

TEXTE

48/2023

**Abschlussbericht**

# Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

**von:**

Prof. Dr. Sven-Joachim Otto, Dr. Simon Meyer,  
Dr. Sebastian Helmes, Dr. René Schmelting, Mareike Rohde LL.M.  
EY Law GmbH, Düsseldorf, Stuttgart, Berlin

Philipp Rubner, Marcus Ziehe, Henri Kraus, David Spohn  
EY GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hamburg, Köln

Prof. Dr. Martin Faulstich, Dr. Jonas Hüther, Charlotte Joachimsthaler,  
Friederike Meyer, Dr. Helmut Schnurer  
Lehrstuhl Ressourcen- und Energiesysteme der TU Dortmund, Dortmund

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt



TEXTE 48/2023

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 34 301 0

FB000960

Abschlussbericht

## **Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen**

von

Prof. Dr. Sven-Joachim Otto, Dr. Simon Meyer, Dr. Sebastian Helmes, Dr. René Schmelting, Mareike Rohde LL.M.  
EY Law GmbH, Düsseldorf, Stuttgart, Berlin

Philipp Rubner, Marcus Ziehe, Henri Kraus, David Spohn  
EY GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Hamburg, Köln


Prof. Dr. Martin Faulstich, Dr. Jonas Hüther, Charlotte Joachimsthaler, Friederike Meyer, Dr. Helmut Schnurer  
Lehrstuhl Ressourcen- und Energiesysteme der TU Dortmund, Dortmund


Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

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

/umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt

### Durchführung der Studie:

Ernst & Young Law GmbH  
Graf-Adolf-Platz 15  
40213 Düsseldorf

### Abschlussdatum:

September 2022

### Redaktion:

Fachgebiet III - Fachstelle für den Rückbau und das Recycling von Windenergieanlagen  
Dr. Petra Weißhaupt

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2023

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

**Kurzbeschreibung:**

**Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen**

Durch die breite politische Befürwortung der Energiewende und des stetig wachsenden Bestands an Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland und Europa gewinnen auch Fragen des Anlagenrückbaus und Recyclings an Bedeutung. Hierbei bestehen auch jenseits des vielbeachteten Rotorblattrecyclings mit ihren glasfaserverstärkten (GFK) und carbonfaserverstärkten (CFK) Anlagenteilen – welche in der vorliegenden Untersuchung ausgeklammert sind – weitere Herausforderungen, die in diesem Vorhaben betrachtet werden.

Zentraler Forschungsgegenstand war dabei die Überprüfung und Bewertung bestehender Ansätze zur Berechnung der Rückstellungsleistungen (§ 35 BauGB) und die Entwicklung von Maßnahmen zur gesicherten Übermittlung von rückbaurelevanten Herstellerinformationen.

Grundlage für diese Untersuchungen war dabei die Erfassung der bestehenden gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen sowie Daten, die im Rahmen einer Behörden- und einer Branchenbefragung erhoben wurden. Basierend auf den Untersuchungen werden Empfehlungen ausgesprochen, die einem effizienten behördlichen Vollzug und einer Etablierung einer guten Rückbaupraxis dienen sollen. Ebenfalls wurde untersucht und bewertet, ob sich Elemente der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung auf Rückbau und Recycling von WEA übertragen lassen.

**Abstract:**

**Ensuring good practice in the dismantling and recycling of wind turbines**

Due to the broad political support for the energy transition and the steadily growing number of wind turbines in Germany and Europe, questions of turbine dismantling and recycling are also gaining in importance. In this context, there are also further challenges beyond the much-noted rotor blade recycling with its glass fiber and carbon fiber reinforced turbine parts - which are excluded from the present study - that are considered in this project.

The scope of the research was the review and evaluation of existing approaches to the calculation of restitution payments (§ 35 BauGB) and the development of measures for the secure transmission of manufacturer information relevant to dismantling.

The basis for these investigations was the examination of existing regulations, as well as data collected in the course of a survey of authorities and an industry survey. Based on the investigations, recommendations were made that should serve efficient enforcement by the authorities and the establishment of good dismantling practice. It was also investigated and evaluated whether elements of waste management product responsibility can be conferred to the dismantling and recycling of wind turbines.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	11
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	13
Summary.....	20
1 Hintergrund und Zielsetzung des Forschungsvorhabens.....	25
2 Status quo für Rückbau und Recycling.....	27
2.1 Bundesrechtliche Regelungen zum Rückbau und Recycling von WEA.....	27
2.1.1 Vorgaben zum Rückbau.....	28
2.1.1.1 Das BImSchG und der Rückbau von WEA.....	28
2.1.1.2 Das BauGB und der Rückbau von WEA.....	29
2.1.1.3 Das BBodSchG und der Rückbau von WEA.....	30
2.1.2 Vorgaben zur Entsorgung anfallender Abfälle.....	31
2.1.2.1 Abfallrechtliche Grundpflicht und Entsorgungsverantwortung.....	31
2.1.2.2 Allgemeine Vorgaben zur Entsorgung von Abfällen.....	33
2.1.2.3 Getrennthaltung und spezifische Regelungen für einzelne Abfallfraktionen.....	34
2.1.2.4 Behördliche Überwachungsmöglichkeit der Abfallentsorgung.....	38
2.2 Länderspezifische Regelungen zum Rückbau und Recycling von WEA.....	38
2.2.1 Regelungen in Gesetzen und Verordnungen.....	38
2.2.2 Regelungen in Verwaltungsvorschriften (Erlasse).....	39
2.2.2.1 Zur Rückbauverpflichtung.....	42
2.2.2.2 Zur Sicherheitsleistung.....	45
2.2.2.3 Zur Art und Weise des Rückbaus.....	49
2.3 Erfahrung und Bewertung aus der (behördlichen) Praxis.....	50
2.3.1 Anträge auf Verlängerung der Betriebsdauer und Untersagungsverfügungen?.....	51
2.3.2 Ist der Rückbau von WEA (finanziell) sichergestellt?.....	52
2.3.3 Werden rückbaurelevante Informationen ausgetauscht?.....	53
2.3.4 Wird die umweltgerechte Entsorgung von WEA behördlich überwacht?.....	53
2.3.5 Erwartungen an die zukünftigen Rückbaukosten.....	54
2.3.6 Aktuelle Probleme und wünschenswerte Maßnahmen.....	55
3 Berechnungsformeln für Sicherheitsleistungen.....	57
3.1 Aktuelle Praktiken bei der Berechnung von Sicherheitsleistungen in Deutschland und Europa.....	57

3.1.1	Vorgehensweise bei der Analyse von Sicherheitsleistungen .....	57
3.1.2	Ergebnisse und Übersicht der aktuellen Berechnungsansätze .....	57
3.1.3	Kategorisierung der Berechnungsansätze .....	59
3.1.3.1	Nach Investitionskosten .....	59
3.1.3.2	Nach Leistung .....	60
3.1.3.3	Nach Nabenhöhe .....	61
3.1.3.4	Nach sonstigen Ansätzen.....	61
3.2	Tatsächliche Investitions- und Rückbaukosten.....	62
3.2.1	Vorgehensweise bei der Ermittlung der tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten .....	62
3.2.2	Kategorisierung der Investitions- und Rückbaukosten.....	63
3.2.2.1	Nach Leistung (Kategorien L1, L2 und L3) .....	64
3.2.2.2	Nach Nabenhöhe (Kategorien N1, N2 und N3) .....	66
3.2.3	Berechnungsformeln für die Bewertung .....	67
3.2.4	Bewertung der Berechnungsformeln .....	68
3.2.4.1	Nach Leistung (Kategorien L1, L2 und L3) .....	68
3.2.4.2	Nach Nabenhöhe (Kategorien N1, N2 und N3) .....	70
3.2.4.3	Gesamtbewertung über alle Anlagenkategorien (L1, L2, L3, N1, N2 und N3) .....	72
3.3	Handlungsempfehlungen zur Sicherung einer guten Rückbaupraxis .....	73
3.3.1	Grundsätze der Berechnungspraxis.....	73
3.3.2	Handlungsempfehlungen zur determinierenden Berechnungsgröße.....	74
3.3.3	Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Kostensteigerungen.....	74
3.3.4	Handlungsempfehlungen zur Ausgestaltung der Sicherheitsleistung.....	74
4	Herstellerinformationen für den Rückbau .....	76
4.1	Befragungsergebnisse .....	77
4.1.1	Vorerfahrungen zum Rückbau von Windenergieanlagen .....	78
4.1.2	Herstellerinformationen für den Rückbau.....	78
4.1.3	Verfügbarkeit von Herstellerinformationen für der Rückbau .....	79
4.1.4	Sensibilität von Herstellerinformationen .....	80
4.1.5	Wege der Informationsweitergabe .....	80
4.1.6	Genehmigung und spezielle Erlaubnisse .....	81
4.1.7	Anforderungen an ein Rückbaukonzept.....	82
4.1.8	Herausforderungen und Wünsche der Behörden .....	82
4.1.9	Schlussfolgerungen aus den Befragungsergebnissen.....	84
4.2	Möglichkeiten der Informationsweitergabe und Archivierung .....	89

4.2.1	Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung .....	89
4.2.2	Informationen für den Rückbau durch den Eintrag in das Marktstammdatenregister .....	91
4.2.3	Informationen für den Rückbau als Teil der Dokumentation der technischen Betriebsführung .....	94
4.2.4	Informationsstandard als ein Dienstleistungsangebot der Hersteller*innen .....	97
4.3	Der Ablauf eines nachhaltigen Rückbaus .....	100
4.3.1	Vorbereitungsmaßnahmen .....	100
4.3.1.1	Planung eines Rückbauvorhabens und Erstellung eines Lastenhefts .....	100
4.3.1.2	Erstellung eines Schadstoffgutachtens .....	102
4.3.1.3	Rückbaugenehmigung und Rückbauanzeige vor den regionalen Behörden sowie dem Marktstammdatenregister .....	103
4.3.1.4	Absicherung und Einrichtung der Baustelle .....	103
4.3.1.5	Stilllegung, Trennung vom Netz und Entfernung von Verkabelungen .....	103
4.3.1.6	Entfernung Betriebsflüssigkeiten und sonstiger Gefahrenstoff .....	104
4.3.1.7	Vorbereitung und Einsatz von Krantechnik .....	104
4.3.1.8	Lösen von Verbindungselementen .....	104
4.3.1.9	Trennung von Spannlitzen .....	104
4.3.2	Rückbau von Hochbauten der Windenergieanlage .....	105
4.3.2.1	Demontage von Rotorblättern und Nabe .....	105
4.3.2.2	Demontage des Maschinenhauses .....	105
4.3.2.3	Demontage des Turms .....	106
4.3.2.4	Demontage von Elektrogeräten .....	107
4.3.3	Rückbau von Tiefbauten der Windenergieanlage .....	107
4.3.4	Rückbau von Nebenanlagen .....	108
4.3.5	Rückbau der Baustelle und Renaturierung .....	108
4.3.6	Wiederverwendung, Recycling und Beseitigung der Komponenten/Materialien .....	109
4.4	Handlungsempfehlung .....	112
5	Empfehlungen an die überwachenden Behörden .....	115
5.1	Klare Zuweisung der behördlichen Zuständigkeiten .....	115
5.1.1	Bündelung der Überwachungszuständigkeiten bei der Immissionsschutzbehörde (Empfehlung) .....	116
5.1.2	Errichtung einer Stabsstelle in den Ländern (Alternative) .....	117
5.1.3	Verbindliche Regelungen zum Informationsfluss zwischen den Behörden (Mindestumsetzungsbedarf) .....	118
5.2	Einheitliche Definition von „Rückbau“ als Handlungshilfe .....	118



5.2.1	Anforderungen an die Definition .....	119
5.2.2	Gesetzliche Verankerung in § 249 BauGB .....	119
5.3	Muster für Nebenbestimmungen zum Rückbau.....	120
5.4	Einheitliche Berechnungsgrundlage für die Sicherheitsleistung.....	121
5.5	Herstellerinformationen und Rückbaukonzept .....	123
5.6	Etablierung eines Informationsstandards .....	125
6	Herstellerverantwortung.....	127
6.1	Der gesetzliche Rahmen für die Produktverantwortung .....	127
6.2	Erfahrungen mit der bisherigen Anwendung der Produktverantwortung .....	133
6.2.1	Altöl.....	134
6.2.2	Batterien .....	134
6.2.3	Elektroaltgeräte .....	137
6.2.4	Verpackungen .....	139
6.2.5	Altautos.....	140
6.2.6	Anwendbarkeit der bisherigen Produktregelungen auf Windenergieanlagen .....	141
6.3	Entwicklungspotenzial von Speichersystemen .....	142
6.3.1	Übersicht relevanter Speichersysteme.....	144
6.3.2	Abfallwirtschaftliche Herausforderungen im Bereich Windenergie .....	157
6.4	Umsetzungsmöglichkeiten einer erweiterten Herstellerverantwortung .....	159
6.4.1	Leistungen einer Produktverantwortung .....	161
6.4.2	Nachteile einer Produktregelung.....	162
6.4.3	Verbesserungen für Altanlagen .....	163
6.5	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlung .....	164
7	Quellenverzeichnis .....	165
A	Anhang (Behördenbefragung).....	168
A.1	Konzeption der Behördenbefragung.....	168
A.2	Durchführung der Befragung und Umfang der Rückmeldungen .....	169
A.3	Fragebogen .....	170
B	Anhang (Branchenbefragung) .....	175
B.1	Konzeption der Branchenbefragung .....	175
B.2	Durchführung der Befragung und Umfang der Rückmeldungen .....	176
B.3	Fragebogen .....	177

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht Rückbauverpflichtungen .....	42
Abbildung 2:	Übersicht Sicherheitsleistungen .....	45
Abbildung 3:	Übersicht Art und Weise des Rückbaus.....	49
Abbildung 4:	Länder und Bundesländer mit definierten Ansätzen für die Bestimmung von Sicherheitsleistungen .....	58
Abbildung 6:	Installierte Windenergieleistung an Land nach Bundesland 2020 .....	58
Abbildung 7:	L1, L2, L3: Durchschnittliche Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten [TEUR] .....	64
Abbildung 8:	L1, L2, L3: Durchschnittliche Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse [TEUR] .....	65
Abbildung 9:	N1, N2, N3: Durchschnittliche Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten [TEUR].....	66
Abbildung 10:	N1, N2, N3: Durchschnittliche Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse [TEUR] .....	67
Abbildung 11:	L1, L2, L3: Rückbaukosten und Vergleich mit Berechnungsformeln [TEUR] .....	69
Abbildung 11:	N1, N2, N3: Rückbaukosten und Vergleich mit Berechnungsformeln .....	71

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über Erlasse zum Rückbau von WEA.....	40
Tabelle 2:	Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Investitionskosten .....	59
Tabelle 3:	Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Leistung .....	60
Tabelle 4:	Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Nabenhöhe .....	61
Tabelle 5:	Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Rückbaukosten .....	61
Tabelle 6:	L1, L2, L3: Anzahl Anlagen im Datensatz und in Deutschland, Leistung und Nabenhöhe .....	65
Tabelle 7:	N1, N2, N3: Anzahl Anlagen im Datensatz und in Deutschland, Leistung und Nabenhöhe .....	67
Tabelle 8:	L1, L2, L3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln .....	69
Tabelle 9:	N1, N2, N3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln.....	71
Tabelle 10:	L1, L2, L3, N1, N2, N3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln und Rang.....	72
Tabelle 11:	Rückbaurelevante Herstellerinformationen.....	85
Tabelle 12:	Vor- und Nachteile von Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung.....	90
Tabelle 13:	Vor- und Nachteile der Informationsbereitstellung durch den Eintrag in das Marktstammdatenregister .....	93
Tabelle 14:	Vor- und Nachteile eines Informationsstandards durch die technische Dokumentation.....	97
Tabelle 15:	Vor- und Nachteile eines Informationsstandards als Dienstleistungsangebot der Hersteller*innen .....	99
Tabelle 16:	Abfallfraktionen beim Rückbau von Windenergieanlagen nach AVV .....	109
Tabelle 17:	Beispiele für digitale Technologien datengesteuerter Entscheidungsunterstützung .....	114
Tabelle 18:	Übersicht Speichersysteme .....	144

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>a.A.</b>	Andere Auffassung
<b>Abs.</b>	Absatz
<b>Art.</b>	Artikel
<b>Aufl.</b>	Auflage
<b>AVV</b>	Abfallverzeichnisverordnung bzw. Allgemeine Verwaltungsvorschrift
<b>AwSV</b>	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
<b>BattG</b>	Batteriegesetz
<b>BauGB</b>	Baugesetzbuch
<b>BauO</b>	Bauordnung
<b>BB / Bbg</b>	Brandenburg / brandenburgisch
<b>BBodSchG</b>	Bundesbodenschutzgesetz
<b>BetrSichV</b>	Betriebssicherheitsverordnung
<b>BGB</b>	Bürgerliches Gesetzbuch
<b>BGBI.</b>	Bundesgesetzblatt
<b>BImSchG</b>	Bundes-Immissionsschutzgesetz
<b>Bln / BE</b>	Berlin
<b>BNatSchG</b>	Bundesnaturschutzgesetz
<b>BR</b>	Bremen
<b>BT.-Drs.</b>	Bundestagdrucksache
<b>BVerwG</b>	Bundesverwaltungsgericht
<b>BW</b>	Baden-Württemberg
<b>BWE</b>	Bundesverband WindEnergie e.V.
<b>BY</b>	Bayern
<b>C</b>	Celsius
<b>ca.</b>	Circa
<b>Cd</b>	Cadmium
<b>CFK</b>	carbonfaserverstärkter Kunststoff
<b>DGUV</b>	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
<b>DIN</b>	Deutsche Industrienorm
<b>DSGVO</b>	Datenschutz-Grundverordnung
<b>DVO</b>	Durchführungsverordnung
<b>e.V.</b>	Eingetragener Verein
<b>EBV</b>	Ersatzbaustoffverordnung
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>EG</b>	Europäische Gemeinschaft
<b>ElektroG</b>	Elektro- und Elektronikaltgerätegesetz

<b>Abkürzung</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>et al.</b>	et alii / et aliae
<b>etc.</b>	Et cetera
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EUR</b>	Euro
<b>f. / ff.</b>	Folgend/e
<b>FAZ</b>	Frankfurter Allgemeine Zeitung
<b>F-Gase</b>	fluorierten Treibhausgase
<b>FR</b>	Frankreich
<b>GB</b>	Großbritannien
<b>GewAbfV</b>	Gewerbeabfallverordnung
<b>GFK</b>	Glasfaserverstärkter Kunststoff
<b>GG</b>	Grundgesetz
<b>ggf.</b>	gegebenenfalls
<b>ggü.</b>	gegenüber
<b>GSP</b>	Globales-Service-Protokoll
<b>HAM</b>	Hamburg
<b>Hess. / HE</b>	Hessen/hessisch
<b>Hrsg.</b>	Herausgeber
<b>i.V.m.</b>	In Verbindung mit
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>inkl.</b>	inklusive
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>KI</b>	Künstliche Intelligenz
<b>KrWG</b>	Kreislaufwirtschaftsgesetz
<b>LABO</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden
<b>LAGA</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
<b>Lit.</b>	Littera / Buchstabe
<b>LKV</b>	Verwaltungsrechts-Zeitschrift für die Länder Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen
<b>LSA</b>	Sachsen-Anhalt
<b>m</b>	Meter
<b>m.w.N.</b>	Mit weiteren Nachweisen
<b>MaStR</b>	Marktstammdatenregister
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>MV</b>	Mecklenburg-Vorpommern
<b>MW</b>	Megawatt
<b>Nds.</b>	Niedersachsen/niedersächsisch
<b>Ni</b>	Nickel

<b>Abkürzung</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>Nr.</b>	Nummer
<b>NRW / NW</b>	Nordrhein-Westfalen
<b>NVwZ</b>	Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht
<b>o.g.</b>	Oben genannt
<b>OECD</b>	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
<b>OVG</b>	Oberverwaltungsgericht
<b>RD</b>	Rotordurchmesser
<b>Rn.</b>	Randnummer
<b>RP</b>	Rheinland-Pfalz
<b>S.</b>	Seite/Satz
<b>SN / Sächs.</b>	Sachsen/sächsisch
<b>SE</b>	Schweden
<b>SH</b>	Schleswig-Holstein
<b>SL</b>	Saarland
<b>sog.</b>	sogenannte/sogenanntes/sogeannter
<b>SP</b>	Spanien
<b>TA</b>	Technische Anleitung
<b>TEUR</b>	Tausend Euro
<b>TH</b>	Thüringen
<b>TRBS</b>	Technische Regeln für Betriebssicherheit
<b>TWh</b>	Terrawattstunde
<b>u. a.</b>	unter anderem
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt, Dessau
<b>Urt.</b>	Urteil
<b>V</b>	Verordnung
<b>v. H.</b>	Von Hundert
<b>VDMA</b>	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
<b>VGH</b>	Verwaltungsgerichtshof
<b>Vgl.</b>	Vergleiche
<b>VwVfG</b>	Verwaltungsverfahrensgesetz
<b>WEA</b>	Windenergieanlage(n)
<b>z.B.</b>	zum Beispiel
<b>zzgl.</b>	zuzüglich

## Zusammenfassung

### *Hintergrund und Zielsetzung*

Sinn und Zweck des gesamten Forschungsvorhabens ist es, ein Konzept bzgl. einzelner Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen (WEA) zu entwickeln. Dabei baut das Vorhaben auf dem vorherigen Forschungsprojekt „Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen“ (UBA-Text 117/2019) auf. Im Unterschied zum Vorgängerprojekt untersucht das hiesige Forschungsvorhaben die Vorgehensweisen der örtlichen Genehmigungs- und Vollzugsbehörden und beleuchtet weitere notwendige Schritte in Bezug auf den Rückbau- und Recyclingprozess von WEA.

### *Status quo und Behördenbefragung*

Im Anschluss an die Zusammenfassung in diesem Kapitel 1 erfolgt im Kapitel 2 eine inhaltliche Prüfung der einschlägigen Rechtstexte wie z.B. das bundeseinheitliche Bauplanungsrecht, das länderspezifische Bau- und Raumordnungsrecht und die Windenergieerlasse der Bundesländer. Für die Betrachtung werden der (Regel)Fall von WEA ab einer Nabenhöhe von 50 m beurteilt. Für diese Anlagen ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) mit seinen genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Betreiberpflichtungen einschlägig. Konkret geht es um die Identifizierung von Maßnahmen für den Rückbau und das Recycling von WEA. Dafür wurden auch die einschlägigen Abfallgesetze und der Umgang mit zurückgebauten Materialien in den Blick genommen. Durch die Darstellung des rechtlichen Status quo mit der Betrachtung von BauGB, BImSchG und BBodSchG sowie deren länderspezifische Durchsetzung ist eine länderübergreifende Vergleichbarkeit möglich.

Neben den gesetzlichen Fragestellungen wie Zuständigkeit und Vollzug bzgl. Rückbau werden auch technische und organisatorische Fragen beleuchtet, wobei die politischen Aspekte der jeweiligen landesspezifischen Akzeptanz außer Acht bleiben.

Für die Erfassung des Status quo wurden neben der Prüfung der gesetzlichen Grundlagen auch parlamentarische Anfragen der Länder berücksichtigt. So wurden die digital verfügbaren Quellen auf Hinweise für eine Rückbau- und Recyclingpraxis identifiziert, durchsucht und bewertet.

Ein eigener bedeutsamer Teil des zweiten Kapitels stellt die Behördenbefragung dar (vgl. Fragebogen in Anhang A.3). Auf Grundlage der durch die Recherche zum Status quo erlangten Kenntnisse wurde ein Fragebogen erstellt. In dieser Befragung der Landesbehörden wurden insbesondere die Genehmigungspraxis hinsichtlich des Rückbaus abgefragt. So sollte beispielsweise erläutert werden, wie die Rückstellungsleistungen tatsächlich umgesetzt und berechnet werden. Weiterhin gab es Fragen zu Befristungen des Anlagenbetriebs, zu Erfahrungen mit Verlängerungen der Betriebsdauer und Anerkennung von Gutachten des Weiterbetriebs, zu Erfahrungen und zum Umgang mit Rückbauvorhaben inklusive der Anzeige- und Genehmigungspflichten, der zuständigen Behörden und der technischen Anforderungen an Rückbauvorhaben. Des Weiteren wurden die Behörden zum Regelungsbedarf sowie zu derzeitigen Schwierigkeiten aus der Praxis der Genehmigung und Überwachung und der Eignung technischer Normen für den Rückbau befragt. Die Auswertung der Befragung erfolgte anonymisiert. Behörden aus 15 Bundesländern haben an der Befragung teilgenommen, sodass ein vertiefter Überblick über die Rückbaupraxis der Bundesländer möglich ist. Die Befragung bildet neben dem allgemeinen Rechtsrahmen und den Landeserlassen die Grundlage für Positivbeispiele, die bundesweit eingeführt werden könnten sowie für das Erkennen eines Regelungsbedarfes.

Als Ergebnis der Recherche zum Status quo und der Behördenbefragung können verschiedene Problemfelder identifiziert werden. Dazu zählen z.B. unklare Zuständigkeiten mehrerer Behörden für den einheitlichen Lebenssachverhalt von Rückbau und Recycling von WEA. Ebenso eine unterschiedliche Herangehensweise der Behörden bei der Berechnung der Sicherheitsleistung für den Rückbau der WEA. Des Weiteren liegen zum Zeitpunkt des Rückbaus bislang wenig bis keine relevanten Herstellerinformationen vor, die für den Rückbau durch spezialisierte Unternehmen aber als erforderlich eingestuft werden. Konkret fehlt es an bestehenden Informationsstandards.

Aus den parlamentarischen Anfragen und den Wünschen der befragten Behörden lässt sich die Notwendigkeit von Einheitlichkeit zwar nicht quantitativ, aber qualitativ ableiten. So fordern die Akteur\*innen teilweise mehr Regulierung, welche sich aber an den tatsächlichen Bedürfnissen der Branche orientieren sollte. Wiederum konnten zunächst vermutete Probleme wie das Stellen eines Verlängerungsantrages für das Herausögern des Rückbaus nicht bestätigt werden.

