

DWA-Report

Keine Energie ohne Wasser

Zukunftsszenarien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Abschlussbericht

Juni 2020



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

DWA-Report

Keine Energie ohne Wasser

Zukunftsszenarien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Abschlussbericht

Juni 2020



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-96862-000-8 (Print)

978-3-96862-001-5 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2020

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Themenbands darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

DBU-Projekt „Keine Energie ohne Wasser“

Vorwort

Der Wasser-Energie-Nexus ist weltweit ein Thema von zentraler Bedeutung. Beide Ressourcen sind Grundlage für das menschliche Leben in unserer heutigen industriell und technisch geprägten Zeit. In diesem Buch werden diese Verbindungen umfassend behandelt und es werden die vielschichtigen Schnittstellen und Zusammenhänge zwischen Wasser und Energie umfassend dargestellt. Schon mit dem Titel „Keine Energie ohne Wasser“ wird hervorgehoben, dass beim Umbau der Energiewirtschaft die Verknüpfung mit der Wasserwirtschaft verstärkt in den Fokus von Öffentlichkeit, Politik und Fachwelt genommen werden muss. Für die Wasserwirtschaft können die Veränderungen des Energiesektors im Rahmen der betrachteten Energiewende-Szenarien einen positiven Einfluss haben, zum Beispiel durch Wegfall von Kühlwasserentnahmen und Rückführungen. Interessant sind auch die aussichtsreichen Optionen zur Einbeziehung von Abwasseranlagen bei Aufgaben, die dem Energienetz dienen. Stichworte sind hier z. B. Lastmanagement und Energiespeicherung. Aber auch für die Power-to-Gas oder Power-to-Liquid-Lösungen bieten Kläranlagen Standortvorteile.

Bereits der 2017 abgeschlossene Förderschwerpunkt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zum Thema „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft – ERWAS“, in dem die DWA u. a. für den Transfer der Projektergebnisse in die Praxis zuständig war, hat gezeigt, dass das „Zusammendenken“ von Wasser und Energie den entscheidenden Anstoß zu neuen, energie- und ressourceneffizienten Lösungen gibt. Dieser Abschlussbericht setzt genau hier an und stellt Szenarien und Empfehlungen vor, wie Wasser- und Energiewirtschaft voneinander profitieren können.

Es ist zu wünschen, dass sich die Handelnden in der Energie- und Wasserwirtschaft mit den in diesem Buch beschriebenen Optionen auseinandersetzen.

Prof. Dr. Uli Paetzel
DWA-Präsident

Vorwort

Die Energiewende ist ein bis 2050 angelegtes gesamtgesellschaftliches Großprojekt mit dem Ziel, den Übergang von der Nutzung fossiler und nuklearer Energieträger zu einer nachhaltigen klimaneutralen Energieversorgung und -nutzung zu vollziehen. Die Erreichung der von Deutschland zugesagten Klimaschutzziele wird nur mit einem Mix aus Maßnahmen gelingen. Dazu gehören der Ausbau erneuerbarer Energien einschließlich der dafür erforderlichen Verteilung und Speicherung, die Steigerung der Energieeffizienz und die Realisierung von Energieeinsparmaßnahmen, die Optimierung des Gesamtenergiesystems im Sinne der zunehmenden Einbindung fluktuierender erneuerbarer Energie, der Nachfrageflexibilisierung und Kopplung der Verbrauchssektoren Strom, Wärme und Mobilität sowie die Berücksichtigung der Umwelt- und Sozialverträglichkeit und von Aspekten der Beteiligung und Akzeptanz.

Dafür sind neuartige, modellhafte Ideen und interdisziplinäre Ansätze aus der angewandten Forschung, der praxisnahen Technikentwicklung und -erprobung sowie der zielgruppenspezifischen Umweltkommunikation und Bildung unter Berücksichtigung der alle Bereiche erfassenden Digitalisierung erforderlich.

Dem Thema Wasser obliegt in dem insgesamt breiten Förderspektrum der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) eine große Bedeutung. So unterstützt die DBU auf wasserwirtschaftlichem und abwassertechnischem Gebiet viele Projekte von in erster Linie kleinen und mittleren Unternehmen und deren Kooperationspartnern, die sich mit der (Weiter-)Entwicklung von energieeffizienten sowie umwelt- und gesundheitsfreundlichen Produkten und Verfahren über den Stand der Technik hinaus befassen. Die Wasserversorgung und besonders die Abwasserbehandlung benötigen viel Energie. Gesucht sind technische Lösungen, die den Energiebedarf sowie den Ausstoß an Treibhausgasen senken. Im Bereich der zwingend notwendigen Speicherung erneuerbarer Energien bestehen ökologische und wirtschaftliche Potenziale. Die Nutzung von Digitalen Technologien in der Wasserwirtschaft entwickelt sich rasant.

