Technische Universität Braunschweig
AG Reg.En

Kurztitel:

Vorstudie zum

Wasserkraftpotenzial in Niedersachsen

Vollständige Projektbezeichnung:

„Potenzialstudie über das theoretische und das technisch nutzbare Wasserkraftpotenzial der kleinen, mittleren und großen Wasserkraft in Niedersachsen“

von

Dipl.-Ing. Christian Seidel

Technische Universität Braunschweig
Institut für Statik
Arbeitsgruppe für Regenerative Energien
Beethovenstraße 51
38106 Braunschweig

Braunschweig, Juli 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Verfügbarkeit und Charakteristik Erneuerbarer Energieträger

2.1 Monatsverlauf der Energieerzeugung in Deutschland

2.2 Jahresverläufe erneuerbare Energieträger in Deutschland

2.3 Volllaststunden Erneuerbarer Energieträger

2.4 Nutzungsdauer und Erntefaktor von Energieerzeugungsanlagen
2.4.1 Nutzungsdauer von Energieerzeugungsanlagen
2.4.2 Erntefaktor von Energieerzeugungsanlagen

2.5 Wirkungsgrade Erneuerbarer Energieträger

3. Ausbaustand der Wasserkraft Welt, EU, BRD und Bundesländer

4. Hydrologische Grundlagen

4.1 Fließgewässer und Gewässereinzugsgebiete in Niedersachsen

4.2 Niederschlagsverteilung in Deutschland und in Niedersachsen

4.3 Einfluss von Trockenheit und Hochwasser auf die Wasserkraft in Deutschland

5. Topographische Grundlagen

6. Ausbaubares Wasserkraftpotenzial

6.1 Historische Grundlagen

6.2 Aktueller Stand der Wasserkraft in Niedersachsen
6.2.1 Anzahl der in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen in Niedersachsen
6.2.2 Installierte Leistung und Erzeugung der Wasserkraft in Niedersachsen

6.3 Auszug aus dem ausbaubaren Wasserkraftpotenzial Niedersachsens anhand von ausgewählten Einzelstandorten
6.3.1 Ausbaubares Wasserkraftpotenzial an 54 Einzelstandorten in Niedersachsen
6.3.2 Ausbaubares Wasserkraftpotenzial an Weser und Elbe in Niedersachsen
6.3.3 Zusammenstellung des ausbaubaren Wasserkraftpotenzials in Niedersachsen

7. Ausblick

Literatur

1. Einleitung

Eine nachhaltige, erneuerbare, sichere und bezahlbare Energieversorgung und die damit einhergehende Transformation und Dekabonisierung unseres Energiesystems als zentrale Maßnahme für den Klimaschutz gelingt nur bei der Nutzung aller verfügbaren heimischen erneuerbaren Energieträger - der stark volatilen Energieträger Wind und Sonne und der grundlastfähigen, netzstabilisierenden, regel- und speicherbaren Energieträger Biomasse, Wasserkraft und Geothermie.

Eine sichere und zuverlässige erneuerbare Stromversorgung zu 80 % und mehr erfolgt weltweit bei 27 von 154 betrachteten Staaten der Erde nach [1] auf der Basis von Wasserkraft. Eine alleinige erneuerbare Energieversorgung zu 100 % auf Basis der stark fluktuierenden Energieträger Wind und Sonne ist weltweit nirgendwo erreicht und macht sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus technischer Sicht nur begrenzt Sinn auf Grund der großen benötigten Speicherkapazitäten, der großen erforderlichen Ausbauleistungen, der verhältnismäßig geringen Anlagenlebensdauer und des hohen, mit großen Akzeptanzproblemen verbundenen, Anlagenbedarfs.

Zielführender ist vielmehr der Ausbau, die intelligente Nutzung und Kombination aller erneuerbaren Energieträger mit ihren verschiedenen Eigenschaften und Qualitäten, die in einer ausgewogenen Komposition zu einer sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen erneuerbaren Energieversorgung der Zukunft führen. Ein besonderes Augenmerk muss hierbei auf ein sorgfältig austariertes Verhältnis von grundlastfähigen zu stark fluktuierenden erneuerbaren Energieträgern gelegt werden in Abhängigkeit der zusätzlich zur Verfügung stehenden Speichermöglichkeiten. Bei den Speichern werden die über Jahrzehnte erprobten hocheffizienten, großtechnisch einsetzbaren Speichertechnologien der Wasserkraft im Bereich der Pumpspeicher und der Speicherwasserkraft neben den Speichermöglichkeiten der Biomasse eine große Rolle spielen.

Das Land Niedersachsen hat sich in den letzten drei Jahrzehnten zu einem der führenden Bundesländer bei der Energieerzeugung auf der Basis Erneuerbarer Energien im Bereich der Windkraft und der Bioenergie entwickelt.

Im Bereich der Sonnenenergie-, Wasserkraft- und Geothermienutzung ist Niedersachsen im Vergleich zu anderen Bundesländer weniger stark vertreten. Auch im Bereich der großtechnischen hocheffizienten Speicher weist Niedersachsen trotz der vielfältigen geographischen Möglichkeiten nur ein einziges Pumpspeicherkraftwerk in Erzhausen auf.

Für das Gesamtkonzept einer zukünftigen Energieversorgung des Landes Niedersachsen auf Basis der Erneuerbaren Energien besteht die grundlegende Fragestellung, wie groß das tatsächliche Ausbaupotenzial der Wasserkraft in Niedersachsen ist. Die Beantwortung dieser Frage ist für das zukünftige Energiekonzept auf Basis der erneuerbaren Energien von Bedeutung, da sich die Wasserkraft, im Gegensatz zu der stark fluktuierenden Energieerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik, durch eine Grundlast-, Mittellast- und Spitzenlastfähigkeit sowie Regelbarkeit auszeichnet. Darüber hinaus trägt vor allem die kleine und mittlere Wasserkraft besonders in der Mittel- und Niederspannungsebene zu einer Netzstabilisierung bei und verfügt bei einem Netzzusammenbruch, dessen Auftretenswahrscheinlichkeit mit dem verstärkten Ausbau der stark fluktuierenden Energieträger Wind und Sonne zunimmt, über eine Schwarzstartfähigkeit, wodurch ein Wiederaufbau der Stromversorgung grundsätzlich möglich ist.

Für eine grundlegende Abschätzung des Wasserkraftpotenzials der Bundesrepublik hat das BMU 2010 [2] eine länderübergreifende Studie erstellen lassen, wobei die Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen nur teilweise erfasst wurden. Bei der Studie wird wie schon bei der großen Preußenstudie von 1914 [3] auf der Grundlage des Abflusslinienpotenzials das theoretische Wasserkraftpotenzial bestimmt. Realistische Aussagen zum tatsächlich technisch nutzbaren Wasserkraftpotenzial sind mit dieser sehr makroskopisch angelegte Studie nur begrenzt

möglich, da hierfür eine detaillierte Anpassung der vielseitigen Randbedingungen auf der Ebene des jeweiligen Bundeslandes erfolgen muss. Studien dieser Art wurden auf Landesebene für die Bundesländer Nordrhein-Westfalen [4], Rheinland-Pfalz [5] und für das obere Neckargebiet [6] auf der Grundlage von Querbauwerkkatastern des jeweiligen Bundeslandes erstellt. Die Festlegung der in den Studien gewählten Randbedingungen und Vereinfachungen lässt aber aus wissenschaftlicher Sicht eine Vielzahl von Fragestellungen offen, ebenso wie in keiner der Studien eine Validierung der Ergebnisse durch detaillierte Untersuchungen an Einzelstandorten und an Referenzgewässern des Untersuchungsgebietes erfolgte. Hinsichtlich dieser Tatsachen besteht bei den Studien auf Landesebene entsprechender Forschungsbedarf, den es in weiterführenden Studien zu bearbeiten gilt.

Für das Land Niedersachsen fehlt eine detaillierte wissenschaftliche Studie zum Wasserkraftpotenzial vollständig. Gestützt wird sich daher bei Aussagen zum niedersächsischen Wasserkraftpotenzial auf makroskopische Studien für das gesamte Bundesgebiet, wie z.B. in der Drucksache 14/3397 des Niedersächsischen Landtages zur Förderung der Wasserenergienutzung in Niedersachsen [7], die allerdings nur eine sehr ungenaue Erfassung des tatsächlichen Wasserkraftpotenzials ermöglichen und wiederum auf Sekundärliteratur zurückgreifen ohne die Originalquellen zu analysieren, oder auf Abschätzungen für einzelne ausgewählte Standorte durch die Arbeitsgemeinschaft Wasserkraftwerke Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Arge) [8], die aber ebenfalls hinsichtlich der fehlenden Datengrundlagen auf stark vereinfachten Annahmen beruhen. So wird z.B. in [7] von einem Zubaupotenzial für das gesamte Bundesland Niedersachsen von maximal 90 GWh/a ausgegangen, was allerdings schon alleine durch den bisher nicht ausgebauten Wasserkraftstandort am Elbewehr Geesthacht vollständig erbracht werden kann, wie detaillierte Standortuntersuchungen ergeben. Die Aussage eines Leistungszubaus von 50 MW mit einer Jahreserzeugung von 250 GWh/a in Niedersachsen durch die Arge ist im Rahmen der stark vereinfachten Annahmen zutreffender und hat sich dementsprechend auch im Niedersächsischen Runderlaß v. 15.7.1996 – 206-32344/3/1 des Umweltministeriums zur Zulassung von Wasserkraftanlagen manifestiert, der bis heute seine Gültigkeit besitzt. Eine die tatsächlichen Gegebenheiten des Wasserkraftpotenzials in Niedersachsen widerspiegelnde Studie liegt jedoch auch mit der Arge Aussage nicht vor. Ebenfalls ist bei den bisherigen Betrachtungen keine Untersuchung der umfangreichen Ausarbeitungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen zu den Schifffahrts- und Wasserkraftausbauplänen an Weser, Fulda, Werra und Elbe erfolgt.

Im Rahmen der kurzfristig auf Anfrage des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (NMU) erstellten Vorstudie zum ausbaubaren Wasserkraftpotenzial in Niedersachsen werden zunächst nur anteilig Standorte der großen und mittleren Wasserkraft zusammengetragen, um eine erste Vorstellung zum vorhandenen technisch ausbaubaren Potenzial an bestehenden Stauhaltungen, Querbauwerken und anderen historisch existierenden Wassernutzungssystemen zu ermöglichen. Die hierbei zusammengetragenen 54 Standorte stellen dabei nur einen geringen Teil der 1925 noch betriebenen 1.940 Wasserkraftstandorte in Niedersachsen und einen noch geringeren Teil der historisch tatsächlich auf dem heutigen Landesgebiet existierenden Wasserkraftstandorte und der 5.948 Querbauwerke in Niedersachsen dar.

Neben den 54 Standorten wurden auch die Wasserkraftausbaupläne von Westdeutschland für die Weser mit 12 Standorten und die Ausbaupläne für die Elbe mit 4 Standorten auf dem Gebiet des Landes Niedersachsens untersucht und zusammengestellt.

Bei der vorliegenden Vorstudie konnte die kleine Wasserkraft noch nicht betrachtet werden, obwohl diese, wie auch die Untersuchungen zum Wasserkraftpotenzial im Landkreis Göttingen [9] und die derzeitige Energieerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen im Vergleich zum Bundesschnitt zeigen, einen maßgeblichen Beitrag zur Energieerzeugung liefert, neben der hohen netzstabilisierenden Wirkung auf der Mittel- und Niederspannungsebene [10].

Eine vertiefende Untersuchung zum Wasserkraftpotenzial in Niedersachsen ist im Rahmen der Erstellung der „Potenzialstudie über das theoretische und das technisch nutzbare Wasserkraftpotenzial der kleinen, mittleren und großen Wasserkraft in Niedersachsen“ angedacht, für die an der TU Braunschweig bereits entsprechende Vorarbeiten geleistet wurden.

2. Verfügbarkeit und Charakteristik Erneuerbarer Energieträger

2.1 Monatsverlauf der Energieerzeugung in Deutschland

Die typische Charakteristik der Stromerzeugung der einzelnen Erneuerbaren Energieträger in Deutschland ist in Bild 1 ersichtlich, welches die Stromerzeugung und den Stromverbrauch für den Monat September 2017 über den Tagesverlauf zeigt. Die rote Linie entspricht dabei dem Stromverbrauch in Deutschland, der durch die verschiedenen Kraftwerksarten, die ebenfalls in Bild 1 dargestellt sind, gedeckt werden muss. Grundsätzlich gilt dabei in Deutschland, dass bei der Stromerzeugung die erneuerbare Energieerzeugung Vorrang vor der konventionellen Energieerzeugung besitzt. Die Konventionellen Kraftwerke der Kernkraft, Stein- und Braunkohle sowie die Gas- und Ölkraftwerke sind in Bild 1 zu einem Block zusammengefasst.

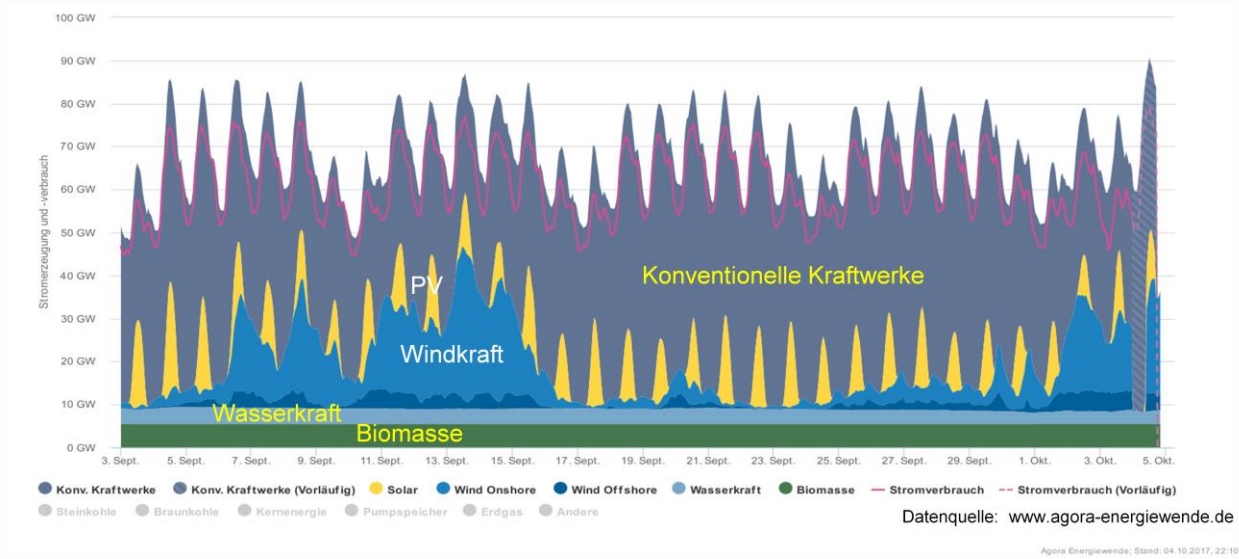


Bild 1: Monatsverlauf der Energieerzeugung in Deutschland

Für die Energieträger Biomasse und Wasserkraft ergibt sich als typische Charakteristik, wie in Bild 1 ersichtlich, ein fast konstantes Erzeugungsband über den gesamten Monat September, was die Grundlastfähigkeit sowie die hohe und sichere Verfügbarkeit dieser beiden Energieträger verdeutlicht. Der stark fluktuierende, tageszeitabhängige Charakter der Energieträger Wind und Sonne ist ebenfalls in Bild 1 deutlich erkennbar. Die Photovoltaik zeigt hierbei ihr Erzeugungsmaximum in der Mittagsspitze bei der auch der höchste Stromverbrauch an den einzelnen Tagen stattfindet. In den restlichen Tagesbereichen sinkt die PV-Erzeugung bis zur Nichterzeugung im Nachtbereich ab. Bei der Windkraft zeigen sich Phasen hoher Erzeugung und Phasen bei denen fast gar keine Erzeugung stattfindet, die meist über mehrere Tage anhalten. Innerhalb der Erzeugungsphasen liegen zusätzlich bei der Windkraft starke tageszeitbeeinflusste Erzeugungsschwankungen vor. Hierbei erreicht die Windkrafterzeugung wie die PV-Erzeugung über die Mittagszeit ihr Erzeugungsmaximum, was teilweise in dieser Kombination zu starken Netzbelastungen und Regelbedarf führen kann. Die Differenz zwischen der Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie und dem tatsächlichen Stromverbrauch müssen in Deutschland die konventionellen Kraftwerke und die Pumpspeicherkraftwerke ausgleichen.

Eine stabile, sichere und bezahlbare Stromerzeugung allein mit Wind und PV ist, wie Bild 1 zeigt, in Deutschland nicht möglich. Die konventionellen Kraftwerke, Pumpspeicher, Wasserkraft und Biomasse müssen nachwievor die Stabilität und Sicherheit der Stromversorgung in Deutschland gewährleisten, da die Stromerzeugung aus Wind und Sonne nicht dazu in der Lage ist. Der Bedarf an grundlastfähigen speicherbaren erneuerbaren Energieträgern ist daher groß auch in Anbetracht des Rückbaus der konventionellen Kraftwerkskapazitäten.

2.2 Jahresverläufe erneuerbare Energieträger in Deutschland

Der Jahresverlauf der Stromerzeugung der verschiedenen erneuerbaren Energieträger in Deutschland ist aus den monatlichen Erzeugungsdaten des Statistischen Bundesamtes ausgewertet und in den Bildern 2 bis 6 für die letzten 3 Jahre aufbereitet worden. Die dargestellten Jahresverläufe verdeutlichen auch hier die großen Herausforderungen der zukünftigen Energieversorgung besonders im Hinblick auf die Integration der stark fluktuierenden erneuerbaren Energieträger Wind und Sonne. Bei der Betrachtung der Erzeugungsverläufe ist für die grundlastfähigen erneuerbaren Energieträger Wasserkraft, Biogas und feste biogene Stoffe ein verhältnismäßig ausgeglichener Verlauf über das Jahr feststellbar, was auf die hohe Qualität des Stromes im Hinblick auf die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Versorgungssicherheit hinweist. Die stark fluktuierenden erneuerbaren Energieträger Wind und Sonne weisen dahingegen neben den Schwankungen über den Monats- und Tagesverlauf sehr starke Erzeugungsschwankungen über das Jahr auf, wobei die Haupterzeugung bei der Windkraft im Winterhalbjahr und bei der Photovoltaik im Sommerhalbjahr erfolgt.