Das Kapitel 2 bildet damit die Grundlage für das weitere Forschungsprojekt.

### *Berechnungsformeln für Sicherheitsleistung*

Zur Sicherstellung des Rückbaus von WEA werden als Voraussetzung für die Erteilung der Baugenehmigung Sicherheitsleistungen verlangt, die zur Einhaltung der Rückbauverpflichtung nach § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB dienen.

Im dritten Kapitel wurden die Berechnungsansätze und -formeln zur Bestimmung von Sicherheitsleistungen identifiziert und bewertet. Um eine Empfehlung für eine einheitliche Berechnungsformel aussprechen zu können, wurden die aktuellen Ansätze für Rückstellungsleistungen sowie tatsächliche Investitionen und Rückbaukosten analysiert und bewertet. Für die Identifikation dienten rückbauspezifischen Ländererlasse sowie weitere Quellen wie Veröffentlichungen von Ministerien, Behörden und Hersteller\*innen und Betreiber\*innen von WEA. Zusätzlich wurden Vorgehensweisen aus anderen europäischen Staaten analysiert. Ergänzt und bestätigt wurden die Ergebnisse durch die Ergebnisse der durchgeführten Behördenbefragung.

Die Analyse der tatsächlichen Kosten für den Rückbau einer WEA erfolgte anhand der Ergebnisse der Behördenbefragung sowie aufgrund frei zugänglicher Quellen wie z.B. Veröffentlichungen von Hersteller\*innen von WEA. Die anschließende Auswertung beinhaltet zum einen die geografische Abdeckung in den deutschen Bundesländern und Europa und zum anderen die statistische Auswertung der Sicherheitsleistungen im Vergleich zu den realen Rückbaukosten, kategorisiert nach verschiedenen Berechnungsansätzen. So wurden Berechnung nach den Investitionskosten, der Anlagenleistung, der Nabenhöhe und Sonstigem untersucht. Aus diesen Ergebnissen wurden im Anschluss Empfehlungen für die zukünftige Anwendung abgeleitet.

Insgesamt konnten in neun deutschen Bundesländern konkrete Ansätze identifiziert werden, sowie weniger definierte Ansätze in zwei weiteren deutschen Bundesländern. Des Weiteren gibt es in vier europäischen Staaten definierte Ansätze zur Bestimmung von Sicherheitsleistungen, wobei die Berechnungsansätze nach Investitionskosten und Leistung dominieren. Ansätze nach Nabenhöhe sind eher seltener zu finden. Sonstige Berechnungsansätze nach Kostenschätzung durch Experten\*innen oder Hersteller\*innen, pauschale Preislisten oder pro WEA, unabhängig der Größe, wurden zwar identifiziert, aber als nicht tauglich bewertet.

In Bezug auf die Berechnung der tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten bestätigt sich anhand der anlagenspezifischen Datensätze, dass sich diese Kosten stark in Abhängigkeit der jeweils betrachteten WEA unterscheiden. Die gemeldeten Investitionskosten schwanken von 500 bis 4.135 TEUR, die Rückbaukosten liegen in einem Bereich von 4 TEUR bis 515 TEUR. Bedeu-



tende individuelle Einflussgrößen der tatsächlichen Rückbaukosten sind demnach beispielsweise die verwendeten Komponenten, Nabenhöhe, Turmkonzept, Kranmodell, Art der Demontage, Entsorgungskosten sowie die konkrete Anzahl rückzubauender WEA (z.B. in einem Windpark).

In der Gesamtbewertung bilden die Berechnungsansätze aus Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen/Hessen und Schleswig-Holstein die Rückbaukosten mit den vergleichsweise höchsten Treffsicherheiten ab. Die deutlich besten Ergebnisse erzielt dabei der Berechnungsansatz aus Nordrhein-Westfalen, welcher auf die Investitionskosten abstellt. Berechnungsansätze, welche auf andere Rechengrößen abstellen wie etwa die Leistung, die Nabenhöhe oder fixe Werte, sind im Vergleich weniger treffsicher. Neben einer vergleichsweise geringen Treffsicherheit zeigen diese ebenso mit einer minimalen Treffsicherheit höhere Fehlerquoten in allen Anlagenkategorien.

Insgesamt ist daher der Berechnungsansatz aus dem Windenergieerlass für Nordrhein-Westfalen vorzugswürdig.

### *Herstellerinformationen und Branchenbefragung*

In Kapitel 4 werden die unterschiedlichen Möglichkeiten der Sicherung und Weitergabe rückbaurelevanter Informationen erörtert. Ausgangspunkt für die Erörterung sind dabei die Fragen, welche Informationen für einen Rückbau überhaupt nötig sind und von wem (Hersteller\*innen, Betreiber\*innen oder Rückbauunternehmen) diese Informationen bereitgestellt, archiviert und ermittelt werden können. Ebenso erörtert werden die Aspekte, wie eine Anpassung der bereitzustellenden Informationen erfolgen kann, wenn sich während der Laufzeit relevante Parameter verändern, und auf welchem Weg und mit welchem Medium diese Informationen weitergegeben werden können.

Die Erörterung der Fragen erfolgt dabei auf der Basis einer Literaturanalyse. Ergänzt wird diese Analyse durch Erfahrungswerte aus der Praxis. Die entsprechenden Daten wurden im Rahmen von zwei Befragungen generiert. Die erste Befragung richtete sich an Landesbehörden. Erhoben wurden im Rahmen dieser kapitelübergreifenden Befragung zum Status quo insbesondere die behördlichen Herausforderungen und Wünsche bezogen auf eine gute Rückbaupraxis. Einen besonders bedeutsamen Teil dieses Kapitels stellt sodann die zweite Befragung dar, die sich an Vertreter\*innen aus der Rückbaubranche, der Entsorgungs- und Recyclingbranche sowie an Hersteller\*innen richtete. Ziel war ein umfassendes Bild über den Status quo der Rückbaupraxis und rückbaurelevanter Informationen zu erlangen, um Maßnahmen für eine bessere Rückbaupraxis im Rahmen eines Informationsstandards zu entwickeln. Abgefragt wurden etwa Vorerfahrung, Informationsdefizite sowie aktuelle Probleme und Wünsche im Kontext rückbaurelevanter Daten.

Auf Basis der Befragungsergebnisse und der Analyse der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur sowie technischer Leitfäden konnte ein Katalog rückbaurelevanter Informationen abgeleitet werden.

Anknüpfend an die rückbaurelevanten Informationen werden die Möglichkeiten der Informationsweitergabe und Archivierung erörtert. Die Betrachtung erfolgt dabei mit dem Ziel, eine möglichst schlanke, also eine wenig bürokratische Lösung für einen zuverlässigen Informationsstandard für eine gute Praxis bei Rückbau und Recycling zu erarbeiten. Hierfür werden vier Strategien beschrieben, diskutiert und deren Vor- und Nachteile benannt. Konkret beleuchtet werden folgende Alternativen: Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung, Eintragung von rückbaurelevanten Informationen in das Marktstammdatenregister, Informationen für den Rückbau als Teil der Dokumentation der technischen Betriebsführung und Bereitstellung der rückbaurelevanten Informationen als Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen.

Zu guter Letzt werden in diesem Kapitel die einzelnen Schritte eines nachhaltigen Rückbaus beschrieben. Grundlage ist hierfür zunächst der in Kapitel 2 dargestellte Rechtsrahmen, hierneben aber gerade auch die DIN SPEC 4866. Diese wurde mit verschiedenen Akteur\*innen der Industrie erarbeitet und kann als erste Anleitung für nachhaltige Prozesse bei Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von WEA angesehen werden. Feststellbar war im Rahmen der Darstellung, dass einheitliche Leitlinien für eine gute Praxis von Rückbau und Recycling von on-shore-WEA derzeit nicht existieren.

Um solche Leitlinien zu erreichen, sind dabei nicht nur Demontageanleitungen von Hersteller\*innen erforderlich, sondern auch vollständige Transparenz bezüglich demontagerelevanter Informationen. Denn die Kenntnis über die Best Practice ist auf der einen Seite die Voraussetzung für die technische Durchführung dieser, auf der anderen Seite aber auch die Bedingung zur behördlichen Überwachbarkeit. Mit Blick auf den wettbewerblichen Rahmen ist dabei idealerweise eine einheitliche Leitlinie für Europa anzustreben.

Besonderes Augenmerk ist bei der Herausbildung eines Informationsstandards und der Etablierung von Leitlinien zu einer Guten Praxis auf die Nutzung digitaler Technologien zu legen. Insbesondere ist zu erwarten, dass der Einsatz der beispielhaft aufgelisteten Technologien die datengesteuerte Entscheidungsfindung über Rückbau und Recycling verbessern und so die Optimierung hin zur guten Praxis erleichtern wird.

### *Empfehlungen*

Die Kapitel 2 bis 4 bilden die Grundlage für das 5. Kapitel. Für die als problemträchtig erkannten Bereiche werden Lösungsvorschläge auf Landes- und/oder Bundesebene unterbreitet. Dabei handelt es sich um Empfehlungen, die an unterschiedliche Adressat\*innen gerichtet sind. Konkret wurden zunächst die Problemschwerpunkte identifiziert und anschließend jeweils ein Maßnahmenvorschlag zur Lösung dieses Problems aufgezeigt und begründet, warum dieser Vorschlag vorzugswürdig vor anderen potentiellen Lösungen ist.

Die Inhalte des Kapitels 5 umfassen die behördenseitig notwendigen Schritte eines möglichst einheitlichen Rückbaus und stellen bei Umsetzung eine deutliche Verbesserung der guten Praxis für Rückbau und Recycling dar. Konkret werden Verankerungsmöglichkeiten für klare behördliche Zuständigkeiten genannt und bewertet. So wird eine Bündelung der Zuständigkeiten für Rückbau und Recycling vorgeschlagen, die Errichtung einer Stabsstelle als Alternative zu dem erstgenannten sehr invasiven Eingriff genannt und schließlich Vorschläge zu Vorgaben hinsichtlich des Informationsflusses zwischen den Behörden unterbreitet.

Weiterhin wird ein Formulierungsvorschlag für eine einheitliche Definition des Begriffes „Rückbau“ unterbereitet und gleichzeitig erläutert, in welchen gesetzlichen Regelungen diese Definition die bestmögliche Wirkung entfaltet. Zur Erleichterung und Vereinheitlichung der Praxis beim Rückbau von WEA wurden Musternebenbestimmungen im Sinne des § 12 BImSchG für die konzentrierten BImSchG-Genehmigungen erarbeitet.

Weiter wird auf Grundlage des 3. Kapitels eine einheitliche Berechnungsformel für die Sicherheitsleistung nach § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB vorgeschlagen.

Ferner werden die benötigten Herstellerinformationen, die ein Rückbauunternehmen für den reibungslosen Rückbau einer WEA benötigt, definiert und daraus ein einheitliches Rückbaukonzept für die Branche abgeleitet, wobei als mildestes Mittel eine freiwillige Selbstverpflichtung in Betracht kommt. Insoweit ist zu berücksichtigen, dass die Branchenbefragung hat erkennen lassen, dass in der Branche Bedenken gegen eine weitreichende Regulatorik in diesem Zusammenhang besteht.

Als letzten Vorschlag zur besseren Kommunikation zwischen den Behörden und Hersteller\*innen und Betreiber\*innen einerseits und andererseits zwischen den Behörden untereinander, wird die Etablierung eines verbindlichen Informationsstandards vorgeschlagen, der ein Mindestmaß der notwendigen Information für den Rückbau einer WEA festlegt.

### *Herstellerverantwortung und Speichersysteme*

Das abschließende Kapitel 6 befasst sich mit dem Aspekt der Herstellerverantwortung für WEA. Konkret geht es um die Frage, ob die in anderen Bereichen bereits weitreichend eingeführte Herstellerverantwortung auch auf WEA oder jedenfalls auf bestimmte Komponenten (branchenspezifische Energiespeicher) erstreckt werden kann, die in unmittelbarem Zusammenhang mit WEA stehen. Ziel der Betrachtung ist es, eine möglichst schlanke Regelung aufzuzeigen, sollte sich bezüglich des Rückbaus von WEA die Anwendbarkeit der Herstellerverantwortung als notwendig oder sinnvoll erweisen. Hierbei wird insbesondere beachtet, dass der politisch angestrebte verstärkte Ausbau der Nutzung von erneuerbarer Energie nicht unnötig behindert wird.

Das Instrument der Produktverantwortung wird hierzu kritisch durchleuchtet. Beschrieben werden die Bereiche, in denen die Herstellerverantwortung bereits eingeführt ist, wobei insbesondere die Vor- und Nachteile für die jeweiligen Anwendungsbereiche aufgezeigt werden. Exemplarisch wird an der Rücknahme/Recycling von Industrie-Alt-Batterien dargestellt, dass Regelungen der Herstellerverantwortung bezogen auf WEA bereits in Teilbereichen vorliegen und im Einzelfall auch zur Anwendung kommen können.

Da mit dem wachsenden Ausbau der erneuerbaren Energien Flexibilitätsoptionen wie der Stromnetzausbau, Lastenmanagement und Energiespeichersysteme zunehmend an Bedeutung gewinnen, werden sodann Speichersysteme beschrieben, die bezogen auf onshore WEA bedeutsam sind und noch werden können. Für die insoweit insbesondere in Frage kommenden unterschiedlichen Batteriesystemen ist aktuell allerdings noch kein einheitliches Recyclingverfahren verfügbar. Die daraus resultierenden abfallwirtschaftlichen Herausforderungen werden aufgezeigt.

Ausgehend von der so ermittelten Grundlage werden abschließend Umsetzungsmöglichkeiten der erweiterten Herstellerverantwortung bezogen auf WEA diskutiert. Hierzu werden ebenso die Vorteile, die die Einführung der Herstellerverantwortung bedeuten kann, dargestellt wie auch die sich mit solchen Regelungen verbindenden Nachteile. Besonders in den Blick genommen werden die Altanlagen, die nicht in den Anwendungsbereich einer zukünftig eingeführten Herstellerverantwortung fallen.

## Summary

### *Background and Purpose*

The purpose of this research project is to develop a concept and individual measures to ensure good practice in the dismantling and recycling of wind turbines. In doing so, the project builds on the previous research project "Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen" (UBA-Text 117/2019). In contrast to the previous project, the current research project aims to examine the procedures of local permitting and enforcement authorities and sheds light on further necessary steps in relation to the dismantling and recycling process of wind turbines.

### *Status quo and survey of authorities*

In chapter 2, the content of the relevant legal framework is examined, for example, the federal building planning law, the state-specific building and regional planning law and the wind energy decrees of the federal states. For the consideration, the (standard)case of wind turbines with a hub height of 50 m or more is assessed. For these turbines, the Federal Immissions Control Act with its permitting requirements and operator obligations is relevant. Specifically, this involves the identification of measures for the dismantling and recycling of wind turbines. For this purpose, the relevant waste laws and the handling of dismantled materials were also taken into consideration. By presenting the legal status quo with the consideration of the German Building Code, the Federal Immissions Control Act and the Federal Soil Protection Act and as well as their state-specific enforcement, a cross-state comparability is possible.

In addition to the legal issues, such as jurisdiction and enforcement with regard to dismantling, technical and organizational issues are also examined, disregarding the political aspects of the respective state-specific acceptance.

To capture the status quo, parliamentary inquiries of the federal states were considered in addition to the examination of the legal basis. Thus, digitally available sources were identified, searched and evaluated for evidence of dismantling and recycling practices.

A separate significant part of the second chapter is the survey of authorities (see the questionnaire in Appendix A.3). Based on the knowledge which the authors gained through the research on the status quo, a questionnaire was prepared. In this survey, the state authorities were asked about their approval/permit practice regarding dismantling. For example, it was to be explained how the provision services have been implemented and calculated. Furthermore, questions were asked on time limits for operation of the turbines, on experiences with extensions of the operating periods and recognition of expert opinions on continued operation, on experiences and on the handling of dismantling projects including notification and if permits were needed, the responsible authorities and the technical requirements for dismantling projects. Furthermore, the authorities were asked about the necessity of regulation as well as practical difficulties regarding permitting and monitoring and the suitability of technical standards for dismantling. The evaluation of the survey was carried out anonymously. Authorities from 15 federal states participated in the survey, so that an in-depth overview of the dismantling practice of the federal states is possible. In addition to the general legal framework and the state decrees, the survey forms the basis for positive examples that could be introduced nationwide and for identifying a need for regulation.

As a result of the research on the status quo and the survey of authorities, various problem areas have been identified. These include, for example, uncertain responsibilities and competences of several authorities for the consistent life cycle of dismantling and recycling of wind turbines.

Also, different approaches of the authorities in calculating the security payments for the dismantling of the wind turbine. Furthermore, the relevant manufacturer information is currently not available at the time of dismantling, but it is considered necessary for dismantling by specialized companies. Specifically, there is a lack of existing information standards.

From the parliamentary inquiries and the wishes of the authorities interviewed, the need for consistency can be derived qualitatively, but not quantitatively. In some cases, the actors call for more regulation, which should, however, be oriented to the actual needs of the industry. Again, problems that were initially suspected, such as the need to apply for an extension to delay dismantling, could not be confirmed.

Chapter 2 thus forms the basis for the further research project.

### *Calculation formula for security payments*

To ensure the dismantling of wind turbines, security payments are required as a prerequisite for the issuance of a building permit, which serve to comply with the dismantling obligation pursuant to Section 35 paragraph 5 sentence 2 of the German Building Code.

In the third chapter, the calculation methods and formulas for determining security payments were identified and evaluated. To be able to make a recommendation for a uniform calculation formula, the current methods for provision services as well as actual investments and dismantling costs were analyzed and evaluated. For the identification, dismantling-specific state decrees as well as further sources, such as publications of ministries, authorities and manufacturers and operators of wind turbines, were used. In addition, procedures from other European countries were analyzed. The results were supplemented and confirmed by the results of the authority survey.

The analysis of the actual costs for the dismantling of a wind turbine was carried out based on the results of the authority survey as well as based on freely accessible sources such as publications of manufacturers of wind turbines. The subsequent evaluation contains on the one hand the geographical coverage in the German federal states and Europe and on the other hand the statistical evaluation of the security payments in comparison to the real dismantling costs categorized according to different calculation methods. Accordingly, calculations related to investment costs, turbine power, hub height and other factors were examined. Recommendations for future application were then derived from these results.

In total, concrete methods could be identified in nine German states, as well as less defined methods in two other German states. Furthermore, defined methods for the determination of security payments exist in four European countries. Whereby the calculation methods according to investment costs and power dominate, methods according to hub height are found rather less frequently. Other calculation methods based on cost estimates by experts or manufacturers, lump-sum price lists or per wind turbine irrespective of size were identified but were not evaluated as suitable.

Regarding the calculation of the actual investment and dismantling costs, the turbine-specific data sets confirm that these costs differ depending on the respective wind turbine under consideration. The reported investment costs vary from 500 to 4,135 TEUR, the dismantling costs range from 4 TEUR to 515 TEUR. Significant individual factors influencing the actual dismantling costs are, for example, the components used, hub height, tower concept, crane model, type of dismantling, disposal costs and the specific number of wind turbines to be dismantled (for example in a wind farm).

In the overall evaluation, the calculation method from North Rhine-Westphalia, Lower Saxony/Hesse and Schleswig-Holstein represents the dismantling costs with the comparatively highest accuracy. The preferred results are achieved by the calculation method from North Rhine-Westphalia, which is based on the investment costs. Calculation approaches based on other parameters, such as power, hub height or fixed values, are less accurate in comparison. In addition to a comparatively low accuracy, they also show higher error rates in all categories with a minimal accuracy.

Overall, the calculation approach from the Wind Energy Decree for North Rhine-Westphalia is therefore preferable.

#### *Information from manufacturers and industry survey*

Chapter 4 discusses the various options for obtaining and disseminating dismantling-relevant information. The outsets for the discussion are the questions of what information is necessary for dismantling and by whom (manufacturer, operator or dismantling company) this information can be provided, discovered and archived. Also discussed are the aspects of how the information can be adapted if relevant parameters change during the runtime, and in which way and with which medium this information can be circulated.

The discussion of the questions is based on a literature analysis. This analysis is supplemented by empirical data from practical experience which was generated in the course of two surveys. The first survey interviewed state authorities. This cross-chapter survey on the status quo focused in particular on the challenges and wishes of the authorities with regard to good dismantling practice.

A particularly important part of this chapter is the second survey, which addressed representatives of the dismantling industry, the disposal and recycling industry and manufacturers. The aim was to obtain a comprehensive picture of the status quo of dismantling practice and dismantling-relevant information in order to develop measures for better dismantling practice within the framework of an information standard.

Questions were asked about previous experience, information deficits and current problems and wishes in the context of dismantling-relevant data. Based on the results of the survey and the analysis of the relevant scientific literature as well as technical guidelines, a catalog of information relevant to dismantling was derived.

Following on from the information relevant to dismantling, the possibilities for passing on information and archiving it are discussed. The aim is to develop a solution for a reliable information standard for good practice in dismantling and recycling that is as streamlined as possible, thus requiring little bureaucracy. To this end, four strategies are described and discussed, and their advantages and disadvantages are identified. Specifically, the following alternatives are highlighted: Information for dismantling as part of the permit for the turbines, registration of dismantling-relevant information in the market register, information for dismantling as part of the documentation of technical management, and provision of dismantling-relevant information as a service offered by the manufacturers.

Finally, this chapter describes the individual steps of sustainable dismantling. The basis for this is initially the legal framework described in Chapter 2 and the DIN SPEC 4866 which had been developed in collaboration with the industry and can be regarded as an initial guide to sustainable processes for dismantling, disassembly, recycling and recovery of wind turbines. It was found that uniform guidelines for good practice in dismantling and recycling onshore wind turbines do not yet exist.

In order to achieve such guidelines, not only dismantling guidelines from manufacturers are required, but also full transparency regarding information relevant to dismantling. On the one hand, knowledge of best practices is a prerequisite for the technical implementation of such measures; on the other hand, it is also a prerequisite for monitoring by the authorities. In view of the regulatory framework, a uniform guideline for Europe should ideally be strived for.

Particular attention should be paid to the use of digital technologies in the development of an information standard and the establishment of guidelines for good practice. In particular, it is expected that the use of the technologies listed as examples will improve data-driven decision making on dismantling and recycling and thus facilitate optimization towards good practice.

### *Recommendation*

Chapters 2 to 4 form the basis for Chapter 5. For the areas identified as problematic, solutions are proposed at the state and/or federal level. These are recommendations addressed to different target groups. The main problem areas were first identified and then a proposal for action to solve this problem was presented in each case and reasons given as to why this proposal is preferable to other potential solutions.

The contents of Chapter 5 cover the steps necessary on the part of the authorities to achieve the most uniform dismantling possible and, if implemented, represent a significant improvement in good practice for deconstruction and recycling. Specifically, anchoring options for clear regulatory responsibilities are mentioned and evaluated. Accordingly, the concentration of responsibilities for dismantling and recycling is suggested, the establishment of a staff unit is mentioned as an alternative to the first-mentioned very invasive intervention, and finally, proposals are made for specifications regarding the flow of information between the authorities.

Furthermore, a proposal for the wording of a uniform definition of the term "dismantling" is prepared and at the same time it is explained in which legal regulations this definition has the best possible effect. To facilitate and standardize practice in the dismantling of wind turbines, model ancillary provisions within the meaning of Section 12 of the Federal Immission Control Act have been drawn up for concentrated permits under the Federal Immissions Control Act.

In addition to that, a uniform calculation formula for the security payments according to Section 35 of the German Building Code is proposed on the basis of chapter 3.

Moreover, the required manufacturer information, which a dismantling company needs for the frictionless dismantling of a wind turbine, is defined and a uniform dismantling concept for the industry is derived from it. Whereby a voluntary self-commitment can probably be considered as the mildest means. In this respect, it must be considered that the "industry survey" has shown that there are concerns in the industry about far reaching regulation in this context.

As a final suggestion for better communication between the authorities and manufacturers and operators on the one hand, and between the authorities themselves on the other hand, the establishment of a binding information standard is proposed, which defines a minimum level of information required for the dismantling of a wind turbine.

### *Manufacturer responsibility and memory systems*

The final Chapter 6 addresses the producer responsibility aspect of wind turbines. Specifically, it addresses the question of whether producer responsibility, which has already been widely introduced in other areas, can also be extended to wind turbines, or at least to certain components (industry-specific energy storage systems) that are directly related to wind turbines. The aim of the analysis is to identify a regulation that is as streamlined as possible, should the applicability of producer responsibility prove necessary or sensible with regard to the dismantling of wind

turbines. In this context, particular attention is paid to ensuring that the politically intended increased use of renewable energy is not unnecessarily impeded.

The instrument of product responsibility is critically examined for this purpose. The areas in which producer responsibility has already been introduced are described, with particular emphasis on the advantages and disadvantages for the respective areas of application. Using the example of the take-back/recycling of industrial batteries, it is shown that producer responsibility regulations already exist in some areas in relation to wind turbines and can apply in individual cases.

Since options such as the expansion of the power grid, load management and energy storage are becoming increasingly important with the expansion of renewable energies, (potentially) significant storage systems are then described. However, there is currently no standardized recycling process available for the various battery systems that come into question in this respect. The resulting waste management challenges are highlighted.

Based on the information thus obtained, possible ways of implementing producer responsibility in relation to wind turbines will be discussed. For this purpose, the advantages and disadvantages of legal producer responsibility are presented. Particular attention will be paid to old turbines that would not be subject to a producer responsibility introduced in the future.



## 1 Hintergrund und Zielsetzung des Forschungsvorhabens

Der Ausbau der Windenergie ist eine tragende Säule der Energiewende, die den Ausstieg aus der Nutzung fossiler Rohstoffe ermöglichen soll. So sollen nach dem aktuellen Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP) für die Windenergie an Land zwei Prozent der Landesflächen ausgewiesen werden. Die nähere Ausgestaltung des Flächenziels soll im Baugesetzbuch erfolgen.

