

Indikatoren und Berichterstattung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS)

Hintergrundpapier zum Indikatorenset des Handlungsfelds „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“

Stand: 09.11.2023

Versionsverlauf:

11.12.2014	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Version zum Abschluss des DAS-Indikatorenprojekts FKZ 3711 41 106
29.02.2016	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Änderungen im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0)
06.07.2022	Bosch & Partner GmbH, Stefan von Andrian-Werburg	Einarbeitung der grundlegenden Überarbeitung des Indikatorensets für die Fortschreibung 2023 (im Rahmen des UBA FKZ 3720 48 101 0)
08.11.2023	Bosch & Partner GmbH, Konstanze Schönthaler	Finale Redaktion

1	Indikatoren	2
1.1	Versionsverlauf	2
1.2	Änderungen für den Monitoringbericht 2019	2
1.3	Beteiligungen	2
2	Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikationsmöglichkeiten.....	5
2.1	Themenfelder	5
2.2	Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“	8
2.2.1	Impact-Indikatoren	9
2.2.1.1	Energiebedarf	9
2.2.1.2	Energieinfrastruktur	10
2.2.1.3	Energieumwandlung	10
2.2.2	Response-Indikatoren	13
2.2.2.1	Verringerung des Energiebedarfs.....	13
2.2.2.2	Energiemanagement	13
2.2.2.3	Flexibilisierung des Energieversorgungssystems	14
2.2.2.4	Anpassung der Energieversorgungsinfrastruktur	16
2.2.2.5	Sonstige Themenfelder	16
2.3	Schnittstellen des Handlungsfelds „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern.....	17

1 Indikatoren

1.1 Versionsverlauf

Die DAS-Monitoring-Indikatoren wurden im Frühjahr 2014 in einer Ressortabstimmung erstmalig festgelegt. Im Handlungsfeld „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“ (EW) wurden im Zuge der ersten Berichtsfortschreibung 2019 keine Änderungen am Indikatorenset vorgenommen. Allerdings konnte ein Indikator nicht fortgeschrieben werden, da die Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Daten nicht mehr gegeben war. Für die zweite Fortschreibung 2023 erfolgte eine grundlegende Neubewertung und Überarbeitung des Indikatorensets für das Handlungsfeld mit Einbeziehung der UBA-Abteilung V.1 und Fachleuten aus weiteren Behörden. Im Ergebnis wurden 2 Impact- und 4-Response-Indikatoren gestrichen. Für die Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts stehen damit noch 2 Impact-Indikatoren zur Verfügung. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Versionsverlauf.

Tabelle 1: Indikatorenset im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ (Änderungen)

Bericht 2015	Bericht 2019	Bericht 2023	Indikatortitel
Impact-Indikatoren: Auswirkungen des Klimawandels auf das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“			
EW-I-1	EW-I-1	EW-I-1	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung
EW-I-2	EW-I-2	EW-I-2	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung
EW-I-3	EW-I-3		Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke
EW-I-4			Potenzieller und realer Windenergieertrag
Response-Indikatoren: Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ unterstützen			
EW-R-1	EW-R-1		Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung
EW-R-2	EW-R-2		Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte
EW-R-3	EW-R-3		Möglichkeiten der Stromspeicherung
EW-R-4	EW-R-4		Wassereffizienz thermischer Kraftwerke (Proxy)

1.2 Änderungen für den Monitoringbericht 2019

Für den Monitoringbericht 2019 wurden keine geplanten Änderungen am Indikatorenset vorgenommen, allerdings konnte ein Indikator aus datentechnischen Gründen nicht fortgeschrieben.

1.3 Beteiligungen

Da die DAS-Indikatoren primär auf vorhandenen Datenquellen und bereits existierenden bzw. in Diskussion befindlichen Indikatoren aufbauen sollen, war die Beteiligung von Fachleuten zu den DAS-Handlungsfeldern eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Entwicklung fachlich akzeptierter Indikatorensets zu den DAS-Handlungsfeldern. Im Verlauf der Erstentwick-

lung der Indikatoren erfolgte die Einbindung einer großen Zahl behördlicher und nicht-behördlicher Experten im Rahmen von bilateralen Gesprächen, von auf die DAS-Handlungsfelder fokussierte Kleingruppen, von Workshops und der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe.

Im Zuge der Erstentwicklung der Indikatoren fanden die Entwicklung von Indikationsideen und die Diskussion möglicher Datenquellen zunächst vor allem auf bilateralem Wege statt. Nach umfangreichen Vorarbeiten wurde zur Diskussion und Abstimmung von Indikationsideen und insbesondere zur Schwerpunktsetzung für die weitere Indikatorenarbeit mit der organisatorischen Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie im Oktober 2010 eine Sitzung mit Fachleuten des Ministeriums, von Verbänden, (Energieversorgungs-)unternehmen, der Bundesnetzagentur und des Umweltbundesamts abgehalten. Aufbauend auf den Ergebnissen der Sitzung wurden die Ideen im weiteren Fortgang des Projekts in bilateraler Abstimmung weiterentwickelt und in Form konkreter Indikatorenvorschläge ausgearbeitet.

Darüber hinaus fand zur Erzielung einer einvernehmlichen Lösung am 01.08.2013 ein Fachgespräch zur Diskussion der Indikatoren für das Handlungsfeld Energiewirtschaft mit Fachleuten von BMU, Abteilungen E und WA, UBA KomPass (2022: UBA FG I 1.6) und UBA Abteilung I 2 (2022: UBA Abteilung V I) statt. Bei dem Fachgespräch wurden die Grundzüge und Ziele des Indikatorensystems zur DAS vorgestellt sowie u. a. die Bedeutung der Indikatoren-Dokumentation als Grundlage für den Monitoringbericht zur DAS erläutert. Des Weiteren wurden die acht vorgeschlagenen Indikatoren zur Energiewirtschaft fachlich diskutiert und bestehende Fragen zu den Indikatoren und ihrer Funktion für die Berichterstattung zur DAS geklärt. Im Ergebnis der Diskussion wurden alle vorgeschlagenen Indikatoren zum Handlungsfeld Energiewirtschaft als für das Indikatorensystem zur DAS geeignet eingestuft.

