinen aus Klein- und Kleinstwasserkraftanlagen nach Ossberger (Ossberger, 2020) in Ergänzung mit Giesecke (Giesecke, Heimerl, & Mosonyi, 2014) entnommen. Unter Berücksichtigung der Teilwirkungsgrade ergibt sich ein mittlerer anlagenspezifischer Wirkungsgradverlauf gemäß Abbildung 4-1.

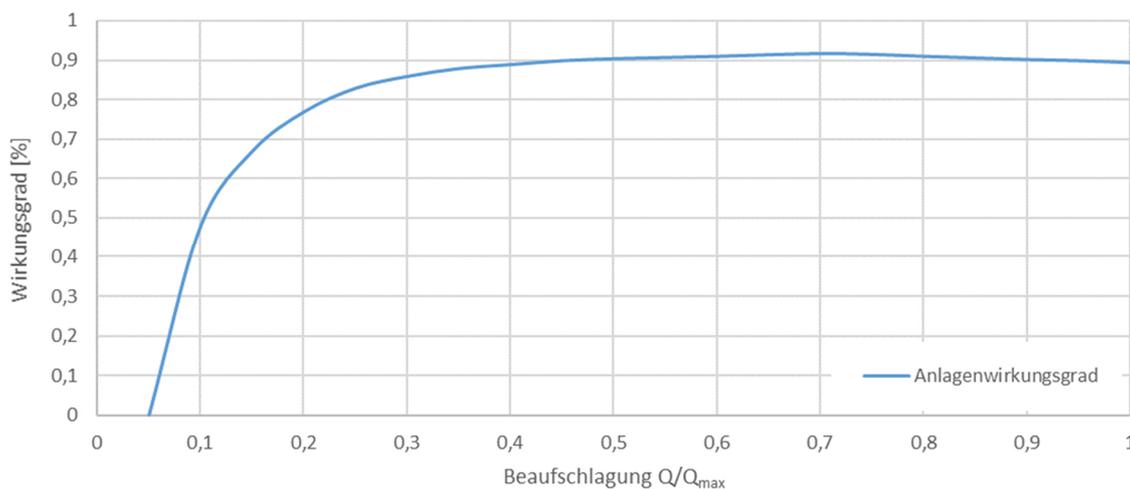


Abbildung 4-1: Anlagenwirkungsgrad bei Verwendung einer Kaplan-turbine in Abhängigkeit der Beaufschlagung (verändert nach Giesecke et al. (2014), Ossberger (2020))

4.3 Simulationsergebnisse

Nach Abschluss der CASiMiR-Simulationen können die Ergebnisse der Tabelle 4-2 entnommen werden. Der theoretisch ermittelte Wert nach Abschnitt 3.4 MQ (nach Abzug von $Q_{öko}$ und Q_s) ist immer den entsprechenden CASiMiR-Ergebnissen gegenübergestellt. Um eine

Vergleichbarkeit der beiden Datensätze zu gewährleisten, wurde auch in den CASiMiR-Simulationen das anzusetzende MQ_{cas} unter Berücksichtigung aller Abflussminderungen über $MQ_{cas} = 1,3 \cdot (MQ - Q_S - Q_{FAA} - Q_{BYP})$ bestimmt.

Tabelle 4-2: Ergebnisse der CASiMiR-Simulationsrechnungen

Standort	Kohorte	Zeitschiene ab	MQ	MQ _{cas}	Abweichung
		[Jahr]	[m³/s]	[m³/s]	[%]
Liebenwalde	MQ > 5 & H > 0,8	2000	8,96	11,94	33,26
Zaaren		2014	5,68	5,56	-2,04
Hohensaaten		2014	5,17	7,35	42,17
Bahnitz	MQ > 5 & 0,5 < H < 0,8	2000	67,64	76,37	12,91
Grütz		2000	70,11	81,16	15,76
Regow		2014	5,74	6,34	10,45
Altfriesack	1 < MQ < 5 & H > 0,8	2000	1,91	0,91	-52,62
Rhinow		2008	4,63	3,18	-31,27
Steinhavel		2000	3,23	3,39	5,05
Blankensee	1 < MQ < 5 & 0,5 < H < 0,8	2000	1,19	2,70	126,47
Hohenofen		2013	2,76	2,57	-6,88
neue Mühle		2000	1,90	1,38	-27,42

Fortsetzung Tabelle 4-2

Standort	P _{tech}	P _{cas}	Abweichung	E _a	E _{a-cas}	Abweichung
	[kW]	[kW]	[%]	[MWh/a]	[MWh/a]	[%]
Liebenwalde	151,34	87,44	-42,22	703,70	765,94	8,84
Zaaren	45,09	37,26	-17,37	209,70	326,39	55,65
Hohensaaten	38,18	36,50	-4,40	177,50	319,73	80,13
Bahnitz	499,45	215,4	-56,87	2.322,50	1.887,2	-18,74
Grütz	388,27	320,2	-17,54	1.805,40	2.804,6	55,34
Regow	37,62	33,72	-10,37	174,90	295,41	68,90
Altfriesack	21,16	6,03	-71,50	98,40	52,86	-46,28
Rhinow	42,73	1,14	-97,33	198,70	10,02	-94,96
Steinhavel	45,16	42,4	-6,11	185,20	371,44	100,56
Blankensee	6,59	4,78	-27,47	30,60	41,86	36,80
Hohenofen	17,83	7,03	-60,57	82,90	61,58	-25,72
neue Mühle	12,28	4,15	-66,21	50,30	36,42	-27,59

4.4 Auswertung der CASiMiR-Berechnungen

Wie in Tabelle 4-2 ersichtlich, lässt sich kein expliziter Trend der beiden Potentiale ausweisen. Besonders auffällig ist aber, dass die Ergebnisse teils stark streuen und Abweichungen bis zu +/-100 % aufzeigen. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Simulationen mittels CASiMiR aufgrund ihrer genaueren Eingangswerte qualitativ hochwertiger sind, wird

die Ungenauigkeit der allgemeinen Herangehensweise nach Abschnitt 3.3 deutlich. Durch das Heranziehen von Mittelwerten lässt sich demnach lediglich ein sehr allgemeines Bild der Standortsituation aufzeigen, eine belastbare Datengrundlage für die Bestimmung des Standortpotentials stellt dies nach Auffassung der Autoren aber nicht dar.

Besonders deutlich werden die o. g. Aussagen am Beispiel des Wehres Rhinow, auf welches an dieser Stelle exemplarisch genauer eingegangen werden soll. Hierbei handelt es sich um ein Wehr am Mühlenrhin, das im Bauwerkskatalog mit einem mittleren Abfluss von $MQ = 5,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ($4,63 \text{ m}^3/\text{s}$ nach Abzug von $Q_{\text{öko}}$) und einer Fallhöhe von $H = 1 \text{ m}$ hinterlegt ist. Während nun nach Berücksichtigung der Pegelwerte die mittleren Abflüsse beider Varianten hinreichend übereinstimmen, fällt sowohl bei der Leistung als auch bei der Jahresarbeit ein signifikanter Unterschied auf. Sind es nach der allgemeinen Betrachtung noch $42,73 \text{ kW}$ Leistung, die ausgewiesen werden, ergeben sich nach der Simulation lediglich $1,14 \text{ kW}$ (vgl. Tabelle 4-2). Werden nunmehr die Pegelraten genauer betrachtet, fällt auf, dass der Standort bei hohen Abflüssen keine Fallhöhen mehr aufweist. Nur wenn kaum Abflüsse zu verzeichnen sind, kann von nennbaren Fallhöhen ausgegangen werden (vgl. Abbildung 4-2).