Die Bedeutung eines erforderlichen Windenergieausbaus zeigt sich zudem auch in den aktuellen geopolitischen Veränderungen, bspw. aufgrund des Ukraine-Krieges. So hat sich die aktuelle Bundesregierung zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 den Strom aus erneuerbaren Energien zu verdoppeln. Dabei spielt die Windenergie eine wichtige Rolle. Mit dem sogenannten „Wind-an-Land-Gesetz“ soll der Ausbau der Windenergie in Deutschland deutlich schneller vorangebracht und das vorgenannte zwei Prozent Flächenziel umgesetzt werden.

In Deutschland sind derzeit rund 28.000 Windenergieanlagen (nachfolgend abgekürzt WEA) an Land (onshore) in Betrieb.<sup>1</sup> Nach drei Jahrzehnten des Ausbaus stellen sich jedoch auch zunehmend Fragen des Weiterbetriebs und schließlich des Rückbaus. Der Rückbau wird einerseits erforderlich, weil die technische Lebensdauer der Anlagen begrenzt ist. Andererseits läuft der Förderzeitraum für WEA nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) nach zwanzig Jahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres aus. Im Lichte der Abwägung zwischen Erlösen über alternative Vermarktungswege und Kosten eines Weiterbetriebs ist es i.d.R. die Entscheidung der Betreiber\*innen, ob bzw. wann sie eine WEA stilllegen. Ausgehend von den Zeitpunkten, zu denen die Anlagen errichtet wurden, ist in den Jahren bis 2030 mit einem Höhepunkt der Rückbaumaßnahmen zu rechnen. Nicht zuletzt mit Blick auf den am 11.12.2019 vorgestellten European Green Deal und dem damit in Zusammenhang stehenden Aktionsplan Kreislaufwirtschaft wird deutlich, dass mit der Zielsetzung der Abkehr von der Wegwerfgesellschaft hin zu einem nachhaltigen Kreislaufwirtschaftsmodell auch der erforderliche Rückbau von WEAs ressourcenschonend und umweltfreundlich erfolgen muss. Die dritte Fortschreibung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms (Progress III) weist daher auch als Ziel aus, dass der Anlagenrückbau auf Grundlage eines nachhaltigen und herstellergestützten Rückbau- und Recyclingkonzepts erfolgen soll, das der Diversität der Anlagen gerecht wird. Das so umrissene Ziel wirft verschiedene juristische, technische und organisatorische Fragestellungen auf.

Erste Grundlagen für die Beantwortung dieser Fragen wurden im Forschungsprojekt „Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen“ (UBA-Text 117/2019) herausgearbeitet. Ermittelt wurden in dem Forschungsprojekt erste Empfehlungen, etwa bezüglich einer einzuführenden spezifischen Produktverantwortung für Rotorblätter. In Bezug auf die Rotorblätter wurde so bereits eine erste Antwort auf den zukünftigen Prozess gegeben. Weitere Fragen in diesem Zusammenhang sind Gegenstand eines noch laufenden Vorhabens des UBA zur „Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter“ (FKZ 3720 31 301 0). Die Betrachtung der Rotorblätter bleibt in den nachfolgenden Betrachtungen deshalb außen vor, auch um eventuelle Doppelforschungen zu vermeiden.

---

<sup>1</sup> Mit Stand Dezember 2021 weist statista die Anzahl der onshore-WEA in Deutschland mit 28.230 aus. Information online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20116/umfrage/anzahl-der-windkraftanlagen-in-deutschland-seit-1993/#professional>.

Das vorangegangene Forschungsprojekt (UBA-Text 117/2019) hat neben ersten Antworten auch weiteren Forschungsbedarf aufgezeigt. So wurde beispielsweise hinsichtlich der Berechnung der Rückstellungsleistung zur finanziellen Absicherung der Rückbau- und Entsiegelungspflicht nach § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB in dem Forschungsvorhaben eine Vereinheitlichung empfohlen, zugleich aber darauf hingewiesen, dass die Methode bzw. die Berechnungsgrundlage für eine solche Vereinheitlichung noch zu erörtern sei. Hingewiesen wurde auch darauf, dass mittelfristig – je nach angewandeter Berechnungsmethode – Finanzierungslücken drohen, die finanziellen Rückstellungsleistungen für den Rückbau also nicht ausreichen könnten, erst recht nicht, wenn noch ein Repowering hinzukommt.

Die Abweichung bei der Berechnung der Rückstellungsleistung steht dabei zugleich exemplarisch für verschiedene andere Bereiche im Zusammenhang mit dem Rückbau und dem Recycling von WEA. Es fehlt grundsätzlich an einheitlichen Standards und Anforderungen seitens der Behörden in diesem Bereich. Die Erlasslage ist in den Bundesländern zudem sehr unterschiedlich. Die Studie UBA-Texte 117/2019 empfiehlt eine Vereinheitlichung mittels Leitlinien, wobei die Präferenz für Leitlinien in Form einer Vollzugshilfe erkennbar ist, aber auch die Erarbeitung einer Verwaltungsvorschrift erwogen wird. Gegenstand dieser Leitlinien sollten nach den Ergebnissen der Studie UBA-Texte 117/2019 etwa (technische) Standards oder auch Handlungsanweisungen für einzelne problematische Rückbau- und Entsorgungstätigkeiten sein. Diesbezüglich wurde allerdings noch Forschungsbedarf festgestellt, insbesondere was die Einbeziehung und Nutzbarmachung von Herstellerwissen im Rückbau- und Recyclingprozess angeht.

Ausgehend von den tatsächlichen Gegebenheiten und dem festgestellten Forschungsbedarf sollen durch dieses Projekt nun weitere Schritte dahingehend erfolgen, dass die örtlichen Genehmigungs- und Vollzugsbehörden auf wissenschaftlich fundierter Basis den Rückbau- und Recyclingprozess von WEA begleiten können und so sicherstellen, dass Mensch und Umwelt geschützt sind und Abfälle einer hochwertigen Verwertung im Sinne einer „Circular Economy“ zugeführt werden.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird zunächst der Status quo des geltenden Rechtsrahmens ermittelt, wozu insbesondere die bestehende Rechts- und Erlasslage zusammengetragen wird und die Ergebnisse einer durchgeführten Behördenbefragung vorgestellt werden (Ziffer 2). Hieran anknüpfend erfolgt die Prüfung bestehender Ansätze für die Berechnung von Sicherheitsleistungen für den Rückbau von WEA, wobei insbesondere verschiedene Berechnungsformeln und -ansätze vorgestellt und verglichen werden (Ziffer 3). Relevante Herstellerinformationen, die für einen reibungslosen Rückbau von WEA unabdingbar sind, werden zunächst dargestellt. Anschließend ist vorgesehen, einen (Mindest-)Informationsstandard anhand der Auswertung der Ergebnisse einer Branchenbefragung abzuleiten (Ziffer 4). Ferner werden die aus den Ziffern 2 bis 4 identifizierten Problemfelder problemlösend bewertet, wobei insbesondere fachspezifische Handlungsempfehlungen auf ihre Umsetzbarkeit in Form von gesetzlichen Anpassungen zu untersuchen sind (Ziffer 5). In einer sich an die vorstehenden Untersuchungen anschließenden Prüfung wird zukunftsorientiert begutachtet, ob bestehende gesetzlichen Regelungen zur Etablierung einer Herstellerverantwortung genügen, wobei insbesondere der Fokus auf Batterien, Energiespeicher und Speichertechnologien sowie deren Recyclingfähigkeit gelegt wird (Ziffer 6).

Die Bearbeitung der vorstehenden benannten Bereiche erfolgte durch das gesamte Projektteam, wobei die jeweilige fachliche Ausarbeitung für die einzelnen Bereiche zwischen den Projektpartnern aufgeteilt wurde. So wurden die Ziffern 2 und 5 unter der Leitung der EY Law GmbH bearbeitet, während die Darstellungen unter Ziffer 3 die EY GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft übernahm. Für die Ausarbeitungen und Darstellungen unter den Ziffern 4 und 6 ist federführend die TU Dortmund verantwortlich.

## 2 Status quo für Rückbau und Recycling

Windenergieanlagen (WEA) sind bauliche Anlagen mit einer langen, aber dennoch begrenzten „Lebensdauer“. Ist das Ende der „Lebensdauer“ erreicht, im Schnitt nach 20 Jahren, stellen sich vielfältige juristische, technische und organisatorische Fragen hinsichtlich des Rückbaus sowie des Recyclings oder auch der Vorbereitung der Wiederverwendung dieser Anlagen(-teile), die noch nicht abschließend beantwortet sind.

Vor diesem Hintergrund werden in diesem Kapitel die einschlägigen rechtlichen Bestimmungen dargestellt, die in der Bundesrepublik Deutschland den derzeitigen Rahmen für den Rückbau und das Recycling von WEA vorgeben. Erfasst wird zunächst der aktuelle Status quo, wobei insbesondere der bundeslandübergreifende Vergleich der bestehenden Regelungen und die Frage, welche Rolle Behörden bei Rückbau und Recycling einnehmen bzw. einnehmen können, im Fokus der Darstellung stehen.

Das Kapitel ist gegliedert in die Darstellung der bundesrechtlichen und landesrechtlichen Regelungen, wobei die Untersuchung der jeweiligen Erlasslage in den Ländern den Schwerpunkt bildet. Darüber hinaus fließt in die Darstellung die Auswertung der praktischen Erfahrungen ausgewählter Behörden bei Rückbau und Recycling von WEA mit ein, die durch eine Behördenbefragung ermittelt wurden.

### 2.1 Bundesrechtliche Regelungen zum Rückbau und Recycling von WEA

Aus juristischer Sicht fallen der Rückbau und die Entsorgung der beim Rückbau anfallenden Abfälle in unterschiedliche Regelungsregime. Der Bestand an geltenden Regelungen wird deshalb nachfolgend getrennt nach Rückbau und Entsorgung dargestellt. Betrachtet werden ausschließlich öffentlich-rechtliche Regelungen. Außen vor bleiben insbesondere Rückbauverpflichtungen, die im Einzelfall aufgrund privatrechtlicher Ansprüche (§§ 1004 i.V.m. 242, 226 BGB) denkbar sind, wenn Anlagenbetreiber\*in und Grundstückseigentümer\*in personenverschieden sind.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass potentiell gesetzlich (bundes- oder landesrechtlich) verankerte Rückbauverpflichtungen insbesondere dann eine besondere Relevanz erlangen, wenn eine Rückbauverpflichtung nicht bereits im Genehmigungsbescheid zur Errichtung der WEA festgeschrieben wurde. Denn derartige Festsetzungen im Genehmigungsbescheid können auf den jeweiligen Einzelfall bezogene, rechtliche Vorgaben zum Rückbau von WEA enthalten.

Hierbei ist zu beachten, dass kein einheitliches Genehmigungsverfahren für WEA existiert, sondern je nach Nabenhöhe unterschiedliche Genehmigungsverfahren einschlägig sind. Konkret bedürfen WEA mit einer Nabenhöhe über 50m, welche den überwiegenden Teil der derzeit bestehenden oder geplanten Anlagen umfassen, einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Gemäß § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG müssen bei der Genehmigungserteilung auch andere öffentlich-rechtliche Vorschriften berücksichtigt werden, etwa das Baurecht. Inhalt der Genehmigungen können Nebenbestimmungen zum Rückbau sein; faktisch sind sie es auch vielfach. Die Behörden sind berechtigt, Nebenbestimmungen zur Genehmigung aufzunehmen, wenn dies durch Rechtsvorschrift zugelassen ist oder wenn es der Sicherstellung dient, dass die gesetzlichen Voraussetzungen der Genehmigung erfüllt werden, § 12 BImSchG (lex specialis zu § 36 VwVfG).

Ähnlich verhält es sich bei WEA unter 50 m Nabenhöhe, die keiner immissionsschutz-rechtlichen Genehmigungspflicht unterliegen. Diese sind grundsätzlich<sup>2</sup> über eine baurechtliche Genehmigung nach der jeweils einschlägigen Landesbauordnung zu genehmigen. Rückbauverpflichtungen in diesen Genehmigungen sind grundsätzlich denkbar, etwa in der Form einer Nebenbestimmung. In den zuvor genannten Genehmigungsfällen gelten die Anforderungen an den Rückbau nach § 35 Abs. 5 BauGB, soweit die Anlagen im städtebaurechtlichen Außenbereich errichtet werden.

Die Zuständigkeiten, also die behördliche Befugnis zur fachrechtlichen Genehmigung der Errichtung einer WEA, liegt somit bei unterschiedlichen Behörden. Eine ähnliche Zuständigkeitsverteilung auf verschiedene Behörden lässt sich auch für die Überwachung des Rückbaus von WEA und die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle feststellen. Ursächlich für die Zuständigkeitsverteilung im Bereich Rückbau/Recycling ist, dass verschiedene (unter)gesetzliche Regelungen für den Rückbau und für das Recycling zu beachten sind, die jeweils den betroffenen Fachbehörden unterschiedliche Zuständigkeiten zuteilen.

### **2.1.1 Vorgaben zum Rückbau**

Normative Grundlage einer Rückbauverpflichtung können verschiedene Bundesgesetze sein, namentlich das Bundes-Immissionsschutzgesetz, das Baugesetzbuch oder das Bundesbodenschutzgesetz.

#### **2.1.1.1 Das BImSchG und der Rückbau von WEA**

Das BImSchG legt den zu prüfenden Maßstab für die Zulassung von Anlagen fest, die in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umweltauswirkungen hervorzurufen. Hierzu zählen auch WEA ab 50 m Nabenhöhe. Konkrete gesetzliche Vorgaben mit Bezug auf den Rückbau finden sich nicht.

Einen Anknüpfungspunkt für eine Rückbauverpflichtung könnte § 5 Abs. 3 Nr. 3 BImSchG bieten. Die hier normierte sog. immissionsschutzrechtliche Nachsorgepflicht verlangt die Wiederherstellung des ordnungsgemäßen Zustandes des Anlagengrundstücks nach Betriebseinstellung. Der ordnungsgemäße Zustand in diesem Sinne ist erreicht, wenn alle Vorschriften, die auf den Stilllegungsvorgang anwendbar sind, eingehalten sind.<sup>3</sup> Einstellung des Betriebs meint im Rahmen des § 5 Abs. 3 BImSchG die vollständige Aufgabe jeglicher Tätigkeit der Anlage unabhängig von der Ursache.<sup>4</sup> Weil der vollständige Rückbau nicht Bestandteil des Stilllegungsvorgangs ist, ist er auch nicht Teil der immissionsschutzrechtlichen Nachsorgepflichten.<sup>5</sup> Dem entspricht es systematisch, dass Betreiber\*innen nur die beabsichtigte Stilllegung der Genehmigungsbehörde unverzüglich anzeigen müssen, § 15 Abs. 3 S. 1 BImSchG, es aber keine entsprechende gesetzliche Anzeigepflicht im BImSchG für den beabsichtigten Rückbau gibt.

---

<sup>2</sup> Ausnahmen gelten – in verschiedenen Bundesländern – für sog. Kleinwindanlagen mit bis zu 10 m Anlagengesamthöhe. Beispielhaft sei NRW genannt, dort benötigen Kleinwindanlagen grundsätzlich keiner Genehmigung, es sei denn, sie werden in allgemeinen oder besonderen Wohngebieten, sowie Mischgebieten errichtet (z.B. § 62 Abs. 1 Nr. 3 Lit. c) BauO NRW).

<sup>3</sup> BT.-Drs. 14/4599, S. 127.

<sup>4</sup> Dietlein in Landmann/Rohmer Umweltrecht, Stand Dezember 2021, § 5 BImSchG Rn. 214; Jarass, Bundesimmissionsschutzgesetz, 2020, § 5 Rn. 109.

<sup>5</sup> Schmidt-Kötters in BeckOK Umweltrecht, Stand 01.07.2022, § 5 BImSchG Rn. 181 f.; im Ergebnis wohl auch Jarass, Bundesimmissionsschutzgesetz, 2020, § 5 Rn. 118 sowie Dietlein in Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Stand Dezember 2021, § 5 BImSchG Rn. 230; a.A. UBA Text 117/2019, S. 54 ohne nähere Begründung.

Nachsorgepflichten eignen sich in der Regel nicht als Genehmigungsvoraussetzung, da sie zwar Pflichten schon während des Betriebs begründen, aber das eigentliche Regelungsziel erst bei und nach Stilllegung des Betriebs liegt.<sup>6</sup>

Auch für die nicht nach dem BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen (unter 50 m Nabenhöhe) folgt aus den §§ 22 bis 25 BImSchG keine gesetzliche Rückbaupflicht.

Weiterhin existieren auf Bundesebene Verwaltungsvorschriften, die allgemeine Regelungen in Bezug auf die Art und Weise bei Bauarbeiten beinhalten, etwa die TA Lärm oder die AVV Bau- lärm. Diese gelten – so weit der jeweilige Anwendungsbereich eröffnet ist – dann entsprechend auch für den Rückbau von WEA. Eine Rückbaupflicht enthalten sie jedoch ebenfalls nicht.

### **2.1.1.2 Das BauGB und der Rückbau von WEA**

Für WEA im bauplanungsrechtlichen Außenbereich gelten die Vorgaben des § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB, die den Rückbau regeln. Die Vorgaben des Bauplanungsrechts gelten für WEA, weil es sich um bauliche Anlagen im Sinne des § 29 Abs. 1 BauGB handelt. Dies wiederum betrifft alle WEA, unabhängig von ihrer Höhe und unabhängig davon, ob die WEA immissionsschutzrechtlich, baurechtlich oder gar nicht genehmigungsbedürftig sind.

Nach § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB haben Betreiber\*innen einer WEA im unbeplanten Außenbereich eine Verpflichtungserklärung abzugeben, mit der sie sich – bei dauerhafter Aufgabe, also der endgültigen Stilllegung – zum vollständigen Rückbau der WEA verpflichten. Diese Erklärung verpflichtet auch nachfolgende Betreiber\*innen, sofern die Anlage übertragen wird. § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB ist dabei als bauplanungsrechtliche Zulässigkeitsvoraussetzung zu qualifizieren, was bedeutet, dass ohne diese keine Genehmigung erteilt werden darf. Diese Sonderregelung dient dem Außenbereichsschutz. Eine solche Rückbauverpflichtung existiert weder für bauliche Anlagen im beplanten oder unbeplanten Innenbereich, noch gilt sie für sämtliche privilegierten Nutzungen im Katalog des § 35 Abs. 1 BauGB. Mit ihrer Hilfe soll sichergestellt werden, dass die WEA als bauliche Anlage wirklich zurückgebaut wird, wenn ihre privilegierte Nutzung im Außenbereich (nämlich die Erzeugung von Windenergie) dauerhaft beendet wird.

Gemäß § 35 Abs. 5 S. 3 BauGB stellt die Baugenehmigungsbehörde die Einhaltung der Rückbauverpflichtung sicher. Diese Regelung dient dem Zweck, das Risiko zu minimieren, dass die Rückbaukosten der öffentlichen Hand zur Last fallen, weil Betreiber\*innen der WEA – aus welchen Gründen auch immer – ihrer Rückbaupflicht nicht nachkommen und insoweit auch nicht in Anspruch genommen werden können, beispielsweise weil sie insolvent sind.

Die Wahl des Sicherungsmittels ist bundesrechtlich nicht geregelt. Die Sicherstellung kann nach der Formulierung des § 35 Abs. 5 S. 3 BauGB „durch nach Landesrecht zugelassene Baulast oder auf andere Weise“ erfolgen.

Die Einzelheiten für die Sicherstellung durch Baulast ergeben sich damit aus der jeweiligen Landesbauordnung. Die alternativ (und auch kumulativ<sup>7</sup>) zulässige Sicherstellung „auf andere Weise“ wird im BauGB nicht präzisiert. Nach Sinn und Zweck dieser Regelung kommen alle Möglichkeiten im Rahmen der Bauaufsicht nach Landesrecht in Betracht, durch die der Sicherungszweck erfüllt werden kann. Die Wahl des Sicherungsmittels steht grundsätzlich im Ermessen der

---

<sup>6</sup> Schmidt-Kötters in BeckOK Umweltrecht, Stand 01.10.2019, § 5 BImSchG Rn. 160.

<sup>7</sup> BVerwG, Urt. v. 17.10.2012 – 4 C 5.11.

zuständigen Behörde. Insoweit steht ihr ein vielfältiges Repertoire an Sicherungsmitteln zur Verfügung, so z.B. die selbstschuldnerische Bankbürgschaft, die Baulast oder Grundpfandrechte.

In zeitlicher Hinsicht ist allerdings zu beachten, dass die Verpflichtung nur für WEA gilt, die nach dem 20.07.2004 errichtet wurden.<sup>8</sup> Rückwirkung für zu diesem Zeitpunkt bereits genehmigte oder gar errichtete Anlagen entfaltet die Vorschrift nicht. Für ältere Anlagen, die im Außenbereich errichtet wurden, sind lediglich die allgemeinen Regelungen einschlägig.

Die Verpflichtung bezieht sich auf den Rückbau, wozu die bauliche Anlage selbst, aber ggf. auch Nebenanlagen, Leitungen, Wege und Plätze gehören. Rückbau bedeutet dabei die Beseitigung der baulichen Anlage, wie es sich auch aus der Regelung in § 179 Abs. 1 BauGB ergibt. Die durch diese Anlage bewirkte Bodenversiegelung ist grundsätzlich ebenfalls zu beseitigen. Ob davon zwingend auch das vollständige Fundament, d.h. auch die Teile der Bodenversiegelung, die sich mehrere Meter im Erdreich befinden, erfasst ist, wird von Gerichten und der Exekutive unterschiedlich beurteilt.<sup>9</sup>

Richtigerweise erstreckt sich die bauplanungsrechtliche Rückbauverpflichtung, die ihre Rechtfertigung in dem Schutz des Landschaftsbildes und des Schutzguts Boden findet, nicht auf solche Fundamente, deren Belassung im Untergrund die Bodeneigenschaften nicht negativ beeinflusst.<sup>10</sup>

Bei WEA, die im Geltungsbereich eines qualifizierten Bebauungsplanes liegen, können Festsetzungen zum Rückbau in den Bebauungsplan nach § 9 Abs. 2 BauGB mitaufgenommen werden.

### **2.1.1.3 Das BBodSchG und der Rückbau von WEA**

Relevante Vorgaben für den Rückbau von WEA können sich weiter aus dem BBodSchG ergeben. Zu beachten ist insoweit aber, dass der Gesetzgeber eine Vielzahl von Regelungen, u.a. den Vorschriften des BImSchG und den Regelungen des Bauplanungs- und Bauordnungsrechts, allgemein als vorrangig erklärt hat (§ 3 Abs. 1 BBodSchG). Das Bodenschutzrecht hat daher in diesem Bereich nur eine subsidiäre Bedeutung, die dann zum Tragen kommt, wenn und soweit die allgemein vorrangigen Fachgesetze „Einwirkungen auf den Boden“ nicht erfassen.<sup>11</sup>

Sinn und Zweck des BBodSchG ist im Sinne seines § 2 dann der Schutz bzw. die Wiederherstellung der sog. Bodenfunktionen. Das BBodSchG stellt dabei Anforderungen an die Vorsorge und im Falle des Vorliegens von Altlasten (§ 2 Abs. 2 Nr. 5 BBodSchG) oder schädlicher Bodenveränderungen (§ 2 Abs. 2 Nr. 3 BBodSchG) an deren Sanierung. Die Sanierungspflicht und die grundsätzlich Sanierungspflichtigen werden dabei in den einzelnen Absätzen des § 4 BBodSchG normiert. Sanierungspflichtig sind u.a. Verursacher\*innen, Grundstückseigentümer\*innen und unter bestimmten Voraussetzungen auch frühere Grundstückseigentümer\*innen. Betreiber\*innen einer WEA gelten nicht per se als Verpflichtete, sondern nur, wenn sie die Bodenveränderungen auch zu vertreten haben.

§ 10 BBodSchG eröffnet der zuständigen Behörde sodann die Befugnis, zur Erfüllung der Sanierungspflichten die notwendigen Maßnahmen anzuordnen. Der Behörde steht insoweit ein Ermessen zu. Das Ermessen bezieht sich dabei sowohl auf die Frage, „ob“ Maßnahmen ergriffen

---

<sup>8</sup> BGBl. I, 2004, 1359 ff.

<sup>9</sup> Vgl. LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2020, S. 78 ff.; ohne Begründung bejahend: Hess. VGH, Urt. v. 12.01.2005 - 3 ZU 2619/03; offengelassen, aber im Ergebnis bejahend: OVG Sachsen-Anhalt, Urt. v. 12.05.2011 - 2 L 239/09.

<sup>10</sup> Rieger, in Schrödter, BauGB Kommentar, 9. Aufl. 2019, § 25 Rn. 243.

<sup>11</sup> Erbguth/Schubert in BeckOK Umweltrecht, Stand 01.07.2022, § 3 BBodSchG Rn. 1.

werden („Entschließungsermessen“) wie auch auf die Frage, welche Maßnahme ergriffen wird („Auswahlermessen“).

Mit Blick auf eine potentielle bodenschutzrechtliche Rückbauverpflichtung für WEA ist daher ganz wesentlich, ob durch die Errichtung und den Betrieb bzw. später von der stillgelegten WEA eine schädliche Bodenveränderung hervorgerufen wird. Nur in dieser Konstellation wäre eine Anordnung nach § 10 BBodSchG einschlägig. Ob von einer stillgelegten WEA grundsätzlich schädliche Bodenveränderungen ausgehen, kann aufgrund der individuellen Beschaffenheit und Umgebungslage einer WEA nicht pauschal beantwortet werden. Insoweit wird dies uneinheitlich gehandhabt.<sup>12</sup> Es ist deswegen immer eine Einzelfallbewertung geboten.