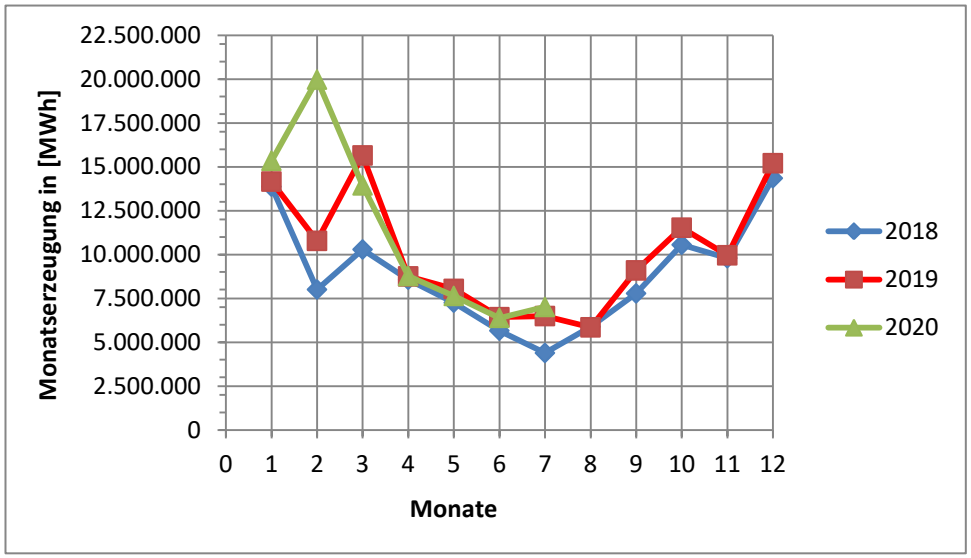


Bild 2: Windkrafterzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2018-2020

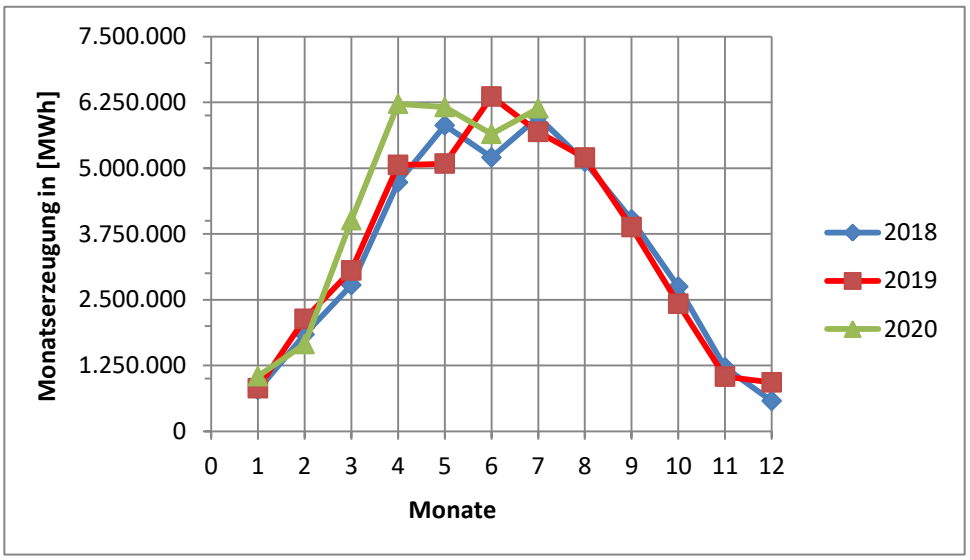


Bild 3: PV-Erzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2018-2020

Die Schwankungen zwischen der höchsten und niedrigsten Monatserzeugung über den Jahresverlauf liegen bei der Windkraft bei einem Verhältnis von 1:3, wobei die niedrigste Monatserzeugung im Sommerhalbjahr in der Jahresmitte und die höchste Monatserzeugung im Winterhalbjahr am Jahresende erfolgen, wie Bild 2 zeigt.

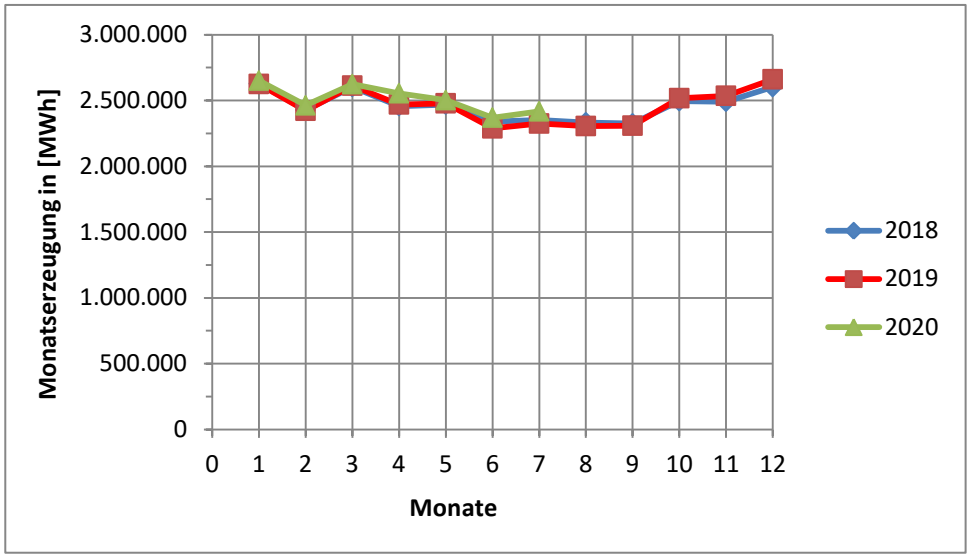


Bild 4: Biogas-Erzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2018-2020

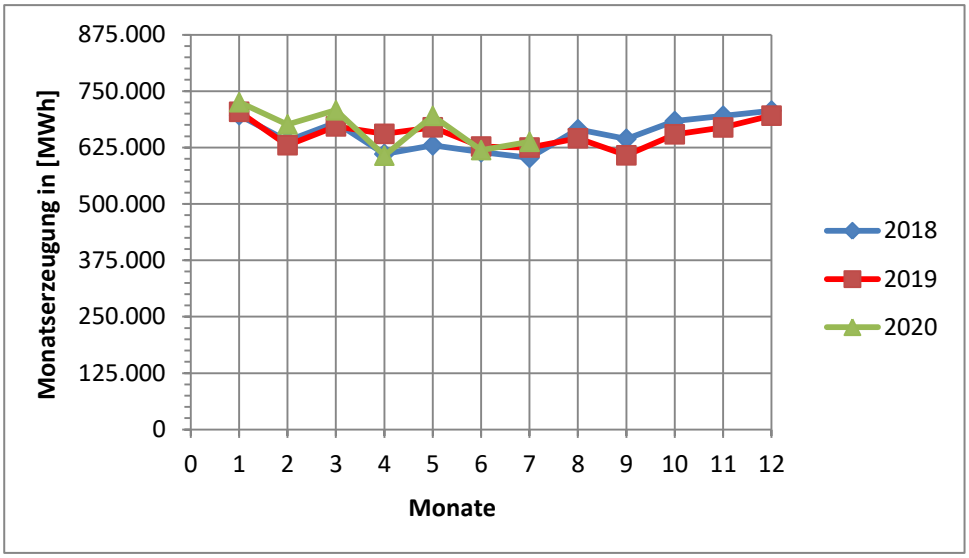


Bild 5: Feste biogene Stoffe-Erzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2018-2020

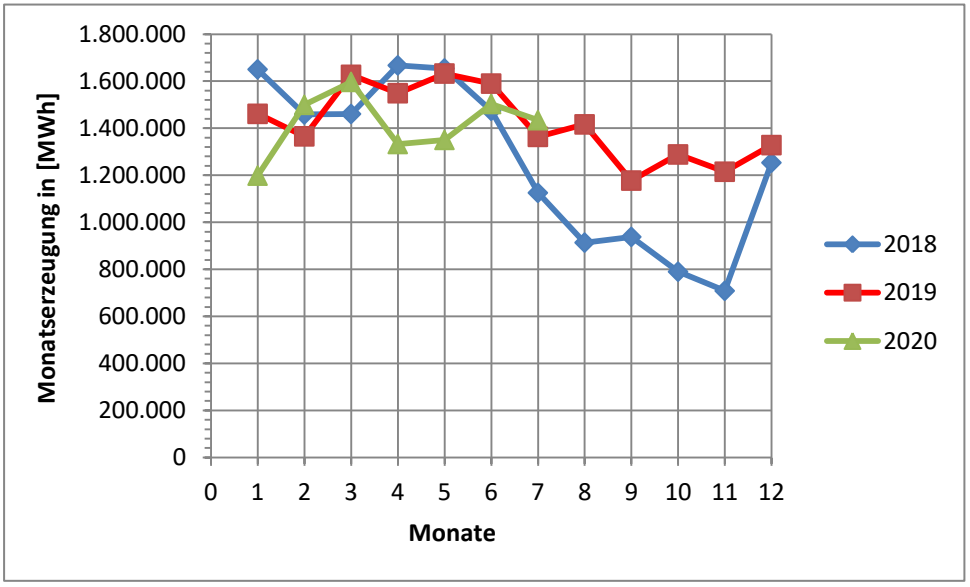


Bild 6: Wasserkraft-Erzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2018-2020

Bei der in Bild 3 dargestellten Erzeugung der Photovoltaik liegt das Verhältnis zwischen der höchsten und niedrigsten Monatserzeugung über den Jahresverlauf bei 1:8,3, was ebenso wie bei der Windkraft eine sehr große Erzeugungsschwankung darstellt. Die Haupterzeugung lag bei der Photovoltaik in den Jahren 2018 und 2020 in den Monaten Mai und Juli und im Jahr 2019 im Juni, da in diesen Monaten die längsten Tage vorliegen. Die geringste Erzeugung erfolgt am Jahresübergang in den Monaten November, Dezember und Januar, da in diesem Zeitraum die kürzesten Tage und Sonnenscheindauern auftreten.

Bei der in Bild 4 gezeigten Biogas-Erzeugung liegt die Schwankung über den Jahresverlauf bei 1:1,17 und bei der Erzeugung aus biogenen Festbrennstoffen bei 1:1,16 siehe Bild 5, was einer sehr geringen Erzeugungsschwankung entspricht. Die Erzeugungsminima sind bei der Biogas- ebenso wie bei der biogenen Festbrennstoffverstromung im Sommer zwischen den Monaten Mai und September und die Erzeugungsmaxima im Winter zu finden, was auf eine erhöhte Erzeugung in Kombination mit der Wärmebereitstellung während der Heizperiode hindeutet.

Die Wasserkraft weist eine Schwankung über den Jahresverlauf von 1:1,14 auf, mit Ausnahme des Trockenjahres 2018, wo die Schwankung bei 1:1,3 liegt, wie in Bild 6 ersichtlich. Für eine allgemeingültigere Aussage außerhalb des extremen Trockenjahres 2018, wurden in Bild 7 noch einmal die Jahresverläufe der Wasserkraft aus [12] für die Jahre 2010 bis 2012 sowie der langjährige Mittellwert der Monatserzeugung zwischen den Jahren 2004 bis 2011 dargestellt. Die sich hier ergebenden Schwankung liegt bei einem Verhältnis von 1:1,25, was ebenfalls als sehr gering einzustufen ist.

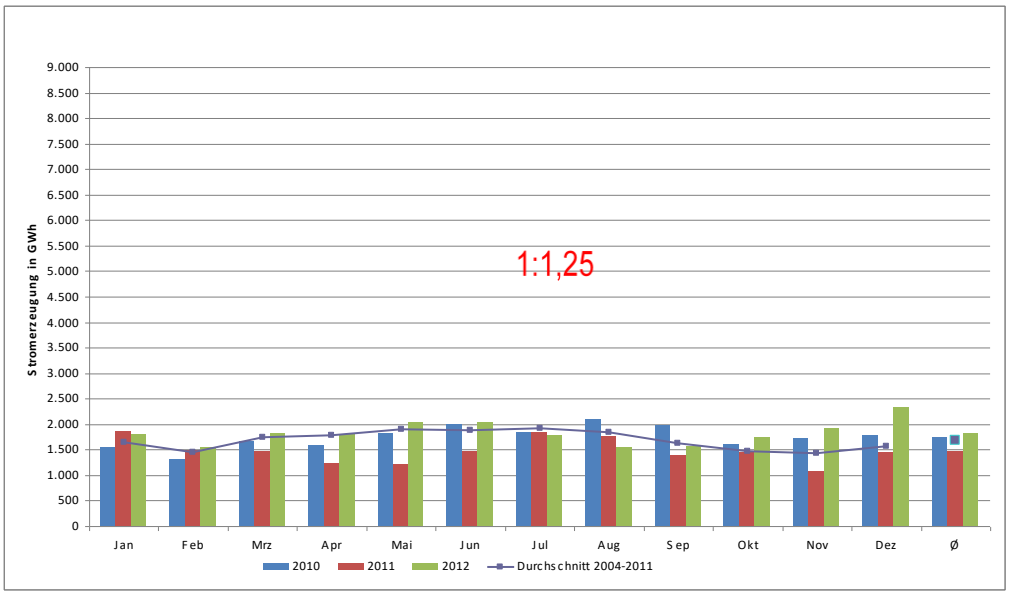


Bild 7: Wasserkraft-Erzeugung über den Jahresverlauf Deutschland 2004-2011

2.3 Volllaststunden Erneuerbarer Energieträger

Eine Vorstellung über die tatsächliche Verfügbarkeit der erneuerbaren Energieträger lässt sich aus den Volllaststunden gewinnen. Aus der in [13 bis 17] angegebenen Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der installierten elektrischen Leistung wurden für die verschiedenen Energieträger die Volllaststunden in den Jahren 1990 bis 2019 für einen Zeitraum von 30 Jahren berechnet und in Tabelle 1 zusammengetragen. Die ermittelten Volllaststunden stellen dabei das statistische Mittel über alle in Deutschland installierten Anlagen des jeweiligen Erzeugungssegments dar und zeigen welche Verfügbarkeit die einzelnen erneuerbaren Energieträger im bundesweiten statistischen Mittel besitzen.

1990-2019	Wasser-kraft	Bio-masse	biogener Abfall	Geo-thermie	Wind-kraft offshore	Wind-kraft onshore	Photo-voltaik
arithmetischer Mittelwert Volllast-stunden in [h/a]	5.058	4.374	2.878	2.904	2.496	1.537	664
Volllast-stunden mit Zubau erfas-sendem Mit-telwert in [h/a]	5.077	4.675	2.940	3.171	3.164	1.702	762

Tabelle 1: gemittelte Volllaststunden erneuerbarer Energieträger in Deutschland (1990-2019)

Wird der Einfluss des jährlichen Zubaus, der sich aus der Differenz der installierten Gesamtleistung des betrachteten Jahres im Bezug zum vergangenen Jahr ergibt, durch einen linearen Ansatz bezüglich der jährlichen Zubauleistung erfasst, und zu der Gesamtleistung des vergangenen Jahres addiert sowie anschließend die daraus resultierenden Volllaststunden von 1990 bis 2019 berechnet und gemittelt, so liegen die ebenfalls in Tabelle 1 gezeigten gemittelten Volllaststunden vor. Gedanklich wird hierbei eine über das Jahr konstante Zubaurate angenommen.

Der arithmetische Mittelwert der Volllaststunden über 30 Jahre liegt bei der Wasserkraft bei 5.058 h/a, bei der Biomasse bei 4.374 h/a, beim biogenen Abfall bei 2.878 h/a, bei der Geothermie bei 2.904 h/a, bei der Windkraft-offshore bei 2.496 h/a und -onshore bei 1.537 h/a sowie bei der Photovoltaik bei 664 h/a. Wird zusätzlich der Einfluss des jährlichen Zubaus erfasst, besitzt die Wasserkraft 5.077 h/a, die Biomasse 4.675 h/a, der biogene Abfall 2.940 h/a, die Geothermie 3.171 h/a, die Windkraft-offshore 3.164 h/a und -onshore 1.702 h/a sowie die Photovoltaik 762 h/a.

Die hohe Verfügbarkeit der Wasserkraft und Biomasse ist ebenso wie die geringe Verfügbarkeit von Wind und Sonne bei der Auswertung von Tabelle 1 klar erkennbar. Sowohl die Biomasse als auch die Wasserkraft besitzen mehr als 4.000 Volllaststunden pro Jahr und sind damit der Grundlast zuzuordnen.

Bezogen auf die Gesamtstundenzahl von 8.760 Stunden pro Jahr kann bei Berücksichtigung des Einflusses des jährlichen Zubaus die Windkraft bezüglich ihrer Volllaststunden 19,43 % und die Photovoltaik 8,7 % abdecken. Die Wasserkraft weist mit 58 % die höchste Abdeckung aller erneuerbaren Energieträger auf, gefolgt von der Biomasse mit 53,4 %.

2.4 Nutzungsdauer und Erntefaktor von Energieerzeugungsanlagen

Für die Bewertung der Nachhaltigkeit einer Technologie besitzt die Nutzungs- und Lebensdauer eine entscheidende Bedeutung. Ebenfalls ist für die Bewertung der Nachhaltigkeit einer Energieerzeugungsanlage der Energieaufwand für den Bau und den Betrieb einer Technologie wesentlich. Beide Aspekte sowohl Nutzungs- und Lebensdauer als auch Energieaufwand für den Bau und Betrieb einer Technologie gehen in den Erntefaktor ein.

2.4.1 Nutzungsdauer von Energieerzeugungsanlagen

Um eine Vorstellung über die Nutzungsdauer und die durchschnittliche Lebensdauer von Energieerzeugungsanlagen zu erhalten, sind nachfolgend in den Tabellen 3 bis 5 die Nutzungsdauer der verschiedenen erneuerbaren und konventionellen Energieerzeugungsanlagen, sowie die Nutzungsdauer von Wasserkraftmaschinen dargestellt.