Vor diesem Hintergrund zeigen das CUTEC Forschungszentrum der Technischen Universität Clausthal und die TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft für Wasser-, Abwasser- und Energiewirtschaft mbH im vorliegenden Ergebnis ihres Projektes auf, dass die Wasserwirtschaft bei genauer Kenntnis der Wirkungszusammenhänge energiewirtschaftlich relevante Systemdienstleistungen im Rahmen der Energiewende erbringen kann. Die DBU begrüßt daher ausdrücklich die empfohlene intersektorale Zusammenarbeit zwischen Energie- und Wasserwirtschaft bei der technologischen Umsetzung einzelner Maßnahmen zur Umgestaltung des deutschen Energiesystems ohne nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter.

Alexander Bonde
DBU-Generalsekretär

Zusammenfassung

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Die von der Bundesregierung beschlossenen Ausbauziele für die erneuerbaren Energien führen in den nächsten Jahrzehnten zu einer deutlichen Veränderung des deutschen Strom- bzw. Energiemarktes, wobei die Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Energie auf vielfältige Weise mit der Inanspruchnahme von Wasserressourcen verbunden ist. Die umfangreiche Transformation des deutschen Energiesystems wird sich damit auch auf den Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen und Belange des Gewässerschutzes auswirken und entsprechende technische und konzeptionelle Anpassungen erfordern.

Das Ziel dieser Studie bestand daher in der Analyse der derzeitigen und möglicherweise zukünftig eintretenden Wechselwirkungen zwischen den Sektoren Wasser und Energie innerhalb des deutschen Wirtschaftsraumes. Auf Basis von Zukunftsszenarien sollen Auswirkungen und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen untersucht und bewertet werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Im ersten Schritt wurden zur Grundlagenermittlung zunächst die Strukturen der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft beschrieben. Hierin enthalten sind die für den jeweiligen Wirtschaftsbereich wesentlichen rechtlichen Rahmenbedingungen, Organisationsstrukturen, Kennzahlen der aktuellen Versorgungs- und Verbrauchssituation sowie gegenwärtig bedeutsame Trends und Entwicklungen aus beiden Bereichen. Die Aufgabe der zweiten Stufe bestand darin, die Schnittstellen des deutschen Energiesystems mit der Wasserwirtschaft zu identifizieren und hinsichtlich der Art und Intensität ihrer Interaktion darzustellen. Dafür wurden der Umfang des Wasserbedarfs und die Art des Wassergebrauchs der Energiewirtschaft systematisch erfasst sowie auch Energiebedarf und -eigenerzeugung wasserwirtschaftlicher Anlagen ermittelt und in die Schnittstellendarstellung einbezogen. In der dritten Stufe der Studie erfolgte eine Auswertung der einzelnen technologiebezogenen Schnittstelleneigenschaften zwischen Energie- und Wassersektor unter den Rahmenbedingungen ausgewählter energiewirtschaftlicher Zukunftsszenarien. In der Ergebnisdarstellung wurden dann Umfang und Nachhaltigkeit der jeweiligen Energieerzeugungs- und

Speicherungstechnologien in ihrer Gesamtkonstellation entsprechend der Zukunftsszenarien hinsichtlich deren spezifischer Wassernutzung bewertet und Hinweise und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die nähere Analyse der Sektoren Wasser und Energie zeigt, auf welche vielfältige Weise die Energiewirtschaft mit der Wasserwirtschaft in Deutschland verknüpft ist. In vielen Fällen ist dieses systemische Zusammenwirken sogar essentiell für die Funktion der eingesetzten Verfahren und Technologien beider Bereiche. Die Kenntnis der Wechselwirkungen ermöglicht den Vergleich und die Bewertung verschiedener Energietechnologien hinsichtlich deren Inanspruchnahme von Wasserressourcen und – insbesondere während des im Rahmen der Energiewende stattfindenden Umbaus des Energiesystems – die Identifikation von neuen Potenzialen zur Nutzung von Synergieeffekten für beide Wirtschaftsbereiche.