Soweit die Sanierungspflicht besteht, schreibt das Bodenschutzrecht derzeit keine konkreten Vorgaben zum Rückbau von WEA vor.<sup>13</sup>

### **2.1.2 Vorgaben zur Entsorgung anfallender Abfälle**

Wird eine WEA zurückgebaut, sind die dabei anfallenden Abfälle ordnungsgemäß zu entsorgen. Die Art der anfallenden Abfälle bestimmt sich anhand der in der WEA verbauten Komponenten und Materialien. Größtenteils bestehen WEA (und „Nebeneinrichtungen“) aus Beton und Stahl für Fundament und je nach Bauweise auch für den Turm. Im Maschinenhaus, bei Rotor und Steuerungseinrichtungen ist die Materialvielfalt höher: Faserverstärkte Kunststoffe<sup>14</sup>, Kupfer, Aluminium, Betriebsflüssigkeiten, Fette/Öle, Gummi, Bremsflüssigkeiten, Lacke, Füllstoffe, Kupferkabel und Imprägnierungsmittel. Sämtliche dieser Stoffe fallen beim Rückbau (getrennt oder zum Teil miteinander verbunden/vermischt) als Abfallfraktionen an.

Hinsichtlich der Quantität des anfallenden Abfalls ist entscheidend, ob eine WEA einer Nachnutzung zugeführt wird (etwa durch einen Verkauf) oder ob eine Nachnutzung der kompletten Anlage nicht erfolgt. Da die Zweitmärkte zunehmend gesättigt sind, wird die Zweitnutzung seit einigen Jahren seltener.<sup>15</sup> Infolgedessen ist davon auszugehen, dass die beim Rückbau anfallende und zu entsorgende Menge an Abfall steigen wird und deswegen einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt werden muss.

#### **2.1.2.1 Abfallrechtliche Grundpflicht und Entsorgungsverantwortung**

Zentrales Regelwerk für die Entsorgung von Abfällen, die durch den Rückbau der WEA anfallen,<sup>16</sup> ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), dessen letzte wesentliche Novelle am 29.10.2020 in Kraft getreten ist.<sup>17</sup> Hiernach trifft Erzeuger\*innen und Besitzer\*innen von Abfällen die Grundpflicht, Abfälle gemäß der Abfallhierarchie (§ 6 KrWG) vorrangig zu verwerten (§ 7 Abs. 2 KrWG) oder, sofern eine Verwertung nicht möglich ist, zu beseitigen (§ 15 Abs. 1 KrWG).

---

<sup>12</sup> Zum Meinungsstand etwa LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2020, S. 13 f.

<sup>13</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2020, S. 14.

<sup>14</sup> Betroffen sind insoweit zu ganz überwiegenden Teilen die Rottorblätter, weshalb dieses Material/Abfallfraktion im Rahmen dieser Studien nicht betrachtet wird.

<sup>15</sup> Vgl. nur FAZ 28.05.2018, S. 17 „Alte Windräder entpuppen sich als Umweltrisiko“.

<sup>16</sup> Der unmittelbaren Anwendung des abfallrechtlichen Regimes steht insbesondere die immissionsschutzrechtliche Pflicht zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung bzw. Beseitigung von Abfall (§ 5 Abs. 1 Nr. 3 BImSchG) nicht entgegen. Aus der Konzeption des § 5 Abs. 1 Nr. 3 BImSchG folgt, dass die immissionsschutzrechtliche Pflicht zur Entsorgung von Abfällen nur solche Abfälle betrifft, die beim Betrieb der Anlage entstanden sind. Nicht erfasst sind hiervon die Abfälle, die erst durch den Rückbau entstehen, vgl. Dietlein in Landmann/Rohmer, Umweltrecht, Stand Mai 2021, § 5 BImSchG Rn. 228; a.A. Jarass, Bundesimmissionsschutzgesetz, 2020, § 5 Rn. 111.

<sup>17</sup> BGBl. I 2020, S. 2232.

Adressat\*innen der abfallrechtlichen Pflichten sind die Erzeuger\*innen und Besitzer\*innen von Abfällen. Beide Begriffe sind im KrWG definiert (§ 3 Abs. 8 und 9 KrWG). Hiernach können sowohl natürliche wie auch juristische Personen Erzeuger\*in/Besitzer\*in sein. In der Sache ist für beide Definitionen letztlich wesentlich, ob eine tatsächliche Sachherrschaft über den Abfall besteht, also selbst auf den Abfall eingewirkt und Dritte von der Einwirkung ausgeschlossen werden können.

Mit Blick auf Bau- und Abbruchabfall – also Abfälle, die beim Rückbau von WEA anfallen – ist dabei nicht pauschal zu beantworten, ob das durchführende Abbruchunternehmen oder der/die den Rückbau beauftragende Betreiber\*in und/oder Eigentümer\*in Abfallerzeuger\*in ist. Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts<sup>18</sup> ist diese Frage anhand einer wertenden Betrachtung der Umstände im Einzelfall zu ermitteln. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nur unter „besonderen Umständen“ nicht derjenige Abfallerzeuger\*in ist, der durch sein Verhalten die letzte Ursache für die Abfallentstehung gesetzt hat, sondern eine im Vorfeld der Abfallentstehung handelnde Person (etwa die den Abbruch beauftragende Person).<sup>19</sup> Hier sind generalisierende Aussagen allerdings wegen der Vielfalt der in Betracht kommenden Konstellationen problematisch. Generell gilt, dass der Geschäftsherr bzw. Auftraggeber\*in dann als Abfallerzeuger\*in anzusehen ist, wenn er bei wertender Betrachtung derjenige ist, dessen Entscheidungen maßgeblich für die Verwirklichung der Entledigungstatbestände des Abfallbegriffes sind. Das wird häufig für den Bauherrn im Verhältnis zum/zur Bauunternehmer\*in, Abbruchunternehmer\*in oder beauftragten Handwerker\*in jedenfalls dann zutreffen, wenn die Abfälle in seiner Sphäre, nämlich auf seinem (Bau-)Grundstück entstehen, da der Bauherr in dieser Konstellation zumeist die Entstehung des Abfalls aufgrund seiner Weisungsbefugnis beherrscht, zumal wenn er zugleich Besitzer\*in der Stoffe oder Gegenstände ist, die er mithilfe eines Dritten zu Abfall werden lässt.<sup>20</sup>

Anders verhält es sich, wenn die Abfälle im eigenen Organisationsbereich des beauftragten Unternehmens erzeugt werden.<sup>21</sup> In diesem Fall kann das mit dem Rückbau der WEA beauftragte Unternehmen als Abfallerzeuger\*in angesehen werden.<sup>22</sup>

Sofern beauftragende Betreiber\*innen/Eigentümer\*innen der WEA als Abfallerzeuger\*innen anzusehen ist, wird das den Rückbau durchführende Unternehmen regelmäßig jedenfalls Abfallbesitzer sein.

Abfallerzeuger\*innen und Abfallbesitzer\*innen haften nebeneinander für die ordnungsgemäße Entsorgung der Abfälle. Mit der Entsorgung dürfen sie zwar Dritte (Entsorgungsunternehmen) beauftragen, ihre „Entsorgungsverantwortung“ endet jedoch nicht bereits mit der Übergabe der Abfälle an diese Entsorger\*innen (§ 22 KrWG), sondern erst, wenn tatsächlich eine Entsorgung erfolgt und diese auch ordnungsgemäß abgeschlossen ist.

Sofern Abfallerzeuger\*innen und/oder Abfallbesitzer\*innen Dritte (Entsorgungsunternehmen) beauftragen, müssen die beauftragten Dritten zuverlässig sein (§ 22 S. 3 KrWG). Dies setzt voraus, dass mit Blick auf den Auftragsgegenstand und die Eigenschaften/Fähigkeiten der Dritten prognostisch mit einer ordnungsgemäßen Auftrags Erfüllung zu rechnen ist; also insbesondere

---

<sup>18</sup> BVerwG, Urt. V.15.10.2014 – 7 C 1/13 = NVwZ 2015, 153 ff.

<sup>19</sup> BVerwG, Urt. v. 15.10.2014 – 7 C 1/13 = NVwZ 2015, 153, 154.

<sup>20</sup> In diese Richtung OVG Münster, 10.08.2012 - 20 A 222/10, Rn. 45.

<sup>21</sup> Dieckmann, in Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz, § 3 Rn. 163 m.w.N.

<sup>22</sup> Siehe hierzu auch UBA-Text 117/2019, S. 55.



keine Umstände vorliegen, die Zweifel an der gesetzeskonformen Erfüllung der Entsorgungspflichten begründen.<sup>23</sup> Welche Anforderungen konkret zu erfüllen sind, lässt sich dabei nicht abstrakt beantworten. Sofern in die Entsorgung Sammler\*innen, Beförder\*innen, Händler\*innen oder Makler\*innen von Abfällen als Dritte eingeschaltet sind, müssen diese jedenfalls die erforderliche Anzeige ihrer Tätigkeit bei nicht gefährlichen Abfällen (§ 53 KrWG) bzw. die erforderliche Erlaubnis bei gefährlichen Abfällen (§ 54 KrWG) besitzen.

Auch bei Übergabe des Abfalls an einen zertifizierten Entsorgungsbetrieb (§ 56 f. KrWG) endet die Haftung für die ordnungsgemäße Entsorgung nicht vorzeitig. Denn das entsprechende Zertifikat, sofern es den konkreten Abfall und die Tätigkeit erfasst, bietet allein ein gewisses Indiz für die Zuverlässigkeit.<sup>24</sup> Eine Aussagekraft hinsichtlich der tatsächlichen Entsorgung des Abfalls besitzt das Zertifikat nicht.

### **2.1.2.2 Allgemeine Vorgaben zur Entsorgung von Abfällen**

Nach § 7 Abs. 3 KrWG muss die Verwertung von Abfällen (unabhängig von der Einstufung als gefährlich bzw. nicht gefährlich) ordnungsgemäß und schadlos erfolgen. Ordnungsgemäß bedeutet nach dem Wortlaut der Regelung eine Verwertung im Einklang mit den öffentlich-rechtlichen Vorschriften; schadlos bedeutet wiederum, dass durch die Verwertung eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten ist. Soweit Abfälle zu beseitigen sind, muss die Beseitigung so erfolgen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 15 Abs. 2 S. 1 KrWG).

Besondere Anforderungen stellt der geltende Rechtsrahmen an die Entsorgung und Überwachung von gefährlichen Abfällen. Gefährliche Abfälle sind solche, die gemäß § 3 Abs. 1 Abfallverzeichnisverordnung (AVV) entsprechend zugeordnet sind. Beim Rückbau von WEA treten gefährliche Abfälle etwa in der Form von Betriebsflüssigkeiten und Schmierstoffen auf.

Erzeuger\*innen gefährlicher Abfälle sind von der zuständigen Behörde beispielsweise in regelmäßigen Abständen und im angemessenen Umfang zu überprüfen (§ 47 Abs. 2 KrWG). Soweit es sich um gefährliche Abfälle handelt, gilt ferner das Vermischungsverbot (§ 9a KrWG).

Auch haben die an der Entsorgung von gefährlichen Abfällen Beteiligten sowohl der zuständigen Behörde gegenüber als auch untereinander die ordnungsgemäße Entsorgung nachzuweisen (§ 50 Abs. 1 KrWG). Der Nachweis ist dabei in zwei Schritten zu erbringen, die durch die Nachweisverordnung (NachweisV) näher ausgestaltet werden. Vor Beginn der Entsorgung ist vorbehaltlich etwaig einschlägiger Ausnahmeregelungen über §§ 7 und 9 der NachwV eine Erklärung zur vorgesehenen Entsorgung, eine Annahmeerklärung des Abfallentsorgers und eine Bestätigung der zuständigen Behörde über die vorgesehene Entsorgung nachzuweisen („Vorabkontrolle“). Als zweiter Schritt ist über die durchgeführte Entsorgung eine Erklärung über den Verbleib („Verbleibkontrolle“) zu erbringen. Konkret erfolgt dieser Nachweis über Begleitscheine (§ 10 NachweisV) und im Fall der Sammelentsorgung zusätzlich über die Verwendung von Übernahmescheinen (§ 12 NachwV). Diese sind durch die an der Entsorgung Beteiligten auszufüllen und elektronisch zu signieren.

Zu beachten ist im Zusammenhang mit den Regelungen zu Nachweisführung, dass diese – soweit sie nicht kraft Gesetzes unmittelbar anzuwenden sind – im Einzelfall behördlich angeordnet werden können (§ 51 Abs. 1 S. 1 KrWG).

---

<sup>23</sup> Definition nach *Dieckmann* in Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz § 22 Rn. 17.

<sup>24</sup> *Dieckmann* in Jarass/Petersen, Kreislaufwirtschaftsgesetz § 22 Rn. 19.

### 2.1.2.3 Getrennthaltung und spezifische Regelungen für einzelne Abfallfraktionen

Soweit es für die Erfüllung der Grundpflichten erforderlich ist, müssen Abfallerzeuger\*innen und -besitzer\*innen die Abfälle getrennt sammeln (§§ 9 und 9a KrWG sowie spezifische Regelwerke wie ElektroG, BattG und AltöIV). Handelt es sich bei den Abfällen um gewerblichen Siedlungsabfall oder bestimmten Bau- und Abbruchabfall, wovon beim Rückbau von WEA auszugehen ist, gelten ferner die Bestimmungen der Gewerbeabfallverordnung (hierzu sogleich).

Im Einzelnen können insbesondere nachfolgende Regelungen hinsichtlich der Entsorgung der beim Rückbau von WEA anfallenden Abfälle relevant sein.

#### **F-Gase (EU-Verordnung Nr. 517/2014 und Chemikaliengesetz [ChemG])**

Soweit in WEA gasisolierte Schaltanlagen vorhanden sind, in denen fluorierte Treibhausgase eingesetzt werden, ist der Anwendungsbereich der EU-Verordnung Nr. 517/2014 eröffnet.<sup>25</sup> Hiernach haben die Betreiber\*innen von u.a. ortsfesten Einrichtungen, die fluorierte Treibhausgase enthalten, die nicht Bestandteil von Schäumen sind, die Rückgewinnung dieser Gase durch natürliche Personen sicherzustellen, die hierfür besonders zertifiziert sind<sup>26</sup>, damit diese Gase recycelt, aufgearbeitet oder zerstört werden.

Durch die jüngste Anpassung des Chemikaliengesetzes (ChemG) werden die Vorgaben aus der europäischen F-Gasverordnung auch auf nachfolgende Akteur\*innen in der Lieferkette übertragen, die nun ebenfalls die unionsrechtlichen Anforderungen bei der weiteren Abgabe beachten müssen, sowie entsprechende Dokumentationspflichten einzuhalten haben. Die neuen Dokumentationspflichten erleichtern den Vollzugsbehörden die Überwachung der gesamten Lieferkette.

In diesem Kontext sind weiter die Verpflichtungen der bundesrechtlichen Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV) zu beachten. Hiernach sind die Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen von fluorierten Treibhausgasen verpflichtet, diese nach Gebrauch zurückzunehmen oder die Rücknahme durch einen von ihnen bestimmten Dritten sicherzustellen (§ 4 Abs. 2 ChemKlimaschutzV). Ebenso haben sie Art und Menge der zurückgenommenen Gase zu dokumentieren und die Aufzeichnungen nach ihrer Erstellung mindestens fünf Jahre lang aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen (§ 4 Abs. 3 ChemKlimaschutzV).

#### **Allgemeine Regelungen zur Produktverantwortung**

Die auf unionsrechtlicher Ebene angelegten Regelungen zur erweiterten Herstellerverantwortung sind auf nationaler Ebene umzusetzen. Die auf nationaler Ebene erlassenen Regelungen werden dabei vielfach unter dem Begriff der Produktverantwortung zusammengefasst, der inhaltlich dem auf europäischer Ebene genutzten Begriff der Herstellerverantwortung entspricht. Das Ziel der europäischen wie nationalen Regelungen ist es, nicht erst bei der Steuerung von Abfallströmen anzusetzen, sondern der Entstehung von Abfall möglichst schon bei der Herstellung von Produkten vorzubeugen.

---

<sup>25</sup> Bereits vor Geltung der EU-Verordnung Nr. 517/2014 bzw. der Vorgängerregelung EG-Verordnung Nr. 842/2006 schlossen Hersteller, und Betreiber von elektrischen Betriebsmitteln im Jahr 2005 eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Minimierung entsprechender Emissionen. Die freiwillige Selbstverpflichtung ist abrufbar unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/480084/7a54deeee5135d82f7df678d8456b1ea/wd-5-079-16-pdf-data.pdf> (Seite 7).

<sup>26</sup> Die Zertifizierung des Personals wird durch die EU-Durchführungsverordnung Nr. 2015/2066 konkretisiert.

Nationale Regelungen zur Produktverantwortung finden sich einerseits in speziellen Gesetzen<sup>27</sup>, andererseits aber auch in Rechtsverordnungen. Die Grundlagen für die nationalen Rechtsverordnungen sind die Regelungen zur Produktverantwortung in §§ 23 ff. KrWG. Diese wurden zuletzt grundlegend überarbeitet.<sup>28</sup> Auch in der aktuellen Fassung versteht der Gesetzgeber § 23 KrWG als eine sog. „latente Grundpflicht“. Die Regelung entfaltet keine unmittelbar materiellrechtlichen Pflichten, sondern bedarf hierzu einer Ausgestaltung und Konkretisierung durch andere Vorschriften (Verordnungen oder Gesetze). Die Ermächtigung zum Erlass entsprechender Regelungen mittels Rechtsverordnung findet sich in den nachfolgenden Bestimmungen. Bislang wurde bezogen auf WEA nicht von der Ermächtigung Gebrauch gemacht. Mithin ergeben sich derzeit weder unmittelbar zwingende Vorgaben zur Produktverantwortung für den Rückbau und das Recycling von WEA aus den §§ 23 ff. KrWG noch in Verbindung mit einer Rechtsverordnung.

Dies könnte sich indes zukünftig ändern. Die Regelungen der Produktverantwortung gelten nach dem ausdrücklichen Willen des Gesetzgebers<sup>29</sup> für Hersteller\*innen jeglicher Produkte, also nicht nur für Hersteller\*innen von „Verbrauchsprodukten“, sondern auch für Hersteller\*innen von „Bauprodukten“<sup>30</sup>, die zur Errichtung von WEA benötigt werden. Sofern entsprechende Regelungen erlassen werden, ist der Gesetzesbegründung zu entnehmen, dass die Vorgaben an diese Produkte den spezifischen Anforderungen des Bausektors Rechnung tragen müssen. Maßstab soll hier insbesondere die technische Durchführbarkeit und wirtschaftliche Zumutbarkeit sein. Ausweislich der Gesetzesbegründung ist sich der Gesetzgeber bewusst, dass sich produktverantwortungsrechtliche Vorgaben an „kurzlebige Verbraucherprodukte“ nicht ohne Weiteres auf „langlebige Bauprodukte“ übertragen lassen werden.<sup>31</sup>

#### **Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG)**

Eine weitere Ausprägung der europarechtlich vorgegebenen erweiterten Herstellerverantwortung ist das ElektroG. Dieses enthält für Elektro- und Elektronikgeräte, die als Abfall anfallen, spezielle Regelungen zur Produktverantwortung. Auch in seiner zum 01.01.2022 in Kraft getretenen novellierten Fassung<sup>32</sup> schreibt das Gesetz vor, dass Elektro- und Elektronikgeräte, die als Abfall vorliegen und in den Anwendungsbereich des ElektroG fallen, getrennt zu halten (§ 10 ElektroG) und nach den speziellen Vorgaben des Gesetzes zu verwerten bzw. zu beseitigen sind.

Mit Blick auf den Rückbau von WEA dürften die Regelungen des ElektroG indes regelmäßig nicht einschlägig sein. Denn sog. ortsfeste Großanlagen sind grundsätzlich nach § 2 Abs. 2 Nr. 6 ElektroG aus dem Anwendungsbereich des Gesetzes ausgenommen. Dass WEA ortsfeste Großanlagen sind, hat der Gesetzgeber ausdrücklich in der Gesetzesbegründung klargestellt. WEA sind dort neben etwa Aufzuanlagen gerade als Beispiel für eine ortsfeste Großanlage benannt.<sup>33</sup> Vor diesem Hintergrund wäre es eine Überdehnung des gesetzlichen Wortlauts, WEA in den Anwendungsbereich des ElektroG einzubeziehen.

---

<sup>27</sup> Hierzu sogleich.

<sup>28</sup> BGBl. I 2020, S. 2232 ff.

<sup>29</sup> BT.-Drs. 19/19373, S. 57.

<sup>30</sup> Kritisch zur Frage, ob bzw. wie Vorgaben der Produktverantwortung auf Bauprodukte angewendet werden können, UBA-Texte 5/2021, S. 216 f.

<sup>31</sup> BT.-Drs. 19/19373, S. 57.

<sup>32</sup> BGBl. I 2021, S. 1145 ff.

<sup>33</sup> BT.-Drs. 18/4901 S. 82.

Soweit ein Gerät jedoch nicht speziell als Teil der Großanlage (WEA) konzipiert und eingebaut wurde, ist der gesetzliche Anwendungsbereich eröffnet. Dies ist letztlich eine Einzelfallbewertung. Beispielsweise dürften in WEA verbaute lichttechnische Einrichtungen regelmäßig nicht dem Begriff der ortsfesten Großanlage unterfallen, da sie üblicherweise nicht speziell für einen Teil der Großanlage konzipiert wurden.<sup>34</sup> Ebenfalls erscheint es im Einzelfall möglich, dass etwa seriell gefertigte Schaltschränke oder Transformatoren, die in der WEA zum Einsatz kommen, nicht als Teil der ortsfesten Großanlage anzusehen sind und damit in den Anwendungsbereich des ElektroG fallen.

Soweit das ElektroG nicht anwendbar ist, bleibt es für diesen Abfallstrom bei den allgemeinen Grundpflichten des KrWG.

### **Batteriegelgesetz (BattG)**

Soweit beim Rückbau von WEA Altbatterien anfallen<sup>35</sup> und zu entsorgen sind, gelten die Bestimmungen des Batteriegelgesetzes (BattG). Das BattG ist dabei ebenso eine Ausprägung der Produktverantwortung wie das ElektroG.

Auch nach der zum 01.01.2021 in Kraft getretenen novellierten Fassung sind Produzent\*innen, Vertreiber\*innen und Importeur\*innen verpflichtet, Altbatterien zurückzunehmen und ordnungsgemäß zu verwerten bzw. zu beseitigen (§§ 5, 14 BattG). Diese Pflicht gilt für alle Formen und Größen von Batterien und damit auch für die in WEA zum Einsatz kommenden Industriebatterien.

Dabei sind die Endnutzer\*innen verpflichtet, Batterien, die Abfall sind, getrennt vom sonstigen Abfall an eine der im Gesetz genannten, für den einzelnen Batterietyp vorgesehene Rücknahmestelle zurückzugeben (§ 11 BattG). Endnutzer\*innen sind bezogen auf die in WEA eingesetzten Batterien die Betreiber\*innen der Anlage, da diese WEA mit eingebauten Batterien nutzen und in der gelieferten Form nicht mehr weiterveräußern.

### **Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)**

Hinsichtlich der beim Rückbau von WEA anfallenden Abfälle ergeben sich auch relevante Vorgaben aus der Gewerbeabfallverordnung, da diese gerade auch für Baustellen (Ort an dem eine bauliche Anlage errichtet, geändert oder abgebrochen wird; § 1 Abs. 3 Baustellverordnung) gilt.<sup>36</sup> Nach der GewAbfV haben Erzeuger\*innen/Besitzer\*innen von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen mit Ausnahme der Abfallgruppe 17 05 die Pflicht, bestimmte Fraktionen (u.a. Holz<sup>37</sup>, Glas, Kunststoff, Metall [§ 8 Abs. 1 GewAbfV]) getrennt zu sammeln.

Ausnahmen gelten, sofern die getrennte Sammlung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist. Die insoweit verbleibenden Abfallgemische hat der/die Erzeuger\*in/Besitzer\*in – abhängig von der konkreten Zusammensetzung – vorrangig einer Vorbehandlungs- oder Aufbereitungsanlage zuzuführen. Hinsichtlich der Getrenntsammlung bzw. der ausnahmsweise

---

<sup>34</sup> Beispiel nach *Hilf/Schleifenbaum* in Giesberts/Hilf, ElektroG (3. Aufl.), § 3 Rn. 86.

<sup>35</sup> Batterien/Akkumulatoren werden derzeit beispielsweise eingesetzt, um im Fall eines Stromausfalls eine Notstromversorgung der WEA sicherzustellen. Zukünftig ist es ferner denkbar, dass WEA Batterien/Akkumulatoren nutzen, um Energiespitzen zwischenspeichern.

<sup>36</sup> LAGA M 34 „Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung“, S. 44.

<sup>37</sup> Bezogen auf beim Rückbau anfallendes Holz sind ferner die Bestimmungen der Altholzverordnung zu beachten, die u.a. spezielle Anforderungen an die Verwertung (§ 3 AltholzV) und an die Getrennthaltung stellt (§ 10 AltholzV).

erforderlichen Zuführung zu einer Vorbehandlungs- oder Aufbereitungsanlage bestehen weitgehende Dokumentationspflichten. Die entsprechende Dokumentation ist auf Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen.

### **Altölverordnung (AltöIV)**

Sachlich knüpft die AltöIV an Altöle an, die als Abfall anfallen und die ganz oder teilweise aus Mineralöl, synthetischem oder biogenem Öl bestehen (§ 1a Abs. 1 AltöIV). Soweit in den WEA Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt werden, sind diese regelmäßig auf Mineralölbasis hergestellt.<sup>38</sup> Abfallrechtlich sind diese Hydraulikflüssigkeiten wie Altöl zu behandeln.

Altöl ist dabei vorrangig zu verwerten/aufzubereiten (§ 3 Abs. 1 AltöIV) und von sonstigen Abfällen getrennt zu halten (§ 4 AltöIV), wobei die AltöIV an Erzeuger\*innen, Besitzer\*innen, Sammler\*innen und Beförder\*innen von Altöl gleichermaßen adressiert ist. Entsprechend ist im Zusammenhang mit dem Rückbau von WEA dafür Sorge zu tragen, dass die in einer WEA eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten getrennt von den sonstigen beim Rückbau anfallenden Abfällen gehalten sowie ordnungsgemäß nach den Vorgaben der AltöIV entsorgt werden.