	Auslegung	Durchschnittliche Lebensdauer
Windkraftanlage	20 Jahre	20 bis 25 Jahre
PV-Anlage	20 Jahre	20 bis 25 Jahre
Biogasanlage	15 Jahre	15 bis 25 Jahre
davon BHKW Biogasanlage	60.000 Stunden	
Geothermieanlage	20 Jahre	20 bis 30 Jahre

Tabelle 2: Nutzungsdauer von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen

	Lebensdauer	Anzahl der Starts
Gasturbine	100.000 Stunden	3.000 Starts
Dampfturbine	200.000 Stunden	5.000 Starts

Tabelle 3: Nutzungsdauer von konventionellen Energieerzeugungsanlagen

	Auslegung	durchschnittliche Lebensdauer	maximale Lebensdauer
Wasserturbine	40 Jahre	≥ 60 Jahre	bis 100 Jahre
Wasserkraftschnecke	20 Jahre	≥ 25 Jahre	
Stahlwasserrad	30 Jahre	≥ 60 Jahre	80 bis 100 Jahre
Holzwasserrad	20 Jahre	15 bis 20 Jahre	25 bis 30 Jahre

Tabelle 4: Nutzungsdauer von Wasserkraftmaschinen

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, liegt die durchschnittliche Lebensdauer von erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen mit Ausnahme der Wasserkraftmaschinen bei 20 bis 25 Jahren. Ausgelegt sind die erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen auf 20 Jahre.

Bei konventionellen Energieerzeugungsanlagen liegt für Dampfturbinen beim Ansatz von 8.000 Volllaststunden und bei Gasturbinen beim Ansatz von 4.000 Volllaststunden eine Nutzungsdauer von 25 Jahre vor. Im langfristigen Mittel können Dampf- und Gasturbinen bis zu 35 Jahre im Einsatz sein.

Wasserkraftmaschinen weisen mit Abstand die längsten Lebensdauern auf, wie Tabelle 4 verdeutlicht. Die Auslegung von Wasserkraftmaschinen erfolgt für 20 bis 40 Jahre. Die durchschnittliche Lebensdauer von Turbinen und Stahlwasserrädern liegt bei 60 Jahren und ist damit 3-mal so hoch wie bei den anderen erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen mit 20 Jahren und 2- bis 3-mal so groß wie bei konventionellen Energieerzeugungsanlagen. Grundsätzlich können Wasserkraftanlagen aber auch weit länger in Betrieb sein. Bei guter Wartung und regelmäßigen Instandsetzungen sind Lebensdauern von 100 bis 150 Jahren möglich, so dass Wasserkraftanlagen die langlebigsten Energieerzeugungsanlagen sind.

2.4.2 Erntefaktor von Energieerzeugungsanlagen

Der Erntefaktor ist das Verhältnis von dem Energieaufwand für den Bau, Betrieb und Abbruch einer Anlage zu der durch die Anlage im Laufe ihrer Lebensdauer erzeugten Energie.

$$Erntefaktor = \frac{durch\ Anlage\ erzeugte\ Energie}{durch\ Anlage\ benötigte\ Energie}$$

Wie in Tabelle 5 dargestellt, hebt sich die Wasserkraft mit einem Erntefaktor von 100 bis 200 als besonders effizient hervor, während der Faktor bei Biomasse 10 bis 20, bei Erdgaskraftwerken 4 bis 30, bei Windkraft 9 bis 30 und bei der Photovoltaik 3 bis 5 beträgt [18].

Energieerzeugungstechnologie	Erntefaktor
Photovoltaikanlagen	3 - 5
Biomasse (Wärme)	10 - 20
Erdgaskraftwerke	4 - 30
Windkraftanlagen	9 - 30
Ölkraftwerke	10 - 30
Braunkohlekraftwerke	30 - 80
Wasserkraftanlagen	100 - 200

Tabelle 5: Erntefaktor verschiedener Energieerzeugungstechnologien nach [18]

Aus volkswirtschaftlicher Sicht weisen Wasserkraftanlagen im Bezug auf ihre große Lebensdauer und auf ihren Erntefaktor daher die höchste Ressourceneffizienz und die größte Nachhaltigkeit aller Energieerzeugungsanlagen auf.

2.5 Wirkungsgrade Erneuerbarer Energieträger

	Wasser-kraft	Bio-masse	Geo-thermie	Wind	Photo-voltaik
theoretischer Wirkungsgrad	100 %	-	-	59,3 %	30 %
technischer Wirkungsgrad	80–95 %	10–40 %	10 %	40–50 %	10–16 %

Tabelle 6: Vergleich zwischen unterschiedlichen erneuerbaren Energieträgern

Werden die Wirkungsgrade einzelner regenerativer Energieerzeuger miteinander verglichen, so liegt der Wirkungsgrad für die Windkraft bei weniger als 20% für widerstandsnutzende Anlagen und bei höchstens 50% für auftriebsnutzende Anlagen (theoretisch sind maximal 59% bei verlustfreier Leistungsentnahme möglich). Bei der Biomasse sind Wirkungsgrade bis 40% möglich, während für Geothermie der elektrische Wirkungsgrad unter Verwendung des Kalina-Prinzips bei 14% liegt. Die Photovoltaik weist derzeit einen elektrischen Wirkungsgrad von 10 bis 16% auf (theoretisch sind maximal 28% möglich) und die Solarthermie bei Verwendung von Konzentratoren 10 bis 12%. Die Wasserkraft gilt mit Wirkungsgraden von 80 bis 95% als die effizienteste aller bekannten Energieerzeugungsarten, unabhängig davon ob regenerative oder konventionelle Techniken verglichen werden. Bei den konventionellen Kraftwerken lagen in Deutschland die Wirkungsgrade 2018 laut UBA bei Braunkohlekraftwerken bei 39,4%, bei Steinkohlekraftwerken bei 44,3% und bei Gaskraftwerken bei 46,9%. Die Wirkungsgrade von Kernkraftwerken werden mit 35% angegeben, in der deutschen Energiestatistik wird mit 33 % gerechnet. Ölkraftwerke weisen einen Wirkungsgrad bis 45% auf, während GuD-Kraftwerke 60 bis 65% Wirkungsgrad erreichen können.

3. Ausbaustand der Wasserkraft Welt, EU, BRD und Bundesländer

Die Wasserkraft ist die älteste vom Menschen genutzte Energieform zur Verrichtung von mechanischer Arbeit und in der Neuzeit zur Erzeugung von elektrischem Strom. In Deutschland lässt sich die Wasserkraftnutzung in Form von Wassermühlen mit dem römischen Reich seit 100 n.Chr. im archäologischen Befund nachweisen [21]. Die Wasserkraft ist damit seit fast 2.000 Jahren ein wichtiger, unverzichtbarer Bestandteil unsere Kulturlandschaft in Deutschland. Bis ins 20. Jahrhundert hinein sind über 130 Anwendungen der Mühlentechnik belegt, womit sich zeigt, dass fast jeder traditionelle Industriezweig – wie auch die industrielle Revolution - in oder mit einer Wassermühle begonnen hat. Nach Schätzungen gab es in Deutschland 1850 mehr als 70.000 Wasserkraftstandorte, die Großteils aus dem Mittelalter stammen.

1925 wurden bei der großen gewerblichen und landwirtschaftlichen Betriebszählung vom 16. Juni in Deutschland noch 48.732 mit Wasserkraft arbeitende Betriebe gezählt, wovon 32.606 Betriebe Wasserräder und 16.126 Betriebe Turbinen nutzten [22]. Heute werden in Deutschland 7.679 Wasserkraftanlagen betrieben [23] – der Großteil der seit Jahrhunderten genutzten Altstandorte liegt dahingegen seit der 2.Hälfte des 20. Jahrhunderts infolge des Mühlenkonzentrationsgesetzes und der nach dem 2. Weltkrieg im Zuge der Zentralisation der Energiewirtschaft aufgebauten großen Kohle- und Atomkraftwerke in Deutschland brach und wird bisher nicht für die dezentrale, lokale erneuerbare Energieversorgung der Zukunft genutzt.

Mit der ersten Fernübertragung von elektrischem Strom vom Wasserkraftkraftwerk Lauffen am Neckar zur Internationalen Elektrizitätsausstellung in Frankfurt am 12.9.1891 begann vor 130 Jahren der Ausbau der großen Wasserkraft und die Elektrifizierung der Welt.

	Welt 2019			EU 2018			Deutschland 2019		
	Strom-erzeugung [%]	Strom-erzeugung [TWh]	installierte Leistung [GW]	Strom-erzeugung [%]	Strom-erzeugung [TWh]	installierte Leistung [GW]	Strom-erzeugung [%]	Strom-erzeugung [TWh]	installierte Leistung [GW]
Stromerzeugung gesamt	100	27.011,0		100	3.272,2		100,00	612,6	218,1
Konventionelle Energieträger	72,7	19.637,0		67,01	2.192,7		60,40	370	93,9297
davon thermische Kraftwerke	63,23	17.078,0		42,00	1.374,3		48,14	294,9	84,4047
davon Kernkraft	9,57	2.586,0	391,3	25	818,1		12,26	75,1	9,525
Wasserkraft	15,9	4.294,7	1150	11,57	378,6	130,8	3,28	20,1	5,595
Windkraft	5,9	1.593,6	651	11,53	377,4	179,1	20,55	125,9	60,84
Photovoltaik	2,8	756,3	627	3,76	123,0	114,7	7,57	46,4	49,016
Biomasse	2,2	594,2	139	5,76	188,4	39	8,16	50	8,919
Geothermie	0,4	108,0	13,931	0,20	6,7	0,9	0,03	0,2	0,048
Solarthermische Kraftwerke			6,275	0,15	4,9	2,3			
Meeresenergie				0,02	0,5	0,2			
Summe EE	27,2	7.347,0	2587,206	32,99	1.079,5	467	39,60	242,6	124,4

Tabelle 7: Stromerzeugung und installierte Leistung der unterschiedlichen Energieträger in der Welt, EU und Deutschland 2019 [19]

Weltweit wurden 4.294,7 TWh im Jahr 2019 aus Wasserkraft erzeugt, was 15,9 % der Weltenergieproduktion entspricht. Die Wasserkraft ist mit deutlichem Abstand die größte erneuerbare Energiequelle und liegt bei der Erzeugung auch vor der Energieerzeugung aus Kernenergie mit 9,57 %. Die anderen erneuerbaren Energiequellen haben weltweit einen Anteil an der Energieerzeugung von 5,9 % bei der Windkraft, 2,8 % bei der Photovoltaik und 2,2 % bei der Biomasse sowie 0,4 % bei der Geothermie, wie in Tabelle 7 ersichtlich.

Die Energieerzeugung innerhalb der EU ist ebenfalls in Tabelle 7 dargestellt. Die Wasserkraft hatte bei dem sehr trockenen Jahr 2018 mit 378,6 TWh einen Anteil von 11,57 % an der EU-Energieerzeugung. In den normalen Erzeugungsjahren liegt dieser Anteil höher. Die Wasserkraft ist innerhalb der EU die größte erneuerbare Energiequelle, gefolgt von der Windkraft mit 11,53 %. Die Biomasse liegt innerhalb der EU mit 188,4 TWh und einem Anteil von 5,76 % auf Platz 3 der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und die Photovoltaik auf Platz 4 mit 123 TWh.

Bundesland	2013	2014	2015	2016	2017	Nr.
Baden-Württemberg (BW)	5.616	4.803	4.300	4.850	4.396	2
Bayern (BY)	13.143	11.260	11.206	12.140	12.160	1
Berlin (B)	0	0	0	0	0	16
Brandenburg (BB)	20	19	18	19	22	12
Bremen (HB)	42	40	33	37	39	11
Hamburg (HH)	1	0	0	0	1	15
Hessen (HE)	392	296	298	316	293	5
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	8	5	7	5	8	14
Niedersachsen (NI)	290	237	241	267	233	6
Nordrhein-Westfalen (NRW)	467	488	471	509	340	4
Rheinland-Pfalz (RLP)	1.256	1.066	922	1.063	832	3
Saarland (SL)	123	106	93	123	91	9
Sachsen (SN)	315	195	236	266	284	7
Sachsen-Anhalt (ST)	97	105	102	104	108	10
Schleswig-Holstein (SH)	6	5	8	7	9	13
Thüringen (TH)	273	165	189	190	202	8
Deutschland (D)	22.998	19.587	18.977	20.546	20.150	

Tabelle 8: Stromerzeugung aus Wasserkraft der Bundesländer 2013 bis 2017 in [GWh] [20]

Bundesland	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Nr.
Baden-Württemberg (BW)	956	871	876	881	883	884	2
Bayern (BY)	2.660	2.661	2.667	2.668	2.670	2.674	1
Berlin (B)	0	0	0	0	0	0	16
Brandenburg (BB)	5	6	6	4	4	4	12
Bremen (HB)	10	10	10	10	10	10	11
Hamburg (HH)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	15
Hessen (HE)	108	82	82	81	81	81	6
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	3	3	3	3	3	3	14
Niedersachsen (NI)	78	70	76	74	76	77	7
Nordrhein-Westfalen (NRW)	202	202	148	153	154	154	4
Rheinland-Pfalz (RLP)	244	238	228	228	229	229	3
Saarland (SL)	24	24	23	23	23	23	9
Sachsen (SN)	93	99	89	89	89	90	5
Sachsen-Anhalt (ST)	25	26	26	27	28	28	10
Schleswig-Holstein (SH)	6	5	5	2	2	2	13
Thüringen (TH)	37	32	31	31	31	31	8
Deutschland (D)	4.451,1	4.329,1	4.270,1	4.274,1	4.283,1	4.290,1	

Tabelle 9: Installierte Leistung Wasserkraft der Bundesländer 2013 bis 2018 in [MW] [20]

In Deutschland hat die Wasserkraft historisch, wie oben gezeigt, eine große Bedeutung gehabt und besitzt diese auch heute noch in den kohlearmen süddeutschen Staaten wie Bayern, Baden und Württemberg. Der historisch das Deutsche Reich flächenmäßig dominierende preußische Staat, zu dem auch Niedersachsen gehörte, hatte ein wesentlich größeres Wasserkraftpotenzial als die süddeutschen Staaten. Preußen baute sein Wasserkraftpotenzial aber nur geringfügig aus, da in Preußen die Wasserkraft in starker Konkurrenz zu der Stromerzeugung aus Kohle stand, auf Grund der Tatsache, dass Preußen über die größten Kohlevorkommen Europas verfügte. In Preußen erfolgte z.B. an der Oder der Wasserstraßenausbau nicht als Kraftwasserstraße wie in Süddeutschland am Neckar oder Main sondern für die reine Schifffahrt, um möglichst einfach die Kohle von Schlesien nach Berlin zu transportieren. Auch der Rhein-, Elbe-, Mosel- und Weserausbau wurde trotz der großen Potenziale in Preußen infolge der kostengünstigen Kohleverstromung nicht umgesetzt. Der preiswerte Kohletransport auf dem Wasserweg von den preußischen Kohlerevieren im heutigen Nordrhein-Westfalen war auch für den Bau des Mittelllandkanals innerhalb Preußens einer der wichtigen Entscheidungsgründe. Bis nach dem 2. Weltkrieg dominiert in Deutschland die Stromerzeugung aus Kohle und Wasserkraft die deutsche Energiewirtschaft. Mit dem Aufkommen der Kernkraft kam diese als 3. Säule zum deutschen Energiesystem.

Nach einer Vorreiterrolle der Wasserkraft bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von über 110 Jahren hat 2004 erstmals die Windkraft die Wasserkraft abgelöst, 2008 die Biomasse und 2012 die Photovoltaik. Heute ist die Wasserkraft in Deutschland mit 20,1 TWh im Jahr 2019 auf Platz 4 der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und trägt 3,28 % zur Stromerzeugung bei, wie in Tabelle 7 ersichtlich.

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft in den einzelnen Bundesländern ist in Tabelle 8 und die installierte Leistung in Tabelle 9 für den Zeitraum von 2013 bis 2017 bzw. 2013 bis 2018 dargestellt. Die Spitzenposition in der Wasserkrafterzeugung nehmen die süddeutschen Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg ein, da hier traditionell auf Grund der fehlenden Kohlevorkommen ein stärkerer Wasserkraftausbau historisch stattgefunden hat als in anderen Bundesländern, wie z.B. in dem zu Preußen gehörenden Niedersachsen. Durch den Moselausbau nach dem 2. Weltkrieg infolge der Staatsverträge mit Frankreich und Luxemburg liegt das historisch ebenfalls anteilig zu Preußen gehörende Rheinland-Pfalz heute auf Platz 3 bei der Wasserkrafterzeugung der einzelnen Bundesländer.

Niedersachsen nimmt innerhalb der 16 Bundesländer nach Nordrhein-Westfalen und Hessen Platz 6 bei der installierten Wasserkraftleistung und Platz 7 hinter Nordrhein-Westfalen, Hessen und Sachsen bei der Stromerzeugung aus Wasserkraft ein.

4. Hydrologische Grundlagen

4.1 Fließgewässer und Gewässereinzugsgebiete in Niedersachsen

Die großen Fließgewässer für Niedersachsen sind die Elbe, Weser, Ems, Aller und Leine, sowie die unteren Flussläufe von Fulda und Werra. Zu den mittelgroßen Fließgewässern zählen die Hase, Hunte, Ilmenau, Rhume, Innerste und Oker sowie die Leda, Oste und Wümme. Bild 8 zeigt die großen und mittleren Fließgewässer in Niedersachsen.



Bild 8: Übersichtskarte der großen und mittleren Fließgewässer für Niedersachsen, Bildquelle: https://commons.wikimedia.org

Die für Niedersachsen wesentlichen Gewässereinzugsgebiete zeigt die Übersichtskarte in Bild 9 aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch des Weser- und Emsgebietes. Mit aufgeführt sind in Bild 9 auch das Elbegebiet in Ostniedersachsen, das Küstengebiet der Nordsee und das Rheingebiet in Westniedersachsen. Das Land Niedersachsen wird, wie in Bild 9 dargestellt, durch 11 große Flusseinzugsgebiete geprägt, dem Einzugsgebiet der Weser, Werra, Fulda, Aller, Leine, Hunte und Lesum im Wesereinzugsgebiet, der Elbe und im Emseinzugsgebiet durch die Ems, die Hase und Leda. Bei dem nächst kleineren Flusseinzugsgebieten besitzen neben der Ilmenau bezüglich ihres Wasserkraftpotenzials die Oker, Innerste und Rhume mit ihren Nebenflüssen als Entwässerung des sehr niederschlags- und gefällereichen Oberharzes eine besondere Bedeutung für Niedersachsen.