Im Zuge der Vorbereitung der zweiten Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts erfolgte eine erneute breite Beteiligung von Fachleuten. Ziel war es, die bisherigen DAS-Monitoring-Indikatoren aufgrund der gegenüber der Erstentwicklung der Indikatoren veränderten energiepolitischen Rahmenbedingungen und Zielstellungen in Zusammenarbeit mit den zuständigen Facheinheiten des UBA und den Fachbetreuenden der Indikatoren überprüft und bei Bedarf grundsätzlich überarbeitet werden. In den Prozess waren Fachleute aus dem Umweltbundesamt (UBA) Abt. V 1, der Bundesnetzagentur (BNetzA) und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) eingebunden. Die Beteiligung fand im Wesentlichen im Rahmen eines gemeinsamen Workshops am 28.10.2021, in dem die Indikatoren sowie Ideen für die Weiterentwicklung des Indikatorensets diskutiert wurden. Zur Vorbereitung des Termins und um eine gemeinsame Basis für die Diskussionen zu schaffen, war den Teilnehmenden ein Infopapier zugeschickt worden, in dem das Verständnis von Klimaanpassung sowie Ansatzpunkte und Ideen für eine Weiterentwicklung des Indikatorensets vorgestellt wurden.

Die nachstehende Tabelle 2 gibt Auskunft über Personen und Institutionen, die auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlicher Intensität am bisherigen Diskussionsprozess um mögliche Indikatoren zum DAS-Handlungsfeld Energiewirtschaft beteiligt waren. Für die nächste Berichtsfortschreibung ist vorgesehen, den Geschäftsbereich Klima und Umwelt des Deutschen Wetterdienstes (DWD) an der Weiterentwicklung zu beteiligen.

Tabelle 2: Beteiligte an der Diskussion von Indikatoren im Handlungsfeld „Energiewirtschaft“

Name	Institution
Beteiligungen an der Erstentwicklung bis 2015	
Albrecht, Carsten	AlPro-GmbH
Bantle, Christian	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Geschäftsbereich Marktdaten
Biet Dr., Jens	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Geschäftsbereich Stromerzeugung
Braun, Gunnar	Verband kommunaler Unternehmen
Buchallik, Mathias	Vattenfall Europe AG
Deutsch, Matthias	Prognos AG Europäisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung
Dörr, Harald	Bundesnetzagentur Referat 603 Marktbeobachtung, Energie; Referat 612 Zusammenarbeit Landesregulierungsbehörden, Zusammenarbeit Bundeskartellamt
Ender, Carsten	German Wind Energy Institute DEWI GmbH, Public Relations
Frisch, Thomas	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Gisberts, Anke	VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
Heimann, Dörte	juwi Holding AG
Hemberger, Klaus	Bundesnetzagentur (BNetzA), Referat 606 Zugang zu Elektrizitätsverteilnetzen
Hüneburg Dr., Anke	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Geschäftsbereich Energienetze
Kaiser, Jörg	Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn, E207 Energie
Kalkutschky, Lutz	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat IIIB/2 (Elektrizitätswirtschaft, Fernwärme)
Keiler, Jochen	Betreiber-Datenbasis
Kerlen, Jörg	RWE Power Aktiengesellschaft, Regionale Kontakte/Energiepolitik
Kleeberger, Heinrich	Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik
Kuhs, Günter	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten
Lamp, Hans	Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn, G2-Statistiken der Wasserwirtschaft und der Luftverunreinigungen
Meier, Hans-Joachim	VGB Power-Tech e.V. Competence-Center 4 (CC4) Umwelttechnik, Chemie, Sicherheit und Gesundheit
Mimler Dr., Solveig	European Institute for Energy Research (EIFER)
Musiol Dr., Frank	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
Neumann, Thomas	DEWI GmbH
Nickel, Michael	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) Geschäftsbereich Marktdaten
Rohkamp, Dennis	Bundesnetzagentur
Prost, Stefan	VGB Power-Tech e.V. Competence-Center 4 Umwelttechnik, Chemie, Sicherheit und Gesundheit
Reichel Dr., Ines	Bundesnetzagentur
Rothstein Prof. Dr., Benno	Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, Ressourcenökonomie
Schäufele, Marcel	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Strategie und Politik
Schirmer, Antje	Vattenfall Europe AG
Schneider Dr., Jörg	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten
Schnoor, Michael	Bundesnetzagentur (BNetzA), Referat 606 Zugang zu Elektrizitätsverteilnetzen
Schroth, Georg	Bundesverband Windenergie, Abteilung Politik
Seefeldt, Friedrich	Prognos AG, Europäisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung

Name	Institution
Strauch Dr., Ulrike	ehemals European Institute for Energy Research (EIFER), aktuell Stadtwerke Fürstentfeldbruck
Uphoff, Harald	Bundesverband der Erneuerbaren Energien e.V.
Wegner, Bernd	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Energienetze & Regulierung
Weißbach, Sven	Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.3 Erneuerbare Energien
Westphal, Bernd	Bundesnetzagentur (BNetzA), Referat 603 Marktbeobachtung, Monitoring (Energie)
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2019	
	keine Weiterentwicklung des Indikatorensets mit Beteiligung von Fachleuten
Beteiligungen an der Weiterentwicklung bis 2023	
Baumgarten, Corinna	UBA, FG II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Niederle, Werner	UBA Abt. V 1, Klimaschutz, Energie, Deutsche Emissionshandelsstelle
Nikogosian, Christina	BBK, Ref. II.3 Strategie KRITIS, Cyber-Sicherheit KRITIS
Oleff, Dominik	BNetzA, Ref. Energieregulierung
Pabst, Jeannette	UBA, FG V 1.5 Energieversorgung und -daten, Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)
Plugge, Maximilian	BNetzA, Ref. Marktbeobachtung, Monitoring Strom und Gas
Schuberth, Jens	UBA, FG V 1.4 Energieeffizienz
Steinbrenner, Joscha	UBA Abt. V 1, Klimaschutz, Energie, Deutsche Emissionshandelsstelle

2 Thematische Einordnung der Indikatoren, diskutierte Indikatormöglichkeiten

2.1 Themenfelder

Im Rahmen der Entwicklung des Indikatorensystems für den ersten DAS-Monitoringbericht wurden im Vorfeld der Diskussion konkreter Indikatoren die thematischen Felder herausgearbeitet und beschrieben, die bei der Indikatorentwicklung berücksichtigt werden sollten. Sie wurden aus Literaturrecherchen und Gesprächen mit Fachleuten abgeleitet. Für die Themenfelder der Impact-Ebene wurden im Rahmen von Gesprächen mit Fachleuten eine Priorisierung vorgenommen. Die nachstehende Tabelle 3 liefert einen Überblick über die Themenfelder und die Zuordnung der vorgeschlagenen Indikatoren zu den Themenfeldern bzw. thematischen Teilaspekten. Die für die Indikatorenarbeit priorisierten Themenfelder sind grau hinterlegt.