### **Mantelverordnung (Ersatzbaustoffverordnung)**

Als Mantelverordnung wird ein Paket mehrerer aufeinander abgestimmter Verordnungen bezeichnet, die Regelungen darüber treffen, wie mineralische Abfälle - z.B. Bauschutt - bestmöglich zu verwerten sind. Die Mantelverordnung wurde am 16.07.2021 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht und tritt am 01.08.2023 in Kraft.<sup>39</sup>

Im Zentrum dieses Pakets steht die Ersatzbaustoffverordnung (EBV). Diese enthält erstmalig bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe. Vorgegeben werden durch die EBV insbesondere die für mineralische Ersatzbaustoffe relevanten Grenzwerte in Bezug auf bestimmte Schadstoffe, die die Hersteller\*innen zu gewährleisten haben. Mineralische Ersatzbaustoffe sind u. a. Recycling-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen, wie sie beim Rückbau einer WEA anfallen. Bis zum Inkrafttreten dieser Regelungen sind die Anforderungen an die Wiederverwendung mineralischer Abfälle in Deutschland nicht bundeseinheitlich geregelt. Angestrebt wird für die „Übergangszeit“ weiterhin ein möglichst länderübergreifender einheitlicher Vollzug, was insbesondere durch eine Vollzugshilfe der LAGA<sup>40</sup> erreicht werden soll.

Mit Inkrafttreten wird die EBV ihre Wirkung beim Rückbau und Recycling von WEA zunächst in zweierlei Hinsicht entfalten. Betroffen ist dabei zum einen der Bereich des Recyclings mineralischer Abfälle, die beim Rückbau von WEA anfallen. Soll aus diesen Abfällen Recycling-Baustoff hergestellt werden, sind die Abfälle entsprechend den Vorgaben der EBV speziellen Anlagen zuzuführen und unterliegen dem in der Verordnung beschriebenen Kontrollen. Hierneben ist die EBV ab ihrem Inkrafttreten unmittelbar relevant, soweit beim (weitverstandenen) Rückbau selbst Recycling-Baustoffe eingesetzt werden. Soll etwa an Stelle der zurückgebauten WEA ein anderes technisches Bauwerk unter Nutzung von Recycling-Baustoff errichtet werden, darf der Bauherr oder der Verwender dies u.a. nur veranlassen, wenn nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit und schädliche Bodenveränderungen nicht zu besorgen sind (§ 19 Abs. 1 EBV).

---

<sup>38</sup> Vgl. UBA 117/2019, S. 84.

<sup>39</sup> Offen ist derzeit noch, ob noch vor Inkrafttreten der Verordnung Änderungen an dem beschlossenen Verordnungstext vorgenommen werden. Entsprechende Bestrebungen gibt es aus verschiedenen Bundesländern.

<sup>40</sup> LAGA M 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“.

Sobald mittelfristig WEA zurückgebaut werden, die selbst bereits (teilweise) aus Recycling-Baustoffen errichtet wurden, wird § 24 EBV bedeutsam. Die Bestimmung steht im Zusammenhang mit der Getrenntsammelpflicht der Gewerbeabfallverordnung (§ 8 Abs. 1 GewAbfV) und ergänzt diese. Konkret verlangt § 24 EBV, dass sämtliche beim Rückbau einer WEA anfallenden Abfälle aus mineralischen Ersatzbaustoffen getrennt zu sammeln sind. Bezogen auf die im Katalog des § 8 Abs. 1 GewAbfV genannten Abfallfraktionen ändert sich durch die EBV Art und Umfang der Getrenntsammelpflicht nicht. Hinzu kommt zu dieser Pflicht jedoch die getrennte Sammlung der übrigen mineralischen Ersatzbaustoffe.<sup>41</sup>

#### **2.1.2.4 Behördliche Überwachungsmöglichkeit der Abfallentsorgung**

Um einen wirksamen Vollzug des Kreislaufwirtschaftsrechts sicherzustellen, ist insbesondere eine laufende Überwachung des Entstehens von und des Umgangs mit Abfällen erforderlich. Grundlegende Norm ist in diesem Zusammenhang der § 47 KrWG. Festgelegt werden hier Überwachungspflichten und Überwachungsmöglichkeiten für die nach dem jeweiligen Landesrecht zu bestimmenden zuständigen Behörden.

Hierbei ist eine allgemeine Überwachung in § 47 Abs. 1 KrWG vorgesehen, die sich grundsätzlich auf sämtliche Abfälle erstreckt, unabhängig davon, ob es sich beispielsweise um gefährliche oder nicht gefährliche Abfälle handelt. Intensiviert wird die gesetzlich vorgesehene Überwachungsmöglichkeit, wenn gefährliche Abfälle in Rede stehen. Erforderlich ist dann beispielsweise eine Kontrolle durch die zuständige Behörde in regelmäßigen Abständen und im angemessenen Umfang (§ 47 Abs. 2 KrWG) und die Anwendung der Regelungen zur Nachweispflicht (NachweisV). Die Regelungen zur Nachweisführung sind bei nicht gefährlichen Abfällen zwar nicht kraft Gesetzes anwendbar, können aber im Einzelfall durch eine behördliche Anordnung dennoch zur Anwendung kommen (§ 51 Abs. 1 S. 1 KrWG). Auf diese Weise lässt sich eine weitergehende Überwachung der Entsorgungswege von nicht gefährlichen Abfällen erreichen.

Außerhalb der allgemeinen Überwachungsmöglichkeiten des KrWG finden sich verschiedene weitere Regelungen, die der jeweils zuständigen Behörde eine Überwachung spezieller Bereiche/Umstände ausdrücklich erlauben. So ist ausdrücklich vorgesehen, dass die nach der Gewerbeabfallverordnung zwingend vorzusehende Dokumentation durch die zuständige Behörde geprüft werden kann (§ 8 Abs. 3 S. 3 GewAbfV).

## **2.2 Länderspezifische Regelungen zum Rückbau und Recycling von WEA**

Nachfolgend werden ergänzend zu dem vorstehend beschriebenen bundesrechtlichen Rahmen die in den einzelnen Bundesländern bestehenden Vorgaben zum Rückbau und Recycling von WEA dargestellt und systematisiert. Hierbei werden sowohl das formale Landesrecht (Gesetze, Verordnungen) wie auch – und hierauf liegt der Schwerpunkt der Untersuchung – die unterhalb des formalen Rechts bestehenden relevanten Bestimmungen in Verwaltungsvorschriften (Erlassen) untersucht.

### **2.2.1 Regelungen in Gesetzen und Verordnungen**

Die Regelung des § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB dient dazu, die Rückbaupflicht von baulichen Anlagen im Außenbereich aus städtebaulichen Gründen präventiv zu sichern.<sup>42</sup> Neben diesem Ziel

---

<sup>41</sup> BT.-Drs. 19/29636, S. 205. Mit Datum vom 14.06.2022 liegt nun allerdings ein Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz für eine Verordnung zur Änderung der Ersatzbaustoffverordnung vor.

<sup>42</sup> BVerwG, Urt. v. 17.10.2012 - 4 C 5.11 = LKV 2013, 122, 125.

bleibt auf Ebene der Bundesländer insbesondere Raum für Regelungen zur baupolizeilichen Gefahrenabwehr. Vorgesehen ist in dem jeweiligen Landesbaurecht der Bundesländer auch die behördliche Befugnis, den Rückbau anzuordnen, wenn und so weit von einer baulichen Anlage Gefahren ausgehen; etwa, weil sie einsturzgefährdet oder baufällig ist, was wiederum nur durch ein Gutachten festgestellt werden kann.

Unterhalb der Schwelle der Gefahrenabwehr ist in den Bundesländern vorgesehen, dass die Bauaufsichtsbehörde die teilweise oder vollständige Beseitigung von Anlagen anordnen kann, wenn die Anlagen im Widerspruch zu öffentlich-rechtlichen Vorschriften errichtet oder geändert werden und der rechtmäßige Zustand auf andere Weise nicht hergestellt werden kann. Die im jeweiligen Landesrecht vorgesehenen Regelungen basieren dabei auf der Formulierung des § 80 Musterbauordnung.

Zwischen der Rückbauanordnung bzw. -pflicht zur Gefahrenabwehr einerseits, und der Rückbauanordnung bzw. -pflicht wegen eines Widerspruchs zu öffentlich-rechtlichen Vorschriften andererseits, sind die in verschiedenen Bundesländern bestehenden Regelungen einzuordnen, wonach behördenseitig der Abbruch bzw. die Beseitigung einer baulichen Anlage angeordnet werden kann, wenn diese nicht genutzt wird oder verfällt. Vorgesehen ist eine solche Regelung in Baden-Württemberg (§ 65 Abs. 2 LBO BW), Brandenburg (§ 80 Abs. 2 LBO Bbg), Bremen (§ 79 Abs. 2 LBO HB), Niedersachsen (§ 79 Abs. 3 LBO Nds.), NRW (§ 82 Abs. 2 LBO NRW) und Thüringen (§ 79 Abs. 2 LBO TH). Teilweise sind diese Bestimmungen mit dem (deklaratorischen) Zusatz versehen, dass ein öffentliches oder schutzwürdiges privates Interesse der Rückbauanordnung bzw. -pflicht entgegenstehen kann. Aber auch Sondergenehmigungserfordernisse werden auf landesrechtlicher Ebene geregelt. So bedarf es in Sachsen für das Aufstellen eines Krans mit mehr als 100 m Gesamthöhe zur Ausführung der Rückbauarbeiten einer luftrechtlichen Zustimmung bzw. Genehmigung (§ 14 LuftVG). Nach § 3 DVOSächsBO i. V. m. § 61 Abs. 3 SächsBO bedarf es einer Anzeige, welche mindestens einen Monat zuvor bei der Bauaufsichtsbehörde einzureichen ist.

In diesem Zusammenhang ist auch nochmals die bundesrechtliche Vorschrift des § 179 BauGB zu erwähnen. Denn nach dieser Vorschrift kann eine Gemeinde Eigentümer\*innen verpflichten, den Rückbau seiner/ihrer baulichen Anlage zu dulden, wenn diese nicht mehr den Festsetzungen des Bebauungsplans entspricht und diesem nicht angepasst werden kann. Zentral für diese Pflicht zur Duldung des Rückbaus ist damit der jeweilige Bebauungsplan, welcher als kommunale Satzung Teil des Landesrechts ist. Zu beachten ist insoweit, dass der Rückbau in Eigenregie und auf Kosten der Gemeinde zu erfolgen hat.

### **2.2.2 Regelungen in Verwaltungsvorschriften (Erlasse)**

Unterhalb der gesetzlichen Ebene liegen in einzelnen Ländern Vorgaben für den Rückbau von WEA als Verwaltungsvorschriften vor. Der Regelungsbestand in den Bundesländern lässt sich dabei in drei Kategorien einteilen. Zunächst gibt es die Länder, die über keine landesspezifischen Regelungen hinsichtlich des Rückbaus von WEA verfügen. Daneben gibt es solche Bundesländer, in denen ein sog. Windenergieerlass besteht, der inhaltlich auch den Rückbau (teilweise) umfasst. Zu guter Letzt gibt es einige Bundesländer mit einem konkreten Rückbauerlass, der detaillierte Vorgaben hinsichtlich des Rückbaus von WEA beinhaltet.

**Tabelle 1: Übersicht über Erlasse zum Rückbau von WEA**

Darstellung der Bundesländer, in denen untergesetzlich Regelungen zum Rückbau von WEA bestehen.

Bundesland	Erlass	Kategorie	Jahr	Besonderheit
Baden-Württemberg	„Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, des Ministeriums für Verkehr und Infrastruktur und des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft.“	Windenergieerlass	2019	-
Bayern	„Gemeinsame Bekanntmachung der Bayerischen Staatsministerien des Innern, für Bau und Verkehr, für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat, für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, für Umwelt und Verbraucherschutz, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie für Gesundheit und Pflege“	Windenergieerlass	2016	wird derzeit aktualisiert
Berlin	-	-	-	-
Brandenburg	-	-	-	-
Bremen	-	-	-	-
Hamburg	-	-	-	-
Hessen	„Gemeinsamer Erlass des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen und des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz“ in der Fassung des Erlasses „Umsetzung der bauplanungsrechtlichen Anforderungen zur Rückbauverpflichtung und Sicherheitsleistung nach § 35 Abs. 5 Satz 2 und 3 BauGB bei der Genehmigung von Windenergieanlagen im Außenbereich“	Erlass	2016 / 2019	-
Mecklenburg - Vorpommern	-	-	-	-
Niedersachsen	„Gem. RdErl. d. MU, d. ML, d. MI, d. MW ‘Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen an Land in Niedersachsen“	Windenergieerlass	2021	-



Bundesland	Erlass	Kategorie	Jahr	Besonderheit
Nordrhein-Westfalen	„Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung“	Windenergieerlass	2018	-
Rheinland-Pfalz	„Hinweise für die Beurteilung der Zulässigkeit der Errichtung von Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz (Rundschreiben Windenergie)“	Windenergieerlass	2013	-
Saarland	-	-	-	-
Sachsen	„Gemeinsame Hinweise des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) und des Sächsischen Staatsministeriums des Innern (SMI) zur Rückbauverpflichtung und Sicherheitsleistung gemäß § 35 Absatz 5 BauGB“	Rückbauerlass	2016	-
Sachsen-Anhalt	„Hinweise zur Umsetzung bauplanungs- und bauordnungsrechtlicher Anforderungen zur Rückbauverpflichtung und Sicherheitsleistung an Windenergieanlagen (WEA)“	Rückbauerlass	2004	-
Schleswig-Holstein	„Erlass zum Vollzug der Rückbauverpflichtung nach § 35 Absatz 5 S. 2 Baugesetzbuch (BauGB) bei Genehmigung und nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung von Windkraftanlagen“	Rückbauerlass	2020	-
Thüringen	„Erlass zur Planung von Vorranggebieten „Windenergie“, die zugleich die Wirkung von Eignungsgebieten haben“	Windenergieerlass	2016	-

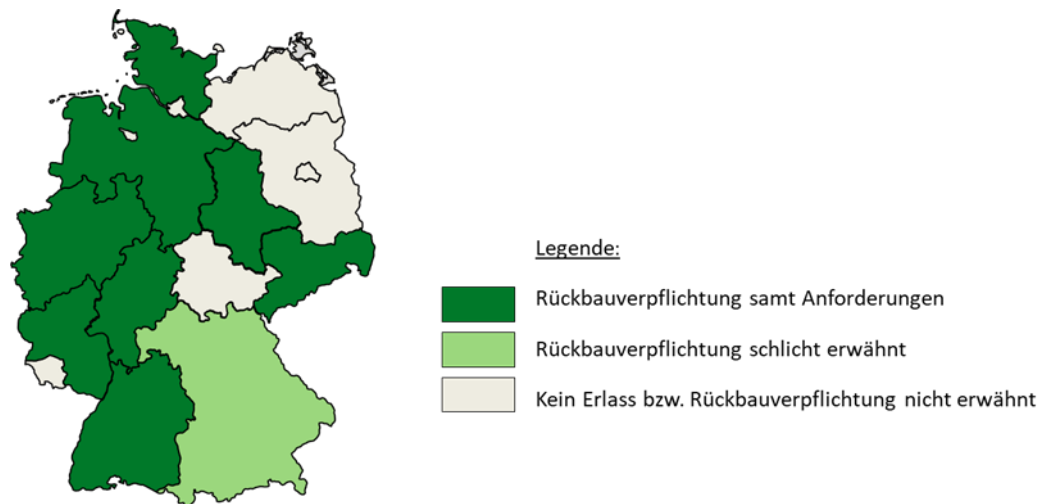
Soweit in den Bundesländern Verwaltungsvorschriften/Erlasse zum Thema Rückbau/Recycling von WEA vorliegen, enthalten diese unterschiedliche Regelungen zu verschiedenen Themenkomplexen. Systematisch lassen sich diese Regelungen in die nachfolgenden Kategorien „Rückbauverpflichtung“, „Sicherheitsleistung“ und „Art und Weise des Rückbaus“ unterteilen. Diese Kategorisierung bildet den Rahmen, innerhalb dessen die nachfolgende Darstellung der einzelnen Regelungen erfolgt.

### 2.2.2.1 Zur Rückbauverpflichtung

Regelungen zur Rückbauverpflichtung für WEA liegen in verschiedenen Bundesländern auf untergesetzlicher Ebene vor.

#### Abbildung 1: Übersicht Rückbauverpflichtungen

Darstellung der Bundesländer, in denen untergesetzlich Regelungen zur Rückbauverpflichtung bestehen



Quelle: eigene Darstellung, EY Law

Hinsichtlich der genauen Ausgestaltung und der Aspekte, die in den jeweiligen Regelwerken thematisiert werden, unterscheiden sich diese dabei erheblich. Die nachfolgende Darstellung systematisiert die Regelungen und betont dabei bestehende Gemeinsamkeiten und hebt relevante Unterschiede hervor.

#### 2.2.2.1.1 Definition und Anwendung der gesetzlichen Rückbauverpflichtung

Einigkeit besteht in den Erlassen zunächst darin, dass gesetzliche Vorgaben zur Rückbauverpflichtung nur auf WEA Anwendung finden, die nach dem 20.07.2004 errichtet wurden. Ebenfalls einheitlich legen die Bundesländer die Zulassung von WEA nach § 30 Abs. 1 und 2 BauGB (qualifizierter Bebauungsplan und vorhabenbezogener Bebauungsplan) sowie im Innenbereich nach § 34 BauGB aus. Die Regelungen über die Rückbauverpflichtung aus § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB finden hier keine Anwendung. Sachsen-Anhalt empfiehlt in diesen Fällen in einer Nebenbestimmung zur Baugenehmigung eine Verpflichtung zum Rückbau nach dauerhafter Nutzungsaufgabe und eine Absicherung dieser Rückbauverpflichtung entsprechend anzuordnen; wobei sich die Frage der Rechtmäßigkeit einer solchen Anordnung stellt.

Auch wird hinsichtlich der Rückbauverpflichtungen zwischen Alt- oder Bestandsanlagen unterschieden. So bestimmt Schleswig-Holstein, dass der Rückbau für Anlagen, die eine Genehmigung vor dem 20.07.2004 erhalten haben, nach den Vorschriften des Wasser-, Boden- und Immissionsschutzrechts erfolgen soll, wobei grundsätzlich der vollständige Rückbau anzustreben ist. Dies bedeutet sogar im Fall von Pfahlgründungen einen Rückbau bis zu einer Tiefe von 2 m unter Geländeoberfläche. Dennoch wird auch für WEA, die nach dem Stichtag genehmigt wurden, eine Besonderheit erwähnt. So soll beim Auftreten von nicht vorhersehbaren Umständen nach Beendigung der Nutzungsdauer die Genehmigungsbehörde unter Beteiligung der unteren Bauaufsichtsbehörde im Einzelfall über die Rückbauverpflichtung und deren Umfang entscheiden.

Dagegen sieht Sachsen-Anhalt in der Aufgabe der privilegierten Nutzung eine Änderung der Anlage, aufgrund derer die zuständige Behörde die Beseitigung anordnen kann.<sup>43</sup> Ähnlich handhabt dies auch Hessen. Mit Eintritt der formellen und materiellen Illegalität der Anlage (also nach Aufgabe der privilegierten Nutzung) kann die untere Bauaufsichtsbehörde eine Beseitigungsverfügung erlassen und diese vollstrecken.

Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang der hessische Erlass. Dieser definiert die Verpflichtungserklärung des § 35 Abs. 5 S. 2 BauGB sehr ausführlich. Demnach handelt es sich bei einer Verpflichtungserklärung um eine einseitige, öffentlich-rechtliche Willenserklärung, die von Antragsteller\*innen abzugeben ist. Ist der/die Antragsteller\*in nicht Grundstückseigentümer\*in, muss die Erfüllbarkeit der Verpflichtung in tatsächlicher und rechtlicher Hinsicht gewährleistet sein. Adressatin der Verpflichtungserklärung ist die Genehmigungsbehörde, also bei WEA mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 m die zuständige immissionsschutzrechtliche Behörde. Bei kleineren Anlagen ist die untere Bauaufsichtsbehörde sowie im Annex-Verfahren die jeweils fachliche Zulassungsbehörde zuständig. Die Erklärung bedarf der Schriftform und soll dem Antrag beigefügt werden. Sie muss spätestens zum Zeitpunkt der Genehmigung vorliegen.

#### **2.2.2.1.2 Festlegung der Rückbauverpflichtung**

Gegenstand der untergesetzlichen Regelungen ist auch der Aspekt, wie dem/der Anlagenbetreiber\*in/Genehmigungsinhaber\*in die Rückbauverpflichtungen auferlegt werden soll. Im Folgenden wird anhand der Errichtungsorte differenziert:

Sofern eine Anlage im bauplanungsrechtlichen Außenbereich errichtet werden darf (unter der Voraussetzung der Privilegierung nach § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB (ggf. i.V.m. § 35 Abs. 3 S. 3 BauGB)), gelten die Regelungen über die gesetzliche Rückbauverpflichtung nach § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB. Rheinland-Pfalz sieht für die Errichtung als privilegiertes Außenbereichsvorhaben eine Nebenbestimmung in Form einer auflösenden Bedingung für den Fall der dauerhaften Einstellung der privilegierten Nutzung vor. In Hessen soll die Verpflichtung lediglich in den jeweiligen Zulassungsbescheid aufgenommen sowie begründet werden, wofür der Erlass ein Muster enthält. In Schleswig-Holstein sind dagegen neben der eigentlichen Verpflichtungserklärung nach § 35 Abs. 5 S. 3 BauGB auch konkrete Angaben zum Standort und zum Fundament sowie zur Sicherstellung der Einhaltung der Verpflichtung gem. § 35 Absatz 5 S. 3 BauGB in die Nebenbestimmungen mitaufzunehmen. Hinsichtlich der Betriebseinstellung soll Betreiber\*innen deutlich gemacht werden, wann die Verpflichtung nach § 35 Abs. 5 S. 2 und 3 BauGB entsteht. Dabei erfasst Schleswig-Holstein auch den Fall, dass bereits bei der Errichtung(-splanung) der WEA deutlich wird, dass der erforderliche Rückbau voraussichtlich nicht ohne Verletzung rechtlich geschützter Umweltrechtsgüter möglich ist. Dies führt dazu, dass die Behörde die weitreichendste mögliche Rückbauoption fordern muss, ohne auf einen Vollrückbau zu bestehen. Das Saarland verlangt dagegen bereits konkrete Angaben zu den Rückbaukosten bei Antragstellung.

Wenn WEA im Bereich eines Bebauungsplanes nach § 30 Abs. 1 und 2 BauGB (qualifizierter Bebauungsplan und vorhabenbezogener Bebauungsplan) errichtet werden sollen, besteht die Möglichkeit, über die Festsetzungen des Bebauungsplans auch den Rückbau zu regeln. So beschreibt es auch der Erlass von Rheinland-Pfalz. Konkret heißt es: „Die Gemeinde kann gemäß § 249 Abs. 2 BauGB i.V.m. § 9 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 BauGB die Zulässigkeit neuer WEA davon abhängig machen, dass eine bestimmte Anzahl von bestehenden Altanlagen zurückgebaut wird.“ Hierzu sei klargestellt, dass dies eine andere Konstellation betrifft, nämlich das Repowering. Hier kann man

---

<sup>43</sup> Vgl. hierzu Sächs OVG, Urt. v. 29.06.2012 – A 68/11.

die Errichtung von Neuanlagen davon abhängig machen, dass Altanlagen abgebaut werden. Das erfolgt dann genehmigungsrechtlich in Form einer Bedingung. Eine (durchsetzbare) Rückbauverpflichtung ergibt sich daraus nicht.

Sachsen-Anhalt empfiehlt bei der Zulassung von Anlagen im Bereich eines Bebauungsplans, aber auch im Innenbereich nach § 34 BauGB, in einer Nebenbestimmung zur Baugenehmigung eine Verpflichtung zum Rückbau nach dauerhafter Nutzungsaufgabe und eine Absicherung dieser Rückbauverpflichtung entsprechend anzuordnen.

Weiterhin verweist Baden-Württemberg auf die Möglichkeit, den Rückbau der WEA, die im Geltungsbereich eines Bebauungsplans errichtet werden sollen, durch einen städtebaulichen Vertrag nach § 11 BauGB zu sichern. Danach soll vertraglich vereinbart werden, sofern die Rückbauverpflichtung städtebaulich gerechtfertigt ist, dass die Anlage nach Nutzungsaufgabe zu beseitigen ist.

#### **2.2.2.1.3 Umfang der Verpflichtungserklärung**

Unterschiedlich weit legen die Bundesländer auch den Umfang einer solchen Verpflichtungserklärung aus.

Sehr allgemein hält es z.B. Schleswig-Holstein mit der Angabe, dass sich die Verpflichtungserklärung auf alle ober- und unterirdischen Anlagen und Anlagenteile (auch Fundamente) sowie die zugehörigen Nebenanlagen und etwaige sonstige versiegelte Flächen zu erstrecken hat. Sachsen-Anhalt geht da etwas weiter und gibt an, dass die Verpflichtungserklärung in der Regel vom Bauherrn abzugeben ist, sich auf das zu genehmigende Vorhaben und das betreffende Baugrundstück beziehen und sich, sofern es aus mehreren einzelnen baulichen Anlagen besteht, auch auf die einzelnen Teile des Gesamtvorhabens erstrecken muss. Für hessische Vorhaben gilt, dass die Erklärung die Verpflichtung des Antragstellers beinhaltet, das zugelassene privilegierte Vorhaben nach dauerhafter Aufgabe der bis dahin zulässigen Nutzung zurückzubauen und Bodenversiegelungen zu beseitigen sind.