Beim Zusammenfluss der Werra und Fulda in Hann. Münden beträgt das Einzugsgebiet der Werra 5.496 km² und das Einzugsgebiet der Fulda 6.946 km². Das Einzugsgebiet der Weser

entwickelt sich von 12.442 km² am Pegel in Hann. Münden auf 45.792,4 km² am Pegel Bremerhaven. Die Leine besitzt an der Mündung in die Aller ein Einzugsgebiet von 6.517,35 km² und die Aller bei der Mündung in die Weser ein Einzugsgebiet von 15.721 km². Die Hunte weist ein Einzugsgebiet von 2.785 km² und die Lesum von 2.188 km² auf, bevor sich die beiden Flüsse über die Weser in die Nordsee entwässern.

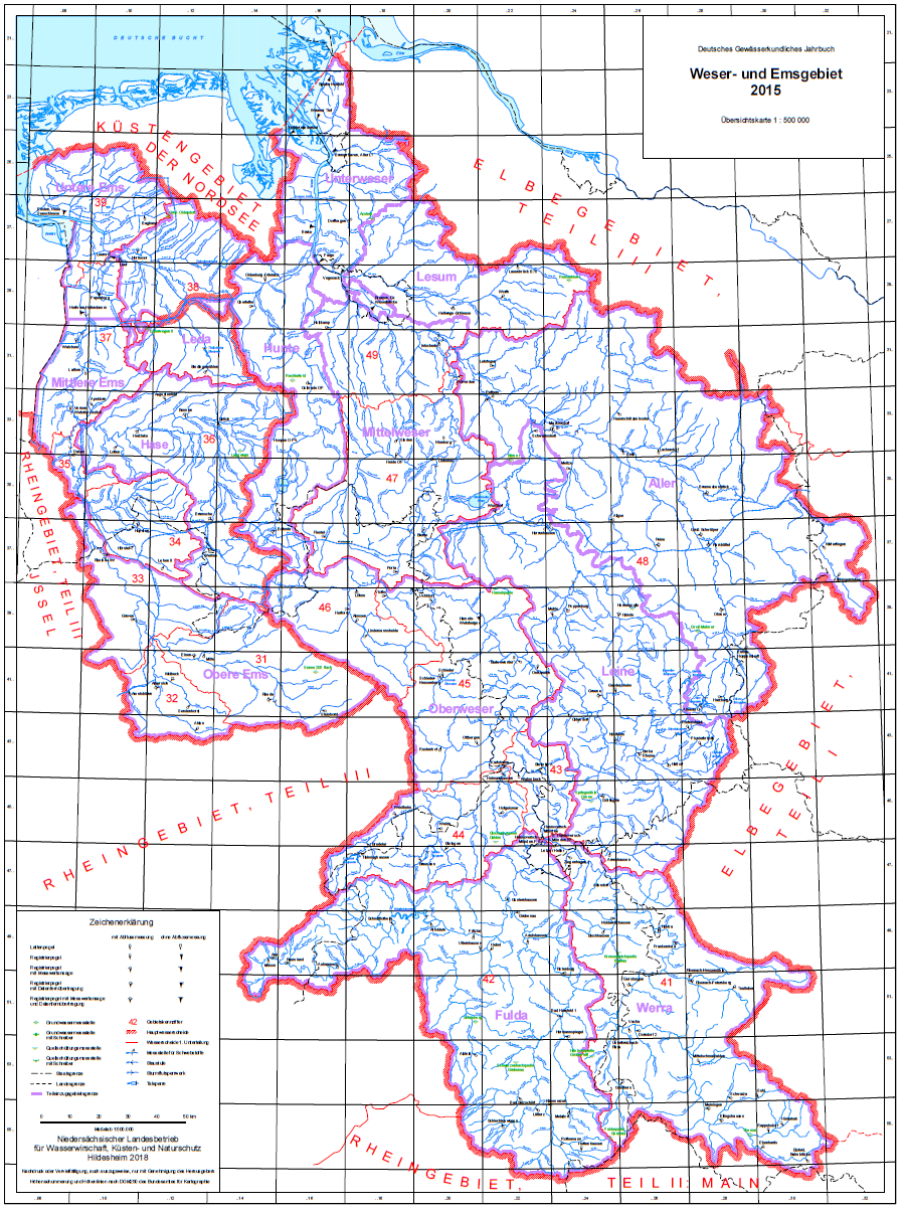


Bild 9: Übersichtskarte der für Niedersachsen wesentlichen Gewässereinzugsgebiete, Bildquelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Emsgebiet 2015

Die Elbe, die die nordöstliche Grenze Niedersachsens bildet, besitzt auf Höhe von Schnackenburg ein Einzugsgebiet von 125.561 km² und an der Mündung von 148.268 km². Die Ems als eigenständiges Abflussgebiet weist an der Mündung in die Nordsee ein Einzugsgebiet von 13.160 km² und die Nebenflüsse der Ems, die Hase 3.086 km² und die Leda 2.188 km² auf.

Der Fallhöhenabbau der Weser beträgt 116,7 m, der Fallhöhenabbau der Fulda 15,9 m und der der Werra 10,4 m auf dem Gebiet von Niedersachsen. Die Leine baut sich von Besenhausen an der südlichen Landesgrenze im LK Göttingen von 193 mNN bis zur Allermündung bei Schwarmstedt bei 22,2 mNN um 170,8 m ab, während sich die Fallhöhe der Aller von der Landesgrenze vom Pegel Weferlingen von 84,32 mNN auf 10 mNN bei der Wesereinmün-

dung um 74,3 m reduziert. Die Elbe baut sich von Schnackenburg um 18,4 m bis auf Meereshöhe ab und die Ems von dem kurz vor der Landesgrenze liegenden Pegel Rheine um 26,7 m. Die Hunte weist einen Fallhöhenabbau in Niedersachsen von 185 m, die Hase von 163 m und die Leda von 31 m auf.

Die mittleren Abflüsse der Weser, Werra und Fulda betragen in Hann. Münden 115 m³/s für die Weser, 64 m³/s für die Fulda und 51 m³/s für die Werra. Die Weser weist in Bremen-Hemelingen einen mittleren Durchfluss von 329 m³/s und an der Mündung von 400 m³/s auf. Der mittlere Abfluss der Leine entwickelt sich von 2,67 m³/s am Pegel in Reckershausen auf 62,4 m³/s bei der Mündung in die Aller. Die Aller besitzt bei der Einmündung in die Weser einen mittleren Abfluss von 118 m³/s, die Hunte von 21 m³/s und die Lesum von 20,5 m³/s, während die Elbe an der Mündung einen mittleren Abfluss von 861 m³/s aufweist. Die Ems entwickelt sich von einem mittleren Abfluss von 36,8 m³/s am Pegel Rheine über 80,1 m³/s am Pegel Versen bis zu 125,6 m³/s bei der Mündung in die Nordsee. Die Hase weist in Bokeloh kurz vor ihrer Mündung in die Ems einen mittleren Abfluss von 30,7 m³/s auf.

4.2 Niederschlagsverteilung in Deutschland und in Niedersachsen

Bild 10 zeigt die Verteilung der Jahresniederschläge im langjährigen Mittel für Niedersachsen, wobei für das langjährige Mittel i.a. Messzeiträume von 30 Jahren verwendet werden. Je nach Gebiet sind in Bild 10 unterschiedliche Niederschlagsverteilungen zu sehen, welche durch die lokal vorliegenden Geländehöhen, das Relief, die Windverhältnisse sowie durch Luv- und Lee-Effekte beeinflusst werden.



Bild 10: langjährige Niederschlagsverteilung in Niedersachsen,
Bildquelle: Westermann, http://www.heimatundwelt.de

Wie in Bild 10 ersichtlich, liegen im nördlichen Niedersachsen infolge der geringen Geländehöhen relativ gemäßigte Niederschlagswerte von 700 bis 800 mm vor, die in den küstennahen Gebieten im Bereich von Ostfriesland, im Gebiet zwischen Weser- und Elbemündung sowie im Bereich der Höhenzüge wie z.B. dem Hümmling nördlich von Meppen zwischen Ems und Leda, der Ankumer Höhe südlich von Meppen, dem Wilseder Berg nördlich von Soltau und den Harburger Bergen südlich vom Hamburg höhere Jahresniederschlagswerte zwischen 800 bis 1000 mm erreichen.

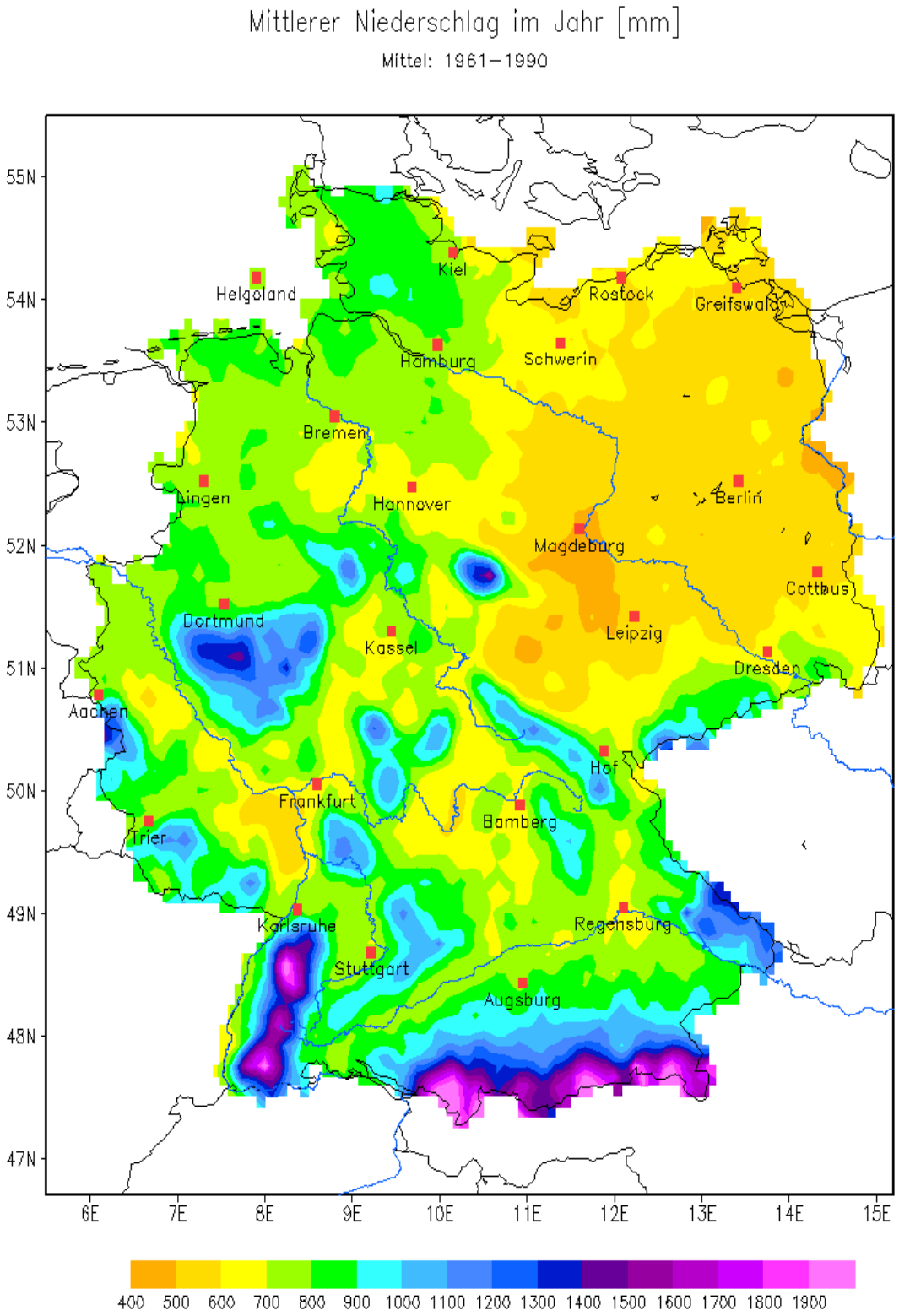


Bild 11: Langjährige Niederschlagsverteilung in Deutschland,
Bildquelle: http://imk-tornado.physik.uni-karlsruhe.de/~muehr/precip_mean_d.html

Im östlichen Niedersachsen und im Bereich der Börden nimmt die Niederschlagsverteilung auf 600 bis 700 mm im Jahr ab infolge des zunehmenden kontinentalen Klimaeinflusses und der von Westen nach Osten zunehmenden Entfernung vom Atlantischen Ozean, die dazu führt, dass die wetterdominierenden Tiefdruckgebiete des Atlantiks im östlichen Niedersachsen an Einfluss verlieren. Im Bereich des Mittelgebirges Elm östlich von Braunschweig steigen aber auch im östlichen Niedersachsen lokal die Jahresniederschlagswerte auf über 800 mm an.

Im südlichen Niedersachsen beeinflussen maßgeblich die Mittelgebirge die Jahresniederschlagsverteilungen infolge der Höhenlagen und des Reliefs. Auf Grund höherer Windgeschwindigkeiten wird in den Höhenlagen mehr Feuchtigkeit herangeführt, die zu größeren Niederschlägen führen. Die Jahresniederschläge im Weserbergland und Leinebergland liegen bei bis zu 1200 mm und können im Harz bis zu 1400 mm erreichen, wobei hier Luv- und Lee-Effekte Staueffekte bewirken, aus denen erhöhte Niederschläge an den Westflanken im Bereich des Oberharzes resultieren, während der in Sachsen-Anhalt im Osten befindliche Unterharz geringere Regenfälle erhält.

In Bild 11 ist die langjährige mittlere Jahres-Niederschlagsverteilung in Deutschland dargestellt. Der bundesdeutsche Gesamtvergleich im Bezug auf den mittleren jährlichen Niederschlag zeigt, wie oben beschrieben, dass Niedersachsen mit 700 bis 900 mm relativ hohe Niederschläge besonders in den nördlichen und westlichen Landesteilen aufweist, die auch für die anderen westlichen und südlichen Bundesländer mit Ausnahme der Gebirgsregionen anteilig gelten. Im Oberharz treten ähnlich hohe Niederschläge wie in der Eifel, dem Rohaargebirge, im Bayrischen Wald, dem Schwarzwald und den Alpen auf, wobei letztere Gebirge Bereiche mit noch höheren Niederschlägen aufweisen, die teilweise im Brockengebiet erreicht werden. Im östlichen Niedersachsen und im Bereich der Börden liegen die Niederschläge mit 600 bis 700 mm auf Grund des kontinentalen Einflusses etwas niedriger als in den anderen Landesteilen, aber höher als bei weiten Gebieten Ostdeutschlands, wo mittlere Jahresniederschläge von 400 bis 600 mm auftreten. Der Elm hebt sich auch bei dieser Karte mit Niederschlägen von 700 bis 800 mm deutlich von den umgebenden Börden ab.

Eine Benachteiligung von Niedersachsen bezüglich der Niederschläge lässt sich aus hydrologischer Sicht im Vergleich zum Bundesquerschnitt nicht feststellen, wie auch Bild 11 verdeutlicht. Die relativ hohen Niederschläge besonders auch in den Quellregionen der großen und mittleren Flüsse Niedersachsens bieten eine gute Voraussetzung für eine kontinuierliche und beständige Stromerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen.

4.3 Einfluss von Trockenheit und Hochwasser auf die Wasserkraft in Deutschland

In Tabelle 10 ist für Deutschland die Wasserkrafterzeugung der letzten 25 Jahre von 1995 bis 2019 zusammengestellt, um den Einfluss des Klimas auf die Wasserkrafterzeugung insbesondere in Hinblick auf Trockenheit und Hochwasser zu betrachten. Um eine Bewertung zu ermöglichen, wurde der 25-jährige Jahreserzeugungsmittelwert mit 20,229 TWh bestimmt und die prozentuale Abweichung vom Mittelwert der einzelnen Erzeugungsjahre berechnet.

Die prozentuale Abweichung der einzelnen Erzeugungsjahre vom 25-jährigen Jahreserzeugungsmittelwert in Tabelle 10 zeigt, dass die Abweichung unterhalb des Mittelwertes in Form einer Unterproduktion oder Mindererzeugung bei maximal 14,9 % und im Unterschreitungsmittel bei 6,8 % liegt. Die Überproduktion oder Mehrerzeugung beträgt maximal 14,3 % und im Überschreitungsmittel 6,3 %. Von 25 Jahren haben 12 Jahre den Jahreserzeugungsmittelwert unterschritten und 13 Jahre überschritten. Die Schwankungen in der Wasserkraft liegen damit weit unterhalb der Erzeugungsschwankungen von Windkraft und Photovoltaik und zeigen die Wasserkraft als eine stabile und zuverlässige erneuerbare Energiequelle.

Tabelle 10 verdeutlicht mit den rot gefärbten Zellen, dass das als „Dürrejahr“ bezeichnete Jahr 2018 bei der Wasserkrafterzeugung mit 88,9 % der mittleren Jahreserzeugung und damit mit 11,1 % geringerer Erzeugung nur das viert trockenste Jahr in den letzten 25 Jahren war. Das trockenste Jahr ist das rot gekennzeichnete Jahr 1998 mit 85,1 % der mittleren

Jahreserzeugung, gefolgt von den Jahren 1997 mit 85,5 % und 2011 mit 87,4 %. Die Jahreserzeugung 1998 fiel um 3,8 % geringer aus als die Erzeugung des Jahres 2018. Bereits 2019 wurde mit 99,8 % der langjährige Erzeugungsmittelwert wieder erreicht. Der Rekordsommer des Jahrs 2003 liegt mit 90,6 % an 5. Stelle bezüglich der Mindererzeugung.