Zusammenfassend haben die Veränderungen des Energiesektors im Rahmen der betrachteten Energiewende-Szenarien einen positiven Einfluss auf den Wassersektor. Der Umfang der mengenmäßigen Wassernutzungen wird sich dadurch bis zum Jahr 2050 in Deutschland insgesamt schätzungsweise um etwa die Hälfte reduzieren. Dies ist im Wesentlichen auf den starken Rückgang der Kühlwasserentnahmen konventioneller Großkraftwerke auf Basis fossiler Energieträger sowie auch auf das Auslaufen der Braunkohleförderung zurückzuführen. Zudem wird diese Nutzungsregression durch den massiven Ausbau von Windkraft und Photovoltaik – für den Wassersektor die wohl nachhaltigsten

Abschlussbericht – Keine Energie ohne Wasser

Formen der Stromerzeugung – kaum beeinträchtigt. Auch durch die Wasserkraftnutzung und den Betrieb von Pumpspeichern werden nach den Prognosen der Energiewendeszenarien keine Veränderungen in größerem Umfang erwartet. Neben Effizienzsteigerungen von Wasserkraftwerken sowie einem begrenzt möglichen Zubau von neuen Pumpspeichern können allerdings durch die Anwendung neuer Bewirtschaftungskonzepte beim

Betrieb vorhandener Wasserspeicher und -versorgungsnetze weitere die Energiewende unterstützende Dienstleistungen für den Energiesektor erschlossen werden. Gleiches gilt auch für den Bereich der öffentlichen Abwasserbehandlung. Neben nach wie vor noch vorhandenen Potenzialen zur Steigerung der Energieeffizienz und Eigenstromerzeugung bestehen auch aussichtsreiche Optionen zu Übernahme netzdienlicher Leistungen wie z. B. durch flexibles Lastmanagement und Bereitstellung von Speicherkapazitäten. Darüber hinaus stellen wasserwirtschaftliche Anlagen aufgrund ihrer flächendeckend etablierten Infrastruktur geeignete Standorte zur Integration von technischen Komponenten des Energiesystems dar, wie beispielsweise den zukünftig in erheblichem Umfang benötigten Power-to-Gas-Technologien.

Andererseits bestehen aufgrund der schwer zu prognostizierenden Auswirkungen des Klimawandels aber auch Unsicherheiten bezüglich der Höhe des zukünftig notwendigen Wasserbedarfs, z. B. zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und damit auch für den Energiepflanzenanbau. Die Wahrscheinlichkeit der Zunahme von temporären Engpässen in der Wasserverfügbarkeit ist in einigen Regionen Deutschlands bereits als sehr hoch einzuschätzen. Während in den ambitionierteren Energiewendeszenarien bergbauliche Aktivitäten zur Gewinnung fossiler Energieträger in Deutschland weitgehend eingestellt werden, ist mit einer Zunahme anderer im Rahmen der Energiewende erforderlicher Eingriffe in den Untergrund zu rechnen. Zu nennen sind hier im Wesentlichen die Geothermienutzung und der Betrieb von untertägigen Kavernen zur Zwischenspeicherung von Energieträgern oder abgeschiedenem Kohlendioxid, die ein gewisses Risikopotenzial zur Beeinträchtigung von Grundwasserkörpern besitzen.

Fazit

Der Umbau des deutschen Energiesystems zur Verminderung der Treibhausgasemissionen hat das Potenzial einer erheblichen Reduzierung der Nutzungsintensität deutscher Wasserressourcen. Darüber hinaus bietet die wasserwirtschaftliche Infrastruktur eine Vielzahl günstiger Voraussetzungen, um energiewirtschaftlich relevante Systemdienstleistungen im Rahmen der Energiewende zu erbringen. Diesen Vorteilen stehen jedoch auch Hemmnisse und Restriktionen gegenüber, die durch genaue Kenntnis der Wirkungszusammenhänge und sinnvoll anzupassende Rahmenbedingungen überwunden werden müssen. Der in der Studie behandelte Themenkomplex verdeutlicht daher die Wichtigkeit der intersektoralen Zusammenarbeit zwischen Energie- und Wasserwirtschaft bei der technologischen Umsetzung einzelner Maßnahmen zur Umgestaltung des deutschen Energiesystems, um vorhandene energetische Ressourcen und sich anbietende Synergieeffekte optimal zu nutzen und nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu vermeiden.