#### **2.2.2.1.4 Rechtliche Sicherstellung der Rückbauverpflichtung**

Da die Verpflichtungserklärung nur den Antragsteller und nicht weitere Dritte bindet, muss sichergestellt werden, dass der Rückbau ausnahmslos durchgeführt wird.

Sachsen-Anhalt legt deswegen fest, dass grundsätzlich der Rückbau durch Baulast sicherzustellen ist und die Erklärung auch gegenüber dem Rechtsnachfolger wirkt. Für die Eintragung der Baulast ist die Zustimmung der Eigentümer\*innen erforderlich. Verweigert der/die Eigentümer\*in die Baulast oder ist der/die Betreiber\*in Eigentümer\*in, kann eine Rückbauauflage in den Bescheid aufgenommen werden, die auch gegenüber dem Rechtsnachfolger wirkt.

#### **2.2.2.1.5 Durchsetzung der Verpflichtung**

Soweit eine (gesetzliche) Rückbauverpflichtung besteht, muss diese von der zuständigen Behörde durchgesetzt und überwacht werden. Elementar ist insoweit, dass die jeweils zuständigen Behörden Kenntnis von dem Rückbau/der Entsorgung der WEA erlangen bzw. dass der Informationsfluss zwischen den Beteiligten gewährleistet ist.

Schleswig-Holstein stellt genaue Anforderungen an die Information nach der Betriebseinstellung der WEA. Die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbehörde, der nach § 15 Abs. 3 BImSchG die Betriebseinstellung durch Betreiber\*innen anzuzeigen ist, leitet diese an die zuständige Bauaufsichtsbehörde weiter und fordert eine Benachrichtigung über den Eingang der Rückbauanzeige an.

Zur Durchsetzung der Verpflichtung bestimmt Hessen konkret, wenn nach Nutzungsaufgabe der Anlage der/die Betreiber\*in diese trotz Verpflichtung nicht zurückbaut, dass die untere Bauaufsichtsbehörde den Rückbau durch eine bauaufsichtliche Beseitigungsverfügung anordnen und diese im Wege einer Ersatzvornahme auch vollstrecken kann. Im Falle der Zahlungsunfähigkeit des Betreibenden kann die untere Bauaufsichtsbehörde für die Begleichung der Kosten der Ersatzvornahme auf die Sicherheitsleistung zurückgreifen.

### 2.2.2.2 Zur Sicherheitsleistung

Zur Sicherung des Rückbaus, insbesondere wenn der/die Betreiber\*in diesen nach Nutzungsaufgabe nicht selbst durchführen kann, ist eine Sicherheitsleistung zu erbringen. Die Festsetzungen in Bezug auf die Rahmenbedingungen der Sicherheitsleistung erfolgen bei Erteilung der Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb, also im Genehmigungsbescheid, meist als Nebenbestimmung und hier als aufschiebende Bedingung.

Regelungen zum Komplex der Sicherheitsleistung sind dabei in verschiedenen Bundesländern auf untergesetzlicher Ebene existent.

### Abbildung 2: Übersicht Sicherheitsleistungen

---

Darstellung der Bundesländer, in denen untergesetzlich Regelungen zur Sicherheitsleistung bestehen



Quelle: eigene Darstellung, EY Law

Regelungsinhalt und -tiefe sind in den jeweiligen Regelwerken der Bundesländer dabei unterschiedlich. Die nachfolgende Darstellung systematisiert die Regelungen und betont dabei bestehende Gemeinsamkeiten und hebt relevante Unterschiede hervor.

#### 2.2.2.2.1 Sicherheitsleistung als Nebenbestimmung

In dem in Brandenburg vom 28.03.2006 bis zum 18.03.2009 gültigen Erlass wurde explizit darauf hingewiesen, dass grundsätzlich die Art, die Höhe und der Zeitpunkt der zu erbringenden Sicherheit in der Baugenehmigung durch Nebenbestimmung zu regeln ist. Insbesondere konnte die Bauaufsichtsbehörde zulassen, dass die Sicherheit vor dem Baubeginn zu erbringen ist. In diesem Fall war die Genehmigung unter der aufschiebenden Bedingung der Sicherheitsleistung zu erteilen. Ein Formulierungsbeispiel für die aufschiebende Bedingung wurde ebenfalls benannt.

In Sachsen-Anhalt unterscheidet die untergesetzliche Regelung hinsichtlich der Festlegung der Sicherheitsleistung zwei Fallgruppen. Einerseits ist es möglich, dass die Behörde eine bestehen-

de Sicherheitsleistung des Bauherrn zu Gunsten Dritter (Grundstückseigentümer\*in) als ausreichend anerkennt und annimmt. Im Übrigen ist vorgesehen, die Vorlage eines geeigneten Sicherungsmittels als aufschiebende Bedingung in die Genehmigung aufzunehmen, wenn der Bauherr die Sicherheitsleistung nicht während des Genehmigungsverfahrens leisten kann. Zusätzlich wird auch ein Formulierungsbeispiel für die Nebenbestimmung beschrieben.

In Schleswig-Holstein sind Angaben zur Sicherheitsleistung als (unselbständige) Nebenbestimmung der zu erteilenden Genehmigung beizufügen. Soweit vor Genehmigungserteilung keine Sicherheitsleistung erfolgt, ist die Genehmigung mit einer (aufschiebenden) Bedingung zur Sicherstellung der Sicherheitsleistung zu versehen. Bei einem Betreiberwechsel muss die Sicherheitsleistung ggf. neu auferlegt werden. Wird dies nicht erfüllt, kann die Untersagung des Betriebs der Anlage durch die Genehmigungsbehörde angedroht und im Anschluss vollzogen werden. Die Mitteilungspflicht bei einem Betreiberwechsel soll daher in Form einer Auflage in die Genehmigung aufgenommen werden. Hervorzuheben ist auch, dass Schleswig-Holstein durch eine Auflage regelt, unter welchen Voraussetzungen die Sicherheitsleistung zurückgewährt wird. Ebenso wird im Erlass von Sachsen-Anhalt darauf hingewiesen, dass nach Erfüllung des Sicherungszwecks eine etwa verbleibende Sicherheitsleistung zurückzugeben ist.

#### **2.2.2.2.2 Art der Sicherheitsleistung**

Gesetzlich sind verschiedene Arten von Sicherheitsleistungen vorgesehen. Da ihr Sinn und Zweck in der Sicherung des Rückbaus zu sehen ist, kommen verschiedene finanzielle Sicherungsmittel in Betracht. § 232 BGB nennt dafür explizit verschiedene Sicherungsmittel, wie etwa die Hinterlegung von Geld oder Wertpapieren. Grundsätzlich entscheidet die zuständige Genehmigungsbehörde nach pflichtgemäßem Ermessen und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles, welches der möglichen Sicherungsmittel das geeignetste ist. In den länderspezifischen Erlassen finden sich zur „Lenkung“ des behördlichen Ermessens nachfolgende Regelungen:

In Baden-Württemberg kommen insbesondere die Baulast und Grundpfandrechte (Grundschuld, Hypothek) sowie andere Sicherheitsleistungen im engeren Sinne wie beispielsweise Bankbürgschaften, Hinterlegung oder Verpfändung in Betracht.

Brandenburg betonte in dem zwischenzeitlich außer Kraft getretenen Erlass wie Hessen und Sachsen-Anhalt auch weiterhin hinsichtlich des Sicherungsmittels das Erfordernis der Insolvenzfestigkeit.<sup>44</sup> Weiter wird auf die Erfordernisse des unbedingten Zugriffs der Bauaufsichtsbehörde und die Unbefristetheit des Sicherungsmittels abgestellt.

In Sachsen-Anhalt ist darüber hinaus vorgesehen, dass die Sicherheitsleistung nach den in § 232 BGB genannten Arten oder durch andere Sicherungsmittel, die zur Erfüllung des Sicherungszwecks geeignet sind, erbracht werden kann. Durch ausdrückliche Nennung hervorgehoben werden insoweit die selbstschuldnerische Bank- oder Konzernbürgschaft, die unbedingt und unbefristet sein muss, die Hinterlegung der Sicherheitsleistung in Geld, die Verpfändung von Gegenständen oder Rechten (z.B. Grundschuld), ein Festgeldkonto, dessen Kündigungsfrist nicht mehr als sechs Monate beträgt und das durch die Behörde gekündigt werden kann oder der Abschluss von entsprechenden Ausfallversicherungen. Sofern es zu einem Betreiberwechsel komme, ist für einen gesicherten Zugriff auf die Sicherheitsleistung Sorge zu tragen; genannt wird insoweit die Hinterlegung einer neuen Bürgschaft.

---

<sup>44</sup> Im durchgeführten Bund-Länder-Gespräch zu den Ergebnissen der Behördenbefragung betonten verschiedene Teilnehmer die Bedeutung des Erfordernisses der Insolvenzfestigkeit, insbesondere im Zusammenhang mit der Diskussion der Frage, ob ggf. „neue Sicherungsmittel“ notwendig seien.

In Hessen finden sich weitgehend mit Sachsen-Anhalt vergleichbare Regelungen. Unterschiede bestehen insoweit, als vorrangig (in erster Linie) Bürgschaften als Sicherungsmittel in Betracht zu ziehen sind. Hierbei sind auch sog. Konzernbürgschaften als Sicherungsmittel anerkannt, wenn bestimmte – näher benannte - Voraussetzungen vorliegen. Hierzu zählen insbesondere verschiedene Nachweise, die die Bonität des Konzerns bestätigen. Ein jährlicher Bonitätsnachweis ist dagegen regelmäßig nicht vorzulegen. Ein anderes Sicherungsmittel als die Bürgschaft darf nur ausnahmsweise in begründeten Fällen gewählt werden.

In Hessen ist – in Übereinstimmung mit den Regelungen in Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein – im Erlass weiter vorgesehen, dass selbst wenn eine öffentlich-rechtliche Baulast (zur Sicherung des Rückbaus) eingetragen ist, vom Bauherrn eine das Liquiditätsrisiko absichernde Sicherheitsleistung (in der Regel durch Bankbürgschaft) zugunsten der Genehmigungsbehörde oder der Bauaufsichtsbehörde zu fordern ist.

In Niedersachsen kann demgegenüber eine Sicherheitsleistung (allein) in Form der Eintragung einer Baulast oder beschränkt persönlichen Dienstbarkeit erfolgen, sofern der/die Grundstückseigentümer\*in selbst Bauherr ist. Alternativ ist auch eine Sicherheitsleistung in anderer Form möglich.

#### **2.2.2.2.3 Höhe/Berechnung der Sicherheitsleistung**

In Bezug auf die Höhe der zu leistenden Sicherheit besteht weitestgehend Einigkeit, auch wenn dies in den Ländererlassen in unterschiedlicher Intensität angesprochen wird. So geben Baden-Württemberg und Brandenburg lediglich an, dass sich die Höhe, sofern voraussehbar, an den vollständigen Rückbaukosten, inklusive der Aufhebung der Bodenversiegelung zu orientieren hat.

In Sachsen liegen konkrete und ausführliche Darlegungen zur Höhe der Sicherheitsleistung vor, wobei sich diese Ausführungen mit der Berechnung der Sicherheitsleistung vermischen. Dargelegt wird zunächst etwa, dass auch die Kosten für die Entsorgung und den Transport einschließlich der Mehrwertsteuer zu sichern sind. Zur Festlegung der Höhe kann die Behörde von Anlagenbetreiber\*innen eine Kostenkalkulation verlangen, die auf Plausibilität zu prüfen ist. In angemessenen Abständen ist die Sicherheitsleistung an die allgemeine Preisentwicklung anzupassen, was in der Regel dann notwendig ist, wenn sich der Baupreisindex um 15% erhöht hat. Eventuelle Einnahmen, etwa durch Recycling der Baustoffe, sind dagegen nicht zu berücksichtigen.

Sachsen-Anhalt legt fest, dass die Behörde als Anhaltspunkt für die Preisfestsetzung den Wert von ca. 30.000 € pro Megawatt installierte elektrische Leistung heranziehen kann, da diese Leistung den heutigen Erkenntnissen entspräche. Sofern die WEA-Hersteller\*innen keine anderen Angaben nachweisen, kann für WEA weiter von einer regelmäßigen Betriebsdauer von 20 Jahren ausgegangen werden. Für diesen Zeitpunkt sind die Rückbaukosten in Abhängigkeit der allgemeinen Preisentwicklung zu berechnen. Hierfür kann ca. 1 % pro Jahr, also hier 20%, zu den für heute ermittelten Rückbaukosten hinzugerechnet werden. Damit ergibt sich eine erforderliche Sicherheitsleistung von 36.000 € pro Megawatt installierte elektrische Leistung. Spätere Verwertungserlöse aus der Anlage stehen der Bauaufsichtsbehörde nicht zu und können in der Berechnung der Höhe der Sicherheitsleistung nicht berücksichtigt werden. Bei der Festlegung der Höhe berücksichtigt Sachsen-Anhalt auch die bisherigen Leistungen an Dritte. Hat der Bauherr der Anlage bereits gegenüber dem/der Grundstückseigentümer\*in eine Sicherheitsleistung für die Rückbaufinanzierung erbracht und ist diese auch als Sicherheitsleistung in ihrer Art und Höhe geeignet, so kann die Bauaufsichtsbehörde diese ggf. als geeignet anerkennen und annehmen.

Niedersachsen und Hessen nennen dagegen konkrete Berechnungsformeln für die Sicherungsleistungen:

$$\text{Nabenhöhe der WEA [m]} \times 1000 \text{ [Euro/m]} = \text{Betrag der Sicherheitsleistung [Euro]}$$

Niedersachsen stellt hierzu weiter klar, dass ein Abweichen von der Formel in begründeten Einzelfällen möglich ist und dass die grundsätzliche Berechnung auch die anfallende Umsatzsteuer (so auch in Hessen) enthält.

Brandenburg dagegen setzte bei der Ermittlung der Rückbaukosten grundsätzlich 10% der Rohbaukosten an, wobei bei WEA als fiktive Rohbausumme 40% der Herstellungskosten zu berücksichtigen sind. Abweichungen von diesem Grundsatz waren im Einzelfall möglich. Hierzu mussten Anlagenbetreiber\*innen eine Kostenkalkulation vorlegen, aufgrund derer dann die Sicherheitsleistung individuell berechnet wurde. Legte der zum Rückbau Verpflichtete (meist der/die Anlagenbetreiber\*in) keine Kostenkalkulation vor oder war die Berechnung der voraussichtlichen Höhe der Rückbaukosten aus Sicht der Bauaufsichtsbehörde nicht nachvollziehbar, so konnte diese die Höhe der Rückbaukosten schätzen und in der Baugenehmigung festsetzen.

In Nordrhein-Westfalen wird in der Regel eine Sicherheitsleistung in Höhe von mindestens 6,5% der Gesamtinvestitionskosten festgesetzt, wobei eine höhere Gesamtsumme aufgrund der Konstruktion der WEA denkbar ist.

#### **2.2.2.2.4 Ausnahmen zur Festsetzung**

Soweit Vorgaben zur Höhe/Berechnung der Sicherheitsleistung bestehen, sind in einzelnen Ländern auch Ausnahmen von diesen Vorgaben möglich.

So kann in Sachsen-Anhalt bei der Festlegung der Sicherheitsleistung berücksichtigt werden, ob bzw. das bereits eine Sicherheitsleistung an einen Dritten erbracht wurde und deswegen von einer erneuten Festsetzung abgesehen werden kann. Aber auch bei besonderen Umständen des Einzelfalls kann eine Ausnahme von dem Erfordernis der Sicherheitsleistung gerechtfertigt sein.

In Hessen soll von der Festsetzung einer Sicherheitsleistung abgesehen werden, wenn das Vorhaben von einer Eigengesellschaft, einer Gebietskörperschaft oder von einer Gebietskörperschaft selbst durchgeführt wird. Bei Anlagen, die von einer juristischen Person des Privatrechts mit überwiegender Beteiligung einer oder mehrerer Kommunen betrieben werden, soll die Vorlage einer Patronatserklärung der Kommune als Voraussetzung für den Verzicht auf die Sicherheitsleistung verlangt werden. Wenn anschließend ein Betreiberwechsel vorgenommen wird und die öffentliche Hand keine Beteiligung mehr aufweist, kann die Sicherheitsleistung nachgefordert werden. Dies sollte über eine Nebenbestimmung im Bescheid gesichert werden.

In Brandenburg konnte die Behörde von der Forderung einer Sicherheit absehen, soweit in tatsächlicher Hinsicht besondere Umstände vorlagen. Darunter fielen sehr geringe Rückbaukosten, sodass keine Zweifel an der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des zum Rückbau Verpflichteten bestanden (z.B. Vorhaben, bei denen die voraussichtlichen Rückbaukosten 10.000 Euro nicht überstiegen) oder wenn der zum Rückbau Verpflichtete ein der Aufsicht des Landes Brandenburg unterstehender öffentlicher Bauherr war.

#### **2.2.2.2.5 Begünstigte der Sicherheitsleistung**

Weitgehend Einigkeit – jedenfalls bei den Ländern, die sich in den Erlassen mit dieser Frage befassen – besteht hinsichtlich der Frage, an wen die Sicherheitsleistung zu erbringen ist.

Sowohl in Hessen, Sachsen-Anhalt als auch in Brandenburg ist die Sicherheitsleistung gegenüber der (Unteren) Bauaufsichtsbehörde zu erbringen, unabhängig davon, ob ein bau- oder ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren zu durchlaufen ist. In Hessen wird insoweit



explizit erläutert, dass eine Differenzierung nicht angebracht sei, da es sich bei der Sicherheitsleistung für den Rückbau um eine bauplanungsrechtliche Vorschrift handelt. Die Sicherheitsleistung sei daher immer beim Träger der Unteren Bauaufsichtsbehörde zu hinterlegen.

In Schleswig-Holstein ist der Erlasslage lediglich zu entnehmen, dass die Sicherheitsleistung an die Genehmigungsbehörde zu leisten ist.

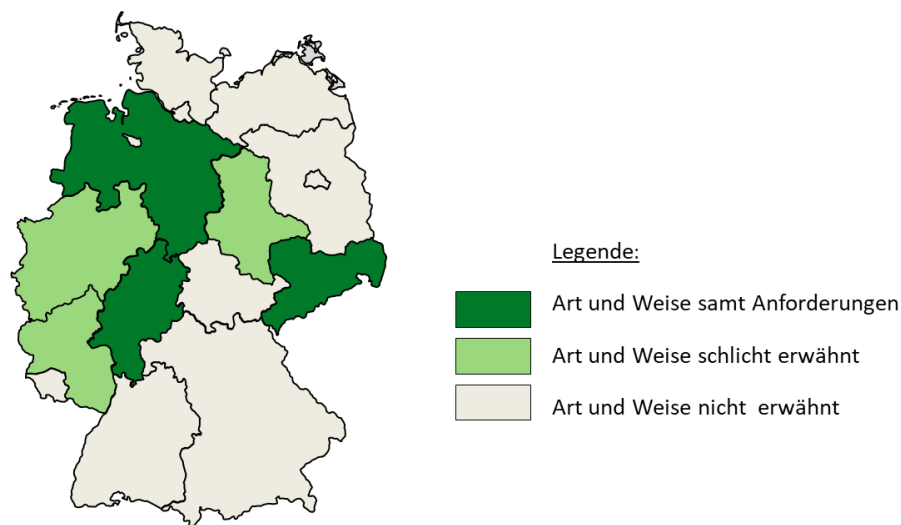
### 2.2.2.3 Zur Art und Weise des Rückbaus

Regelungen zur Art und Weise, wie der Rückbau von WEA zu erfolgen hat, existieren in verschiedenen Bundesländern auf untergesetzlicher Ebene.

#### Abbildung 3: Übersicht Art und Weise des Rückbaus

---

Darstellung der Bundesländer, in denen Regelungen bestehen, die die Art und Weise des Rückbaus betreffen



Quelle: eigene Darstellung, EY Law

Regelungsinhalt und -tiefe sind in den jeweiligen Regelwerken der Bundesländer dabei unterschiedlich. Die nachfolgende Darstellung systematisiert die Regelungen und betont dabei bestehende Gemeinsamkeiten und hebt relevante Unterschiede hervor.

#### 2.2.2.3.1 Definition des Rückbaus

Die Rückbauleistung wird in den einzelnen Ländererlassen ähnlich, aber nicht vollständig kongruent definiert.

In Niedersachsen und Hessen ist Rückbau definiert als die Beseitigung der Anlage bzw. des Vorhabens, welche(s) der bisherigen Nutzung diente und insoweit die Herstellung des davor bestehenden Zustandes.

In Sachsen umfasst die Rückbaudefinition die Beseitigung der Anlage und die Herstellung des davor bestehenden Zustands.

#### 2.2.2.3.2 Vorgaben zum Umfang des Rückbaus

Verschiedene Ländererlasse treffen Aussagen zum Umfang des Rückbaus von WEA, die letztlich ähnlich ausgestaltet sind.

In Sachsen wird für den Rückbau eines Vorhabens, das auf Grundlage von § 35 Abs. 1 Nr. 5 BauGB errichtet wurde, die Beseitigung aller ober- oder unterirdischen Anlagenteile, einschließlich der vollständigen Fundamente sowie die zugehörigen Nebenanlagen, Leitungen, Wege,

Plätze und sonstige versiegelte Flächen verlangt. Ebenfalls sind grundsätzlich Bodenlöcher wieder zu verfüllen.

Eine ähnliche Vorgabe existiert für Sachsen-Anhalt. Im dortigen Erlass ist vorgesehen, dass die Bodenversiegelungen zu beseitigen sind, wozu grundsätzlich ausdrücklich alle ober- und unterirdischen Anlagen und Anlagenteile (auch Fundamente) sowie die für die Anlage erforderliche Infrastruktur zählen, die mit der dauerhaften Nutzungsaufgabe der Anlage auch ihren Nutzen verlieren.

In Schleswig-Holstein müssen neben den ober- und unterirdischen Anlagen und Anlagenteile (auch Fundamente) auch Rohrleitungen, Strom- und andere Medienanschlüsse, Zuwegungen und - sofern erforderlich - auch Gründungselemente bei Pfahlgründungen beseitigt werden.

Hessen geht im Besonderen auf die zu beseitigende Bodenversiegelung ein und fordert, dass der Versiegelungseffekt, der zum Beispiel das Versickern von Niederschlagswasser beeinträchtigt oder behindert, nicht mehr besteht und dass zur Beseitigung nachhaltiger Verdichtungen im Unterboden entsprechende Maßnahmen (zum Beispiel Lockerung, geeignete Folgenutzung) umzusetzen sind. Ausdrücklich erwähnt wird auch die Möglichkeit, dass ein Rückbau nicht vollständig durchzuführen ist. Denkbar ist dies, wenn der vollständige Rückbau unverhältnismäßig ist oder öffentliche Belange, insbesondere Belange des Umwelt- und Naturschutzes, erheblich nachteilig beeinträchtigt werden könnten.

Auch in Niedersachsen sind grundsätzlich alle ober- und unterirdischen Anlagen und Anlagenteile sowie die zugehörigen Nebenanlagen wie Leitungen, Wege und Plätze und sonstige versiegelte Flächen zurückzubauen. Weiter wird als Ziel definiert, dass die durch die Anlage bedingte Bodenversiegelung so zu beseitigen ist, dass der Versiegelungseffekt, der z.B. das Versickern von Niederschlagswasser beeinträchtigt oder behindert, nicht mehr besteht. Ausnahmen von der Rückbaupflicht sind möglich, wenn die Anordnung eines vollständigen Rückbaus unverhältnismäßig wäre oder gewichtige öffentliche Belange beeinträchtigen würden. Eine besondere Regelung findet sich weiter für die WEA mit Pfahlgründungen. Diese können im Einzelfall insbesondere aus Bodenschutzgründen beim Rückbau im Boden verbleiben.

### **2.3 Erfahrung und Bewertung aus der (behördlichen) Praxis**

Anknüpfend an den vorstehend dargestellten Rechtsrahmen für den Rückbau und das Recycling von WEA werden im nachfolgenden Kapitel die Ergebnisse einer durchgeführten Behördenbefragung dargestellt. Befragt wurden im Kern Bau-, Immissionsschutz- und Abfallbehörden. Das Ziel der Befragung<sup>45</sup> war dabei zweiteilig. Einerseits sollten durch die Befragung (unterstützende) Informationen zu den Forschungsfragen „Berechnung der Sicherheitsleistung“ (vgl. Ziffer 3) und „Rückbaurelevante Herstellerinformationen“ (vgl. Ziffer 4) gesammelt werden.<sup>46</sup> Andererseits sollten behördenseitige Erfahrungen in der praktischen Anwendung des rechtlichen Rahmens ermittelt werden. Festgestellt werden sollten dabei insbesondere praktische Probleme und ggf. Anregungen für Verbesserungen.

---

<sup>45</sup> Eine ausführlichere Erläuterung des Aufbaus sowie der Durchführung der Befragung findet sich ebenso im Anhang, wie ein Muster des verwendeten Fragebogens.

<sup>46</sup> Die insoweit erlangten Informationen sind unmittelbar in die nachfolgende Darstellung zu den jeweiligen Forschungsfragen eingeflossen.

Die durch die Behörden erhaltenen Rückmeldungen werden nachfolgend gebündelt wiedergegeben. Der föderalen Struktur des Rechtsrahmens folgend, wurden die behördlichen Angaben bundeslandspezifisch ausgewertet. Hinsichtlich der nachfolgenden Darstellung ist zu berücksichtigen, dass die erfassten Rückmeldungen jeweils nur die Erfahrungen und Erwartungen der einzelnen Behörde wiedergeben. Verallgemeinerungsfähig sind die Antworten daher nur eingeschränkt. Gerade in der bundeslandübergreifenden Betrachtung zeigen sich aber für einzelne Bereiche wiederkehrende Probleme bzw. ein vergleichbares Vorgehen der Behörden.