Bei den trockenen Jahren demonstriert Tabelle 10 darüber hinaus, dass in den letzten 25 Jahren innerhalb eines 7-Jahres Zyklus ein trockenes Jahr aufgetreten ist. Auch in der Vergangenheit hat es immer wieder trockene Jahre gegeben, die die Wasserkrafterzeugung beeinflusst haben und zu einer geringeren Erzeugung geführt haben. Ludin beschreibt in [22] auf Seite 44, dass die Wasserkrafterzeugung 1928 trotz boomender Zubauleistungen einen Rückgang von 6,8 % auf Grund der großen Trockenheit von 1927 verzeichnete.

Ebenfalls sind in Tabelle 10 mit den blau gefärbten Zellen die Hochwasserjahre 2001, 2002 und 2013 durch eine entsprechend hohe Überproduktion oder Mehrerzeugung der Wasserkraft von 14,9 % (2002), 13,7 % (2013) und 12,4 % (2001) deutlich zu erkennen.

7-Jahres Zyklus	Nr.	Jahr	Jahresstrom-produktion BMWi 2020 [GWh/a]	prozentuale Abweichung vom Mittelwert [%]
5	1	1995	21.780	107,7
6	2	1996	21.957	108,5
7	3	1997	17.357	85,8
1	4	1998	17.216	85,1
2	5	1999	19.647	97,1
3	6	2000	21.732	107,4
4	7	2001	22.733	112,4
5	8	2002	23.124	114,3
6	9	2003	18.322	90,6
7	10	2004	20.745	102,5
1	11	2005	19.638	97,1
2	12	2006	20.031	99,0
3	13	2007	21.170	104,7
4	14	2008	20.443	101,1
5	15	2009	19.031	94,1
6	16	2010	20.953	103,6
7	17	2011	17.671	87,4
1	18	2012	21.755	107,5
2	19	2013	22.998	113,7
3	20	2014	19.587	96,8
4	21	2015	18.977	93,8
5	22	2016	20.546	101,6
6	23	2017	20.150	99,6
7	24	2018	17.974	88,9
1	25	2019	20.192	99,8
		Mittelwert:	**20.229**	**[GWh/a]**

Tabelle 10: Vergleich der mittleren Jahreserzeugung mit der Jahreserzeugung von 1995 bis 2019 (25 Jahre)

Auf der Grundlage der Daten des statistischen Bundesamtes zu den Monatserzeugungen der einzelnen Energieträger [24] ist in Bild 12 die Monatserzeugung der Laufwasserkraft und in Bild 13 die Monatserzeugung der Speicherwasserkraft in Deutschland ausgewertet worden. In Bild 12 ist sehr gut erkennbar, dass im „Dürrejahr“ 2018 in den ersten 6 Monaten eine Überproduktion in der Wasserkraft erfolgte auf Grund der hohen Niederschläge im Januar, April und Mai. Ab Juli 2018 bricht die Wasserkraftproduktion auf Grund der hohen Temperaturen und der fehlenden Niederschläge über die Monate August und September anteilig ein und sinkt dann noch einmal im Oktober und November weiter ab, da bei den wieder einsetzenden Niederschlägen zunächst die ausgetrockneten Böden und Speicher mit Wasser aufgefüllt wurden. Bei den Speicherkraftwerken lässt sich das gleiche Phänomen beobachten, wobei hier die Minderproduktion nach guten Erzeugungen im ersten Halbjahr bereits im Juni beginnt, da der Speicherabfluss im Hinblick auf den notwendigen Wasserrückhalt gedrosselt wurde. Im Jahr 2019 kommt es beim Speicherwasser und Laufwasser bis in den August zu hohen Erzeugungsmengen und es liegt ein relativ ausgeglichenes Erzeugungsjahr vor.

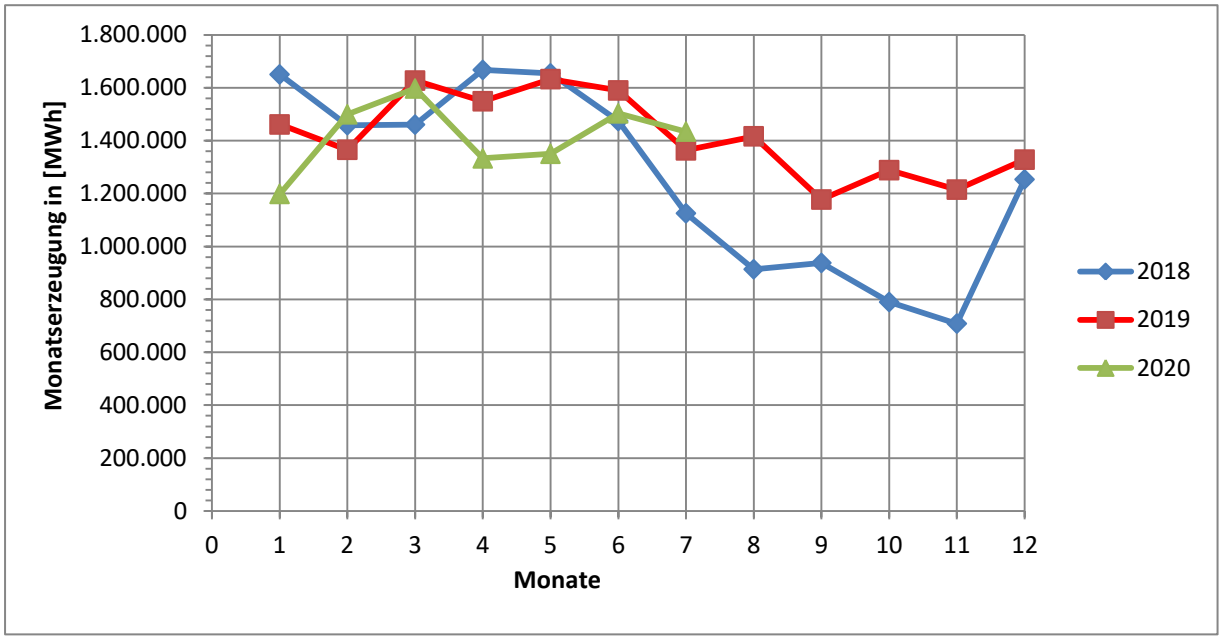


Bild 12: Monatserzeugung Laufwasserkraft in Deutschland
für die Jahre 2018, 2019 und 2020 aufbereitet auf Datengrundlage [24]

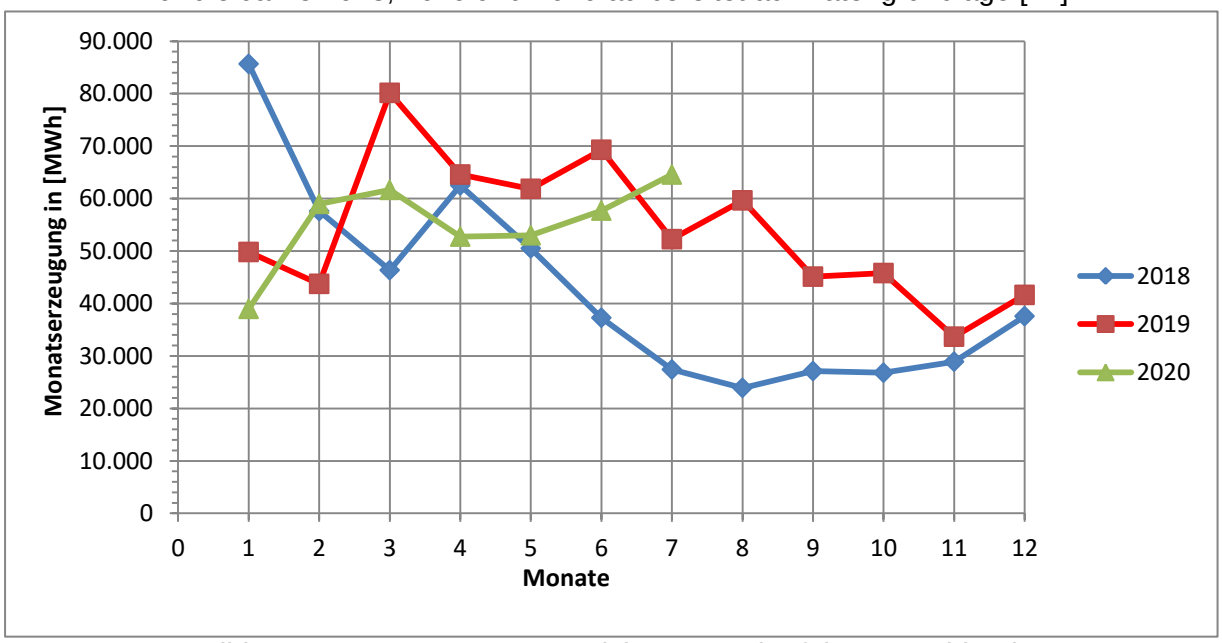


Bild 13: Monatserzeugung Speicherwasserkraft in Deutschland
für die Jahre 2018, 2019 und 2020 aufbereitet auf Datengrundlage [24]

5. Topographische Grundlagen

Niedersachsen weist von Süden nach Norden stark unterschiedliche Landschaftsformen und Geländehöhen auf, wie in der topographischen Karte in Bild 14 und in der Karte der niedersächsischen Landschaftsformen in Bild 15 ersichtlich. In Südniedersachsen erstrecken sich die Mittelgebirgsregionen mit dem Harz, dem Weser-, Leine- und Innerstebergland, das Osnabrücker Hügelland, der Teutoburger Wald sowie das Wiehengebirge, die alle zum niedersächsischen Bergland als Teil der deutschen Mittelgebirgsschwelle zählen. Der höchste Berg in Niedersachsen ist der Wurmberg im Harz mit 971 m NN. Die höchste Erhebung im Weserbergland liegt bei 527,8 m NN, im Leinebergland bei 480,4 m NN und im Innerstebergland bei 358,9 m NN. Das Osnabrücker Hügelland weist Erhebungen bis 234,3 m NN auf. Das Wiehengebirge besitzt Erhebungen bis 320 m NN – im niedersächsischen Bereich bis 218 m und der Teutoburger Wald Höhen bis 446,4 m NN. Weitere Mittelgebirge liegen im nördlichen Harzvorland im Bereich der Börden im ostbraunschweigischen Hügelland mit dem Elm als höchsten Höhenzug mit 323,3 m NN, dem Lappwald, Oderwald, Asse, Dorm, Elz und Fallstein und im Süden mit dem Göttinger Bergland und dem Übergang zum Eichsfeld.

Die Mittelgebirgsregionen in Niedersachsen bestimmen mehr als 20 % der niedersächsischen Landesoberfläche. Rund Dreiviertel der niedersächsischen Landesfläche gehören zur Norddeutschen Tiefebene, die zur mitteleuropäischen Senke zählt und sich am Nordrand der Mittelgebirgsschwelle anschließt, wie in Bild 14 und 15 ersichtlich.



Bild 14: Topographische Karte Niedersachsen,
Bildquelle: https://diercke.westermann.de/

Im Südosten Niedersachsens folgt am Fuße der Mittelgebirgsschwelle die flachwellige Hügellandschaft der Börden als nächste Landschaftsform, die sich vor allem im Altmoränengebiet erstrecken, wie in Bild 16 ersichtlich. Die Börden sind typische baumarme Landschaften im nördlichen Deutschland, die sich von Nordrhein-Westfalen, Hessen, Niedersachsen bis Sachsen-Anhalt erstrecken, die durch ihre fruchtbare Lössbedeckung, ihre relative Trockenheit und Wärme natürlich begünstigt sind und über die besten landwirtschaftlich nutzbaren Böden in Deutschland verfügen, besonders in den Bereichen, wo die Lössböden in Schwarzerdeböden umgewandelt sind. Die in den Börden in Niedersachsen vorliegenden Geländehöhen liegen bei 50 bis 150 m NN.

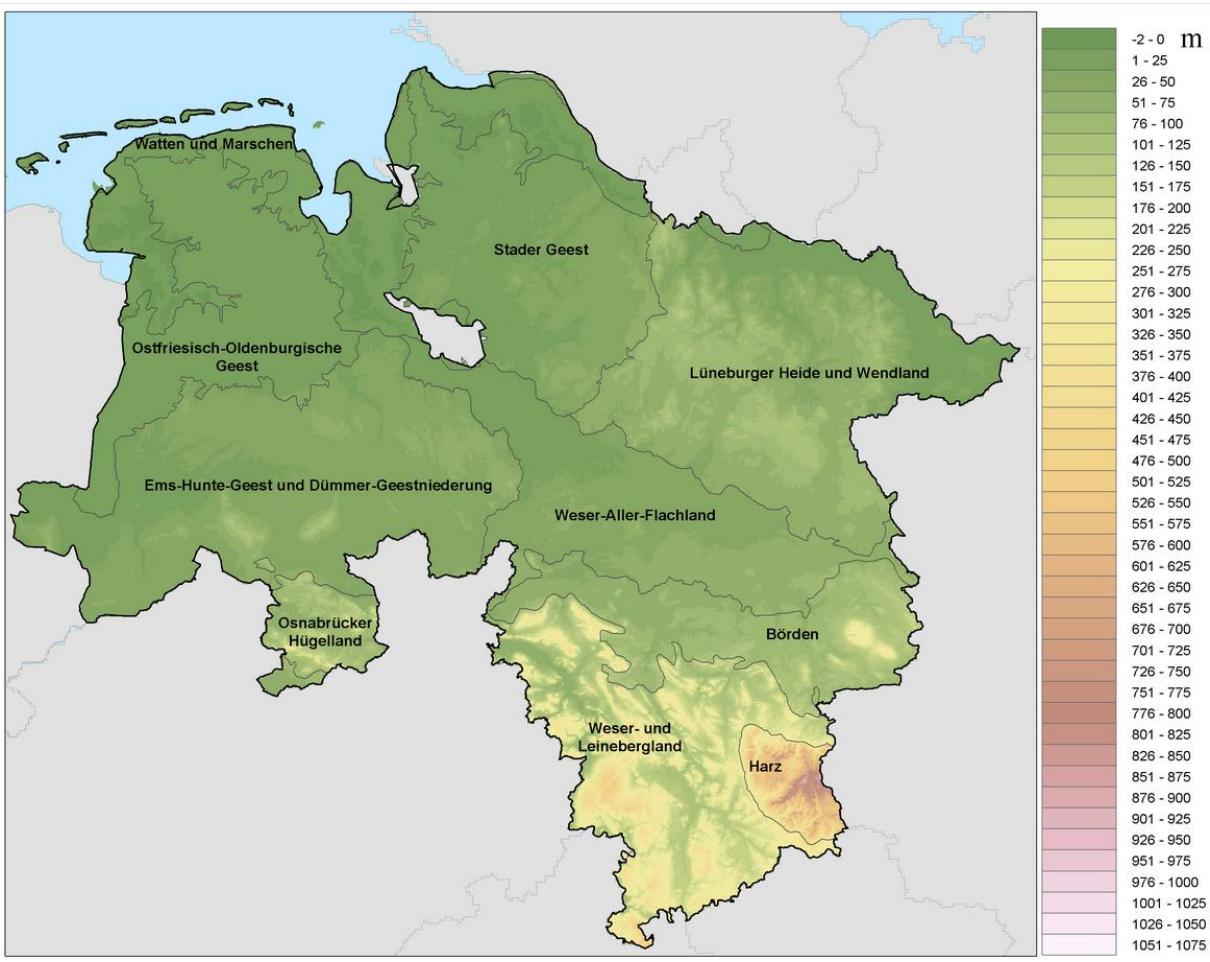


Bild 15: Landschaftsformen in Niedersachsen,
Bildquelle: www.kliff-niedersachsen.de

Nördlich der Mittelgebirgsregionen und der Börden schließen sich in Niedersachsen die Geestlandschaften an, bei denen es sich um höher gelegene Landschaft infolge von glazialen Sandablagerungen handelt, die während der Eiszeiten entstanden sind und die auch infolge ihrer höheren Geländelage als Geest- oder Sandrücken bezeichnet werden. Die hohe Geest ist durch End- und Grundmoränen aus der Saaleeiszeit geprägt, die niedere Geest durch Sander aus der Weichseleiszeit. In Niedersachsen bestehen als großflächige Landschaft die Ems-Hunte-Geest, die Dümmer-Geestniederung, die Ostfriesisch-Oldenburgische Geest und die Stader Geest. Auch das Weser-Aller-Flachland zählt zu den Geestlandschaften, ebenso wie die Lüneburger Heide und das Wendland, die eine flachwellige Heide-Geest- und Waldlandschaft bilden. Die großflächigen Geestlandschaften sind in Bild 15 dargestellt und werden wiederum in kleinere Landschaftseinheiten zergliedert.

Die in den Geestlandschaften in Niedersachsen vorliegenden Geländehöhen liegen bei 10 bis 170 m NN. Zu den eiszeitlichen Endmoränen-Höhenzügen zählen die Harburger Berge mit bis zu 155 m NN, der Wilseder Berg mit 169,2 m NN, die beide der Lüneburger Heide zuzuordnen sid, die Ankumer Höhe mit bis zu 142 m NN, die Dammer Berge mit bis zu 145

m NN, die Lingener Höhen mit bis zu 91 m NN, die zur Dümmer-Geestniederung gehören. Den eiszeitlichen Grundmoränenlandschaften ist der Hümmling mit bis zu 73 m NN Höhe zuzuordnen.

An den Küstengebieten Niedersachsens erstreckt sich im Anschluss an die Geestlandschaften die Landform der Watten und Marschen, die sich als nacheiszeitlich entstandenes Schwemmland ausgebildet haben und flache Landstriche ohne natürliche Erhebungen darstellen, die durch Feuchtgebiete, Bruche, Sümpfe, Moore, Salzwiesen und Polder gekennzeichnet sind. Die Landform der Marschen ist durch eine nur geringe Erhebung über dem Meeresspiegel gekennzeichnet, während die Watten auf und unterhalb des Meeresspiegels liegen. Der tiefste Geländepunkt in Niedersachsen liegt daher auch in der Landform der Watten und Marsche bei Freepsum in Ostfriesland mit -2,5 m NN.