Projekttitlel

Keine Energie ohne Wasser – Zukunftsszenarien und Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Wasserwirtschaft unter gravierend veränderten energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Stichworte

Energie, Wasser/Gewässer, Dokumentation

Projektförderung

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), DBZ-AZ 32804/01-23

Projektlaufzeit

16.10.2017 – 31.03.2019 (18 Monate)

Inhalt

Vorworte	3
Zusammenfassung	5
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Verfasser	10
Begriffserläuterungen	11
1 Einführung	12
1.1 Veranlassung und Zielstellung	12
1.2 Methodik und Abgrenzung der Betrachtungsräume	14
2 Übersicht	16
2.1 Wasserwirtschaft in Deutschland	16
2.1.1 Rahmenbedingungen	16
2.1.1.1 Wasserdargebot und Nutzungsstrukturen	16
2.1.1.2 Rechtliche, politische und ökonomische Rahmenbedingungen	18
2.1.2 Status Quo	19
2.1.2.1 Gewässerzustand	19
2.1.2.2 Trink- und Brauchwasserversorgung	22
2.1.2.3 Abwasserbewirtschaftung	24
2.1.3 Aktuelle Entwicklungen	26
2.2 Energiewirtschaft in Deutschland	28
2.2.1 Rahmenbedingungen	28
2.2.1.1 Versorgungssituation und Verbrauchsstrukturen	28
2.2.1.2 Rechtliche, politische und ökonomische Rahmenbedingungen	30
2.2.2 Status Quo	32
2.2.2.1 Primärenergieeinsatz	33
2.2.2.2 Öffentliche Energieversorgung	34
2.2.2.3 Endenergieverbrauch	36
2.2.3 Aktuelle Entwicklungen	40
3 Schnittstellen der Sektoren Wasser und Energie	42
3.1 Wasserbedarf und -nutzung in der Energiewirtschaft	43
3.1.1 Gewinnung und Aufbereitung von Primärenergieträgern	44
3.1.1.1 Kohle	44
3.1.1.2 Öl	44
3.1.1.3 Gas	45
3.1.1.4 Kernenergie	45
3.1.1.5 Biomasse und Biogas	45
3.1.2 Strom-/Wärmeerzeugung	46
3.1.2.1 Wärmekraftwerke	46
3.1.2.2 Wasserkraft	49
3.1.2.3 Windkraft	50

3.1.2.4	Geothermie	50
3.1.2.5	Photovoltaik	50
3.1.2.6	Solarthermie	50
3.1.3	Energiespeichertechnologien.....	51
3.1.3.1	Batterien/Akkumulatoren	51
3.1.3.2	Pumpspeicher	52
3.1.3.3	Druckluftspeicher	52
3.1.3.4	Meeres-Druckspeicher	53
3.1.3.5	Power-to-X-Verfahren	53
3.1.4	Zusammenfassung der energiewirtschaftlichen Wassernutzungen.....	54
3.2	Energiebedarf und Energieerzeugung in der Wasserwirtschaft	56
3.2.1	Wasserversorgung.....	56
3.2.2	Abwasserbewirtschaftung	57
4	Bewertung von Szenarien zur Energiewende	60
5	Direkte und indirekte Auswirkungen der Energiewende auf die Wasserwirtschaft.....	68
5.1	Veränderung der quantitativen Wassernutzung	68
5.2	Qualitative Veränderung der Wasserressourcen	71
5.3	Wasserwirtschaftliche Anpassungen an die Energiewende	73
5.4	Auswirkungen anderer Einflüsse und Entwicklungen.....	76
6	Handlungsempfehlungen und Fazit	77
7	Projektbeispiele	79
7.1	Forschungsprojekt „Localhy“- dezentrale Wasserelektrolyse mit Wasserstoff- u. Sauerstoffnutzung aus erneuerbarer Energie	79
7.2	Naturstromspeicher Gaildorf	80
7.3	Forschungsprojekt „EE und Wasserhaushalt“ – Auswirkungen der Nutzung Erneuerbarer Energien auf den Wasserhaushalt – Analyse der Wasserentnahmen zur Kühlung.....	81
7.4	Forschungsprojekt „EWAZ“ – Energie- und Wasserspeicher Harz.....	82
Literatur	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Wechselbeziehungen der Energie- und Wasserwirtschaft.....	13
Abbildung 2.1:	Bilanz aus öffentlicher und nichtöffentlicher Wassergewinnung und den Nutzungen in den jeweiligen Kreisen in l/m ²	17
Abbildung 2.2:	Rechtliche Rahmenbedingung auf EU-, Bundes- sowie Landesebene	18
Abbildung 2.3:	Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer in Deutschland	20
Abbildung 2.4:	Mengenmäßiger und chemischer Zustand des Grundwassers in Deutschland.....	21
Abbildung 2.5:	Übersicht der genutzten Wassermengen in Deutschland in 2016.....	22
Abbildung 2.6:	Entwicklung der Wassergewinnung nach Wirtschaftsbereichen in Deutschland	23