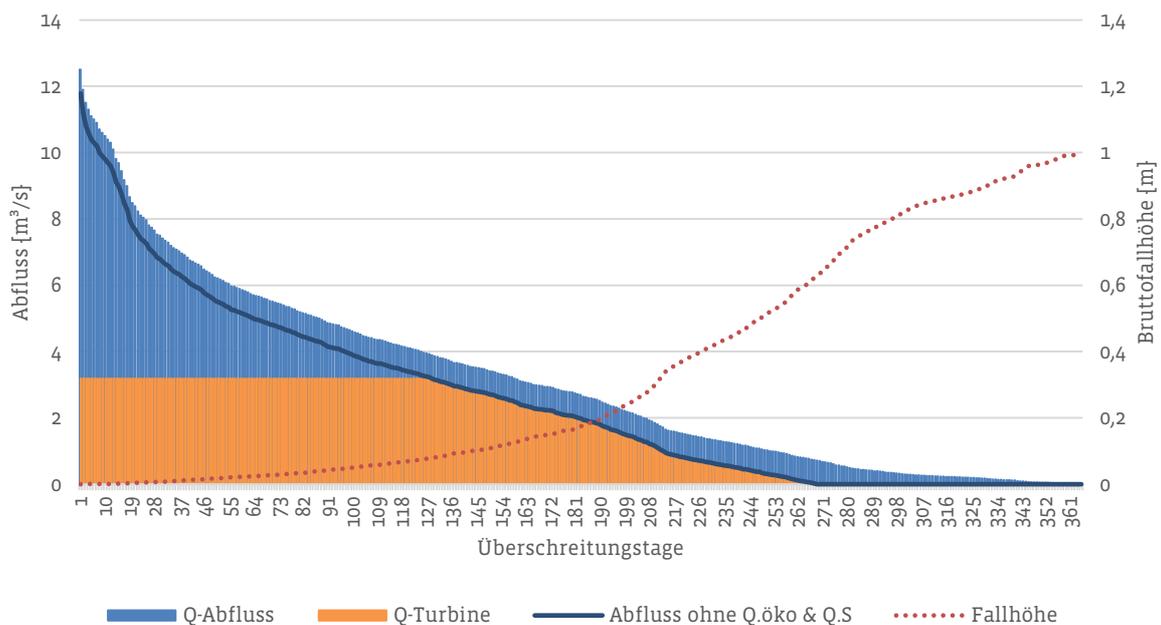


Abbildung 4-2: Dauerlinie mit Überschreitungstagen und der abflussabhängigen Fallhöhenbeziehung am Beispiel des Wehres Rhinow

Wird darüber hinaus die erbrachte Leistung bzw. Arbeit abgebildet (vgl. Abbildung 4-3), so wird deutlich, dass an diesem Standort das größte Leistungsangebot bei vergleichsweise kleinen Abflüssen anfällt, da dann noch ausreichende Fallhöhen und Abflüsse zur Energieerzeugung vorliegen. Diese Werte stehen jedoch in keinem Verhältnis zu den ermittelten Größen auf Basis des Querbauwerkskataloges. Es muss ergänzend hervorgehoben werden, dass sich diese Untersuchungen auf den Querbauwerkskatalog von 2017 stützen. 2021 erfolgte am Standort Rhinow die Fertigstellung eines Umgehungsgerinnes, welches die hyd-

raulischen Randbedingungen an diesem Standort in Zukunft umgestalten dürfte. Die allgemeine Aussage zur Belastbarkeit von mittelwertgesteuerten Auswertemethoden ist davon jedoch unabhängig.

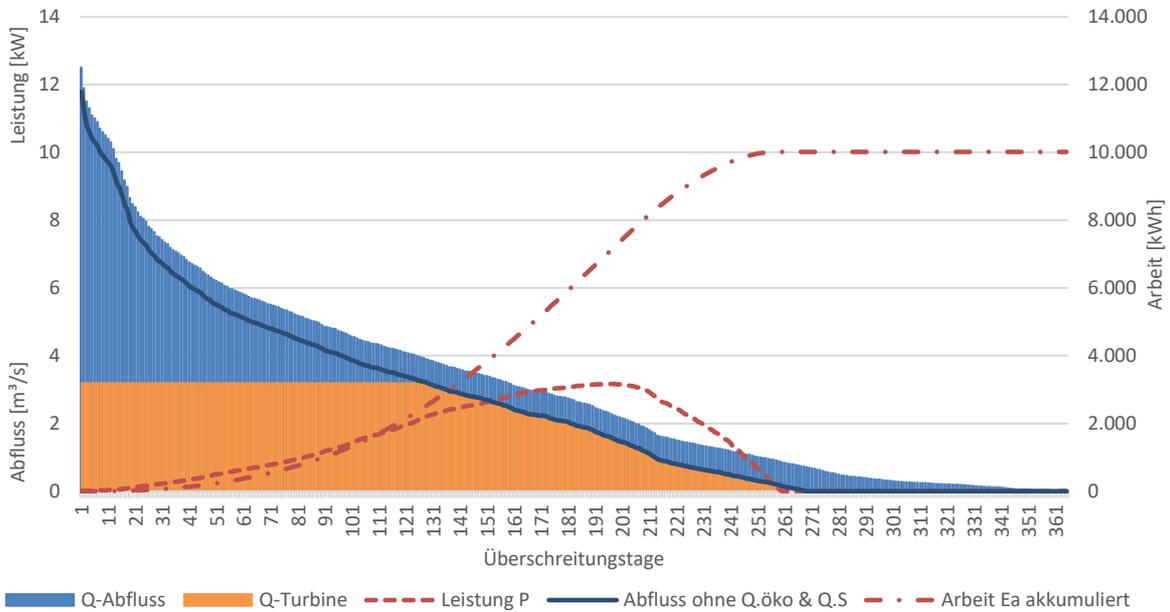


Abbildung 4-3: Dauerlinie mit Überschreitungstagen und der abflussabhängigen Leistung bzw. akkumulierten Arbeit Ea am Beispiel des Wehrs Rhinow

Die immanenten Ungenauigkeiten bei der allgemeinen Berechnung des Leistungspotentials nach Abschnitt 3.3 werden bei diesem exemplarischen Standort besonders deutlich. Bei Klein- und Kleinstwasserkraftanlagen, die in Brandenburg besonders relevant sind, können CASiMiR-Simulationsrechnungen helfen, die individuellen Einschätzungen des standortspezifischen Potentials auf Grundlage der generalisierten Vorgehensweise zu präzisieren. Insbesondere bei kleinen Anlagen ist eine Reduzierung der Fallhöhe mit einem deutlichen Leistungsabfall verbunden, sodass kleine Wasserkraftanlagen nur relativ unpräzise mittels eines allgemeinen Ansatzes abgebildet werden können.

5 ERGEBNISDISKUSSION

Die Ergebnisse aus Abschnitt 3.4 legen den Schluss nahe, dass das Land Brandenburg über eine hohe Anzahl potentieller Anlagenstandorte zur Wasserkraftgewinnung verfügt. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass ein Großteil der Standorte nur sehr kleine Fallhöhen und sehr kleine Durchflüsse besitzt. Als Resultat kann der überwiegende Teil des Potentials auf größere Standorte mit Fallhöhen $H > 0,8$ m und Abflüssen $MQ > 5$ m³/s ausgewiesen werden. Die Summen von ca. 8,63 MW und 39,04 GWh pro Jahr lassen zunächst scheinbar auf ein relevantes Wasserkraftpotential zur Erreichung der Klimaschutzziele schließen. Im 11. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg (Energieagentur Brandenburg, 2021) wird der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch von 2019 mit ca. 22,5 % angegeben. Dabei entfällt auf die Wasserkraft ein Leistungsanteil des bereits installierten Gesamtvolumens der erneuerbaren Energien von lediglich 0,03 % bzw. 3,6 MW von insgesamt 11.706,9 MW und ein Anteil an der jährlichen Strombereitstellung von 0,07 % bzw. 12,8 GWh von insgesamt 19.439,6 GWh (vgl. Tabelle 5-1). Einschließlich der obigen 8,63 MW bzw. 39,04 GWh würden auf die Wasserkraft unter der Annahme, dass alle potentiellen Standorte ausgebaut wären, nur ca. 0,1 % der gesamten elektrischen Leistung bzw. 0,27 % der jährlichen Strombereitstellung erneuerbarer Energien entfallen.