6. Ausbaubares Wasserkraftpotenzial

Niedersachsen ist, wie in Abschnitt 4 gezeigt, durch große Fließgewässer gekennzeichnet, die dem Meer zuströmen. Die Elbe als viertgrößter Fluss, die Weser als siebentgrößter Fluss und die Ems als fünfzehntgrößter Fluss Deutschlands münden an der niedersächsischen Küste in die Nordsee. Die Fulda liegt auf Platz 21, die Leine auf Platz 22 und die Werra auf Platz 26 der 30 größten deutschen Flüsse. Niedersachsen wird damit von 6 der 30 größten Fließgewässer Deutschlands durchflossen, was einem Anteil von 20 % entspricht. Von der Gewässerstruktur und der Hydrologie weist Niedersachsen damit sehr gute Voraussetzungen für große Wasserkraftstandorte im Bereich der großen Durchflussmengen auf. Die großen Fließgewässer durchströmen Niedersachsen vollständig von Süd nach Nord wie Weser, Ems und Leine oder von Ost nach West wie Elbe oder Aller und stehen flächendeckend mit ihren Einzugsgebieten in ganz Niedersachsen zur Verfügung.

Von der Topographie und der Hydrologie besitzt Niedersachsen in Südniedersachsen, wie in Abschnitt 4 und 5 ersichtlich, in den Mittelgebirgslagen wie Harz, Weser- und Leinebergland und Osnabrücker Hügelland, Teutoburger Wald sowie Wiehengebirge durch die großen Fallhöhen und hohen Jahresniederschläge ebenfalls sehr gute Voraussetzungen für die Wasserkrafterzeugung und die Energiespeicherung. Historisch wurde diese Gegebenheit schon sehr früh erkannt und manifestiert sich unter anderem in dem unter UNESCO-Weltkulturerbe stehenden Harzer Wasserregal.

Die Landschaften der Börden und Geesten weisen ebenfalls gute Voraussetzungen zu Wasserkraftnutzung auf. Die Geländehöhen liegen hier zwischen 10 bis 170 m NN, so dass sich geringere Fallhöhenunterschiede als in den Mittelgebirgslagen ergeben. Dafür weisen aber die Fließgewässer wesentlich größere Durchflussmengen als in den Mittelgebirgsregionen auf, die durch die guten gemäßigten Jahresniederschläge im Bereich der Börden und Geesten und die stark zunehmenden Einzugsgebietsgrößen weiter vergrößert werden und die geringeren Fallhöhen bei der Energieerzeugung ausgleichen.

Die in den Watten und Marschen zur Verfügung stehenden Fallhöhen sind gering, können aber im tidebeeinflussten Bereich und im Übergang zur Geestlandschaft trotz der starken Schwankungen des Unterwasserspiegels bedeutende Größen erreichen, wie die großen Mündungswasserkraftwerke an der Hunte in Oldenburg oder an der Weser in Bremen, ebenso wie die ungenutzten Wasserkraftstandorte an der Emsmündung in Herbrum und in Hamburg-Geesthacht an der Elbe eindrucksvoll belegen. Die hier installierten bzw. installierbaren Leistungen und Jahresstromerzeugungen liegen alleine bei den vier genannten Standorten bei 45 MW und 209,7 GWh/a, was ca. 77,6 % der derzeit in Niedersachsen im langjährigen Mittel erzeugten Wasserkraft entspricht.

Auf Grund des größeren Wasserdargebotes ermöglichen aber auch die außerhalb des Tidebereiches liegenden Gewässerstrecken der Marschen trotz verhältnismäßig geringer Fallhöhen eine Wasserkraftnutzung, im Bereich der Watten auch in Form der Gezeitennutzung. Die große Anzahl von historisch mit Wasserkraft arbeitenden Betrieben im ehemaligen Großherzogtum Oldenburg zeigt die großflächige Wasserkraftnutzung auch im Bereich der Marschen, wie die große gewerbliche und landwirtschaftliche Betriebszählung vom 16. Juni 1925 belegt [22].

Werden neben den Gebirgslagen und den großen Fließgewässern auch die mittleren Fließgewässer wie Hase, Rhume, Oker, Innerste, Ilmenau und Hunte sowie die historischen Altstandorte der mit Wasserkraft arbeitenden Betriebe betrachtet, so ergibt sich ein beachtliches ausbaufähiges Wasserkraftpotenzial für Niedersachsen für eine zukünftige erneuerbare Energieversorgung, bei der neben den stark fluktuierenden Energieträger wie Wind und Sonne vor allem grundlastfähige, regel- und speicherbare, sowie netzstabilisierende erneuerbare Energieträger wie Wasserkraft und Biomasse benötigt werden. Durch die natürliche Struktur der Fließgewässer ist eine flächendeckende Wasserkraftversorgung in ganz Niedersachsen im Bereich der großen, mittleren und kleinen Wasserkraft möglich.

Insgesamt zeigt sich damit, dass das Land Niedersachsen bezüglich seiner natürlichen Gegebenheiten sowohl im Bezug auf die Höhenlagen als auch im Bezug auf das Wasserdargebot gute Voraussetzungen für eine Wasserkraftnutzung besitzt, was sich auch in der historisch flächendeckend in Niedersachen verbreiteten Wasserkraftnutzung manifestiert.

6.1 Historische Grundlagen

Ob in Niedersachsen wie in Süddeutschland oder im Rhein- und Moselgebiet schon in römischer Zeit eine Wasserkrafterzeugung erfolgte, wie im archäologischen und schriftlichen Befund für diese Gebiete nachgewiesen, ist bisher nicht bekannt. Das Vordringen der Wassermühle in Niedersachsen erfolgt aber spätestens im Zuge der fränkischen Eroberung Sachsens vor mehr als 1.200 Jahren. Bereits die Grenzbeschreibung der Diözese Bremen vom 14. Juli 788 bezeichnet einen „Mulimbach“ (Mühlenbach) als Grenze im Osten zum heutigen Niedersachsen, womit der Sotheterbach, der auch Alpershauser Mühlenbach genannt wird, gemeint ist. Grabungen an der Ilmenau bei Bardowiek haben eine Wassermühle zum Vorschein gebracht, die sich auf das Jahr 800 datieren lässt, so dass alleine an der Ilmenau eine Wasserkraftnutzung seit über 1.200 Jahren erfolgt. Urkundlich nachgewiesen ist die Wasserkraftnutzung in Niedersachsen seit über 1.060 Jahren, wie z.B. bei der Klostermühle in Gimte im Landkreis Göttingen, welche bereits 960 durch Kaiser Otto d. Gr. dem Kloster Hilwartshausen geschenkt wurde [25].

Bei der großen gewerblichen und landwirtschaftlichen Betriebszählung vom 16. Juni 1925 wurden im heutigen Niedersachsen noch 1.940 mit Wasserkraft arbeitende Betriebe gezählt [22], wovon 1.081 Betriebe mit Wasserrädern und 859 Betriebe mit Turbinen mit einer Gesamtleistung von 64.124 PS (47.195,3 kW) betrieben wurden. Die tatsächliche Anzahl der historisch in Niedersachsen mit Wasserkraft arbeitenden Mühlen und Gewerbe ist wesentlich größer. 1933 existierten in Niedersachsen noch 2.525 Mühlen, wovon 2.453 Mühlen Kleinmühlen und 72 Mühlen Groß- und Mittelmühlen waren [25]. 1960 gab es in Niedersachsen noch 1.063 Wassermühlen und 784 Windmühlen, 1.217 Mühlen waren davon im Betrieb. Heute werden in Niedersachsen anstelle der 1.940 mit Wasserkraft arbeitende Betriebe von 1925 nur noch 242 Wasserkraftanlagen betrieben mit einer installierten Leistung von 76 MW, wobei mehr als 52 MW Leistung auf den nach 1925 beginnenden Ausbau der großen Wasserkraft entfallen und nicht in der Reichsgewerbezählung von 1925 erfasst sind.

Der 2019 in Niedersachsen betriebene Wasserkraftanlagenbestand stellt damit ein Achtel der 1925 mit Wasserkraft arbeitenden 1.940 Betriebe und vermutlich weniger als 1/10 der historisch betriebenen Anlagen dar. Im Vergleich zum Bundesquerschnitt, bei dem das Verhältnis zwischen noch betriebenen und stillgelegten Altstandorten bei 1 : 5,7 liegt, sind in Niedersachsen in den letzten 50 Jahren 40 % mehr Altstandorte als im deutschlandweiten Mittel stillgelegt worden. Damit ergibt sich bei den Altstandorten in Niedersachsen ein besonders interessantes über Jahrhunderte bestehendes Ausbaupotenzial, das dezentral über die gesamte Landesfläche verteilt in Niedersachsen existiert.

6.2 Aktueller Stand der Wasserkraft in Niedersachsen

6.2.1 Anzahl der in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen in Niedersachsen

In Tabelle 11 ist die Entwicklung der Anzahl der in Niedersachsen in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen für den Zeitraum von 2012 bis 2019 dargestellt. Im Gegensatz zu allen anderen erneuerbaren Energieträgern in Niedersachsen ist die Wasserkraft trotz der Notwendigkeit des Klimaschutzes und der Energiewende als einzige erneuerbare Energiequelle von einer massiven Anlagenstillegung betroffen. Im Zeitraum von 2012 bis 2019 sind nach Angaben der Agentur für erneuerbare Energie und des Marktstammdatenregisters innerhalb von 7 Jahren 13 Wasserkraftanlagen in Niedersachsen außer Betrieb genommen worden, was 5,1 % des Anlagenbestandes von 2019 entspricht.

Jahr	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Anlagenanzahl	255	254	242	241	242	244	244	242 [27]

Tabelle 11: Anzahl der in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen in Niedersachsen [26,27]

In der Drucksache 14/3397 [7] zur Unterrichtung des Niedersächsischen Landtages vom 15. Mai 2002, in der es um die Förderung der Wasserenergienutzung in Niedersachsen geht, sind für das Jahr 2000 noch 257 in Betrieb befindliche Wasserkraftanlagen in Niedersachsen angegeben. Von 2000 bis 2012 hat sich die Anlagenanzahl damit um 2 Anlagen von 257 auf 255 innerhalb von 12 Jahren in Niedersachsen reduziert.

1984 waren in Niedersachsen noch 264 Wasserkraftanlagen in Betrieb [28]. In dem Zeitraum von 1984 bis 2000 hat sich innerhalb von 17 Jahren die Anlagenanzahl um 7 Anlagen verringert. Insgesamt zeigt sich, dass die Anzahl der in den letzen 30 Jahren in Niedersachsen stillgelegten Wasserkraftanlagen besonders auch im Hinblick auf die mehr als 22 neugebauten Anlagen noch wesentlich größer ausfällt und bei über 44 Wasserkraftanlagen liegt. Dies entspricht mehr als 18,2 % der 2019 betriebenen Wasserkraftanlagen in Niedersachsen.

Bundesland	**2012**	**2018**	Anlagen-zubau 2012 - 2018	Anlagen-zubau in [%]	**Nr.**
Baden-Württemberg (BW)	1573	1585	12	0,76	2
Bayern (BY)	3405	3442	37	1,09	1
Berlin (B)	0	0	0	0	15
Brandenburg (BB)	38	39	1	2,63	10
Bremen (HB)	1	1	0	0	14
Hamburg (HH)	1	1	0	0	14
Hessen (HE)	490	495	5	1,02	3
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	24	26	2	8,33	12
Niedersachsen (NI)	255	242	-13	-5,10	6
Nordrhein-Westfalen (NRW)	406	419	13	3,20	4
Rheinland-Pfalz (RLP)	199	199	0	0	8
Saarland (SL)	25	27	2	8,00	11
Sachsen (SN)	322	331	9	2,80	5
Sachsen-Anhalt (ST)	52	57	5	9,62	9
Schleswig-Holstein (SH)	21	24	3	14,29	13
Thüringen (TH)	197	209	12	6,09	7
Deutschland (D)	—	7099			

Tabelle 12: Anzahl der in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen in den Bundesländern[26]

Im deutschlandweiten Vergleich auf der Ebene der Bundesländer zeigt sich, wie Tabelle 12 verdeutlicht, das Niedersachsen in Deutschland das einzige Bundesland ist, bei dem die Wasserkraft in den letzten Jahren zurückgefahren wird, wobei für Niedersachsen die aktuelle Anlagenzahl von 2019 dargestellt ist. In 11 Bundesländern erfolgte im Zeitraum von 2012 bis 2018 nach Angaben der Agentur für erneuerbare Energie ein moderater Zubau an Wasserkraftanlagen, in 3 Bundesländern ist die Anzahl der Wasserkraftanlagen gleich geblieben, in Berlin gibt es aktuell keine Wasserkraftanlage, obwohl hier 1925 noch 9 Betriebe mit Wasserkraft gearbeitet haben und eine nennenswerte Anzahl von Wehren und Querbauwerken existiert. Niedersachsen hat nach Angaben der Agentur für erneuerbare Energie und des Marktstammdatenregisters innerhalb von 7 Jahren im Zeitraum von 2012 bis 2019 als einziges Bundesland 13 Wasserkraftanlagen außer Betrieb genommen, was einem Anlagenrückbau von 5,1 % entspricht, während deutschlandweit ein Anlagenzubau von 1,4 % erfolgte.

Der Rückbau von Wasserkraftanlagen und von für die Wasserkraft nutzbarer Wehrbauwerke und Querbauwerke in Niedersachsen ist im Bezug auf den Klimawandel und den notwendigen Ausbau aller erneuerbarer Energieträger als kritisch zu bewerten, ebenso in Hinblick auf die sinkenden Grundwasserspiegel sowie die zunehmende Gefahr von Dürreperioden und Hochwässern, da durch die Wehranlagen und Querbauwerke die Grundwasserspiegel gehalten, Niedrigwasseraufhöhungen gesichert, der Einfluss von Dürreperioden gelindert und Hochwasserabflüsse gesteuert werden.

Die Tendenz des Wehr- und Querbauwerksrückbaus sowie die Stilllegung von in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen hält in Niedersachsen weiterhin an. So soll z.B. nach Aussage des NLWKN [29] das landeseigene Wasserkraftwerk in Wildeshausen an der Hunte mit 270 kW Leistung und einer Jahreserzeugung von 1,2 Mio. kWh, welches 18 % der Haushalte der Stadt Wildeshausen mit grundlastfähigen erneuerbaren Strom aus Wasserkraft versorgt, bis 2022 stillgelegt werden. Grund für die Stilllegung ist laut NLWKN, das der 90 m lange Fischpass „…eine unschöne optische Einschränkung…“ [29] im Bereich der Innenstadt wäre. Das hier historische Wasserkraftnutzung und ökologische Durchgängigkeit als hervorragende sich ergänzende und notwendige Kombination an einem landeseigenen Kraftwerk erlebbar gemacht werden können, so wie es auch an der von EWE an der Hunte betriebenen landeseigenen Wasserkraftanlage in Oldenburg möglich ist, wird nicht in Erwägung gezogen.

Die in Niedersachsen festzustellende Stilllegung von in Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen steht nicht nur im Gegensatz zu dem bundesweit bei der Wasserkraft zu beobachtenden Trend, sondern auch im Widerspruch zu den Bemühungen der Landesregierung im Niedersächsischen Runderlaß v. 15.7.1996 – 206-32344/3/1 des Umweltministeriums im Einvernehmen mit dem NMW und NML zur Zulassung von Wasserkraftanlagen [31], mit dem der Leistungszubau von 50 MW Wasserkraft in Niedersachsen im Zuge des Programms der Landesregierung für eine kernenergiefreie Elektrizitätsversorgung in Niedersachsen unterstützt werden soll. Auch in der Drucksache 14/3397 des Niedersächsischen Landtages zur Förderung der Wasserenergienutzung in Niedersachsen [7] vom 15. Mai 2002 wird festgestellt, dass es im Interesse des Klimaschutzes und des Landes liegt, die Wasserkraft so effizient wie möglich zu nutzen und weiter auszubauen. Die Landesregierung will hierzu laut Drucksache 14/3397 ihren Beitrag leisten. Das Land Niedersachsen ist dabei grundsätzlich bereit, die 120 landeseigenen Wehre zur Wasserkraftnutzung frei zu geben. Die Potenziale für den Wasserkraftausbau werden neben der Nutzung der ungenutzten Wehre und Querbauwerke in der Drucksache 14/3397 in den großen Gewässern, in den Mittelgebirgsregionen in Südniedersachsen und in der Reaktivierung stillgelegter Anlagen gesehen.

6.2.2 Installierte Leistung und Erzeugung der Wasserkraft in Niedersachsen

In Tabelle 13 sind die installierte Leistung und die Jahreserzeugung der Wasserkraftanlagen in Niedersachsen und die Leistung der Anlagen mit EEG-Vergütung für den Zeitraum von 2003 bis 2019 dargestellt. Die langjährige mittlere Jahreserzeugung der Wasserkraft in Niedersachsen über 17 Jahre liegt bei 270,3 GWh/a. Niedersachsen liegt damit bei der Wasserkrafterzeugung auf dem 6. Platz in Deutschland hinter Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Hessen, wie in Abschnitt 3 dargelegt. Die Eigenversorgung mit Strom ist in den zusammengestellten Statistiken in Tabelle 13 nicht erfasst, macht aber bei den mit Wasserkraft arbeitenden Betrieben im Bereich der kleineren und mittleren Wasserkraft einen nennenswerten Anteil aus, so dass die eigentliche Stromerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen höher liegt.

Für die installierte Leistung der in Niedersachsen betriebenen Wasserkraftanlagen konnten in Tabelle 13 bisher nur Angaben für die Jahre 2007 sowie 2011 bis 2018 zusammengestellt werden. Die installierte Gesamtwasserkraftleistung in Niedersachsen schwankt hierbei zwischen 74 bis 78 MW. Ebenfalls ist in Tabelle 13 die Leistung der durch das EEG vergüteten Wasserkraftanlagen in Niedersachsen angegeben. Die Anlagenleistung liegt hier zwischen 56 bis 58,7 MW. Damit werden ca. 75 % der in Niedersachsen in Betrieb befindlichen Was-

serkraftleistung durch das EEG gefördert, während bei 25 % der Gesamtanlagenleistung eine Vergütung außerhalb des EEG erfolgt.

Die Jahresstromerzeugungen aus Wasserkraft in Niedersachsen für die Jahre von 2003 bis 2019 sind auch noch einmal in Bild 16 dargestellt. Der langjährige Erzeugungsmittelwert von 270,29 GWh ist ebenfalls in Bild 16 eingezeichnet. Ein Vergleich mit Tabelle 10 der bundesweiten Wasserkrafterzeugung zeigt, dass sich die Stromerzeugung in Niedersachsen ähnlich über die Jahre entwickelt. Die Trockenjahre 2003, 2011 und 2018 sind sowohl auf Bundesebene als auch auf Landesebene als Erzeugungs-Minima feststellbar. Bei den erzeugungsstarken Jahren liegt Niedersachsen wie z.B. in den Jahren 2004 bis 2007 oder 2009 teilweise über dem Bundesquerschnitt.