Abbildung 2.7: Unterschiede der Wassergewinnung in den Bundesländern	23
Abbildung 2.8: Angeschlossene Einwohner verteilt auf Größenklassen	25
Abbildung 2.9: Gewinnung fossiler Primärenergieträger in Deutschland.....	29
Abbildung 2.10: Flussdiagramm für das deutsche Energiesystem in 2014.....	32
Abbildung 2.11: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in Deutschland	33
Abbildung 2.12: Primärenergiegewinnung und -import in Deutschland	34
Abbildung 2.13: Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland	34
Abbildung 2.14: Kraftwerkskapazitäten und Stromerzeugung in Deutschland.....	35
Abbildung 2.15: Strom-Übertragungsnetz und Gas-Verbundnetz in Deutschland.....	36
Abbildung 2.16: Endenergieverbrauch nach Sektoren und Anwendungsbereichen	37
Abbildung 2.17: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Sektor Industrie	37
Abbildung 2.18: Anteil am Endernergieverbrauch des Sektors Industrie	38
Abbildung 2.19: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung	38
Abbildung 2.20: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Sektor Private Haushalte.....	39
Abbildung 2.21: Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Sektor Verkehr.....	39
Abbildung 3.1: Schnittstellen der Wasserwirtschaft mit der Energiewirtschaft	42
Abbildung 3.2: Wasserkreislauf des ehemaligen Steinkohlekraftwerkes Ibbenbüren	47
Abbildung 3.3: Kühlprinzipien von Wärmekraftwerken	47
Abbildung 3.4: Wassernutzung und -verbrauch bei der Kraftwerkskühlung	49
Abbildung 3.5: Skizze des Pumpspeicherkraftwerkes Geesthacht.....	52
Abbildung 3.6: Mittlere Strom-Verbrauchswerte von Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5	57
Abbildung 3.7: Spezifischer Stromverbrauch nach Größenklassen.....	58
Abbildung 3.8: Spezifische Stromerzeugung nach Größenklassen	58
Abbildung 4.1: Stromverbrauchsprognosen verschiedener Studien	62
Abbildung 4.2: Energieträgermix in den betrachteten Szenarien der BDI-Studie.....	64
Abbildung 4.3: Strommix-Prognosen der BDI-Studie	65
Abbildung 4.4: Entwicklung der installierten Kraftwerksleistungen nach der BDI-Studie.....	66
Abbildung 4.5: Vergleich der Strommix-Prognosen der BDI-Studie und der Netzentwicklungspläne (NEP) der Übertragungsnetzbetreiber für das Jahr 2030.....	66
Abbildung 5.1: Entwicklung von Wassereinsatz und Nettostromerzeugung bis 2050 nach den BDI-Szenarien.....	68
Abbildung 5.2: Entwicklung von Wasserverbrauch und Nettostromerzeugung bis 2050 nach den BDI-Szenarien.....	69
Abbildung 5.3: Prognose der Wasserentnahmen in Deutschland bis 2050 nach dem 80 %-Pfad der BDI-Studie	70
Abbildung 5.4: Integration zusätzlicher regenerativer Energieerzeugung, PtG-Technologien und Energiespeicher in Abwasserbehandlungsanlagen ...	75
Abbildung 7.1: Systemkonfiguration des „Localhy-Projektes“	80
Abbildung 7.2: Naturstromspeicher Gaildorf	80
Abbildung 7.3: Kraftwerk Frimmersdorf	81
Abbildung 7.4: Eckertalsperre im Harz	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Zusammenfassung von Wasserverbrauch und Wassernutzen der Stromerzeugung in Deutschland, Datengrundlage und eigene Abschätzungen.....	55
Tabelle 3.2:	Übersicht Energiespeichertechnologien und Relevanz zum Wassersektor....	56
Tabelle 4.1:	Ausbaupotenziale Erneuerbarer Energien in Deutschland im Vergleich zu den Annahmen der Szenarien der BDI-Studie	67

Verfasser

Dipl.-Ing. Hinnerk Bormann*

M.Sc. Eric Gramlich**

Dipl.-Ing. Felix Müller*

Prof. Dr.-Ing. Markus Schröder**

Dr.-Ing. Stefan Vodegel*

Prof. Dr.-Ing. Michael Sievers*



*Clausthaler Umwelttechnik
Forschungszentrum der
Technischen Universität Clausthal
Leibnizstraße 23
D-38678 Clausthal-Zellerfeld
www.cutec.de

**Tuttahs & Meyer Ingenieurgesellschaft für Was-
ser-, Abwasser- und
Energiewirtschaft mbH
Bismarckstraße 2-8
D-52066 Aachen
www.tuttahs-meyer.de