Tabelle 5-1: Struktur der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien im Land Brandenburg für das Jahr 2019, aus 11. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg (Energieagentur Brandenburg, 2021).

	installierte Leistung		elektrische Jahresarbeit	
	absolut [MW]	prozentual	absolut [GWh]	prozentual
Windkraftanlagen	7.253,6	62%	13.038,6	67,1%
Photovoltaikanlagen	3.980,5	34%	3.643,0	18,7%
Biomasseanlagen	443,0	3,8%	2.671,6	13,7%
Deponie-, Klärgas-, Grubengasanlagen	26,3	0,2%	73,6	0,4%
Wasserkraftanlagen	3,6	0,03%	12,8	0,07%
Erneuerbare gesamt	11.706,9		19.439,6	

Bezeichnend ist auch, dass die einzige große Wasserkraftanlage „Talsperre Spremberg“ mit 1,25 MW Leistung bereits allein mehr als 10 % der potentiell gewinnbaren Leistung an Brandenburger Querbauwerken bereitstellt (gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung, 2017). Wird nun berücksichtigt, dass im Land Brandenburg lediglich eine von insgesamt 406 deutschlandweiten Anlagen mit einem Leistungsvolumen größer 1 MW installiert ist (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010), wird die geringe Bedeutung der „Kleinen Wasserkraft“ für den Klimaschutz in Brandenburg unterstrichen.

Um das Wasserkraftanlagenpotential noch präziser zu quantifizieren, wurden Umfragen ausgewertet, deren Ziel es war, Standorte (Querbauwerke) zu identifizieren, welche in den kommenden 30 Jahren aller Voraussicht nach nicht mehr zur Verfügung stehen werden. Es handelt sich dabei um Rückbaupläne bzw. Ersatzbauten in Form von Sohlbauwerken wie Sohlrampen, -stufen etc. Werden diese Standorte vom Leistungspotential abgezogen, reduziert sich das mögliche Anlagenpotential innerhalb der nächsten 30 Jahre weiter auf voraussichtliche 7,85 MW beziehungsweise 35,48 GWh im Jahr.

Weiterhin legt die Betrachtung der in Abschnitt 4 getätigten Potentialermittlung durch CASiMiR-Hydropower den Schluss nahe, dass besonders bei Bundesländern mit Kleinwasserkraftanlagen der Bestimmungsansatz über einen mittleren Abfluss und eine konstante Fallhöhe deutliche Schwächen aufweist. Es konnte nachgewiesen werden, dass es besonders durch eine veränderliche Fallhöhenbeziehung bei kleineren Standorten zu einem signifikanten Abfall des zu erwartenden Leistungspotentials kommen kann. Dabei kann es auch durch die teilweise intensive Verkräutung der Tieflandgewässer zu einer deutlichen Reduzierung der Fallhöhe vor allem in den Sommermonaten kommen. Aus diesen Gründen ist davon abzuraten, die Ergebnisse, welche im Abschnitt 3.4 gewonnen wurden, ohne individuelle Überprüfung für die Wasserkraftplanung zu übernehmen. Es wird unbedingt darauf hingewiesen, dass es bei Kleinwasserkraftanlagenstandorten, wie in Brandenburg üblich, besonderer Untersuchungen bedarf. Ein belastbares, einfach zu handhabendes und kostenlos zugängliches Werkzeug stellt hierfür CASiMiR-Hydropower dar. Durch Kenntnis der veränderlichen Fallhöhen in Kombination mit Abfluss- und Maschinendaten können standortspezifische Analysen schnell durchgeführt werden, womit sich ein besserer Eindruck des vorhandenen Potentials ergibt als bei einer allgemeinen Betrachtung. Es ist demnach davon auszugehen, dass aufgrund der veränderlichen Fallhöhen das zu erwartende effektive Leistungspotential für das Land Brandenburg deutlich geringer ausfallen wird als auf Basis von Mittelwerten und ohne Zuhilfenahme von CASiMiR-Hydropower in Kapitel 4 angegeben.

Die Vorbetrachtung von 1992 stellt im Zusammenhang mit dieser und vorangegangenen Studien eine sehr optimistische Betrachtung des Wasserkraftanlagenpotential im Land Brandenburg dar. Ursache sind u.a. höher angesetzte Wirkungsgrade sowie annähernd doppelt so hohe Anzahlen an Volllaststunden der Anlagen. Es wurden zudem aus heutiger Sicht wichtige planerische und ökologische Randbedingungen bei der Potentialermittlung nicht berücksichtigt. Die ökologische Durchgängigkeit stromauf und stromab, sowohl für Fische und Makroinvertebraten als auch für Gewässersedimente, spielt bei der Neuplanung von Anlagen zur Wasserkraftnutzung eine zentrale Rolle und muss integriert werden. Unter Berücksichtigung dieser Fakten, ergab sich für die Wasserkraft in Brandenburg gegenüber 1992 ein deutlich geringeres Potential.

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen der o. g. Untersuchungen wurde das Potential zur Wasserkraftgewinnung an existierenden Querbauwerken in den Vorranggewässern für Durchgängigkeit in Brandenburg ermittelt. Wie durch das LfU Brandenburg vorgegeben, finden dabei die Auflagen der EU-WRRL und des WHG hinsichtlich der Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit Berücksichtigung. Vergleiche mit der Potentialstudie von 1992 wurden angestellt und liegen der Untersuchung bei. Zusätzlich zur gängigen Beurteilung des standortspezifischen Wasserkraftanlagenpotentials auf Basis eines mittleren Abflusses wurden erweiterte Untersuchungen mit der frei verfügbaren Simulationssoftware CASiMiR-Hydropower an ausgewählten Standorten exemplarisch durchgeführt. Dies ermöglicht eine differenziertere Betrachtung der Wasserkraftverhältnisse an den beschriebenen Standorten.

Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Im Land Brandenburg werden ein maximales Leistungs- bzw. jährliches Erzeugungspotential von 8,63 MW bzw. von 39,04 GWh prognostiziert (unter der rechnerisch-theoretischen Annahme einer uneingeschränkten wasserrechtlichen Genehmigungsfähigkeit aller untersuchten Standorte). Gemäß dem 11. Monitoringbericht für 2019 zur Energiestrategie des Landes Brandenburg entsprechen diese Zahlen 0,1 % des maximalen Leistungspotentials und 0,27 % des maximalen jährlichen Stromerzeugungspotentials der regenerativen Energien. Dieser Anteil wird in den kommenden Jahren angesichts der Ausbaugeschwindigkeit von Windkraft, Photovoltaik u. a. noch deutlich abnehmen.
- Ein Großteil der potentiellen Leistung (5,62 MW) wurde an Standorten mit einer Fallhöhe $H > 0,8\text{m}$ und einem mittleren Durchfluss $MQ > 5\text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt.
- Nach Abzug der Anlagenstandorte, die in 30 Jahren nach derzeitigem Kenntnisstand perspektivisch zurückgebaut werden sollen, reduzieren sich das maximale Leistungs- bzw. das jährliche Erzeugungspotential auf 7,85 MW bzw. 35,48 GWh.
- Standorten mit geringen Fallhöhen und/ oder niedrigen Durchflüssen wird nur ein geringes Potential zugeschrieben.
- Der überwiegende Anteil der potentiellen Standorte wird an den großen Gewässern Havel, Spree und Schwarze Elster identifiziert.
- Im Vergleich zur K.A.B.-Studie von 1992 fällt das hier ermittelte Potential der sechs Flussgebiete um ein Vielfaches geringer aus (93,1 GWh/a vs. 38,76 GWh/a). Begründet wird dies durch die Berücksichtigung der abflussmindernden Wirkung von Fischaufstiegsanlagen, Bypässen und Schleusen, die in der K.A.B.-Studie keinen Eingang fanden sowie höher angesetzten Wirkungsgraden bzw. deutlich höher angenommenen Volllaststunden.
- Als frei zugängliche Software eignet sich CASiMiR-Hydropower sehr gut für eine detailliertere Betrachtung einzelner Standorte und deren Abfluss- bzw. Fallhöhenbeziehungen.
- Es konnte mit CASiMiR-Hydropower die Ungenauigkeit der allgemeinen Herangehensweise über Mittelwerte für z.B. MQ veranschaulicht werden. Vor allem bei

Kleinwasserkraftanlagen spielt eine Berücksichtigung der veränderlichen Wasserspiegeldifferenz eine erhebliche Rolle.

- Aus den aktuellen Klimaentwicklungen lassen sich negative Trends für die Wasserkraft erwarten. Das jährliche Wasserdargebot ist hoch vulnerabel.
- Durch die Verlagerung des Niederschlags vom Sommer in den Winter kann mit einer Verlagerung der Dauerlinie in Extrembereiche gerechnet werden, was letztlich zu einer niedrigeren energetischen Verwertbarkeit führt.
- Der Einfluss der Bergbaufolgelandschaften drückt sich in Zukunft durch eine Abnahme des Sumpfungswassers bei gleichzeitiger Zunahme der Verdunstungsraten aus. Insbesondere in Trockenperioden wird dies in einer verringerten Wasserverfügbarkeit münden.

Viele der betrachteten Standorte müssen als Kleinst-Wasserkraftanlagen konzipiert werden. Sie weisen demnach relativ geringe Wirkungsgrade und Leistungspotentiale auf. Besonders durch die veränderlichen Wasserstände muss mit einer zusätzlichen Minderung gerechnet werden.

7 QUELLEN

- Berendes, K., Frenz, W., Müggenborg, H.-J. (2017): WHG Wasserhaushaltsgesetz – Kommentar. 2. völlig neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH. (2013). *Nachweis der Wasserverfügbarkeit für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit im Land Brandenburg - Teil I*. LfU.
- biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH. (2013). *Nachweis der Wasserverfügbarkeit für die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit im Land Brandenburg -Teil II*. LfU.
- BMUB/UBA. (2016). *Die Wasserrahmenrichtlinie - Deutschlands Gewässer 2015*. Bonn.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2009). *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG)*. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Abgerufen am 17. November 2020 von https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2009). *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) - aktualisierte Ausgabe vom 18.08.2021*. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Abgerufen am 17. September 2021 von https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (2010). *Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie*. Aachen: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- DAHLEM, Universität Duisburg Essen, & Planungsbüro Koenzen. (2013). *Ermittlung des erschließbaren Restpotentials der Wasserkraft im Regierungsbezirk Arnsberg*. Essen: Bezirksregierung Arnsberg.
- Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union. (2000). RICHTLINIE 2000/60/EG - zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*.
- Der Rat der europäischen Gemeinschaften. (1992). *Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen*. Der Rat der europäischen Union.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, A. u. (2014). Merkblatt DWA-M 509. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Deutscher Wetterdienst (DWD). (2019). *Klimareport Brandenburg - 1. Auflage*. Offenbach am Main.

- Eichler, D. (2013). Wasserbewirtschaftung. In *Verkehrsfreigabe Wasserstraßenkreuz Magdeburg* (S. 201-206). Magdeburg: WNA Magdeburg.
- Energieagentur Brandenburg. (2021). *Energiestrategie des Landes Brandenburg - 11. Monitoringbericht*. Potsdam: Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH.
- gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung. (2017). *Grundlage für ein Konzept zur Wasserkraftnutzung in Brandenburg*. LfU.
- Giesecke, J., Heimerl, S., & Mosonyi, E. (2014). *Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb - 6. Auflage*. Springer Vieweg.
- Gloor, R. (2014). *Wasserturbinen*. Abgerufen am 19. 10 2020 von <https://energie.ch/wasserturbinen/>
- IHC. (kein Datum). *Machbarkeitsstudie zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit an der Mühle Doberburg*. Lieberose/Oberspreewald: IHC.
- Institut für Binnenfischerei e.V. (2012). *Landeskonzept zur ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer Brandenburgs - Teil II, Bewertung und Priorisierung der Querbauwerke in Brandenburger Bundeswasserstraßen*. Potsdam: LfU.
- Institut für Binnenfischerei e.V. (2017). *Landeskonzept zur ökologischen Durchgängigkeit der Fließgewässer Brandenburgs - Teil III*. Potsdam: LfU.
- K.A.B. AG Berlin-Marzahn. (1992). *Pontialstudie der nutzbaren Wasserkraft des Landes Brandenburg: Band II - Einzeldokumentation Havel*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- K.A.B. AG Berlin-Marzahn. (1992). *Pontialstudie der nutzbaren Wasserkraft des Landes Brandenburg: Band III - Einzeldokumentation Spree, Dahme, Finowkanal, Neiße, schw. Elster*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- K.A.B. AG Berlin-Marzahn. (1992). *Pontialstudie der nutzbaren Wasserkraft des Landes Brandenburg: Band I - Textteil*. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.
- Landesamt für Natur, U. u.-W. (2017). *Potentialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 5 - Wasserkraft*. Recklinghausen: LANUV.
- Landesumweltamt für Umwelt (LfU) Brandenburg. (2016). *Klimareport Brandenburg 2016 - Das Klima von gestern, heute und in Zukunft. Fachbeiträge des Landesamt für Umwelt, Heft Nr. 150*.
- LfU Brandenburg. (2020). *Ausgewählte Pegelraten der Landesmessnetze Brandenburg*.
- LfU Brandenburg. (kein Datum). *"Wasserkraft-Fachkonzept" zur Umsetzung der §§ 33 - 35 WHG Teil1 (Leistungsbeschreibung)*. Potsdam: LfU.
- LfU Brandenburg. (2020). *Anfrage zu Schleusenabmessungen und Wasserverbrauch*.
- LfU Brandenburg. (2020). *Anfrage zur Abflussaufteilung an ausgewählten Standorten*.