Jahr	Leistung Anlagen mit EEG Vergütung [MW] [32]	Installierte Leistung gesamt [MW]	Erzeugung gesamt [GWh]
2003			270
2004			301
2005			308
2006			302
2007		77 [33]	341
2008			290
2009			315
2010			284
2011		78	231
2012	56	78	268
2013	56,5	78	290
2014	56,2	70	237
2015	58,7	76	241
2016	58,1	74	267
2017	58,5	76	233
2018	53,2	77	194
2019			223
Mittelwert			**270,29**

Tabelle 13: Leistung und Erzeugung der Wasserkraft in Niedersachsen [26,30,32,33]

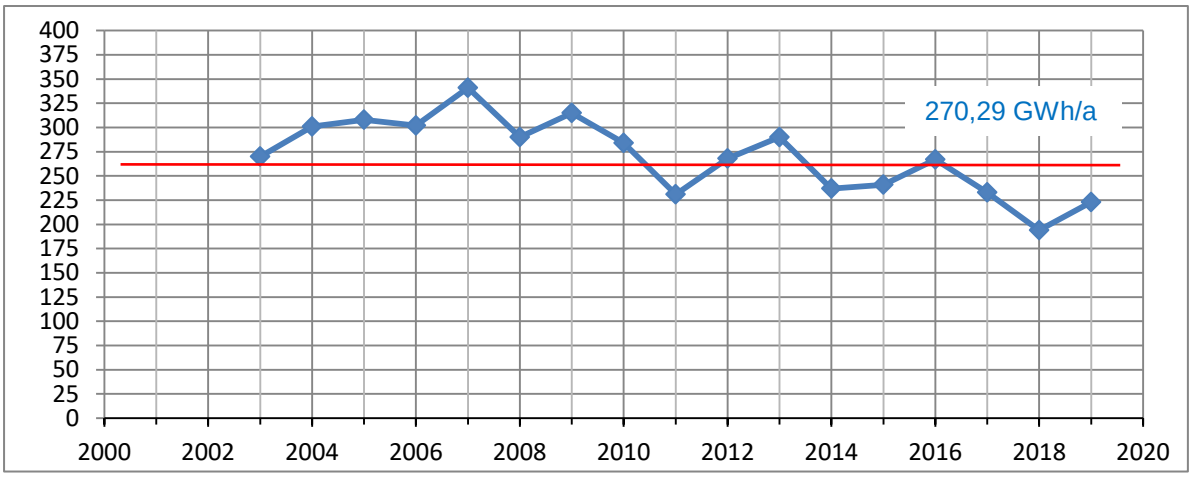


Bild 16: Jahreserzeugung der Wasserkraft in Niedersachsen in [GWh], [26, 30]

6.3 Auszug aus dem ausbaubaren Wasserkraftpotenzial Niedersachsens anhand von ausgewählten Einzelstandorten

6.3.1 Ausbaubares Wasserkraftpotenzial an 54 Einzelstandorten in Niedersachsen

Wie in Abschnitt 6.1 dargelegt, hat es 1925 noch 1.940 mit Wasserkraft arbeitende Betriebe gegeben. Die Anzahl der historisch in Niedersachsen mit Wasserkraft arbeitenden Anlagen ist wesentlich größer. Für Niedersachsen wird die Anzahl der Querbauwerke nach [42] mit 5.948 angegeben, so dass sich neben den Altstandorten noch ein 3-mal größeres Anlagenpotenzial an Querbauwerken in Niedersachsen ergibt.

Im Hinblick auf dieses große Anlagenpotenzial werden im Rahmen dieser kurzfristig auf Anfrage des Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (NMU) erstellten Vorstudie zum ausbaubaren Wasserkraftpotenzial in Niedersachsen zunächst nur anteilig und beispielhaft Standorte der großen und mittleren Wasserkraft zusammengetragen, um eine erste Vorstellung zum vorhandenen technisch ausbaubaren Potenzial an bestehenden Stauhaltungen, Querbauwerken und anderen historisch existierenden Wassernutzungssystemen zu ermöglichen. Die hierfür zusammengetragenen 54 Standorte, von denen 34 Standorte zu den Altstandorten zählen, stellen dabei mit 1,8 % nur einen geringen Teil der 1925 noch betriebenen 1.940 Wasserkraftstandorte in Niedersachsen und einen noch geringeren Teil der historisch tatsächlich auf dem heutigen Landesgebiet existierenden Wasserkraftstandorte dar. Im Bezug auf die 5.948 Querbauwerke werden weniger als 0,9 % betrachtet. Bei der vorliegenden Vorstudie konnte die kleine Wasserkraft, die Großteils ein 300 bis 1.000 Jahre altes Kulturgut darstellt, noch nicht untersucht werden, obwohl diese, wie auch die Untersuchungen zum Wasserkraftpotenzial im Landkreis Göttingen [9] und die derzeitige Energieerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen im Vergleich zum Bundesquerschnitt zeigen, einen maßgeblichen Beitrag zur Energieerzeugung liefert.

Bei der Standortuntersuchung wurden Standorte an der Elbe, Aller, Fulda, Werra, Leine, Rhume, Sieber, Ems, Innerste, Oker und Hase untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Für das Elbewehr Geesthacht ist das Potenzial des geplanten Stauziels mit 5,65 mNN und das Potenzial des derzeit betriebenen Stauziels mit 4,00 mNN analysiert. Bei den noch im Betrieb befindlichen Altstandorten an der Leine, Rhume, Aller und Oker wurde das am Standort mögliche Erweiterungspotenzial ausgewertet ebenso wie bei den neugebauten Kraftwerken an der Fulda, Werra und Ems. Auf der Basis der Arbeiten von [34] ist das aktuell nicht in Betrieb befindliche Potenzial der Bergwerkskraftwerke im Bergbaurevier von Clausthal-Zellerfeld zusammengestellt. Der derzeit nur als Hochwasserrückhaltebecken betriebene Großspeicher Salz der Helden an der Leine wurde als multifunktionale Speicherwasserkraftanlage untersucht, die sowohl zum Hochwasserschutz, zur Niedrigwasseraufhöhung, zur Energiespeicherung, als auch zur Wasserkrafterzeugung und Regelleistungsbereitstellung genutzt werden kann.

Für die 54 untersuchten Standorte liegt das ausbaubare Wasserkraftpotenzial bei einer Jahresstromerzeugung von 266,737 GWh/a und einer Leistung von 53,68 MW für das derzeit in Geesthacht betriebene Stauziel von 4,00 mNN. Wird in Geesthacht das geplante Stauziel von 5,65 mNN gefahren, auf das die Staustufe und Schleusenanlage in Geesthacht ausgelegt ist, erhöht sich das ausbaubare Wasserkraftpotenzial auf eine Jahresstromerzeugung von 318,337 GWh/a und die Leistung auf 64,2 MW, wie in Tabelle 14 ersichtlich. Beim Ausbau der bestehenden 54 Standorte zur Wasserkrafterzeugung würde sich die derzeitige Wasserkrafterzeugung in Niedersachsen bei einem Stauziel von 4,00 mNN in Geesthacht verdoppeln lassen. Bei einem Stauziel von 5,65 mNN erhöht sich die derzeitige Jahreserzeugung in Niedersachsen um das 2,2-fache. Von den 54 untersuchten Standorten sind 20 Standorte der großen Wasserkraft mit einer installierten Ausbauleistung von 1 MW und mehr zuzuordnen und 34 Standorte gehören zur mittleren Wasserkraft.

Nr.	Standort	Gewässer	Leistung Kraftwerk [kW]	Arbeits-vermögen Regeljahr Ea [GWh]
1	Hamburg Gesthacht (aktuelles Stauziel 4,00 mNN)	Elbe	18.997,64	90,4
	Hamburg Gesthacht (geplantes Stauziel 5,65 mNN)	Elbe	29.518,94	142
2	Hademstorf	Aller	508,65	3,028
3	Bannetze	Aller	444,76	2,621
4	Celle (Erweiterungspotenzial)	Aller	1.012,66	4,878
5	Osterloh	Aller	279,18	1,396
6	Offensen	Aller	337,82	1,689
7	Langlingen	Aller	381,94	1,910
8	Hann. Münden (Erweiterungspotenzial)	Fulda	1.594,6	8,642
9	Bonaforth	Fulda	1.263,2	6,502
10	Wilhelmshausen	Fulda	1.395,7	6,983
11	Hann. Münden (Erweiterungspotenzial)	Werra	918,70	5,07
12	Hedemünde (Erweiterungspotenzial)	Werra	811,21	4,038
13	Neustadt am Rübenberge (Erweiterungspotenzial)	Leine	1.088,26	4,813
14	Hannover Flusswasserkunst	Leine	852,49	3,279
15	Hannover Döhren	Leine	816,73	4,449
16	Banteln (Erweiterungspotenzial)	Leine	74,85	0,412
17	Brüggen (Erweiterungspotenzial)	Leine	566,39	3,115
18	Eimsen	Leine	530,80	2,919
19	Alfeld (Erweiterungspotenzial)	Leine	577,69	3,177
20	Groß Freden (Erweiterungspotenzial)	Leine	128,45	0,706
21	Greene (Erweiterungspotenzial)	Leine	219,74	1,209
22	Rittierrode, Hellemühle	Leine	398,43	2,191
23	Salz der Helden	Leine	1.402,24	7,712
24	Hollenstedt, E-Werk	Leine	180,00	0,990
25	Elvershausen (Erweiterungspotenzial)	Rhume	213,47	1,174
26	Katlenburg-Lindau	Rhume	107,01	0,589
27	Lonau, fiskalische Sägemühle	Sieber	102,02	0,510
28	Lonauerhammerhütte	Sieber	94,18	0,471
29	Sieber, Holzschleiferei III	Sieber	122,43	0,612
30	Sieber, Holzschleiferei II	Sieber	218,49	1,092
31	Sieber, Holzschleiferei I	Sieber	226,81	1,134
32	Herbrum	Ems	952,83	5,241
33	Bollinger Fähr	Ems	940,12	5,171
34	Düthe	Ems	1.062,38	5,843
35	Hilter	Ems	741,78	4,080
36	Versen	Ems	1.376,69	7,572
37	Varloh (Erweiterungspotenzial)	Ems	687,96	3,784
38	Klein Hespe	Ems	382,20	2,102
39	Hanekenfähren	Ems	1.452,35	7,988
40	Emshock, Listrup	Ems	955,49	5,255

Nr.	Standort	Gewässer	Leistung Kraftwerk [kW]	Arbeits-vermögen Regeljahr Ea [GWh]
41	Clausthal Wilhlem II [34]	Dammgraben	4.556,00	16,000
42	Clausthal Ottiliae [34]	Grabenzug	1.500,00	10,000
43	Clausthal Meding [34]	Innerste	167,00	0,360
44	Bad Grund Hilfe Gottes [34]	Innerste	1.016,00	6,500
45	Hillerse	Oker	185,21	1,019
46	Rothemühle (Erweiterungspotenzial)	Oker	119,69	0,724
47	Braunschweig-Petriwehr	Oker	323,82	1,195
48	Braunschweig-Eisenbüttel	Oker	177,75	0,769
49	Braunschweig-Rüningen	Oker	151,25	0,620
50	Hedwigsburg, Fährmühle	Oker	90,00	0,458
51	Immenrode, Probsteiburg	Oker	179,41	0,987
52	Schachtrupsmühle, Holzschleiferei	Oker	109,60	0,603
53	Oker, Hygrositfabrik	Oker	116,86	0,643
54	Schützenhofwehr	Hase	569,36	2,112
	Gesamtsumme mit Geesthacht mit aktuellem Stauziel:		**53.680,20 kW**	**266,737 GWh/a**
	Gesamtsumme mit Geesthacht mit geplantem Stauziel:		**64.201,50 kW**	**318,337 GWh/a**

Tabelle 14: Ungenutztes Wasserkraftpotenzial an 54 ausgewählten Standorten in Niedersachsen

6.3.2 Ausbaubares Wasserkraftpotenzial an Weser und Elbe in Niedersachsen

In Tabelle 15 und 16 sind die im Rahmen der Wasserkraftausbaupläne und der Schiffbarmachung in Westdeutschland und in der DDR geplanten Wasserkraftstandorte an der Weser und der Elbe zusammengestellt, die bisher nicht errichtet wurden. Tabelle 15 zeigt den im Rahmen des Wasserkraftausbauplans für Westdeutschland in der Systematik der Wasserkräfte der Bundesrepublik von 1962 vorgesehenem Ausbau der Ober- und Mittelweser [35]. Bei diesen Planungen wurden 19 Staustufen an der Weser ab Bremen vorgesehen, von denen 6 Staustufen an der Mittelweser gebaut wurden, während das Weserwehr in Bremen bereits bestand. Die 12 geplanten, aber bisher nicht realisierten Staustufen an der Mittel- und Oberweser von Minden bis Hann. Münden, weisen eine Gesamtleistung von 96,4 MW und eine Jahresstromproduktion von 466,8 GWh/a auf, wie in Tabelle 15 ersichtlich.

Nr.	Standort	Gewässer	Leistung Kraftwerk [kW]	Arbeitsvermögen Regeljahr Ea [GWh]
1	Minden	Weser	4.800	22,7
2	Costedt	Weser	6.800	37,7
3	Ellerburg	Weser	9.400	50,5
4	Großenwieden	Weser	8.000	42,7
5	Hameln	Weser	4.500	17,5
6	Kirchosen	Weser	7.400	34,2
7	Bodenwerder	Weser	7.300	34,5
8	Brevörde	Weser	7.300	34,5
9	Holzminden	Weser	8.500	41,7
10	Blankenau	Weser	7.000	34,3
11	Karlshafen	Weser	9.800	45,0
12	Gottstreu	Weser	15.600	71,5
Gesamtsumme Weser:			**96.400,00**	**466,80**

Tabelle 15: geplanter Weserausbau nach Wasserkraftausbauplan für Westdeutschland [35]

Nr.	Standort	Gewässer	Leistung Kraftwerk [kW]	Arbeitsvermögen Regeljahr Ea [GWh]
1	Schnackenburg	Elbe	14.515,66	87,094
2	Dömitz	Elbe	19.527,46	117,165
3	Walmsburg	Elbe	21.711,02	130,266
4	Hamburg Gesthacht	Elbe	29.518,94	142,000
Gesamtsumme Elbe mit Geesthacht mit geplantem Stauziel:			**85.273,08**	**476,52**
Gesamtsumme Elbe ohne Geesthacht:			**55.754,14**	**334,52**
Gesamtsumme Elbe und Weser mit Geesthacht (Stauziel 5,65mNN):			**181.673,08**	**943,32**
Gesamtsumme Elbe und Weser ohne Geesthacht:			**152.154,14**	**801,32**

Tabelle 16: geplanter Elbeausbau nach Untersuchung von 1953 [37]

Die Planungen von 1962 stellen die Weiterentwicklungen der Planungen von 1951 [36] dar, die im Zuge des Mittelweserausbaus weiter konkretisiert wurden. In der Nähe von Gottstreu an der Kreisgrenze des LK Göttingen ist bei den Ausbauplänen die größte niedersächsische Wasserkraftanlage mit einer Leistung von 15,6 MW sowie einer Jahresstromproduktion von 71,5 GWh/a geplant, in Bad Karlshafen auf der Seite des LK Northeim die zweitgrößte Wasserkraftanlage Niedersachsens mit 9,8 MW und einer Jahresstromproduktion von 45 GWh/a, wie Tabelle 15 zeigt. Die Größe der Wasserkraftwerke an der Weser wird nur durch die Größe der an der Elbe geplanten Wasserkraftwerke übertroffen.

Die an der Elbe geplanten Staustufen zur Verbesserung der Schifffahrt und zur Nutzung der Wasserkraft sind in Tabelle 16 dargestellt. Der schon vor dem 2. Weltkrieg angedachte Elbausbau wurde zu DDR-Zeiten weiter konkretisiert und mündete in den Planungen von 1953 [37] und 1966 [38]. Die Nutzung der Elbe zur Wasserkrafterzeugung wurde u.a. 1953 ausgearbeitet [37, 39]. In den Planungen zum Elbeausbau waren mit Geesthacht 1953 28 Staustufen und in den Planungen von 1966 30 Staustufen vorgesehen. Die Staustufe Geesthacht ist hierbei die bisher einzige vollständig realisierte Staustufe des Elbeausbaus in Deutschland. In Magdeburg wurde in den 1930iger Jahren mit dem Bau der Elbestaustufe Magdeburg begonnen und dafür die zum damaligen Zeitpunkt größte Binnenschifffahrtsschleuse Europas mit 2 Kammern mit 325 x 25 m bis 1942 errichtet. Der Bau der dazugehörigen Staustufe in der Elbe wurde aber infolge des 2. Weltkrieges nicht fertiggestellt. Der Ausbau der Elbe auf dem Gebiet von Tschechien wurde hingegen von 1902 bis 1980 konsequent verfolgt und umgesetzt [40, 41] und soll seinen Abschluss in der Staustufe von Decin finden.

Von den 28 an der Elbe vorgesehenen Staustufen befinden sich 4 Staustufen im Elbeabschnitt des Landes Niedersachsens. Die sich hier ergebenden Kraftwerksleistungen liegen bei 85,273 MW und die Jahreserzeugung bei 476,52 GWh/a. Wird der Elbeausbau ohne Geesthacht betrachtet, beträgt die Jahresleistung der 3 niedersächsischen Elbestaustufen 55,754 MW und die Jahreserzeugung 334,52 GWh/a. Das gesamte ausbaufähige Wasserkraftpotenzial an der Weser und Elbe liegt nach dem Wasserkraftausbauplan für Westdeutschland von 1962 und dem Elbeausbauplan von 1953 bei 181,7 MW und einer Jahreserzeugung von 943,3 GWh/a, was einer Verfünffachung der derzeitigen niedersächsischen Wasserkrafterzeugung entspricht.