Im oben beschriebenen Prozess (siehe Kapitel 1.3) zur Weiterentwicklung der Indikatoren für das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ erfolgte im Rahmen der Erstellung des Infopapiers und zur Vorbereitung des Workshops für den Monitoringbericht 2023 eine erneute Recherche zu Klimawirkungen und Anpassungsmaßnahmen für die Energiewirtschaft. Aus den Ergebnissen der Recherchen haben sich in wenigen Fällen zusätzliche thematische Aspekte beziehungsweise andere inhaltliche Schwerpunktsetzungen ergeben.

Tabelle 3: Themenfelder zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft“

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Impacts (Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft)		
Energiebedarf	Mengenmäßige Nachfrageänderung	
	Zeitliche Nachfrageänderung	
	Räumliche Nachfrageänderung	
Energieinfrastruktur	Direkte Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zum Energietransport und zur Energieversorgung	EW-I-1: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung
	Indirekte Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zum Energietransport und zur Energieversorgung	
Energieumwandlung	Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zur Energieumwandlung durch Extremereignisse	
	Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zur Energieumwandlung durch Wasserversorgungsprobleme	
	Beeinträchtigung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zur Energieumwandlung durch Hitze	EW-I-3: Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke
	Beeinflussung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zur Energieumwandlung durch veränderte Windverhältnisse	EW-I-4: Potenzieller und realer Windenergieertrag
	Beeinflussung des Betriebs von Anlagen und Einrichtungen zur Energieumwandlung durch veränderte Sonnenscheindauer	
	Veränderung der Anlageneffizienz infolge von Hitze	
	Veränderung der Anlageneffizienz infolge hoher Luftfeuchtigkeit	
Verfügbarkeit von Primärenergieträgern	Gewinnung, Verarbeitung und Verteilung von Primärenergieträgern - fossile Energien	
	Gewinnung, Verarbeitung und Verteilung von Primärenergieträgern - erneuerbare Energie	
Energieversorgung	Versorgungszuverlässigkeit	EW-I-2: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung
	Leistungsungleichgewicht	
Beeinflussung der Wettbewerbsfähigkeit	Beeinflussung der (Herstellungs-) Kosten	
Responses (Ergriffene Anpassungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen oder Entwicklungen, die den Anpassungsprozess unterstützen)		
Verringerung des Energiebedarfs	Steigerung der Energieeffizienz	
	Energieeinsparung	
Energiemanagement	Angebotsseitiges Lastmanagement	
	Nachfrageseitiges Lastmanagement	

Themenfeld	Thematischer Teilaspekt	Indikatoren
Flexibilisierung des Energieversorgungssystems	Klimaangepasster Ausbau erneuerbarer Energien	EW-R-1: Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung EW-R-2: Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte
	Dezentralisierung	
	Stärkung von Energienetzen und deren Verknüpfung	
	Energiespeicherung, Power-to-X	EW-R-3: Möglichkeiten der Stromspeicherung
Anpassung der Energieversorgungsinfrastruktur	Schutzmaßnahmen	
	Effizienzverbesserung und Nutzung technischer Alternativen	EW-R-4: Wassereffizienz thermischer Kraftwerke (Proxy)
	Technische und rechtliche Spielräume	
Anpassung der Versorgung mit Primärenergieträgern	Fossile Energieträger	
	Erneuerbare Energieträger	
Management von Extremsituationen, Gefahrenabwehr	Präventive Information	
	Erstellung von Notfallplänen	
	Energietechnische Lösungen	
Erweiterung der energiewirtschaftlichen Forschung	Untersuchung der Energienachfrage	
	Weiterentwicklung der Technologien zu Energieumwandlung und -versorgung	
	Weiterentwicklung des Energiemanagements	
	Verbesserung wissenschaftlicher Grundlagen zur Risikobewertung	
	Maßnahmenevaluation	
Marktentwicklung	Investitionsplanung	

Aus den Ergebnissen der bundesweiten Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 (KWRA¹) gehen für das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ keine dringenden oder sehr dringenden Handlungserfordernisse vor. Die Klimarisiken für das Handlungsfeld werden als insgesamt gering eingestuft. Dies gilt, aufgrund der hohen Verknüpfungsdichte des deutschen Stromnetzes auch für die Klimawirkung „Fehlende Zuverlässigkeit der Energieversorgung“, mit der die beiden Indikatoren EW-I-1 und EW-I-2 (Wetterbedingte Unterbrechungen / Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung) korrespondieren. Mit Blick auf die Energiewendepolitik wird hervorgehoben, „dass die im Rahmen der Energiewende beschlossenen Maßnahmen

¹ Kahlenborn W., Porst L., Voß M., Fritsch U., Renner K., Zebisch M., Wolf M., Schönthaler K., Schauser I. 2021: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Kurzfassung. Climate Change 26/2021. Dessau-Roßlau, 127 S. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-10_cc_26-2021_kwra2021_kurzfassung.pdf

und Ziele sich nicht negativ auf zukünftige Anpassungspotenziale auswirken, und dass Maßnahmen der Anpassung im Handlungsfeld wiederum nicht zu einem erhöhten Energieverbrauch und gegebenenfalls steigenden Emissionen führen.“²