- LMBV mbH. (2021). *Wasserwirtschaftlicher Jahresbericht 2020*. Senftenberg: LMBV.
- Löper, G., & Born, T. (2020). *Stauberatssitzung 2019/2020*. WSA Spree-Havel. Von https://bscw.bund.de/pub/bscw.cgi/d105551577/Havelstaubeirat_2019_Si.pdf abgerufen
- MLUK-Brandenburg. (2021). *Landesniedrigwasserkonzept Brandenburg*. MLUK.
- MLUK-Brandenburg. (2021). *Niedrigwasser 2018 und 2019 in den Flussgebieten Schwarze Elster, Spree und Lausitzer Neiße*. Potsdam: MLUK.
- NRW, M. . (2005). *Handbuch Querbauwerke*. Düsseldorf: MUNLV.
- Ossberger. (2020). *Datenblätter zu Kaplan und Ossberger Turbinen*. Ossberger.
- Pálffy, S. O., & al., e. (2017). *Wasserkraftanlagen Klein- und Kleinstkraftwerke*. expert verlag.
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (2003). Studie zur klimatologischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2055 un deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Abteilung erster Perspektiven. *PIK Report*, 83.
- sje - Ecohydraulic Engineering GmbH. (2019). *CASiMiR*. (sje - Ecohydraulic Engineering GmbH) Abgerufen am 11. 07 2019 von <http://www.casimir-software.de/download.html>
- sje - Ecological Engineering GmbH. (2008). *Handbuch für das Habitatsimulationsmodell CASiMiR - Modul: CASiMiR-Hydropower*. Stuttgart: sje - Ecological Engineering GmbH.
- Ungar, M. (17. 09 2020). Anfrage zur Abflussbeziehung an der Zehdenicker Freiarche (WSA Eberswalde).
- Voith GmbH & Co KGaA. (2020). Anfrage zu Wirkungsgraden von Kaplan turbinen.
- Wasserstraßen- Neubauamt Magdeburg. (kein Datum). *Die Wehrgruppe Quitzöbel - Altarmwehr und Durchstichwehr*. Abgerufen am 16. November 2020 von https://www.wna-magdeburg.wsv.de/Webs/WNA/WNA-Magdeburg/DE/Projekte/Bauwerke-Anlagen/01_Bruecken/Quitzoebel/Quitzz%C3%B6bel_node.html
- WSA Spree-Havel. (2020). Abflussaufteilung Wehrgruppe Quitzöbel.
- WSV. (2020). Anfrage zur Abflussaufteilung an ausgewählten Standorten.
- WSV. (2020). Ausgewählte Pegeldata der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) .
- WSV. (kein Datum). Anfrage zu Schleusenabmessungen und Wasserverbrauch.
- Zhang, M. (2018). *Doppelgeneratorsystem für Laufwasserkraftwerke*. Hannover: Universität Hannover.

8 ANHANG

Tabelle 8-1: Schleusenabfluss gemäß Abschnitt 3.1.1

Gewässer	Schleuse	Q _s [m ³ /s]	Bemerkung
Alte Oder-Finow	Hohensaaten-West	1,00	biota-Studie
Dahme	Neue Mühle	0,17	
Dahme	Hermsdorf	0,12	
Havel	Rathenow	2,00	
Havel	Stadtschleuse Rathenow	0,50	
Havel	Liebenwalde	0,60	
Havel	Bahnitz	1,10	
Havel	Zaaren	0,20	
Havel	Grütz	2,00	
Havel	Schorfheide	0,10	
Havel	Regow	0,10	
Havel	Fürstenberg	0,22	
Havel	Steinhaven	0,22	
Havel	Stadtschleuse (BB)	0,10	
Havel	Vorstadtschleuse Süd (BB)	2,50	
Havel	Vorstadtschleuse Nord (BB)	1,40	
Havel-Oder-Kanal	Lenitz	1,60	
Rhin	Gahlberg	0,02	nach Abschnitt 3.1.1
Rhin	Alt Ruppın	0,30	biota-Studie
Rhin	Hakenberg	0,15	
Rhin - Umfluter	Schleuse Altfriesack	0,17	
Spree	Fürstenwalde	0,10	
Spree	Beeskow	0,13	nach Abschnitt 3.1.1
Spree	Spremberg	0,13	
Spree	Altschadow	0,44	
Spree	Hartmannsdorf	0,02	
Spree	Lübben Spreebrücke B87	0,07	
Spree	Neubrück	0,02	
Spree	Kossenblatt	0,02	
Spree	Wehrschleuse 117	0,02	
Spree	Neu Lübbenau	0,03	
Spree	Jedroschleuse	0,03	
Spree	Wehr Nr.65	0,03	
Schneidemühlenfließ	Schneidemühlenfließ	0,03	
Burg-Lübbener Kanal	Wehr Nr. 33	0,01	
Krausnicker Strom	Krausnicker Strom	0,02	
Puhlstrom	Unteres Puhlstromwehr	0,04	
Puhlstrom	Oberes Puhlstromwehr	0,03	
Wasserburger Spree	Kopelna	0,02	
Zerniasfließ	Zerniasfließ	0,02	

Tabelle 8-2: Abflussaufteilung an Bauwerksgruppen gemäß Abschnitt 3.1.2 ohne Abzug von $Q_{\text{öko}}$

Bauwerksgruppe	Bauwerk	Q [m³/s]	Bemerkung
Neue Mühle (Auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse Neue Mühle	0,17	
	Fischbauchklappe neue Mühle	5,27	
	Schützenwehr neue Mühle	0,68	
Rathenow (Auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse Rathenow	2	
	Stadtschleuse Rathenow	0,5	
	Wehr Hinterarche	47,039	
	Wehr Vorderarche	7,08	
	Wehr Hellersches Loch	7,08	
	Wehr Mühlenarm Rathenow	7,08	
Brandenburg (auf Basis von Bau- werkskatalog)	Stadtschleuse	0,10	
	Vorstadtschleuse Süd	2,50	
	Vorstadtschleuse Nord	1,40	
	Großes Wehr	46,00	
	Wehrverschluss Jakobsgraben	1,00	
	Wehr Mühlengraben	0,06	
	Wehr/ Pumpenwerk	1,00	
	Reißnerisches Gerinne	1,50	
	Wehr Großer Überfall	2,00	Sohlrampe
Wehr Krakauer Mühle	0,00		
Fürstenberg (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse	0,22	
	Wehr Brandenburger Straße	3,83	
	Priesterhavel	0,45	
Steinhavel (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse	0,22	
	Mühlenwehr Steinhavel	3,83	
	Freiarchenwehr	0,45	
Sachsenhausen (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse Lenitz	2,60	
	Großes Wehr Sachsenhausen	6,54	
	Kleines Wehr Sachsenhausen	1,02	
Kleinbeuthen (auf Basis von Bauwerkskatalog)	Ehem. WKA Kleinbeuthen	0,01	stillgelegte WKA
	Wehr Kleinbeuthen	3,93	
Saarmund (auf Basis von Bauwerkskatalog)	Stöcker-Wehr	0,02	Aussage IFB
	Wehr Saarmund	6,15	
N. Mühle Perleberg (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Neue Mühle - Mühlenwehr	0,404	
	Perleberg Neue Mühle	3,636	
Perleberg (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	UT Wehr Perleberg	0,4	
	Stadtmühlwehr Perleberg	3,6	stillgelegte WKA Was- serrecht
Beeskow	Schleuse	0,13	

Bauwerksgruppe	Bauwerk	Q [m³/s]	Bemerkung
(auf Basis von Bauwerkskatalog)	Wehr Walkmühlengraben	0,7	
	Wehr Beeskow	18,14	
Lübbenau (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse	0,03	
	Wehr Schneidemühlenfließ	8,079	
	Schlossmühle Lübbenau Wehr Nr113	0,901	
Cottbus (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	kleines Sprewehr Cottbus	11,78	
	CB Mühlengraben E-Werk	1,31	
Madlow (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Wehr Madlow	11,78	
	Wehr Madlower Mühle	1,31	
Lübben (auf Basis von Bauwerkskatalog)	Schleuse Große Amtsmühle	0,02	
	Schleuse Spreebrücke B87	0,07	
	Schleuse Lehnigksberg	0,03	
	Lübben, Wehr Neue Schleuse "Kleine Amtsmühle"	7,80	
	Wehr Lohmühlenarche	4,00	
	Wehr Große Amtsmühle	1,18	
	Wehr Lübben Spreebrücke B87	10,95	
	Wehr Lübben	0,78	
Kossenblatt (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Schleuse kossenblatt	0,02	
	Wehr Kossenblatt	14,90	
	Schützenwehr neue Mühle	1,66	
Verteilerwehr Altgarz (auf Basis von Abschnitt 3.1.2)	Verteilerwehr Altgarz (Rhin-Bültgraben)	4,71	
	Verteilerwehr Altgarz Bültgraben	0,52	

Tabelle 8-3: Standortspezifisches Leistungspotential und entsprechende Jahresarbeit, Bezeichnung gemäß Bauwerkskatalog (Institut für Binnenfischerei e.V., 2017).