6.3.3 Zusammenstellung des ausbaubaren Wasserkraftpotenzials in Niedersachsen

In Tabelle 17 ist das an 67 Wasserkraftstandorten in Niedersachsen untersuchte Wasserkraftpotenzial zusammengestellt. Bei 54 Wasserkraftstandorten handelt es sich um bestehende Stauhaltungen, Querbauwerke, Altstandorte und andere historisch existierende Wassernutzungssysteme. Darüber hinaus ist das Potenzial der 10 Neubauprojekte an der Weser des Wasserkraftausbauplans für Westdeutschland die auf Niedersachsen entfallen und die 3 Neubauprojekte des Elbeausbauplans in Tabelle 17 aufgeführt. Die in Niedersachsen in Betrieb befindlichen 242 Wasserkraftanlagen im Jahr 2019 mit 77 MW Leistung und einer mittleren Jahreserzeugung von 270,29 GWh/a sind auch in Tabelle 17 dargestellt.

	Gewässer	Anzahl Kraftwerke	Leistung Kraftwerke [kW]	Arbeitsvermögen Regeljahr Ea [GWh]
Einzelstandorte	divers	54	64.201,50	318,34
Weserausbau	Weser	10	84.800,00	406,40
Elbeausbau	Elbe	3	55.754,14	334,52
Summe Zubaupotenzial		**67**	**204.755,64**	**1.059,26**
in Betrieb befindliche Wasserkraftanlagen	divers	242	77.000	270,29
Gesamtsumme		**309**	**281.755,64**	**1.329,55**

Tabelle 17: Zusammenstellung des Wasserkraftpotenzials in Niedersachsen (Auszug)

Die Weserkraftwerke Minden und Costedt mit einer Leistung von 11,6 MW und einer Jahreserzeugung von 60,4 GWh/a sind bei der Zusammenrechnung in Tabelle 17 nicht erfasst worden, da sie sich in Nordrhein-Westfalen befinden. Die 10 anderen Weserkraftwerke des Wasserkraftausbauplans befinden sich in Niedersachsen oder auf der Grenze zwischen Niedersachsen und Hessen bzw. Nordrhein-Westfalen. Bei den Grenzkraftwerken liegen an der Weser die Ortschaften in Hessen oder Nordrhein-Westfalen, die Kraftwerke würden daher i.a. auf der niedersächsischen Seite entstehen und damit zu Niedersachsen zählen.



Bild 17: Überblick über die 54 ausbau- und erweiterbaren Wasserkraftstandorte in Niedersachsen und der Weser- und Elbekraftwerke nach den Wasserkraftausbauplänen [35,37]

In Bild 17 sind die untersuchten 67 Wasserkraftstandorte in Niedersachsen als Überblick dargestellt zuzüglich der bereits bestehenden 7 Weserkraftwerke an der Mittelweser und in Bremen. 2 der bestehenden Weserkraftwerke entfallen davon auf Nordrhein-Westfalen, 4 Weserkraftwerke auf Niedersachsen und 1 Weserkraftwerk auf Bremen.

Wie die Zusammenstellung des Wasserkraftpotenzials in Niedersachsen in Tabelle 17 zeigt, die nur einen Auszug darstellt, ergibt sich an den 67 untersuchten Wasserkraftstandorten ein Zubaupotenzial für Niedersachsen bei der Jahreserzeugung von 1.059,26 GWh/a bei einer Zubauleistung von 204,755 MW. Die Anzahl der Wasserkraftstandorte würde sich von derzeit 242 Standorten auf 309 Standorte erhöhen. Die Jahresstromerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen würde sich bei Ausbau dieses Potenzials von aktuell 270,29 GWh/a auf 1.329,55 GWh/a und die Leistung von 77 MW auf 281,755 MW erhöhen. Diese Erzeugungszunahme würde die derzeitigen Wasserkrafterzeugung in Niedersachsen verfünffachen und

das mit dem alleinigen Ausbau von 67 Wasserkraftstandorten, wovon 54 Standorte bereits existieren. 13 Standorte sind Neubauprojekte, die aber seit den 1950iger Jahren als Schubladenprojekte über viele Jahre in den Wasser- und Schifffahrtsverwaltungen in Abstimmung mit den Wasserwirtschaftsverwaltungen der Länder weitestgehend ausgearbeitet sind. Der bereits erfolgte Ausbau der Mittelweser ist nur ein Teilergebnis dieser Planungen ebenso wie der Ausbau der Fulda-Staustufe Wahnhausen Ende der 1980-iger Jahre.

Mit einer Jahresstromerzeugung aus Wasserkraft von 1.329,55 GWh/a würde Niedersachsen im Vergleich zum Bundesquerschnitt bei der Stromerzeugung zum drittgrößten Wasserkrafterzeuger in Deutschland hinter Bayern und Baden-Württemberg aufsteigen. Auch bei der installierten Leistung mit 281,755 MW wäre Niedersachsen auf dem 3. Platz innerhalb Deutschlands, wie der Vergleich mit Tabelle 8 und 9 verdeutlicht.

Bei der Anzahl der betriebenen Wasserkraftanlagen bleibt Niedersachsen mit 309 Wasserkraftanlagen weiterhin auf dem 6. Platz innerhalb Deutschlands, siehe Tabelle 12. Im Vergleich zu den anderen Bundesländern ist damit in Niedersachsen als zweitgrößtes Bundesland Deutschlands die in Betrieb befindliche Wasserkraft nachwievor unterrepräsentiert im Bezug auf die Landesfläche, siehe Tabelle 18, obwohl es historisch mehr als 1.940 Wasserkraftstandorte in Niedersachsen gab. Mit 196,76 km² Landesfläche pro Wasserkraftanlage liegt Niedersachsen vor den 3 Stadtstaaten, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt auf Platz 9. In ganz Deutschland kommen auf eine Wasserkraftanlage 50,34 km² Landesfläche, d.h. es gibt in ganz Deutschland im Mittel viermal mehr Wasserkraftanlagen als in Niedersachsen. Bezogen auf den Flächenausbaugrad hat Niedersachsen demzufolge noch große Ausbaupotenziale in der Wasserkraft im Vergleich zum Bundesmittel.

Ebenfalls ist in Tabelle 18 zum Vergleich der Situation der Wasserkraft mit der Windkraft die Anzahl der in den Bundesländern installierten Windkraftanlagen pro zur Verfügung stehender Landesfläche dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass im Gegensatz zur Wasserkraft in Niedersachsen nicht 196,76 km² sondern pro Windkraftanlage nur 7,74 km² der Landesfläche zur Verfügung stehen, was bedeutet, das in Niedersachsen 25,4-mal mehr Windkraftanlagen als Wasserkraftanlagen installiert sind und fast doppelt so viele wie im Bundesquerschnitt.

Bundesland	Fläche [km²]	Anzahl WKA **2018**	Fläche pro WKA [km²]	**Nr.**	Anzahl WEA **2019**	Fläche pro WEA [km²]
Baden-Württemberg (BW)	35.751	1.585	22,56	2	781	45,78
Bayern (BY)	70.550	3.442	20,50	1	1.230	57,36
Berlin (B)	892	0			8	111,50
Brandenburg (BB)	29.654	39	760,36	14	3.845	7,71
Bremen (HB)	419	1	419,00	11	92	4,55
Hamburg (HH)	755	1	755,00	13	68	11,10
Hessen (HE)	21.115	495	42,66	3	1.042	20,26
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	23.213	26	892,81	15	1.840	12,62
Niedersachsen (NI)	47.616	242	196,76	9	6.149	7,74
Nordrhein-Westfalen (NRW)	34.113	419	81,42	6	3.464	9,85
Rheinland-Pfalz (RLP)	19.854	199	99,77	8	1.692	11,73
Saarland (SL)	2.569	27	95,15	7	196	13,11
Sachsen (SN)	18.450	331	55,74	4	935	19,73
Sachsen-Anhalt (ST)	20.452	57	358,81	10	2.848	7,18
Schleswig-Holstein (SH)	15.802	24	658,42	12	3.285	4,81
Thüringen (TH)	16.202	209	77,52	5	888	18,25
Deutschland (D)	357.376	7.099	50,34		28.363	12,60

Tabelle 18: Flächenausbaugrad pro Wasserkraftanlage (WKA) und Windkraftanlage (WEA)

7. Ausblick

Bei dem vorliegenden Auszug der Potenzialuntersuchung für Niedersachsen an konkreten Wasserkraftstandorten wurden bisher lediglich 67 Standorte betrachtet, wovon 35 Standorte zu den Altstandorten zählen. Die hierbei zusammengetragenen 34 Altstandorte stellen mit 1,8 % nur einen sehr geringen Teil der 1925 noch betriebenen 1.940 Wasserkraftstandorte in Niedersachsen und einen noch geringeren Teil der historisch tatsächlich auf dem heutigen Landesgebiet existierenden Wasserkraftstandorte dar. Bezogen auf die in [42] erfassten 5.948 Querbauwerke in Niedersachsen machen die 54 betrachteten vorhandenen Standorte sogar weniger als 0,9 % der Querbauwerke aus.

Im Rahmen der Erstellung der „Potenzialstudie über das theoretische und das technisch nutzbare Wasserkraftpotenzial der kleinen, mittleren und großen Wasserkraft in Niedersachsen“ soll neben dem Modernisierungs- und Optimierungspotenzial an den bestehenden 242 Wasserkraftstandorten daher auch das Wasserkraftpotenzial der 1.940 Altstandorte vertieft untersucht und bewertet werden. Eine Untersuchung der mehr als 5.948 Querbauwerke in Niedersachsen ist auch von Interesse, hierzu werden aber die Querbauwerkskataster des Landes Niedersachsen benötigt.

Darüber hinaus ist eine genaue Potenzialuntersuchung für die großen Fließgewässer Weser, Elbe, Ems, Fulda, Werra, Aller und Leine angedacht. Die wichtigen mittleren Fließgewässer wie Hase, Hunte, Ilmenau, Oker, Innerste, Rhume, Böhme etc. sollen ebenfalls untersucht werden, so dass sich ein ganzheitliches Bild zu dem tatsächlich in Niedersachen vorhandenen technisch nutzbaren Wasserkraftpotenzial im Bereich der kleinen, mittleren und großen Wasserkraft ergibt. Entsprechende Vorarbeiten für diese Studie sind an der TU Braunschweig bereits geleistet worden, die im Zuge einer Landespotenzialstudie weiter vertieft und ausgearbeitet werden sollen.

Die kleine Wasserkraft, die in der vorliegenden Vorstudie noch nicht betrachtet werden konnte, wird in der Landesstudie genauer untersucht, da gerade die kleine Wasserkraft, wie die derzeitige Energieerzeugung aus Wasserkraft in Niedersachsen im Vergleich zum Bundesschnitt zeigt, einen maßgeblichen Beitrag zur Energieerzeugung liefert, neben der hohen netzstabilisierenden Wirkung auf der Mittel- und Niederspannungsebene [10] und der dezentralen flächigen Verteilung der Standorte über ganz Niedersachsen.

Literatur

[1] U.S. Energy Information Administration (EIA) http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm, abgerufen am 28.05.2015

[2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie, Aachen, September 2010

[3] Landesanstalt für Gewässerkunde: Die Wasserkräfte des Berg- und Hügellandes in Preußen und benachbarten Staatsgebieten, Berlin, 1914

[4] Anderer, P.; Dumont, U.; Kolf, R.: Das Wasserkraftpotenzial in Nordrhein-Westfalen, Wasser und Abfall, Nr. 7-8, 2007, S. 16-20

[5] Anderer, P.; Dumont, U.; Linnenweber, C.; Schneider, B.: Das Wasserkraftpotenzial in Rheinland-Pfalz, Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 4, 2009, S. 223-227

[6] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg: Ausbaupotenzial der Wasserkraft bis 1.000 kW im Einzugsgebiet des Neckars unter Berücksichtigung ökologischer Bewirtschaftungsziele ohne Bundeswasserstraße Neckar, Dezember 2010

[7] Unterrichtung des Niedersächsischen Landtages, Drucksache 14/3397: Förderung der Wasserenergienutzung in Niedersachsen, Hannover 15. Mai 2002

[8] Arbeitsgemeinschaft Wasserkraftwerke Niedersachsen und Schleswig-Holstein e.V.: Tischvorlage zum Treffen der politischen Parteien mit der Arbeitsgemeinschaft Wasserkraftwerke Niedersachsen und Schleswig-Holstein e.V., 09.12.2003

[9] Christian Seidel, Lars Ostermann: „Potenzialstudie über das vorhandene und mögliche Wasserkraftpotential der kleinen, mittleren und großen Wasserkraft im Landkreis Göttingen“, Institut für Statik, 58 Seiten, April 2012

[10] Prof. Dr.-Ing. Markus Zdrallek, Netztechnischer Beitrag von kleinen Wasserkraftwerken zu einer sicheren und kostengünstigen Stromversorgung in Deutschland, abrufbar unter: https://www.wasserkraft-deutschland.de/fileadmin/PDF/Gutachten_ Netztechnischer_Beitrag_Kleinwasserkraftwerke.pdf

[11] Statistisches Bundesamt (Destatis): Stromeinspeisende Anlagen, Nettonennleistung, Stromeinspeisung: Deutschland, Monate, Energieträger 2020 | Stand: 02.11.2020 / 10:45:21

[12] BDEW: Energie-Info, Erneuerbare Energien und das EEG, Fakten, Grafiken (2013)

[13] Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, Stand 02/2020

[14] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand: Februar 2015, Berlin

[15] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energiedaten: Gesamtausgabe, Stand: 20.08.2013, Berlin

[16] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015), Stand 11.05.2015

[17] Statistisches Bundesamt Deutschland, Wiesbaden 2015: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/Bruttostromerzeugung.html https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/KWKAllVersorgJahr.html, abgerufen am 28.05.2015

[18] Giesecke, J.; Heimerl, S.; Mosonyi, E.: Wasserkraftanlagen, Planung, Bau und Betrieb, 6. Auflage, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2013

[19] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand: September 2020

[20] Agentur für erneuerbare Energie (www.unendlich-viel-energie.de) Föderal Erneuerbar (Bundesländer mit neuer Energie)

[21] Zschieschang, Christian, Marikova, Martina (2015): Wassermühlen und Wassernutzung im mittelalterlichen Ostmitteleuropa, Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 2015
[22] Lippert, F.; Galland, L.; Ludin, A. (1930): Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands, Festschrift zur Tagung der II. Weltkraftkonferenz Berlin 1930, Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverband e.V. Berlin, 1930
[23] Staiß, F.; Schmidt, M.; Musiol, F. (2007): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2007 gemäß § 20 EEG, Forschungsbericht, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), November 2007
[24] Quelle: © Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020 | Stand: 02.11.2020 / 10:45:21
[25] Kleeberg, W.: Niedersächsische Mühlengeschichte, Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover, 2. Auflage, 1979
[26] Agentur für erneuerbare Energie (www.unendlich-viel-energie.de) Föderal Erneuerbar (Bundesländer mit neuer Energie), förderal erneuerbar 2017
[27] www.marktstammdatenregister.de, https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht
[28] Wicke, Peter Wilhelm: Wasser auf die Mühlen Südost-Niedersachsens (Kleinwasserkraft im Harzvorland), Wasserwirtschaft 75, Heft 12, 1985, S. 544-549
[29] Wassertriebwerk: Ende der Wasserkraft in Wildeshausen, Wassertriebwerk 9/2020, S.177-178
[30] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie Bauen und Umweltschutz: Energiewendebericht Land Niedersachsen 2019
[31] Umweltministerium Niedersachsen: Runderlaß – Zulassung von Wasserkraftanlagen, RdErl. d. MU v. 15.7.1996 – 206-32344/3/1 – VORIS 28000 00 00 008 – im Einvernehmen mit dem MW und dem ML
[32] Bundesnetzagentur: Das EEG in Zahlen, 2019
[33] Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz: Das Energiekonzept des Landes Niedersachsen, Verlässlich, umweltfreundlich, klimaverträglich und bezahlbar – Energiepolitik für morgen, Land Niedersachsen, 31.01.2012
[34] Döring, Mathias: Wasserräder, Wassersäulenmaschinen und Turbinen – Oberharzer Wasserwirtschaft wurde Weltkulturerbe, 34. Dresdener Wasserbaukolloquium 2011, Dresdener Wasserbauliche Mitteilungen, 2011, S. 135-147
[35] Frohnholzer, J.: Systematik der Wasserkräfte der Bundesrepublik Deutschland, Stand 1962, Selbstverlag der Bayrischen Wasserkraftwerke AG, München, Mai 1963
[36] Wolf, L.; Pietzsch, W.; Frohnholzer, J.: Systematik der Wasserkräfte der Bundesrepublik Westdeutschland, Stand September 1951, Selbstverlag der Bayrischen Wasserkraftwerke AG, München, September 1951
[37] VEB Projektierung der Schiffahrt, Betriebsabteilung Magdeburg und Institut für Wasserwirtschaft Berlin unter Mitwirkung der Forschungsanstalt für Schiffahrt, Gewässer- und Bodenkunde in Berlin-Baumschulenweg und des Ministeriums für Schwerindustrie – AV. Elektroenergie- Berlin: Denkschrift über die Kanalisierung der Elbe von Schöna bis Boizenburg, Berlin, 1. Dezember 1953
[38] VE Projektierungsbetrieb für Wasserstraßen Berlin, Außnestelle Magdeburg. Einheitliches Binnenwasserstraßennetz der Mitglieder des RWG – die Elbe, 1966
[39] Schönbach, A.: Die Wasserkraft der Elbe, Energietechnik, 3. Jahrgang, Heft 2, Februar 1953, S. 57-64
[40] Jirovec, Jaroslav: Kanalverbindung Donau – Oder - Elbe, HANSA – Schiffahrt – Schiffbau – Hafen, 107. Jahrgang, Nr. 9, 1970, S. 763-767
[41] Kubec, Janoslav: Der heutige Stand und die Perspektiven der Elbwasserstraße, HANSA – Schiffahrt – Schiffbau – Hafen, 107. Jahrgang, Nr. 9, 1970, S. 767-770
[42] T. Zumbroich, A. Müller: Bundesweites Kataster der ökologisch wirksamen, funktional differenzierten Querverbauungen der Fließgewässer, Umweltbundesamt, September 2005