2.2 Erläuterungen zu Indikationsideen und Indikatoren zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“

Im Rahmen der Entwicklung des Indikatorensystems für den ersten DAS-Monitoringbericht zeigte sich, dass für die Generierung von Indikatoren zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ sowohl öffentliche als auch nichtöffentliche Datenquellen zu verwenden waren. Zur Beschreibung von Auswirkungen auf die Energieinfrastruktur wurden vor allem die Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) als relevant identifiziert. Diese wertet für die Bereiche Strom und Gas die von den Versorgungsnetzbetreibern aufgrund der Meldeverpflichtung übermittelten Unterbrechungsmeldungen ursachenbezogen aus. In der seit 2011 geführten Kraftwerksliste erfasst die BNetzA alle Bestandskraftwerke in Deutschland mit einer elektrischen Netto-Nennleistung von mindestens 10 MW. Des Weiteren erfasst die BNetzA die Ausfallarbeit durch Einspeisemanagement §13 (2) EnWG i.V. §11 EEG, die vor allem mit Bezug zur Windenergie eine relevante Größe ist. Eine weitere wichtige öffentliche Datenquelle ist das Statistische Bundesamt, das im Rahmen der monatlichen Berichterstattung über die Elektrizitätsversorgung und in der umweltökonomischen Gesamtrechnung u. a. zu Elektrizitätserzeugung und Wasserverbrauch relevante Daten für die Indikatordarstellung bereitstellt. Für die Betrachtung des Kraftwerksparks war zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren die beim UBA geführte Kraftwerksdatenbank eine wertvolle Datenquelle. Mit Bezug auf den Endenergieverbrauch und dessen Differenzierung hinsichtlich verschiedener Primärenergieträger und Verwendungszwecke wurden und werden Datenaufbereitungen und Energieflussrechnungen durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. sowie mit Blick auf die erneuerbaren Energien durch die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) des Bundesumweltministeriums vorgenommen und zur Verfügung gestellt. Die Datenbereitstellung für den Indikator zum Bereich Windenergie fußte auf Daten der AGEE-Stat, der DEWI GmbH und der Betreiber-Datenbasis. Aus diesen Quellen steht umfangreiches und differenziertes Datenmaterial zur Entwicklung der Windenergienutzung in Deutschland zur Verfügung.

Nach Veröffentlichung des ersten indikatorengestützten „Monitoringberichts 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ wurden im Rahmen des UBA FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ (FKZ 3714 48 103 0³) die Möglichkeiten einer Nutzung von Fernerkundungsdaten, speziell von Satellitenda-

² s. Fußnote 1, S. 78

³ Schönthaler K., von Andrian-Werburg S., Zebisch M., Becker D. 2017: Welchen Beitrag können Satellitenfernerkundung und insbesondere Copernicus-Daten und -Dienste für die Ermittlung ausgewählter Indikatoren des Indikatoren-Sets der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) leisten. Climate Change 7/2017, Dessau-Roßlau, 157 S.
www.umweltbundesamt.de/publikationen/welchen-beitrag-konnen-satellitenfernerkundung

ten zur Weiterentwicklung bestehender DAS-Indikatoren und zur Entwicklung zusätzlicher Indikatoren geprüft. Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in die folgenden Darstellungen eingeflossen.

2.2.1 Impact-Indikatoren

2.2.1.1 Energiebedarf

Im Zuge der Erstentwicklung der Indikatoren wurde festgehalten, dass die wesentliche Problemstellung innerhalb des Themenfelds „Energiebedarf“ nicht in der absoluten Höhe der Nachfrage liegt. Das Energieversorgungssystem ist vom Grundsatz her so ausgelegt, dass die Nachfrage zu jeder Zeit gedeckt werden kann und die technischen Voraussetzungen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit vorgehalten werden. Damit können mittel- oder längerfristige Schwankungen des Energiebedarfs abgefangen werden, die sich z. B. durch Änderungen der konjunkturellen Situation oder – für den privaten Bereich – z. B. aus Veränderungen der durchschnittlichen Haushaltsgröße oder der privaten Verwendung elektrischer Geräte ergeben können. Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den quantitativen Energiebedarf wären darunter ebenfalls erfasst.

Aus Sicht der Energiewirtschaft wurde damals vielmehr eine Änderung der Struktur des Energiebedarfs als potenziell problematisch benannt, z. B. eine Häufung und Intensivierung von Lastspitzen oder eine höhere Volatilität des Energiebedarfs. Für die Stromversorgung wird in der so genannten Leistungsbilanz dargestellt, welche Puffer für eine sichere Versorgung zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast bzw. von Monatshöchstlasten vorlagen und welche Ausgleichskapazitäten im Versorgungssystem grundsätzlich bestehen. Als Grundlage für eine Indikation wurden diese Informationen aber als nicht sinnvoll eingestuft, da sie keinen festen zeitlichen Bezug aufweisen und keine Referenzwerte für eine Beurteilung vorliegen. Die Leistungsbilanz gibt keine Auskunft über die Ursachen für die Jahreshöchstlast oder für die zu diesem Zeitpunkt verfügbare Kraftwerksleistung bzw. gesicherte Leistung. Rückschlüsse auf angebots- oder nachfrageseitige wetter- oder witterungsbedingte Sondersituation sind anhand der Zahlen nicht möglich.

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde diskutiert, ob das Indikatorenset um einen Indikator zum Kühlenergiebedarf ergänzt werden soll. Ein entsprechender Indikator wurde auf Basis von Daten aus der Anwendungsbilanz der AG Energiebilanzen vorgeschlagen. Im Workshop zum Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ wurde dazu entschieden, dass der Indikator nicht weiter ausgearbeitet werden soll. Gründe für die Ablehnung des Indikators waren der bislang nur sehr geringe Anteil des Kühlenergiebedarf am gesamten Endenergiebedarf, der zudem vorrangig im Sommer entsteht, wenn Photovoltaik-Anlagen sehr viel Strom produzieren. Des Weiteren wird die Entwicklung des Kühlenergiebedarfs maßgeblich von ökonomischen und regulatorischen Faktoren bestimmt und daher nur schwierig zu interpretieren. Vor allem aber wurde die zur Verfügung stehende Datenquelle (Anwendungsbilanz der AG Energiebilanzen) als nur bedingt belastbar eingeschätzt, da sie auf Schätzungen beruht.

2.2.1.2 Energieinfrastruktur

Für das Themenfeld „Energieinfrastruktur“ war ursprünglich angedacht, zusätzlich zu den Indikatoren zu Unterbrechungen der Elektrizitätsversorgung EW-I-1 (Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung) und EW-I-2 (Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung) auch die Gasversorgungsinfrastrukturen durch Indikatoren abzubilden. Die hierfür notwendigen Datengrundlagen könnten wie die Angaben zur Elektrizitätsversorgung durch die BNetzA bereitgestellt werden. Im Rahmen der Kleingruppensitzung Energiewirtschaft wurde aber festgestellt, dass Störungen der Gasversorgungsinfrastruktur im Zusammenhang mit wetter- und witterungsbedingten Ursachen von nachrangiger Bedeutung sind, da aufgrund der überwiegend unterirdischen Leitungsführung sowie der Eigenschaften der verwendeten Rohrleitungen Unterbrechungen insgesamt sehr unwahrscheinlich sind.