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
MQ \geq 5 H \geq 0,8	982	Alte Oder-Finow	Wehr / Schleuse Hohensaaten-West	38,18	0,1775
	926	Havel	Wehrgruppe Rathenow, Wehr Hinterarche	506,6	2,3557
	927	Havel	Wehrgruppe Rathenow, Wehr Vorderarche	63,99	0,2975
	928	Havel	Wehrgruppe Rathenow Hellersches Loch	71,74	0,3336
	929	Havel	Wehrgruppe Rathenow Mühlenwehr	71,74	0,3336
	930	Havel	Schlauchwehr Bahnitz	499,45	2,3225
	946	Havel	Großes Wehr Sachsenhausen	109,73	0,5102
	952	Havel	Wehr/Schleuse Liebenwalde	151,34	0,7037
	964	Havel	Wehr/Schleuse Zaaren	45,09	0,2097
	931	Havel	Großes Wehr Brandenburg	453,84	1,7246
	336	Nuthe	Wehr Burgfischerei ²	45,65	0,2123
	646	Nuthe	Wehr Groeben	51,16	0,2379
	251	Puhlstrom	Unteres Puhlstromwehr	144,47	0,6718
	290	Schwarze Elster	Wehr Frauenhorst ^{2, 4}	131,14	0,6098
	291	Schwarze Elster	Wehr Herzberg ⁴	360,63	1,6769
	292	Schwarze Elster	Wehr München ⁴	316,22	1,2965
	315	Schwarze Elster	Wehr Bad Liebenwerda ⁴	263,97	1,0821
	29	Spree	kleines Spreewehr Cottbus	318,97	1,4832
	31	Spree	Kiekebuscher Wehr	282,94	1,3157
36	Spree	Wehr Madlow	144,98	0,6742	
54	Spree	Schlauchwehr Trattendorf ²	208,78	0,9708	

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	56	Spree	Stadmühlwehr Spremberg	232,18	1,0796
	57	Spree	Vorsperre Bühlow	156,59	0,7281
	558	Spree	Schleuse Beeskow	155,43	0,7228
	561	Spree	Wehr Altschadow mit Schleuse	130,88	0,6086
	597	Spree	Wehr Hartmannsdorf	140,56	0,6536
	612	Spree	Lübben Spreebrücke B87	85,23	0,3963
	980	Spree	Wehr Große Tränke	117,87	0,5481
	981	Spree	Wehr Fürstenwalde	179,39	0,8342
	11	Spree - Schneidemühlenfließ	Wehr und Schleuse Schneidemühlenfließ	68,83	0,32
	615	Spree - Nordumfluter	Lübben, Wehr Neue Schleuse "kleine Amtsmühle	73,1	0,3399
MQ \geq 5 0,5 \leq H < 0,8	925	Havel	Nadelwehr Grütz ¹	388,27	1,8054
	962	Havel	Wehr/Schleuse Schorfheide	30,15	0,1402
	966	Havel	Wehr/Schleuse Regow	37,62	0,1749
	899	Nuthe	Wehr Saarmund	39,96	0,1858
	576	Rhin	Wehr Gahlberg ¹	41,8	0,1944
	891	Schnelle Havel	Wehr Neuholland 2 ²	48,66	0,2263
	845	Schwarze Elster	Schwarzheide Ost ⁴	24,41	0,1001
	9	Spree	Spreewehr, Wehrschleuse 117	49,23	0,2289
	555	Spree	Nadelwehr Drahendorf ¹	85,15	0,3959
	556	Spree	Wehr Neubrück	147,02	0,6836
560	Spree	Wehrgruppe Kossenblatt	62,77	0,2919	
1 \leq MQ < 5 H \geq 0,8	599	Dahme	Wehr Hermsdorf	78,27	0,3209
	992	Dahme	Fischbauchklappe Neue Mühle	60,78	0,2492
	451	Dosse	Wehr Scharfenberg ²	14,54	0,0676

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	452	Dosse	Wehr Rübehorst ²	20,68	0,0961
	454	Dosse	Wehr Friedrichsbruch	25,47	0,1185
	457	Dosse	Wehr Dosse-Umfluter Neustadt	38,21	0,1777
	459	Dosse	Wehr Wusterhausen II	26,42	0,1228
	460	Dosse	Wehr Wusterhausen I ²	25,08	0,1166
	461	Dosse	Wehr Brunn	22,6	0,1051
	463	Dosse	Wehr Tramnitz	30,18	0,1403
	466	Dosse	Wehr Wulkow	29,21	0,1358
	469	Dosse	Wehr Fretzdorf I ²	34,52	0,1605
	819	Große Röder	Röderumfluter Neu Saathain	16,35	0,076
	820	Große Röder	Wehr Neu Saathain	11,96	0,0556
	970	Havel	Wehr Brandenburger Straße (Fürstenberg)	44,72	0,2079
	971	Havel	Wehr + FWH Bahnhofstraße	35,44	0,1453
	973	Havel	Mühlenwehr Steinhavel	49,79	0,2041
	564	Jäglitz	Wehr Leddin	22,13	0,0841
	568	Jäglitz/neue Jägnitz	Wehr Zernitz II	8,79	0,0334
	436	Karthane	Wehr 6.9 (Klein Lüben)	10,63	0,0494
	794	Kleine Elster	Wehr Maasdorf	12,48	0,0512
	249	Krausnicker Strom	Wehr Krausnicker Strom	15,03	0,0699
	438	Löcknitz	Wehr Breetz	36,66	0,1705
	439	Löcknitz	Wehr Gandow ³	18,16	0,0745
	440	Löcknitz	Wehr Wustrow	17,5	0,0718
	441	Löcknitz	Wehr Jagel	21,88	0,0897
	443	Löcknitz	Wehr Lenzersilge	21,71	0,1009

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	444	Löcknitz	Wehr Birkholz	29,57	0,1375
	445	Löcknitz	Wehr Mesekow	20,65	0,096
	446	Löcknitz	Wehr Stavenow	16,2	0,0664
	447	Löcknitz	Wehr Dargardt	13,56	0,063
	448	Löcknitz	Wehr Postlin	7,81	0,0363
	213	Malxe, Großes Fließ	Wehr 14 (Blachoa)	38,48	0,1789
	214	Malxe, Großes Fließ	Wehr 16	49,88	0,2319
	640	Nuthe	Wehr Liebaetz ²	11,81	0,0549
	641	Nuthe	Wehr Märtensmühle	17,87	0,0831
	643	Nuthe	Wehr Dreifließe ²	21,92	0,1019
	644	Nuthe	Wehr Kleinbeuthen	30,74	0,1429
	248	Puhlstrom	Oberes Puhlstromwehr	45,73	0,2126
	391	Rhin	Wehr/Schleuse Alt Ruppin	39,69	0,1846
	582	Rhin	Wehr Michaelisbruch II ²	29,46	0,137
	589	Rhin	Schleuse und Wehranlage Hakenberg	20,51	0,0954
	392	Rhin - Umfluter	Wehr/Schleuse Alt friesack	21,16	0,0984
	577	Rhin (Mühlenrhin)	Wehr Rhinow ³	42,73	0,1987
	580	Rhin (Mühlenrhin)	Wehr Dreetz	37,47	0,1743
	584	Rhin (Rhinkanal)	Wehr IV	49,29	0,2292
	587	Rhin (Wustrauer Rhin)	Arche 19 Fehrbellin	28,17	0,131
	245	Schiwanstrom	Wehr Schiwanstrom Nr.204 c	22,43	0,1043
	893	Schwarze Elster	Wehr Großkoschen ⁴	27,91	0,1019
	895	Schwarze Elster	Wehr Senftenberg-Buchwalde ⁴	28,11	0,1026
	14	Spree	Jedroschleuse, Wehrschleuse Nr27	15,51	0,0721