Mit Blick auf die Verallgemeinerung der Rückmeldungen ist weiter zu berücksichtigen, dass die Erfahrungen der Behörden mit Rückbauvorhaben aktuell sehr unterschiedlich sind.<sup>47</sup> Den Rückmeldungen ist jedoch zu entnehmen, dass bis zum Jahr 2040 die meisten der derzeit bestehenden Anlagen zurückgebaut werden müssen.<sup>48</sup>

### **2.3.1 Anträge auf Verlängerung der Betriebsdauer und Untersagungsverfügungen?**

Ergeben hat die Befragung zunächst, dass in der behördlichen Praxis bislang keine Tendenz erkennbar ist, dass ein erforderlicher Rückbau zeitlich hinausgezögert werden soll, indem Anlagenbetreiber\*innen eine Verlängerung der genehmigten Betriebsdauer beantragen, soweit der Bescheid eine Laufzeitbegrenzung enthält, oder falls dies, wie meistens nicht der Fall, die Nutzungsdauer der Genehmigung dadurch verlängern, dass sie ein Weiterbetriebsgutachten vorlegen, dass die Standsicherheit der Anlage auch weiterhin gewährleistet ist. Erfahrungen mit Anträgen auf Verlängerung der Betriebsdauer wurden überhaupt nur in insgesamt 10 Rückmeldungen aus 5 Bundesländern angegeben (Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, NRW, Rheinland-Pfalz). Die Anzahl der jeweils gestellten Anträge ist dabei grundsätzlich gering.<sup>49</sup>

Wiederkehrende Probleme bei Verlängerungsanträgen wurden durch die Behörden kaum benannt. Aus verschiedenen niedersächsischen Antworten ist jedoch zu entnehmen, dass der Zustand von Schraubenverbindungen bzw. deren gutachterliche Bewertung nicht nur im Einzelfall problematisch war. Weitere wiederkehrende Probleme wurden durch die Behörden nicht ausdrücklich benannt. Auch in der Gesamtschau der Antwort sind solche nicht erkennbar. Soweit dennoch Probleme bei Verlängerungsanträgen mitgeteilt wurden, handelt es sich um Einzelfälle. So wurde in einem Fall etwa ein vermeintliches Gutachten eingereicht, dass durch eine Gesellschaft erstellt worden war, die nicht die (formale) Expertise zur Erstellung eines solchen Gutachtens hatte.

Ebenfalls von keiner nennenswerten Relevanz in der behördlichen Praxis sind Untersagungen des Anlagenbetriebs aufgrund von fehlenden oder fachlich nicht anerkennungsfähigen Gutachten (z.B. Standsicherheitsnachweis). Zwei Rückmeldungen (einmal NRW, einmal Niedersachsen)

---

<sup>47</sup> Lediglich in 51 der insgesamt vorliegenden 101 vorliegenden Rückmeldungen wird angegeben, dass Erfahrungen mit dem Rückbau von WEA bestehen. Dabei geben 24 Rückmeldungen an, dass in ihrem Zuständigkeitsbereich bislang weniger als 10 WEA zurückgebaut wurden. 20 Rückmeldungen weisen Erfahrungen aus dem Rückbau von 11 bis 50 WEA aus. 7 Rückmeldungen geben Erfahrungen aus dem Rückbau von über 50 WEA an. In diese Kategorie fallen allerdings auch – etwa über Ministerien erfolgte – gebündelte Mitteilungen für mehrere örtliche Zuständigkeitsbereiche.

<sup>48</sup> Im Fragebogen wurde gefragt, ob die Behörden zum erwarteten Rückbauumfang Angaben machen können. Die Qualität der Antworten war diesbezüglich heterogen und reicht in der Bandbreite von pauschalen Angaben („alle“, „nicht bekannt“) hin zu genauen Zahlenangaben. Im Verhältnis zum ebenfalls abgefragten aktuellen Anlagenbestand ist erkennbar, dass die meisten der derzeit bestehenden Anlagen im Zeitraum bis 2040 zurückgebaut werden müssen. Konkret lassen sich die Erwartungen zum Rückbauumfang in einzelnen Bundesländern anhand der Rückmeldungen beispielhaft wie folgt aufsummieren: Bayern 156 WEA; Brandenburg: 3090 WEA; Baden-Württemberg ca. 30 WEA (Angabe eines Kreises); Sachsen-Anhalt: 1532 WEA; Niedersachsen 217 WEA; NRW: 793 WEA; Rheinland-Pfalz: 1.112 WEA; Thüringen: ca. 290 WEA.

<sup>49</sup> Angegeben wurden jeweils gestellte Anträge im maximal niedrigen zweistelligen Bereich. Eine Ausnahme bildet ein niedersächsischer Landkreis, der über 200 Verlängerungsanträge gemeldet hat.

ist zu entnehmen, dass eine solche Untersagung bislang überhaupt ausgesprochen wurde. In dem aus Niedersachsen mitgeteilten Fall war ein fehlendes bzw. fehlerhaftes Gutachten für die Untersagung ursächlich.

### **2.3.2 Ist der Rückbau von WEA (finanziell) sichergestellt?**

Aus den Rückmeldungen ist zu entnehmen, dass der Bereich des Rückbaus behördenseitig überwiegend bereits bei Erteilung der Genehmigung zur Errichtung einer WEA berücksichtigt wird. Es liegen 75 Antworten vor, wonach Vorgaben zum Rückbau in Form von Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid aufgenommen werden. Die Antworten verteilen sich dabei gleichermaßen auf alle Bundesländer. In den Genehmigungsbescheiden wird der Anlagenrückbau vor allem durch Festsetzung einer zu leistenden Sicherheitsleistung berücksichtigt.<sup>50</sup> Aber auch abfallrechtliche Nebenbestimmungen werden in der behördlichen Praxis in die Genehmigungsbescheide aufgenommen. Vereinzelt erfolgten Hinweise, dass der Rückbau in „alten“ Genehmigungen nicht berücksichtigt wurde. Auch wurde in diesem Zusammenhang in einer Rückmeldung auf die Regelung des § 5 Abs. 3 und 4 BImSchG hingewiesen, wonach die Errichtung, der Betrieb und die Stilllegung einer Anlage unter ordnungsgemäßer und schadloser Verwertung von Abfällen sowie der Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Anlagengrundstückes erfolgen muss.

Kein Problem ist es in der überwiegenden Wahrnehmung der antwortenden Behörden, dass Vorgaben aus dem Genehmigungsbescheid nicht eingehalten werden.

Darüber hinaus kein virulentes Problem ist es nach den vorliegenden Rückmeldungen in der Praxis, dass WEA nach ihrer Stilllegung nicht zeitnah zurückgebaut werden und somit verfallen. Bei den eingegangenen 30 Rückmeldungen<sup>51</sup> wurde überwiegend (17 Nennungen) angegeben, dass das Zeitfenster zwischen Stilllegung und Rückbau maximal sechs Monate beträgt. Ein Zeitfenster von bis zu ein Jahr wurde demgegenüber neunmal und ein Zeitfenster, das über ein Jahr hinausgeht, wurde lediglich viermal benannt. Einschränkend ist anzumerken, dass ein Vergleich der tatsächlichen Zeiträume zwischen Stilllegung und Rückbau zwischen den Bundesländern anhand der Rückmeldungen nicht ohne weiteres möglich ist. Die Rückmeldungen aus den Ländern sind zu heterogen, um Rückschlüsse auf eine allgemeine Praxis in den Ländern zu erhalten. Weiter ist zu erkennen, dass einzelne Antworten keine tatsächlichen Erfahrungswerte widerspiegeln, da in dem jeweiligen Zuständigkeitsbereich bislang noch kein Rückbau einer WEA erfolgt ist.

Auch in dem Bereich der (finanziellen) Absicherung des Rückbaus wurden aus der bisherigen behördlichen Praxis keine erheblichen Problemfelder mitgeteilt. Dabei ist hinsichtlich der für den Rückbau genutzten Sicherungsmittel anhand der Rückmeldungen bundeslandübergreifend zunächst eine eindeutige Präferenz zu Konzern-/Bankbürgschaften (68 Nennungen) feststellbar. Hinterlegungen, etwa von Bankguthaben mit Sperrvermerk zugunsten der Behörde, werden ebenfalls für die finanzielle Absicherung des Rückbaus genutzt, wenn auch nicht in vergleichbarem Umfang (15 Nennungen).

---

<sup>50</sup> Im durchgeführten Bund-Länder-Gespräch zu den Ergebnissen der Behördenbefragung wurde hierzu die Einschätzung geäußert, dass Regelungen – so sie denn im Genehmigungsbescheid aufgenommen würden – den Rückbau aufgrund des zeitlichen Abstandes häufig nur ungenau und unzureichend betrachten.

<sup>51</sup> Angaben aus Baden-Württemberg, Berlin, Saarland, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern liegen zu diesem Bereich nicht vor.

Die in § 35 Abs. 5 S. 3 BauGB ausdrücklich als Sicherungsmittel benannte Baulast wurde in lediglich 21 Rückmeldungen benannt.<sup>52</sup> Sofern angegeben wurde, dass dieses Sicherungsmittel genutzt wird, ergibt sich aus den Antworten, dass dies nicht als einziges Sicherungsmittel eingesetzt wird. Typischerweise wird eine Baulast in Kombination mit einer Bürgschaft genutzt. Erläutert wurde der parallele Einsatz von Bürgschaft und Baulast damit, dass die Sicherung über eine Baulast bzw. beschränkt persönliche Dienstbarkeit im Grundbuch allein nicht ausreicht. Dieses Mittel garantiere nicht, dass der/die Grundstückseigentümer\*in/Anlagenbetreiber\*in über die erforderlichen finanziellen Mittel für den Rückbau tatsächlich verfügt.

Einheitlich sind die Antworten hinsichtlich der Frage ausgefallen, ob bestehende Sicherungsmittel bereits in Anspruch genommen werden mussten. Dies war bei keiner der vorliegenden Rückmeldungen der Fall. Die an diese Ausgangsfrage anknüpfenden Fragen, ob die Höhe der Sicherheitsleistung ausreichend war, ob sich die Sicherheit als insolvenzfest erwiesen hat und ob bereits ein Rückbau im Weg der Ersatzvornahme durchgeführt werden musste, blieben konsequenterweise überwiegend unbeantwortet.

Mitgeteilt wurde von 22 Behörden<sup>53</sup>, dass im Einzelfall auf die Festsetzung eines Sicherungsmittels verzichtet wurde. Als Gründe dafür wurde überwiegend die frühere Gesetzeslage, die bis 2004 galt und keine Sicherung erforderlich machte, genannt. Ebenso wurde auf Sicherungsmittel verzichtet, wenn die WEA innerhalb des Geltungsbereichs eines Bebauungsplanes errichtet wurde. In einem Fall wurde mitgeteilt, dass bei kommunalen Vorhaben auf die Sicherheitsleistung verzichtet wurde.

Bezogen auf den Stichtag 20.07.2004 (Einführung der Erforderlichkeit der Abgabe einer Rückbauverpflichtungserklärung ins BauGB) wird in den Rückmeldungen ausgeführt, dass zu diesem Zeitpunkt die behördliche Praxis angepasst wurde. So gibt eine Behörde aus Rheinland-Pfalz an, dass erst mit diesem Stichtag überhaupt Sicherheitsleistungen verlangt wurden. In einer Antwort aus Sachsen-Anhalt wird ausgeführt, dass zum Stichtag die Sicherheitsleistung von 36.000,00 Euro auf 41.000,00 Euro pro MW erhöht wurde.

### **2.3.3 Werden rückbaurelevante Informationen ausgetauscht?**

Bezogen auf die Informationserlangung der Behörden von Rückbauvorhaben hat die Befragung bundeslandübergreifend ergeben, dass die Behörden unproblematisch vom Rückbau von WEA Kenntnis erlangen, wenn dieser im Rahmen eines Repowering-Projektes erfolgt. Erfolgt demgegenüber nur ein Rückbau einer Bestandsanlage, werden die Behörden nicht in jedem Fall von Betreiber\*innen vor dem Rückbau informiert. Behörden aus Bayern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, NRW, Saarland und Thüringen berichten indes auch über Einzelfälle, in denen man über den Rückbau mehr oder weniger zufällig (aus der Tageszeitung, Information der Forstbehörde) erfahren hat.

### **2.3.4 Wird die umweltgerechte Entsorgung von WEA behördlich überwacht?**

Hinsichtlich der Überwachung der umweltgerechten Entsorgung von Abfall, der bei Rückbau von WEA anfällt, wurde von keiner der befragten Behörden mitgeteilt, dass eine flächende-

---

<sup>52</sup> Soweit ersichtlich, kennt lediglich das bayerische Landesbaurecht das Institut einer Baulast nicht. Die Nutzung von Baulasten wurde dennoch in zwei Rückmeldungen aus Bayern angegeben.

<sup>53</sup> Die Rückmeldungen entfallen auf Bayern, Brandenburg, Hessen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, NRW, Rheinland-Pfalz, Thüringen.

ckende Überwachung erfolgt. Vielmehr zeichnet sich für sämtliche Bundesländer, für die Rückmeldungen zu diesem Komplex vorliegen,<sup>54</sup> ein Bild, wonach die abfallrechtliche Überwachung stichprobenmäßig erfolgt. Einzelne Antworten aus Baden-Württemberg, Hessen, Hamburg und NRW betonen dies ausdrücklich. Für die übrigen Bundesländer ergibt sich dies aus einer Gesamtschau der vorliegenden Antworten.

Zur Art der Überwachung wurde überwiegend mitgeteilt, dass diese durch vorzulegende Dokumentationen wie Entsorgungsnachweise, Rechnungen oder Wiegescheine erfolgt. Auf eine vorzulegende vollständige Abfallbilanz verweist eine Antwort aus Sachsen-Anhalt. Eine lediglich stichprobenartige Kontrolle vor Ort wird wiederum nur in einer Antwort aus Baden-Württemberg angesprochen.

Kaum Rückmeldungen gab es zu der Frage, ob bzw. wie ein Informationsaustausch zwischen der für die abfallrechtliche Überwachung zuständigen Behörde und den weiteren Behörden erfolgt, die bei einem Rückbau eines WEA involviert sind. Einzelne Behörden haben mitgeteilt, dass ein Informationsaustausch – etwa durch die Übermittlung von Entsorgungsnachweisen – erfolgt. Dem stehen jedoch Antworten anderer Behörden gegenüber, dass gerade kein Informationsaustausch erfolgt. Anhand der vorliegenden Antworten ist nicht erkennbar, dass der Informationsfluss im Bereich der Entsorgung bundeslandspezifisch oder auch nur regional durch die Behörden als Problem angesehen wird.

Uneinheitlich ausgefallen sind die Antworten zu der Frage, ob weitere Regelungen zu der Überwachung der Entsorgung erforderlich sind. Für die überwiegende Anzahl der Bundesländer liegen sowohl Rückmeldungen vor, dass die derzeitigen Regelungen ausreichen, als auch gegenteilige Antworten. Rein quantitativ überwiegen bundeslandübergreifend die Antworten, wonach keine weiteren Regelungen benötigt werden. Eine Ausnahme bildet hier Brandenburg. Hier ist der überwiegenden Zahl der Rückmeldungen der Wunsch nach einer Regelung dazu zu entnehmen, wie der Rückbau von WEA erfolgen soll, welche Komponenten welcher Abfallschlüsselnummer zuzuordnen sind und wie die weitere Behandlung/ Verwertung der Abfälle zu erfolgen hat. Eine klare Zuordnung der beim Rückbau anfallenden Abfälle zu einer Abfallschlüsselnummer wird auch ministeriumsseitig aus Hessen angeregt. Ebenso wird eine Empfehlung zum Verzicht auf bestimmte Produkte angeregt (z.B. Verzicht auf Carbon- oder Glasfaserbewehrungen in den Betonfundamenten), soweit diese eine möglichst hochwertige Entsorgung erschweren. Qualitativ wiegen die Antworten aus Brandenburg und Hessen dabei besonders, da im Zuständigkeitsbereich der antwortenden Behörden bereits vielfach WEA zurückgebaut wurden und damit Erfahrungen in diesem Bereich bestehen.

### **2.3.5 Erwartungen an die zukünftigen Rückbaukosten**

Abgefragt wurde auch, ob die Behörden durchschnittliche Investitionskosten je WEA benennen können. Hintergrund war insoweit, dass einer der praktizierten Ansätze zur Berechnung der Sicherheitsleistung an der Investitionssumme anknüpft. Überwiegend wurde diese Frage nicht beantwortet.<sup>55</sup> Soweit die Frage beantwortet wurde, lässt sich eine Tendenz in den Antworten zu Investitionskosten von durchschnittlich ca. 3 Mio. Euro erkennen.

Im Einzelnen zeichnet sich folgendes Bild in den Bundesländern. Aus Bayern liegt eine Rückmeldung vor, die die Investitionskosten mit ca. 3,1 Mio. Euro angibt. Aus Brandenburg gaben sechs

---

<sup>54</sup> Keine inhaltlichen Rückmeldungen liegen zu diesem Komplex aus Bremen und Schleswig-Holstein vor.

<sup>55</sup> Aus den Bundesländern Berlin, Baden-Württemberg, Hamburg, Saarland, Sachsen und Bremen wurden keine Angaben übermittelt.

von neun Behörden die Investitionskosten mit ca. 3,5 Mio. Euro an. Hessen bezifferte die Investitionssumme mit unter 1 Mio. € pro MW der WEA. Mecklenburg-Vorpommern gab die Investitionskosten mit 590.000 Euro je MW der WEA an. In Sachsen-Anhalt bewegen sich die Antworten überwiegend im Bereich um die 3,5 Mio. Euro, wobei die einzelnen Rückmeldungen hier weit auseinander lagen. Für NRW (zehn Antworten) liegen die Antworten in der Spanne von 2.1 bis 4.5 Mio. Euro, wobei überwiegend von ca. 3 Mio. Euro ausgegangen wird. Eine Stadt in Nordrhein-Westfalen wies in ihrer Antwort darauf hin, dass sie keine Angaben machen könne, da es sich um Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse handle. In Rheinland-Pfalz wurden in drei Rückmeldungen die Investitionskosten mit durchschnittlich 3,5 Mio. Euro bzw. auf 700.000 bis 800.000 Euro je MW der WEA angegeben. Schleswig-Holstein gab die durchschnittlichen Investitionskosten mit 4,3 Mio. Euro an. Die thüringischen Behörden (fünf Antworten) gaben durchschnittliche Investitionskosten zwischen 3,2 Mio. und 3.75 Mio. Euro an. Niedersachsen hat sehr wenige und im Ergebnis auseinander liegende Antworten gegeben. So gibt eine Behörde die Investitionskosten mit circa 2,8 Mio. Euro an, während eine andere Behörde Investitionskosten im Bereich zwischen 3 bis 5 Mio. Euro angegeben hat.

### **2.3.6 Aktuelle Probleme und wünschenswerte Maßnahmen**

Schlussendlich wurden bei den Behörden Wünsche und Probleme allgemeiner Natur abgefragt. Insbesondere sollte Gelegenheit und Raum für freitextliche Antworten gegeben werden.

Die erste Frage nimmt mögliche einheitliche Vorgaben für den Rückbau in den Blick. Die Einführung einheitlicher Vorgaben wird unterschiedlich bewertet. Die einzige Rückmeldung aus Hamburg ist gegen einheitliche Vorgaben und einer Behörde aus Niedersachsen genügt eine Überarbeitung des bestehenden Windenergieerlasses. Als gemeinsame Komponente zieht sich der Wunsch nach klaren Zuständigkeiten durch die Antworten. Vereinzelt wird der Vorschlag unterbreitet, dass die Anlagenbetreiber\*innen im Genehmigungsverfahren ein Rückbaukonzept vorlegen müssen. Teilweise werden Vorgaben durch konkrete Beispiele sogar aktiv gefordert. So will Bayern einen einheitlichen Katalog, der die Kalkulation der Rückbaukosten darstellt. Brandenburg sieht eine Verordnung mit Festlegungen hinsichtlich der Behandlung und Verwertung von Abfällen sowie einheitliche Regelungen zum Lebenszyklus von WEA als sinnvoll an. Aus Nordrhein-Westfalen kam der Wunsch nach einem einheitlichen Realisierungs- bzw. Anforderungskonzept sowie nach Vorgaben für die Ermittlung der Rückbaukosten.<sup>56</sup> Die Schaffung allgemein anerkannter technischer Regelungen zum ordnungsgemäßen Rückbau und Demontage der Komponenten für einen möglichst einheitlichen Vollzug im Rahmen der Überwachung des Rückbaus sieht Thüringen als geboten an.

Frage zwei hatte zum Ziel, dass Problemfelder identifiziert und möglicher Lösungsansätze vorgestellt werden. Es erreichten uns vielfach Antworten, dass einheitliche Vorgaben fehlen würden, sowohl in technischer als auch rechtlicher Hinsicht. Allerdings antworteten sieben Bundesländer (Berlin, Baden-Württemberg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen und Schleswig-Holstein) nicht auf die Frage. Neben fachrechtlichen Schwierigkeiten (hier insbesondere das Natur- und Artenschutzrecht) werden auch unterschiedliche Zuständigkeiten und die mangelnde Digitalisierung als Probleme benannt. Das Vorliegen beider Problemfelder wurde beim Bund-Länder-Gespräch überwiegend durch die teilnehmenden Behörden bestätigt. Dane-

---

<sup>56</sup> Im durchgeführten Bund-Länder-Gespräch zu den Ergebnissen der Behördenbefragung wurde durch verschiedene Teilnehmer ebenfalls betont, dass kaum valide Daten zu den zu kalkulierenden Rückbaukosten vorlägen; Schätzungen der Hersteller lägen – auch bei gleichem Anlagentyp – zum Teil erheblich auseinander. Die Berechnung durch die Behörde erfolge daher oft „laienhaft“. Ebenfalls wurde geäußert, dass die Entsorgungskosten als wesentlicher Treiber für die Rückbaukosten anzusehen seien.

ben bestehen auch praktische Probleme, u.a. dann, wenn keine Sicherheit geleistet wurde (Altanlage) – aber auch bei mangelnder Flächenverfügbarkeit oder wenn WEA gesprengt oder „umgezogen“ wurden.

Der überwiegende Teil der Bundesländer sieht die bestehenden technischen Regelungen als ausreichend an. In Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und teilweise in Bayern, Brandenburg und Thüringen werden allerdings Stimmen laut, dass es weiterer Gesetze oder Verordnungen zu einzelnen Fragen des Rückbaus bedarf, gleichzeitig wird vereinzelt auch darauf hingewiesen, dass Regelungen zum Rückbau weiterhin flexibles/situationsangepasstes Handeln ermöglichen müssen.

Die Frage, ob ein stärkerer Austausch zwischen Behörden und Anlagenbetreiber\*innen als erforderlich erachtet wird, wird dominierend mit ja beantwortet. Abweichende Meinungen dazu werden nur teilweise begründet. So gibt eine niedersächsische Behörde an, dass es „grundsätzlich wichtigere Themen im Bereich der Windenergie und dessen Förderung gibt als den Austausch“.

Ob ein Rückbaufond als sinnvoll erachtet wird, kann nicht einheitlich beantwortet werden. Die Antworten mit ja und nein halten sich die Waage. Als Gründe für eine Ablehnung eines Rückbaufonds werden die bestehenden Sicherungsmittel und die Verantwortung der Anlagenbetreiber\*innen genannt.

Ebenso uneinheitlich wird die Frage beantwortet, ob ein allgemeines Realisierungskonzept sinnvoll sein könnte. So folgten sogar aus verschiedenen Bundesländern, von denen mehrere Behörden an der Umfrage teilnahmen, unterschiedliche Positionen dazu. Als Hinweis sei erwähnt, dass eine brandenburgische Behörde meint, dass ein solches Konzept nur „außerhalb von Genehmigungen möglich sei und nur, wenn es aktuellen EU-Vorgaben und dem technologischen Fortschritt angepasst wird.“



## 3 Berechnungsformeln für Sicherheitsleistungen

Zur Sicherstellung des Rückbaus von WEA werden als Voraussetzung für die Erteilung der Baugenehmigung Sicherheitsleistungen verlangt, die zur Einhaltung der Rückbauverpflichtung nach §35 BauGB dienen.

In diesem Kapitel sollen die Berechnungsansätze und -formeln zur Bestimmung von Sicherheitsleistungen weiterführend zu Kapitel 2.2.2.2.3 identifiziert und bewertet werden, um im Anschluss Handlungsempfehlungen zur Sicherstellung einer guten Rückbaupraxis für die Zukunft zu erarbeiten. Zur Zielerreichung wurden aktuelle Ansätze für Rückstellungsleistungen sowie Investitionen und Rückbaukosten analysiert und bewertet.

### 3.1 Aktuelle Praktiken bei der Berechnung von Sicherheitsleistungen in Deutschland und Europa

#### 3.1.1 Vorgehensweise bei der Analyse von Sicherheitsleistungen

Die Analyse von Ansätzen zur Bestimmung von Rückstellungsleistungen stellt die Grundlage für deren anschließende Bewertung und die Ableitung von Handlungsempfehlungen dar. Dabei sollen zunächst sowohl Berechnungsformeln zum Ansatz von Rückstellungsleistungen für den Rückbau identifiziert und übersichtlich dargestellt werden.