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde entschieden, die Indikatoren EW-I-1 und EW-I-2 weiterhin für das DAS-Monitoring zu verwenden. Zwar wurde kritisiert, dass die gewählten Indikatoren der Beeinflussung durch vielfältige Faktoren unterliegen und neben Wetter und Witterung auch menschliches (Fehl-)Handeln einschließlich technischer Fehler, falsche Materialwahl, falsches Trassenmanagement etc. eine Rolle spielen. Hierzu wurde aber festgestellt, dass die Folgen dieser Fehler verstärkt dann zutage treten, wenn atmosphärische Einwirkungen oder extreme Wetter- oder Witterungsereignisse auftreten; zudem werden die Ausmaße von Extremereignissen im Vergleich zu früheren Jahren gravierender. Vor diesem Hintergrund wurde festgehalten, dass eine individuelle Betrachtung der besonders unterbrechungsträchtigen Ereignisse durchzuführen ist, um die maßgeblichen Einflüsse auf die zeitliche Entwicklung des Indikators ermitteln und bewerten und im DAS-Monitoringbericht darstellen zu können.

2.2.1.3 Energieumwandlung

Zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren waren nach allgemeiner Einschätzung Schwierigkeiten der Kühlwasserversorgung hinsichtlich Menge und Qualität ein wesentliches Problem für die Energiewirtschaft unter sich ändernden klimatischen Rahmenbedingungen. Für das Themenfeld „Energieumwandlung“ wurden daher vorrangig Indikationsideen für diesen Sachverhalt diskutiert. Als eine hierfür zur Verfügung stehende Datengrundlage wurde damals die Datenbank KISSY des Verbands VGB PowerTech e.V. ermittelt. Diese gibt u. a. Aufschluss über die Höhe der elektrischen Arbeit, die aufgrund von außerhalb der Anlage liegenden Ursachen nicht erzeugt werden konnte. Die Auswertung für den Indikator EW-I-3 (Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke) umfasste Ereignisse, denen entweder explizit das Kriterium „Kühlwassertemperatur zu hoch“ zugeordnet ist oder zu denen die ursachenbezogenen Informationen auf hitzebedingte Außeneinflüsse schließen lassen.

Während der Entwicklung des Indikators wurden darüber hinaus weitere mögliche Datenquellen bzw. Indikationsansätze untersucht, z. B. die „Transparenzoffensive der Übertragungs-

netzbetreiber“, die „EEX-Transparenzplattform“ oder die Nutzung von Informationen von Genehmigungsbehörden zu kühlwassertemperaturbedingten Ausnahmegenehmigungen beim Kraftwerksbetrieb. Auch Darlegungen zur Abweichung vom Normalbetrieb im Rahmen der Betriebsergebnisse von Kernkraftwerken wurden auf ihre Verwendbarkeit geprüft. Diese Datenquellen konnten aber nicht verwendet werden, da sie z. B. keine Differenzierung der Ursachen oder keine spezifische Trennung von klimatischen und sonstigen Einflüssen erlauben oder grundsätzlich nicht systematisch erfassen.

Im Zusammenhang mit den erneuerbaren Energien wurden verschiedene Indikationsideen für die Darstellung der Windenergie diskutiert. Der besondere Fokus auf die Windenergie war und ist dadurch gerechtfertigt, dass die Windstromerzeugung in Deutschland damals wie heute unter den erneuerbaren Energien den höchsten Beitrag zur Stromerzeugung (Endenergie) liefert. Schwierigkeiten für die Windenergiebranche können sich z. B. durch Starkwinde und Schwachwindperioden ergeben. Der für den Monitoringbericht 2015 entwickelte ~~vorgeschlagene~~ Indikator EW-I-4 (Potenzieller und realer Windenergieertrag) ließ Rückschlüsse auf die Qualität der Windjahre zu und konnte mögliche Änderungen anzeigen. Die Daten für diesen Indikator lieferten Statistiken der AGEE-Stat, der DEWI GmbH, der Betreiber-Datenbasis sowie der BNetzA. Aufgrund einer nicht mehr gegebenen Datenverfügbarkeit kann der Indikator allerdings seit der ersten Fortschreibung 2019 nicht weitergeführt werden.

Als mögliche weitere Datenquellen waren zum Thema Windenergie exemplarische Auswertungen von einzelnen großen Windparks sowie Auswertungen von kontinuierlichen Daten zur Windstromeinspeisung des Fraunhofer Institut IWES (Institute for Wind Energy and Energy System Technology) in der Diskussion. Diese Ansätze wurden nicht weiterverfolgt, da sie mit einem unverhältnismäßigen Kostenaufwand verbunden gewesen wären bzw. keine Perspektive für eine methodische Auswertung im Zusammenhang mit dem Klimawandel bestand.

Des Weiteren wurden Möglichkeiten für eine Indikation wetter- und witterungsbedingter Einschränkungen der Anlagen- bzw. Kühleffizienz diskutiert, z. B. Kühlgrenztemperatur⁴ im Umfeld von Kraftwerken mit Nasskühlungs-Kühltürmen oder Lufttemperaturen im Umfeld von Gasturbinenkraftwerken. Hierzu lagen damals allerdings keine methodischen Grundlagen vor, an die eine Indikatorentwicklung hätte anknüpfen können.

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Beitrag der Satellitenfernerkundung zur Ermittlung von DAS-Indikatoren“ wurde für das Themenfeld Energieumwandlung geprüft, ob analog zum Indikator EW-I-4 (Potenzieller und realer Windenergieertrag) mithilfe von Fernerkundungsdaten ein Indikator zum potenziellen und realen Energieertrag von Photovoltaik-Anlagen als Ergänzung für den Themenbereich der erneuerbaren Energien entwickelt werden kann. Der Indikator sollte kumuliert für ganz Deutschland eine Gegenüberstellung des potenziellen Solarstromertrags, den sich die Betreiber aufgrund der installierten Leistung von den Anlagen erhoffen, und dem tatsächlich erreichten Solarstromertrag (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik)

⁴ Die Kühlgrenztemperatur, gemessen als Feuchtkugeltemperatur, ist die tiefste Temperatur, die sich in Abhängigkeit von der Temperatur und der Feuchte der umgebenden Atmosphäre durch Verdunstungskühlung erreichen lässt. Je höher die Kühlgrenztemperatur ist, desto stärker wird die Kühleffizienz von Kühltürmen mit Nasskühlung eingeschränkt.