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	15	Spree	Pietzner-Schleuse, Wehr Nr.65	13,96	0,0649
	28	Spree	Mühle Burg, Wehr Nr. 21	29,99	0,1394
	593	Spree	Wehr Neu Lübbenau Schleuse	41,44	0,1927
	492	Stepenitz	Perleberg Neue Mühle	29,87	0,1389
	495	Stepenitz	Stadtmühlwehr Perleberg ⁵	31,84	0,1481
	499	Stepenitz	Rieseleiwehr	31,35	0,1458
	500	Stepenitz	Wehr Weisen	37,22	0,1731
	501	Stepenitz	RAW Wehr (Wehr Deutsche Bahn)	37,77	0,1756
	353	Ucker	Wehr Nieden ²	25,89	0,0984
	250	Wasserburger Spree	Wehr Kopelna	25,43	0,1183
	338	Welse	Wehr Kunow ²	20,05	0,0822
	340	Welse	Wehr Kummerow	31,39	0,1287
	346	Welse	Wehr Passow ²	12,85	0,0527
	595	Zerniasfließ_I	Wehr Zerniasfließ	36,87	0,1715
1 ≤ MQ < 5 0,5 ≤ H < 0,8	242	Burg - Lübbener Kanal	Wehr Nr.103	11,47	0,0534
	244	Burg - Lübbener Kanal	Wehr Nr.33	13,92	0,0647
	455	Dosse	Wehr Hohenofen	17,83	0,0829
	462	Dosse	Wehr Trieplatz ²	12,99	0,0604
	464	Dosse	Wehr Sechzehneichen	9,92	0,0461
	567	Jäglitz	Wehr Zernitz I	6,81	0,0259
	569	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Krüllenkempe	7,69	0,0292
	570	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Stüdenitz	5,72	0,0217
	573	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Voigtsbrügge	8,14	0,0309
	210	Malxe	Wehr Drehnow	6,98	0,0324

Kohorte	QBW-ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	212	Malxe	Wehr Drachhausen	5,98	0,0278
	73	Nieplitz	Wehr Blankensee	6,59	0,0306
	642	Nuthe	Wehr Trebbin	10,5	0,0488
	318	Pulsnitz	Schonauer Wehr ²	5,81	0,0221
	319	Pulsnitz	Wehr Frauwalde ²	5,4	0,0205
	581	Rhin	Wehr Michaelisbruch I	23,57	0,1096
	578	Rhin (Mühlenrhin)	Verteilerwehr Altgarz (Rhin-Bültgraben)	18,95	0,0881
	583	Rhin (Rhinkanal)	Wehr III (Damm)	22,1	0,1027
	613	Spree - Kreuzspree	Lübben Wehr Lohmühlenarche	15,69	0,073
	339	Welse	Wehr Neue Mühle ²	12,28	0,0503

Tabelle 8-4: Standortspezifisches Leistungspotential und entsprechende Jahresarbeit in Abhängigkeit der Schwellenwerte des Leistungspotentials.

Schwellenwert Leistungspotential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung P_{tech}	Arbeit E_a
				[kW]	[GWh/a]
> 500 kW	926	Havel	Wehrgruppe Rathenow, Wehr Hinterarche	506,6	2,3557
> 200 kW	930	Havel	Schlauchwehr Bahnitz	499,45	2,3225
	931	Havel	Großes Wehr Brandenburg	453,84	1,7246
	925	Havel	Nadelwehr Grütz ¹	388,27	1,8054
	291	Schwarze Elster	Wehr Herzberg ⁴	360,63	1,6769
	29	Spree	kleines Spreeweher Cottbus	318,59	1,4832
	292	Schwarze Elster	Wehr München ⁴	316,22	1,2965
	31	Spree	Kiekebuscher Wehr	282,94	1,3157
	315	Schwarze Elster	Wehr Bad Liebenwerda ⁴	263,97	1,0821
	56	Spree	Stadmühlwehr Spremberg	232,18	1,0796
	54	Spree	Schlauchwehr Trattendorf ²	208,78	0,9708
> 100 kW	981	Spree	Wehr Fürstenwalde	179,39	0,8342
	57	Spree	Vorsperre Bühlow	156,59	0,7281
	558	Spree	Schleuse Beeskow	155,43	0,7228
	952	Havel	Wehr/Schleuse Liebenwalde	151,34	0,7037
	556	Spree	Wehr Neubrück	147,02	0,6836
	36	Spree	Wehr Madlow	144,98	0,6742
	251	Puhlstrom	Unteres Puhlstromwehr	144,47	0,6718
	597	Spree	Wehr Hartmannsdorf	140,56	0,6536
	290	Schwarze Elster	Wehr Frauenhorst ^{2, 4}	131,14	0,6098
	561	Spree	Wehr Altschadow mit Schleuse	130,88	0,6086
980	Spree	Wehr Große Tränke	117,87	0,5481	

Schwellenwert Leistungs- potential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P _{tech}	E _a
				[kW]	[GWh/a]
	946	Havel	Großes Wehr Sachsenhausen	109,73	0,5102
> 50 kW	612	Spree	Lübben Spreebrücke B87	85,23	0,3963
	555	Spree	Nadelwehr Drahendorf ¹	85,15	0,3959
	599	Dahme	Wehr Hermsdorf	78,27	0,3209
	615	Spree - Nordumfluter	Lübben, Wehr Neue Schleuse "kleine Amtsmühle	73,1	0,3399
	929	Havel	Wehrgruppe Rathenow Mühlenwehr	71,74	0,3336
	928	Havel	Wehrgruppe Rathenow Hellersches Loch	71,74	0,3336
	11	Spree - Schneidemühlenfließ	Wehr und Schleuse Schneidemühlenfließ	68,83	0,32
	927	Havel	Wehrgruppe Rathenow, Wehr Vorderarche	63,99	0,2975
	560	Spree	Wehrgruppe Kossenblatt	62,77	0,2919
	992	Dahme	Fischbauchklappe Neue Mühle	60,78	0,2492
	646	Nuthe	Wehr Groeben	51,16	0,2379
> 10 kW	214	Malxe, Großes Fließ	Wehr 16	49,88	0,2319
	973	Havel	Mühlenwehr Steinhavel	49,79	0,2041
	584	Rhin (Rhinkanal)	Wehr IV	49,29	0,2292
	9	Spree	Spreewehr, Wehrschleuse 117	49,23	0,2289
	891	Schnelle Havel	Wehr Neuholland 2 ²	48,66	0,2263
	248	Puhlstrom	Oberes Puhlstromwehr	45,73	0,2126
	336	Nuthe	Wehr Burgfischerei ²	45,65	0,2123
	964	Havel	Wehr/Schleuse Zaaren	45,09	0,2097
	970	Havel	Wehr Brandenburger Straße (Fürstenberg)	44,72	0,2079
	577	Rhin (Mühlenrhin)	Wehr Rhinow ³	42,73	0,1987
	576	Rhin	Wehr Gahlberg ¹	41,8	0,1944
	593	Spree	Wehr Neu Lübbenau Schleuse	41,44	0,1927

Schwellenwert Leistungspo- tential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	899	Nuthe	Wehr Saarmund	39,96	0,1858
	391	Rhin	Wehr/Schleuse Alt Ruppin	39,69	0,1846
	213	Malxe, Großes Fließ	Wehr 14 (Blachoa)	38,48	0,1789
	457	Dosse	Wehr Dosse-Umfluter Neustadt	38,21	0,1777
	982	Alte Oder-Finow	Wehr / Schleuse Hohensaaten-West	38,18	0,1775
	501	Stepenitz	RAW Wehr (Wehr Deutsche Bahn)	37,77	0,1756
	966	Havel	Wehr/Schleuse Regow	37,62	0,1749
	580	Rhin (Mühlenrhin)	Wehr Dreetz	37,47	0,1743
	500	Stepenitz	Wehr Weisen	37,22	0,1731
	595	Zerniasfließ_I	Wehr Zerniasfließ	36,87	0,1715
	438	Löcknitz	Wehr Breetz	36,66	0,1705
	971	Havel	Wehr + FWH Bahnhofstraße	35,44	0,1453
	469	Dosse	Wehr Fretzdorf I ²	34,52	0,1605
	495	Stepenitz	Stadmühlwehr Perleberg ⁵	31,84	0,1481
	340	Welse	Wehr Kummerow	31,39	0,1287
	499	Stepenitz	Rieseleiwehr	31,35	0,1458
	644	Nuthe	Wehr Kleinbeuthen	30,74	0,1429
	463	Dosse	Wehr Tramnitz	30,18	0,1403
	962	Havel	Wehr/Schleuse Schorfheide	30,15	0,1402
	28	Spree	Mühle Burg, Wehr Nr. 21	29,99	0,1394
	492	Stepenitz	Perleberg Neue Mühle	29,87	0,1389
	444	Löcknitz	Wehr Birkholz	29,57	0,1375
	582	Rhin	Wehr Michaelisbruch II ²	29,46	0,137
	466	Dosse	Wehr Wulkow	29,21	0,1358

Schwellenwert Leistungspo- tential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	587	Rhin (Wustrauer Rhin)	Arche 19 Fehrbellin	28,17	0,131
	895	Schwarze Elster	Wehr Senftenberg-Buchwalde ⁴	28,11	0,1026
	893	Schwarze Elster	Wehr Großkoschen ⁴	27,91	0,1019
	459	Dosse	Wehr Wusterhausen II	26,42	0,1228
	353	Ucker	Wehr Niedenz	25,89	0,0984
	454	Dosse	Wehr Friedrichsbruch	25,47	0,1185
	250	Wasserburger Spree	Wehr Kopelna	25,43	0,1183
	460	Dosse	Wehr Wusterhausen I ²	25,08	0,1166
	845	Schwarze Elster	Schwarzheide Ost ⁴	24,41	0,1001
	581	Rhin	Wehr Michaelisbruch I	23,57	0,1096
	461	Dosse	Wehr Brunn	22,6	0,1051
	245	Schiwanstrom	Wehr Schiwanstrom Nr.204 c	22,43	0,1043
	564	Jäglitz	Wehr Leddin	22,13	0,0841
	583	Rhin (Rhinkanal)	Wehr III (Damm)	22,1	0,1027
	643	Nuthe	Wehr Dreifließe ²	21,92	0,1019
	441	Löcknitz	Wehr Jagel	21,88	0,0897
	443	Löcknitz	Wehr Lenzersilge	21,71	0,1009
	392	Rhin - Umfluter	Wehr/Schleuse Altfriesack	21,16	0,0984
	452	Dosse	Wehr Rübehorst ²	20,68	0,0961
	445	Löcknitz	Wehr Mesekow	20,65	0,096
	589	Rhin	Schleuse und Wehranlage Hakenberg	20,51	0,0954
	338	Welse	Wehr Kunow ²	20,05	0,0822
	578	Rhin (Mühlenrhin)	Verteilerwehr Altgarz (Rhin-Bültgraben)	18,95	0,0881
	439	Löcknitz	Wehr Gandow ³	18,16	0,0745

Schwellenwert Leistungs- potential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung	Arbeit
				P_{tech}	E_a
				[kW]	[GWh/a]
	641	Nuthe	Wehr Märtensmühle	17,87	0,0831
	455	Dosse	Wehr Hohenofen	17,83	0,0829
	440	Löcknitz	Wehr Wustrow	17,5	0,0718
	819	Große Röder	Röderumfluter Neu Saathain	16,35	0,076
	446	Löcknitz	Wehr Stavenow	16,2	0,0664
	613	Spree - Kreuzspree	Lübben Wehr Lohmühlenarche	15,69	0,073
	14	Spree	Jedroschleuse, Wehrschleuse Nr27	15,51	0,0721
	249	Krausnicker Strom	Wehr Krausnicker Strom	15,03	0,0699
	451	Dosse	Wehr Scharfenberg ²	14,54	0,0676
	15	Spree	Pietzner-Schleuse, Wehr Nr.65	13,96	0,0649
	244	Burg - Lübbener Kanal	Wehr Nr.33	13,92	0,0647
	447	Löcknitz	Wehr Dargardt	13,56	0,063
	462	Dosse	Wehr Trieplatz ²	12,99	0,0604
	346	Welse	Wehr Passow ²	12,85	0,0527
	794	Kleine Elster	Wehr Maasdorf	12,48	0,0512
	339	Welse	Wehr Neue Mühle ²	12,28	0,0503
	820	Große Röder	Wehr Neu Saathain	11,96	0,0556
	640	Nuthe	Wehr Liebaetz ²	11,81	0,0549
	242	Burg-Lübbener Kanal	Wehr Nr.103	11,47	0,0534
	436	Karthane	Wehr 6.9 (Klein Lüben)	10,63	0,0494
	642	Nuthe	Wehr Trebbin	10,5	0,0488
< 10 kW	464	Dosse	Wehr Sechzehneichen	9,92	0,0461
	568	Jäglitz/neue Jägnitz	Wehr Zernitz II	8,79	0,0334
	573	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Voigtsbrücke	8,14	0,0309

Schwellenwert Leistungspo- tential	ID	Gewässer	Querbauwerk	Leistung P_{tech}	Arbeit E_a
				[kW]	[GWh/a]
	448	Löcknitz	Wehr Postlin	7,81	0,0363
	569	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Krüllenkempe	7,69	0,0292
	210	Malxe	Wehr Drehnow	6,98	0,0324
	567	Jäglitz	Wehr Zernitz I	6,81	0,0259
	73	Nieplitz	Wehr Blankensee	6,59	0,0306
	212	Malxe	Wehr Drachhausen	5,98	0,0278
	318	Pulsnitz	Schonauer Wehr ²	5,81	0,0221
	570	Jäglitz /neue Jäglitz	Wehr Stüdenitz	5,72	0,0217
	319	Pulsnitz	Wehr Frauwalde ²	5,4	0,0205

¹ Nadelwehr

² Sohlenbauwerk oder anderweitiger Rückbau vorgesehen

³ Umgehungsgerinne vorgesehen

⁴ stark sumpfungswasserbeeinflusst

⁵ Wasserrecht durch das LfU gekauft mit dem Ziel Rückbau