leisten. Als notwendige Ergänzungen zur Darstellung dieses Verhältnisses wurde eine Datenreihe zur solaren Einstrahlung im jeweiligen Jahr erachtet, ggf. noch kombiniert mit Temperatur und Windgeschwindigkeit, da beide die Bedingungen der Solarstromerzeugung erheblich mit beeinflussen. Ziel dieses Indikators war die Überprüfung, ob die erwartete Veränderung der Strahlungsbedingungen – die Analyse von satellitenbasierten Daten der solaren Einstrahlung zeigt für Deutschland im Zeitraum 1983 bis 2013 eine Zunahme der Globalstrahlung⁵ – sich auch in einem (höheren) Stromertrag der PV-Anlagen niederschlägt, bzw. welche Bedeutung Veränderungen der Solarstrahlung für den Stromertrag hat. Zur Berechnung der Globalstrahlung wurden zum Zeitpunkt der Prüfung Daten von EUMETSAT CM SAF (The EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring) zur Verwendung vorgeschlagen, da sie über eine bessere Qualität als die damals im Copernicus-Dienst zur Überwachung der Atmosphäre angebotenen Produkte zur Solarstrahlung („MACC-RAD Surface Solar Irradiation“) verfügten. Der vom CM SAF produzierte SARA Datensatz war damals einer der ersten satellitenbasierten homogenen Strahlungsdatensätze für einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren. Die Entwicklung eines entsprechenden Indikators wurde bei gegebenem Interesse als grundsätzlich machbar eingeschätzt, aber nicht weiterverfolgt.

Ein eigener Indikator zu möglichen Auswirkungen von Extremereignissen auf Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wurde im Rahmen der Arbeitsgruppensitzung als nicht notwendig erachtet, da derzeit nicht von einer konkreten Gefährdung der Anlagensicherheit im Zusammenhang mit besonderen Wetter- und Witterungsereignissen durch den Klimawandel ausgegangen wird. Die Diskussion eines Indikators zu entsprechenden Maßnahmen wurde daher ebenfalls nicht weiter vertieft.

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde entschieden, den Indikator EW-I-3 ab dem DAS-Monitoringbericht 2023 nicht mehr zu verwenden. Die Aussagekraft des Indikators wurde mit Blick auf die zugrundeliegenden Daten als nicht ausreichend eingestuft, da die Zuordnung der erfassten Außeneinflussarbeit zum Faktor Umgebungstemperatur als zu unspezifisch und unsicher eingeschätzt wurde.

Des Weiteren wurde für das Themenfeld Energieumwandlung diskutiert, nach dem Wegfall des nicht mehr fortschreibbaren Indikators EW-I-4 einen Indikator zu entwickeln, der die klimatischen Herausforderungen für ein erneuerbares Energiesystems im DAS-Monitoringbericht darstellen kann. Dieser Indikator sollte die Häufigkeit / Intensität von Dunkelflauten in den Blick nehmen. Das Auftreten von lange andauernden Dunkelflauten ist als eine Herausforderung für die Versorgungssicherheit bei der Entwicklung eines erneuerbaren Energiesystems zu berücksichtigen. Als Dunkelflaute gelten bislang zweiwöchige Perioden mit Wind- und Sonnenarmut. Mit dem Klimawandel können stabile Wetterlagen künftig möglicherweise zunehmen; in der Folge könnten Dunkelflauten möglicherweise länger dauern und die Versorgungssicherheit beeinflussen. Die Entwicklung eines Indikators zur Häufigkeit und Intensität

⁵ Müller R., Pfeifroth U., Träger-Chatterjee C., Trentmann J., Cremer R. 2015: Digging the METEOSAT Treasure – 3 Decades of Solar Surface Radiation. Remote Sens. 7, no. 6: 8067-8101. doi: 10.3390/rs70608067

von Dunkelflauten wurde im Workshop aber abgelehnt, da es bislang keine Hinweise auf eine Zunahme von Häufigkeit und Intensität von Dunkelflauten gibt und zudem die Stromversorgung in Deutschland durch die internationale Vernetzung des Stromversorgungssystems ausgeglichen wird. Des Weiteren müssen Stromversorgungssysteme, die überwiegend fluktuierender erneuerbare Energiequellen wie Wind und Sonne nutzen, Energiespeichersysteme für den kontinuierlichen Ausgleich zwischen Energiedargebot und -nachfrage (Residuallast) sicherstellen. Diese Systeme sind ein weiterer Baustein für die Beherrschung von Dunkelflauten.

2.2.2 Response-Indikatoren

2.2.2.1 Verringerung des Energiebedarfs

Maßnahmen, die einen verringerten Endenergieverbrauch und eine höhere Energieeffizienz bezwecken, sind ein wichtiger Bestandteil der Energiewende, da sie zum einen dem Klimaschutz dienen, zum anderen aber auch, da sie zu einer Entlastung des Energiesystems beitragen. Der letztgenannte Aspekt wird auch im Kontext der Klimaanpassung eines Energiesystems als günstig bewertet, das zukünftig stärker beziehungsweise vollständig auf erneuerbaren Energien basieren wird. Die Energieumwandlung aus erneuerbaren Quellen wie Wind und Sonne ist naturgemäß in hohem Maße wetter- und klimasensitiv und daher im Vergleich zu einem fossilen Energiesystem stärkeren angebotsseitigen Schwankungen unterworfen. Da sich in einem Energieversorgungssystem Energieumwandlung und Energiebedarf zu jederzeit entsprechen müssen, ergeben sich für das erneuerbare Energiesystem erhöhte Anforderungen zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage. Neben einer Flexibilisierung des Energiesystems, der eine besondere Bedeutung zukommt, tragen hierzu auch eine grundsätzliche Verringerung des Energiebedarfs und eine höhere Effizienz des Energieeinsatzes bei. Mit Blick auf die Klimaanpassung wird dieser Zusammenhang allerdings sehr indirekt und lose bewertet, weswegen mit den Fachleuten entschieden wurde, hierzu keinen Indikator in das DAS-Monitoring aufzunehmen.

2.2.2.2 Energiemanagement

Für das Themenfeld „Energiemanagement“ wurden im Zuge der Erstentwicklung der Indikatoren Handlungsoptionen auf der Nachfrage- wie auf der Angebotsseite geprüft. Angebotsseitig können Übertragungsnetzbetreiber Netzstabilität vor allem sicherstellen, indem sie kurzfristige Regelleistung in Form positiver und negativer Minutenreserve bereitstellen. Die Einflüsse hierauf sind allerdings vielschichtig, eine Interpretation mit Bezug zu wetter- bzw. witterungsbedingten Ereignissen ist nicht möglich.

Eine nachfrageseitige Steuerung kann z. B. über so genannte „Regelbare Verbraucher“ erfolgen. Für den Industriebereich werden hierzu Unternehmen gezählt, die mit den Stromversorgungsunternehmen in vertraglichen Regelungen die Möglichkeit zur „Außen“-Steuerung ihres Strombezugs unter definierten Bedingungen vereinbart haben. Diese Unternehmen ermöglichen z. B. gegen Entgelte bzw. preisliche Nachlässe ein dynamisches Ein- und Ausschalten von Anlagen und geben den Stromversorgungsunternehmen damit ein Instrument an die

Hand, die Netzstabilität zu sichern. In der Regel ist der Elektrizitätseinkauf für den Industriebereich allerdings wenig flexibel und wird u. a. in Abhängigkeit von Betriebsgröße und Betriebszweck wahrgenommen. Die Spanne reicht dabei von Vollversorgungsverträgen zu einem Preis für ein oder zwei Jahre über tranchenweise abgeschlossene Verträge bis hin zu Unternehmen, die ihren Strom zumindest teilweise direkt an der Strombörse beziehen und kurzfristig auf Preisschwankungen reagieren können. Daten zur vertraglichen Gestaltung des Energiebezugs sind jedoch vertraulich und nicht verfügbar. Im Bereich der privaten Haushalte ist mit Blick auf die Auswirkungen des Klimawandels eine kurzfristig wirksame Steuerung, z. B. über kurzfristig variierende Preise bzw. eine direkte Steuerung von Geräten privater Stromkunden Voraussetzung. Dies wird technisch derzeit noch nicht umgesetzt, zeitvariable Tarife, die seit dem Jahr 2010 von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen angeboten werden müssen, sind bislang noch auf feste Tageszeiten bezogen. Bundesweite Daten waren zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren nicht verfügbar.

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurden steuerbare Verbrauchseinrichtungen als Möglichkeit des nachfrageseitigen Energiemanagement angesprochen. Mit der Begründung, dass es sich hierbei vor allem um Nachtspeicheröfen handelt, wurde eine entsprechende Berichterstattung als nicht zielführend beurteilt. Zu den angebotsseitigen Möglichkeiten Fernmess- und Fernsteuerbarkeit von EE-Anlagen, eingesetzte Regelleistung sowie Abrufe von Regelleistung wurde kein Votum für die Entwicklung eines Indikators abgegeben.

2.2.2.3 Flexibilisierung des Energieversorgungssystems

Für das Themenfeld „Energieversorgungssystem“ wurden für den ersten Monitoringbericht 2015 Indikatoren zur Diversifizierung des Energieträgereinsatzes für die Elektrizitäts- sowie Wärmeerzeugung (EW-R-1: Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung, EW-R-2: Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte) erarbeitet. Des Weiteren wurde diskutiert, einen Indikator zur Dezentralisierung der Elektrizitätserzeugung in das Indikatorenset aufzunehmen. Diesem läge die Hypothese zugrunde, dass mit einer Vielzahl kleinerer (und kleiner) Anlagen eine stärkere Risikostreuung erreicht werden kann. In der Diskussion zeigte sich, dass es zum damaligen Zeitpunkt kein gemeinsames Verständnis von Dezentralität und keine gemeinsame Vorstellung einer idealen Verteilung von Größenklassen gab und sich ein entsprechender Indikator daher nicht oder nur schwer interpretieren ließe. Es wurde daher – trotz verfügbarer Datenquellen – auf die Entwicklung eines Indikators verzichtet.

Ferner wurden innerhalb des Themenfelds Indikationsmöglichkeiten zum thematischen Teilaspekt „Energiespeicherung“ geprüft. Die Energiespeicherung war damals und ist auch weiterhin in größerem Maßstab nur in Pumpspeicherwerken möglich. Der Indikator EW-R-3 (Möglichkeiten der Stromspeicherung) stützte sich auf die Kraftwerksliste der BNetzA und stellte die installierte Turbinen- sowie Pumpleistung dar, um daran das Potenzial zur Stromerzeugung bzw. zum Strombezug zur Regelung der Stromversorgung zu diskutieren. Im Zuge der Erst-

entwicklung wurde festgehalten, dass zukünftig zu prüfen sein wird, ob andere Indikationsmöglichkeiten geeigneter sind, um Flexibilitätsoptionen im Stromversorgungssystem im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel darzustellen, da Stromspeichern erst bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien im Stromversorgungssystem eine hohe Relevanz als Flexibilitätsoption zukommt. Bei niedrigeren Anteilen von erneuerbaren Energien können andere Optionen die notwendige Flexibilität im Stromversorgungssystem gewährleisten.⁶

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde eine Streichung der Indikatoren EW-R-1 und EW-R-2 vorgeschlagen. Hintergrund für deren Entwicklung waren die unsicheren energiepolitischen Rahmenbedingungen und die Unsicherheit über die Klimawandelfolgen für die verschiedenen Energieträger gewesen, die zum Zeitpunkt der Erstentwicklung der Indikatoren für das HF Energiewirtschaft bestanden. Die Indikatoren zur Diversifizierung der Energieumwandlung in Strom und Wärme gingen von der These aus, dass eine (gleichmäßige) Verteilung der Energieumwandlung „auf mehrere Schultern“ zu einer Risikostreuung und damit zu einer Absicherung des Energiesystems beitragen würde. Da die genannten unsicheren Rahmenbedingungen mittlerweile in dieser Form nicht mehr bestehen und das Energiesystem zu einem vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden System umgebaut werden soll, votierten die Fachleuten für eine Streichung der beiden Indikatoren EW-R-1 und EW-R-2.

Statt der Verwendung von sehr allgemeinen Indikatoren wurde das Ziel formuliert, Indikatoren zu verwenden, deren Fokus spezifischer auf die Klimaanpassung bzw. die Resilienz eines erneuerbaren Energiesystems gerichtet ist. Die Fachleuten wiesen hierzu darauf hin, dass zur Beurteilung der Resilienz eines Stromsystems hinsichtlich der Folgen des Klimawandels eine Vielzahl von Maßnahmen berücksichtigt werden müssen, beispielsweise der europäische Binnenhandel, PtX-Technologien, Pumpspeicherkraftwerke, Batteriespeicher, Lastflexibilität (Demand side response), Netzausbau. Der Bezug eines Indikators auf eine einzelne Maßnahme kann dagegen möglicherweise irreführend sein, da ein solcher Indikator ggf. zu fehlerhaften Schlussfolgerungen verleiten kann. Aus diesem Grund votierten die Fachleuten dafür, den bisherigen Indikator EW-R-3 nicht weiter zu berichten, da die installierte Leistung von Pumpspeichern nur einen kleinen Teil der Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Stromsystems abbildet und die Entwicklung des Indikators zudem fehlinterpretiert werden kann: Aus der Beobachtung beispielsweise eines Rückgangs an installierter (Pumpspeicher-) Leistung aufgrund fehlender wirtschaftlicher Perspektive lässt sich mitnichten eine mangelnde Resilienz des Stromsystems gegenüber dem Klimawandel ableiten, da andere der oben genannten Maßnahmen diese Aufgabe von den Pumpspeichern übernommen haben können. Im Austausch mit den Fachleuten konnte allerdings keine alternative Möglichkeit für einen Indikator

⁶ Agora Energiewende 2014: Stromspeicher in der Energiewende – Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz. Berlin, 152 S.

eruiert werden, der eine valide Aussage zur Resilienz des Stromsystems gegenüber Störungen erlaubt. Unabhängig davon wurde bestätigt, dass die Diversifizierung der Vorsorge für die Klimaresilienz eine wichtige Rolle spielt.

Im Kontext eines erneuerbaren Energieversorgungssystems wurde auch die Möglichkeit eines Indikators zur Dezentralität von Erzeugungseinheiten nochmals mit den Fachleuten besprochen. Das Thema Dezentralisierung wurde aber weiterhin als ungeeignet für einen Indikator zur Klimaanpassung bewertet.

2.2.2.4 Anpassung der Energieversorgungsinfrastruktur

Für das Themenfeld „Anpassung der Energieversorgungsinfrastruktur“ wurde im Zuge der Erstentwicklung des Indikatorensets für das Handlungsfeld Energiewirtschaft der Indikator Wassereffizienz thermischer Kraftwerke (EW-R-4) ausgearbeitet. Darüber hinaus wurde ein Indikator zur spezifischen installierten Leistung von Windenergieanlagen geprüft. In der Diskussion mit den Verantwortlichen der datenhaltenden DEWI GmbH zeigte sich aber, dass aus der Struktur des Windenergieanlagenparks keine Rückschlüsse auf eine Anpassung an den Klimawandel gezogen werden können, weswegen der Indikator nicht weiter verfolgt wurde. Als eine weitere mögliche Maßnahme wurde der Verkabelungsgrad im Hoch- und Mittelspannungsnetz diskutiert. Daten zur Erdverkabelung auf allen Netzebenen sind grundsätzlich z. B. beim BDEW verfügbar. Im Rahmen der Kleingruppensitzung Energiewirtschaft wurde aber festgestellt, dass die Maßnahme aus technischer Sicht nicht als generell sinnvolle Anpassungsmaßnahme empfohlen werden kann, weswegen auch kein Indikator vorgeschlagen wurde.

Weiterentwicklung 2021 /22

Der Indikator bezieht sich auf einen Sachverhalt, der nach dem Ausstieg aus fossilen Energieträgern im Zuge der Energiewende nicht mehr auftreten wird. Zudem urteilten Fachleute, dass der Indikator vor allem die technische Anpassung der Kraftwerke im Zeitverlauf widerspiegelt, deren primäre Motivation die Betriebssicherheit der Anlage ist. Eine Klimaanpassung wurde als „Kollateral-Nutzen“ gesehen. Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde entschieden, den Indikator EW-R-4 ab dem DAS-Monitoringbericht 2023 nicht mehr zu verwenden.

Die Frage der Erdverkabelung wurde mit den Fachleuten ebenfalls besprochen. Ein neuer Sachstand hat sich hierzu nicht ergeben.

2.2.2.5 Sonstige Themenfelder

Für das Themenfeld „Anpassung der Versorgung mit Primärenergieträgern“ erfolgte der Hinweis von der Kleingruppe, dass die Versorgungslogistik grundsätzlich für jedes Kraftwerk individuell geregelt ist. Eine allgemeine Darstellung der Güterverkehrslogistik bezogen auf Brennstoffe ausgehend von Daten des Statistischen Bundesamts sowie des Kraftfahrtbundesamts wurde daher für nicht sinnvoll erachtet. Daten für eine Darstellung des Themas anhand von Fallbeispielen stehen nicht zur Verfügung.

Für die Themenfelder „Management von Extremsituationen, Gefahrenabwehr“ sowie „Erweiterung der energiewirtschaftlichen Forschung“ konnten keine aussagekräftigen Indikationsansätze identifiziert werden.

Weiterentwicklung 2021 /22

Im Zuge der Fortschreibung 2023 des DAS-Monitoringberichts wurde darauf hingewiesen, dass seit 2019 die EU-Verordnung über die Risikovorsorge im Elektrizitätssektor 2019/941 gilt. Nach der Verordnung müssen die Mitgliedstaaten regionale und nationale Szenarien für Stromversorgungskrisen identifizieren und Risikovorsorgepläne mit Maßnahmen zur Bewältigung aller bestimmten Szenarien für Stromversorgungskrisen enthalten. Die Szenarien umfassen dabei grundsätzlich auch wetterbedingte Extremereignisse wie Kältewellen, Hitzewellen, Dürren etc. Szenarien und Klimavorsorgeplan sind alle vier Jahre zu aktualisieren. Im Zuge der nächsten Fortschreibung des DAS-Monitorings ist zu prüfen, ob bezogen auf die Verpflichtungen aus der Verordnung die Entwicklung eines Indikators möglich ist.

2.3 Schnittstellen des Handlungsfelds „Energiewirtschaft (Wandel, Transport und Versorgung)“ mit anderen DAS-Handlungsfeldern

Eine wichtige Schnittstelle hat das Handlungsfeld „Energiewirtschaft“ mit den beiden DAS-Handlungsfeldern „Verkehr, Verkehrsinfrastruktur“ (VE) und „Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft“ (WW), in denen ebenfalls das Problem Niedrigwasser mit Indikatoren thematisiert wird. Einschränkungen der Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen durch Hoch- und Niedrigwasser (VE-I-1 und VE-I-2) können Versorgungsengpässe in der Versorgung von Kraftwerken mit Brennstoffen zu Folge haben. Niedrigwasserereignisse (WW-I-6) können sich nachteilig auf die Verfügbarkeit von Kühlwasser auswirken.