Für die Identifikation dienen die gewonnenen Informationen aus den ausgewerteten rückbauspezifischen Erlassen. So geben diese Erlasse sowie die Ergebnisse der Behördenbefragung ein Bild über länderspezifische Berechnungsformeln, bzw. -ansätze. Zudem wurden weitere Ansätze durch Literaturanalysen ermittelt. Dazu konnten beispielsweise folgende Quellen herangezogen werden:

- ▶ Veröffentlichungen von Ministerien und Behörden (z.B. im Rahmen parlamentarische Anfragen) sowie von politischen Parteien (z.B. Programme, Stellungnahmen)
- ▶ Veröffentlichungen von Hersteller\*innen und Betreiber\*innen von WEA

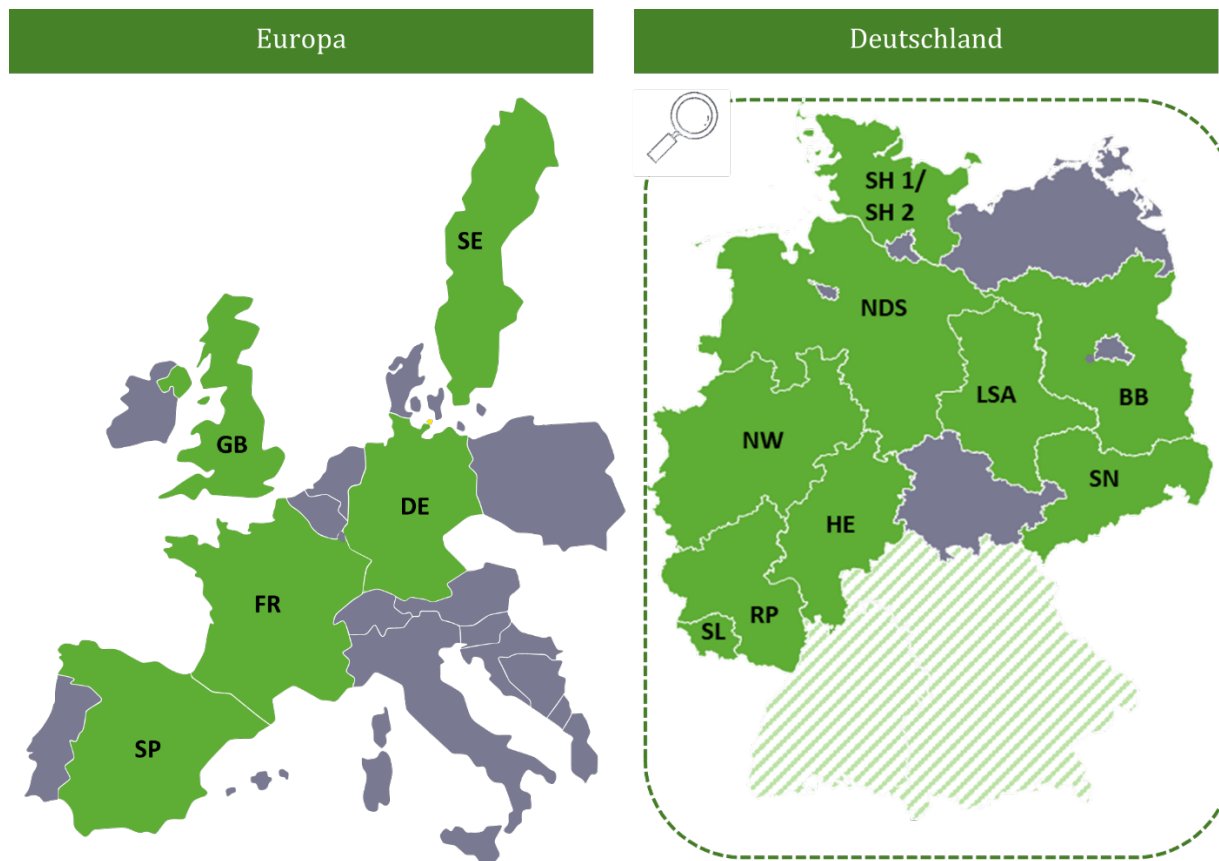
Des Weiteren wurden Vorgehensweisen aus anderen europäischen Staaten analysiert. Ergänzt und bestätigt wurden die Ergebnisse durch die Antworten auf die durchgeführte Behördenbefragung.

#### 3.1.2 Ergebnisse und Übersicht der aktuellen Berechnungsansätze

Das Ergebnis der Recherche und die Zusammenstellung verschiedener Ansätze zur Bestimmung der Sicherheitsleistung ist vielseitig und zeigt eine Diskrepanz zwischen den deutschen Bundesländern, aber auch im europäischen Ausland.

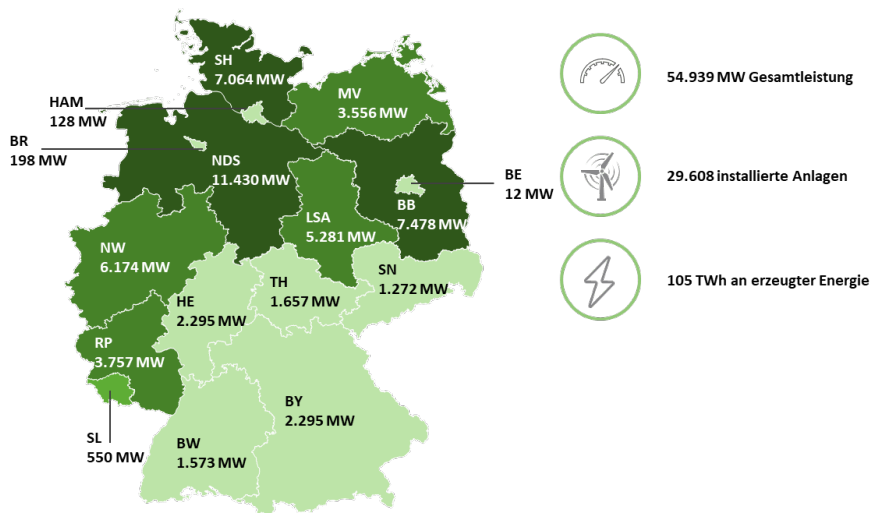
Insgesamt konnten in neun deutschen Bundesländern konkrete Ansätze identifiziert werden, sowie weniger definierte Ansätze in zwei weiteren deutschen Bundesländern. Des Weiteren gibt es in vier europäischen Staaten definierte Ansätze zur Bestimmung von Sicherheitsleistungen. Abbildung 4 veranschaulicht dafür die Abdeckung in Deutschland und Europa. Die grün gefüllten Flächen stellen dabei Länder mit konkreten Formeln dar, während eine Schraffierung die Länder mit weniger konkreten Ansätzen zeigt. Dabei ist im Vergleich mit Abbildung 5 zu erkennen, dass die deutschen Bundesländer mit konkreten Berechnungsansätzen deckungsgleich mit den Ländern mit der höchsten installierten WEA Leistung sind. Dies spricht für einen bedarfsgerechten und pragmatischen Umgang mit einzufordernden Sicherheitsleistungen in den verschiedenen Bundesländern.

**Abbildung 4: Länder und Bundesländer mit definierten Ansätzen für die Bestimmung von Sicherheitsleistungen**



Quelle: eigene Darstellung, EY

**Abbildung 5: Installierte Windenergieleistung an Land nach Bundesland 2020<sup>57</sup>**



Quelle: eigene Darstellung, EY

<sup>57</sup> Bundesverband Windenergie e.V. in Zusammenarbeit mit Fraunhofer ISE: „Windenergie Factsheet 2020 Deutschland“, Stand Februar 2021.

### 3.1.3 Kategorisierung der Berechnungsansätze

Die identifizierten Berechnungsansätze unterscheiden sich fundamental in den für die Berechnung heranzuziehenden Eingangsgrößen. Neben betriebswirtschaftlichen Eingangsgrößen basierend auf den Investitionskosten werden ebenso technische Eingangsgrößen wie Leistung und Nabenhöhe für die Berechnung herangezogen. Weiterhin existieren sonstige Berechnungsansätze wie z.B. auf der Grundlage von vorzulegenden tatsächlichen Rückbaukosten oder in Form von Pauschalbeträgen.

Die Berechnungsansätze werden anhand der jeweiligen Eingangsgrößen wie folgt kategorisiert:

- ▶ Investitionskosten
- ▶ Anlagenleistung
- ▶ Nabenhöhe
- ▶ Sonstige Ansätze

#### 3.1.3.1 Nach Investitionskosten

Die Berechnungsansätze nach Investitionskosten ziehen entweder die Investitionskosten oder ihre Bestandteile für die Berechnung der Sicherheitsleistung heran. Es werden die folgenden Eingangsgrößen verwendet:

- ▶ Investitionskosten: Gesamtkosten für die Errichtung der WEA (ohne Grundstück)
- ▶ Herstellkosten: Kosten für die Herstellung des Rohbaus der WEA und der elektrotechnischen Komponenten
- ▶ Rohbaukosten: Kosten für die Herstellung des Rohbaus der WEA ohne die elektrotechnischen Komponenten

Die Höhe der Sicherheitsleistung für die Rückbaukosten bestimmt sich dann in der Regel über einen festgeschriebenen prozentualen Anteil der jeweiligen Eingangsgröße (in %).

Tabelle 2 gibt eine Übersicht zu den Berechnungsansätzen, basierend auf den Investitionskosten und deren Bestandteilen.

**Tabelle 2: Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Investitionskosten**

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Brandenburg	BB	▶ 10 % der Rohbaukosten der WEA (mit Rohbaukosten i.H.v. 40 % der Herstellkosten der WEA)	Parlamentarische Anfrage	2020
Nordrhein-Westfalen	NW	▶ 6,5 % der Investitionskosten der WEA	Erlass	2015
Rheinland-Pfalz	RP	▶ 5 % der Herstellkosten der WEA	Parlamentarische Anfrage	2016
Sachsen	SN	▶ 5 % der Investitionskosten der WEA	Arbeitshilfe	2016

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Schleswig-Holstein	SH 1	► 10 % der Rohbaukosten der WEA	Parlamentarische Anfrage	2012
Schleswig-Holstein	SH 2	► 4 % der Herstellkosten der WEA	Parlamentarische Anfrage	2012

In Brandenburg wird die Sicherheitsleistung mit zehn Prozent der Rohbaukosten multipliziert, wobei die Rohbaukosten vierzig Prozent der Herstellungskosten der WEA entsprechen. Aus einer parlamentarischen Anfrage im Jahr 2016 ergab sich in Rheinland-Pfalz eine ähnliche Regelung wie in Brandenburg, hier liegt der Faktor aber bei niedrigeren fünf Prozent der Herstellkosten. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt Schleswig-Holstein, indem die Sicherheitsleistungen entweder zehn Prozent der Rohbaukosten oder vier Prozent der Herstellkosten entsprechen. Außerdem kann die Sicherheitsleistung in Höhe der Abbruchkosten zuzüglich einer 40% Kostensteigerung für einen Betriebszeitraum von 20 Jahren festgesetzt werden. Neben den aufgezählten Ansätzen wurde 2015 in Nordrhein-Westfalen ein Erlass herausgegeben, der die Sicherheitsleistung mit 6,5% der Investitionskosten bestimmt. Hierbei ist zu beachten, dass die in NRW angesetzten 6,5% bereits Kosten für Grundstücke enthalten. Zur Vereinfachung und Gewährleistung einer einheitlichen Basis werden diese in der weiteren Analyse allerdings vernachlässigt. In Sachsen werden gemäß einer Arbeitshilfe aus dem Jahr 2016 die Sicherheitsleistungen mit fünf Prozent der Errichtungskosten berechnet.

### 3.1.3.2 Nach Leistung

In den europäischen Nachbarländern Spanien und Frankreich, wie auch in Großbritannien, dem Saarland und Sachsen-Anhalt werden die Rückstellungsleistungen mit Hilfe der Leistung der WEA berechnet. Tabelle 3 gibt eine Übersicht zu den Berechnungsansätzen, basierend auf der Leistung der WEA.

**Tabelle 3: Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Leistung**

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Saarland	SL	► Pro MW: 40.000 EUR zzgl. 1 % pro Jahr über die Nutzungsdauer	Parlamentarische Anfrage	2020
Sachsen-Anhalt	LSA	► Pro MW: 30.000 EUR zzgl. 1 % pro Jahr über die Nutzungsdauer	Arbeitshilfe	2015
Frankreich	FR	► Für WEA ≤ 2 MW: 50.000 EUR ► Für WEA > 2 MW: 50.000 EUR zzgl. 10.000 EUR pro MW für die 2 MW übersteigende Leistung	Verordnung	2016
Spanien	SP	► Pro MW: 20.000 EUR	Gesetz	2016
Großbritannien <sup>58</sup>	GB	► Pro MW: 17.874 EUR	-	2012

<sup>58</sup> Typischer Wert für Decommissioning Bond (15.000 GBP) als Basis und Umrechnung in EUR mit Wechselkurs zum Stichtag 21.11.2021 (1,19161).

Laut einer parlamentarischen Anfrage aus dem Jahr 2020 wird die Sicherheitsleistung im Saarland wie folgt berechnet: 40.000 EUR je MW zuzüglich der Laufzeit der WEA multipliziert mit 40.000 EUR je MW. Eine ähnliche Berechnungsformel wurde 2015 in Sachsen-Anhalt erlassen. Hier beläuft sich die Sicherheitsleistung je MW auf 30.000 EUR. In Frankreich gilt eine Regelung für alle Regionen bzw. Gebietskörperschaften, bei der eine Fallunterscheidung für Anlagen kleiner gleich bzw. größer als zwei Megawatt durchgeführt wird. Laut einer Veröffentlichung gelten im Vereinigten Königreich 15.000 Pfund pro Megawatt als Rückstellungsrichtwerte beim Betrieb von WEA.

### 3.1.3.3 Nach Nabenhöhe

In Niedersachsen und Hessen wird die Sicherheitsleistung in Form der Nabenhöhe der WEA gemäß Tabelle 4 bemessen. Da es sich bei diesen Berechnungsansätzen um identische Ansätze mit identischen Eingangsgrößen handelt, sind die beiden Ansätze in einem Ansatz zusammengefasst.

**Tabelle 4: Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Nabenhöhe**

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Niedersachsen und Hessen	NDS/HS	▶ Nabenhöhe der WEA (m) multipliziert mit Faktor 1.000	Erlass	2016/2020

### 3.1.3.4 Nach sonstigen Ansätzen

Nachfolgende Tabelle 5 gibt eine Übersicht zu den Berechnungsansätzen, welche auf sonstigen Ansätzen basieren. Die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Schleswig-Holstein ziehen für die Bestimmung der Sicherheitsleistung die tatsächlichen Rückbaukosten heran. Eine Berechnungsformel kommt bei diesen Ansätzen nicht zum Einsatz. Analog veröffentlichen in Italien die Regionen Preislisten zu aktuellen demontierten Anlagen, welche als Vergleichsmöglichkeit für WEA-Entwickler dienen und verbindlich sind. Diese Ansätze können für die weitere Bewertung nicht herangezogen werden, da keine quantifizierbaren Eingangs- und Ausgangsgrößen vorliegen.

Schweden zieht für die Sicherheitsleistung fixe Pauschalen zwischen 32.300 bis 43.000 EUR heran, welche für die Bewertung der Berechnungsformeln gemittelt werden. Dabei sind 15 % der gesamten Sicherheitsleistung vor Baubeginn zu zahlen, während die restlichen 85 % in Raten vor beziehungsweise während des Betriebes gezahlt werden.

**Tabelle 5: Berechnungsansätze für Sicherheitsleistungen nach Rückbaukosten**

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Baden-Württemberg	-	▶ voraussichtliche Rückbaukosten	Erlass	2012
Bayern	-	▶ „schlüssige Kostenschätzung des Betreibers die Grundlage, teils wird zum Gegenrechnen bzw. stattdessen ein prozentualer Wert der Investitionskosten oder ein fester Betrag pro Megawatt installierter elektrischer Leistung veranschlagt“	Parlamentarische Anfrage	2020

(Bundes-)Land	Kürzel	Berechnungsansatz	Quelle	Jahr
Schleswig-Holstein	-	► Abbruchkosten zzgl. 40 % Kostensteigerung (für einen Nutzungszeitraum von 20 Jahren)	Parlamentarische Anfrage	2012
Schweden <sup>59</sup>	SE	37.650 EUR	-	-
Italien	-	► „Festgelegt anhand von jährlich von den Regionen herausgegebenen und aktualisierten Preislisten, z.B. ca. 436.000 € pro Turbine für einen 10-MW-Park mit Vestas V100 2 MW-Turbinen“	-	-

## 3.2 Tatsächliche Investitions- und Rückbaukosten

### 3.2.1 Vorgehensweise bei der Ermittlung der tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten

Die tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten von WEA stellen die Grundlage für die anschließende Bewertung der Berechnungsformeln für Sicherheitsleistungen und die Ableitung von Handlungsempfehlungen dar.

Für die Ermittlung der tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten werden die folgenden Quellen herangezogen:

- Ergebnisse der Behördenbefragung: Angaben zu regional beobachteten, anlagenspezifischen Investitionen und Rückbaukosten
- Veröffentlichungen von Hersteller\*innen von WEA: Anlagenspezifische Angaben zu Herstellkosten, Rohbaukosten, sowie Rückbaukosten und Verwertungserlösen

Anhand der anlagenspezifischen Datensätze bestätigt sich, dass sich die tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten stark in Abhängigkeit der jeweils betrachteten WEA unterscheiden. Die gemeldeten Investitionskosten schwanken von 500 bis 4.135 TEUR, die Rückbaukosten liegen in einem Bereich von 4 TEUR bis 515 TEUR.

Die Studie UBA 117/2019 begründet die hohe Bandbreite an Kosten mit der großen technologischen Diversität der WEA und unterschiedlicher Rückbaukonzepte. Bedeutende individuelle Einflussgrößen der tatsächlichen Rückbaukosten sind demnach beispielsweise die verwendeten Komponenten, Nabenhöhe, Turmkonzept, Kranmodell, Art der Demontage, Entsorgungskosten sowie die konkrete Anzahl rückzubauenden WEA (z.B. in einem Windpark).

Die tatsächlichen Investitions- und Rückbaukosten können sich aufgrund zahlreicher Einflussgrößen im Einzelfall stark unterscheiden und zu einem unspezifischen Analyseergebnis der Berechnungsformeln führen. Um diesen Effekt zu begrenzen, werden für die weitere Analyse aus den vorliegenden anlagenspezifischen Datensätzen, Anlagenkategorien gebildet. Die Anlagenkategorien bestimmen sich dabei anhand leicht zugänglicher und eindeutiger anlagentechnischer

<sup>59</sup> Vereinfachte Betrachtung des arithmetischen Mittels aus minimal und maximal angesetzten Rückbaukosten (32.300 und 43 000 EUR).

Kenngrößen. Die Analyse und die Bewertung der Berechnungsformeln erfolgt anhand der definierten Anlagenkategorien, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

### **3.2.2 Kategorisierung der Investitions- und Rückbaukosten**

Um die Berechnungsformeln einer einheitlichen und transparenten Bewertung zu unterziehen, ist die Kategorisierung der tatsächlichen anlagenspezifischen Investitions- und Rückbaukosten erforderlich. Dabei werden sechs verschiedene Anlagenkategorien anhand leicht zugänglicher und eindeutiger anlagentechnischer Kenngrößen von WEA gebildet:

- ▶ Nach Leistung (Drei Anlagenkategorien: L1, L2 und L3)
- ▶ Nach Nabenhöhe (Drei Anlagenkategorien: N1, N2 und N3)

Um die Einteilung der anlagenspezifischen Datensätze in die oben genannten Anlagenkategorien vornehmen zu können, werden die Datensätze anhand des Marktstammdatenregisters (MaStR) der Bundesnetzagentur anlagenspezifisch plausibilisiert und um die technischen Parameter (z.B. Leistung, Nabenhöhe) vervollständigt.

Die Investitions- und Rückbaukosten jeder Anlagenkategorie ergeben sich als Mittelwert aller Investitions- und Rückbaukosten derjenigen WEA, welche in die jeweilige Anlagenkategorie fallen.

Für die transparente Bewertung der verschiedenen Berechnungsformeln sind verschiedene Kennzahlen zu jeder Anlagenkategorie zu bestimmen. Daher werden für jede Anlagenkategorie die folgenden Kostengrößen ermittelt:

- ▶ Investitionskosten: Gesamtkosten für die Errichtung der WEA (ohne Grundstück)
- ▶ Herstellkosten: Kosten für die Herstellung des Rohbaus der WEA und der elektrotechnischen Komponenten
- ▶ Rohbaukosten: Kosten für die Herstellung des Rohbaus der WEA ohne die elektrotechnischen Komponenten
- ▶ Rückbaukosten: Kosten für den Rückbau der WEA unter Berücksichtigung der Erlöse für die Verwertung von Materialien

Weiterhin werden für jede Anlagenkategorie die folgenden weiteren Kennzahlen erhoben:

- ▶ Datensatz: Anzahl der WEA im Datensatz
- ▶ Marktabdeckung: Anzahl der in der Anlagenkategorie repräsentierten WEA in Deutschland
- ▶ Leistung: Durchschnittliche Leistung der in der Anlagenkategorie repräsentierten WEA in Deutschland
- ▶ Nabenhöhe: Durchschnittliche Nabenhöhe der in der Anlagenkategorie repräsentierten WEA in Deutschland

Nachfolgend werden die resultierenden Anlagenkategorien näher spezifiziert.

### 3.2.2.1 Nach Leistung (Kategorien L1, L2 und L3)

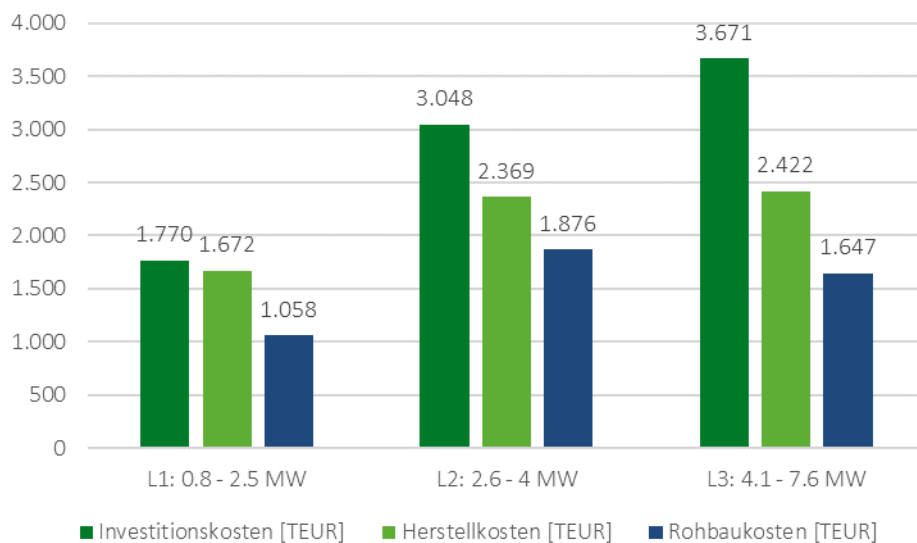
In der Kategorisierung nach Leistung erfolgt die Einordnung der anlagenspezifischen Investitionen und Rückbaukosten anhand ihrer Bruttoleistung. Die definierten Leistungsbereiche berücksichtigen die Anzahl verfügbarer Datensätze. Kleinere Anlagenleistungen unter 0,8 MW werden dabei aufgrund einer beschränkt repräsentativen Datenlage und der untergeordneten Relevanz für den Neubau nicht berücksichtigt. Die durchschnittliche Anlagenleistungen neugebauter Anlagen steigen laut Branchenangaben kontinuierlich und liegen dabei seit dem Jahr 2000 über 1,0 MW.<sup>60</sup> Im Jahr 2021 liegt die durchschnittliche Anlagenleistung bei 4,0 MW.<sup>61</sup>

Die drei Anlagenkategorien teilen sich in Abhängigkeit der Bruttoleistung wie folgt auf:

- ▶ L1: Anlagen im Leistungsbereich von 0,8 bis 2,5 MW
- ▶ L2: Anlagen im Leistungsbereich von 2,6 bis 4,0 MW
- ▶ L3: Anlagen im Leistungsbereich von 4,1 bis 7,6 MW

In der folgenden Abbildung 6 und Abbildung 7 werden je Anlagenkategorie die Mittelwerte der Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten sowie die Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse bestimmt.

**Abbildung 6: L1, L2, L3: Durchschnittliche Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten [TEUR]**



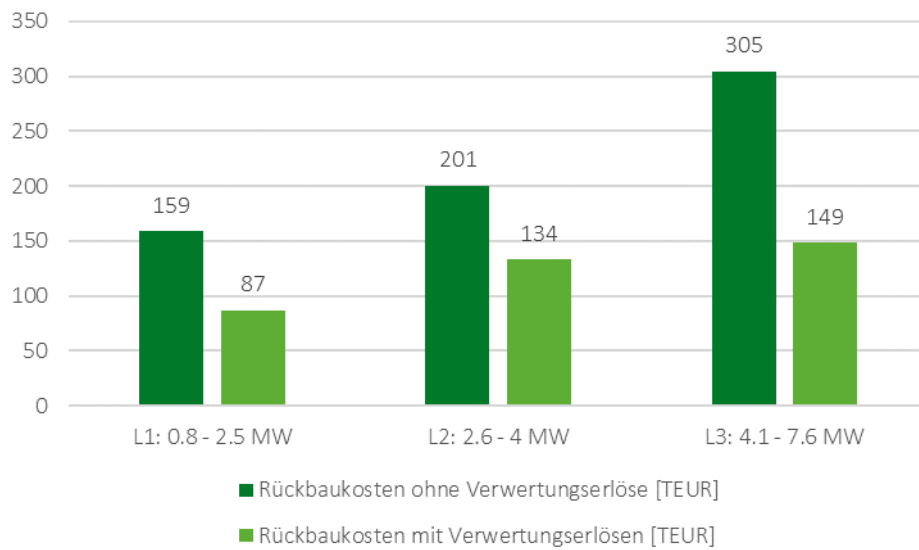
Quelle: eigene Darstellung, EY

<sup>60</sup> BWE/Deutsche WindGuard/VDMA: Stand des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 2021, S. 5.

<sup>61</sup> BWE/Deutsche WindGuard/VDMA: Stand des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 2021, S. 5.



**Abbildung 7: L1, L2, L3: Durchschnittliche Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse [TEUR]**



Quelle: eigene Darstellung, EY

Die Investitionskosten steigen mit der steigenden Anlagenleistung an. Zu den Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlösen ergibt sich der gleiche Zusammenhang. Dabei ist zu beobachten, dass insbesondere in größeren Leistungsklassen nach Anlagenkategorie L3 die Verwertungserlöse stark ansteigen und die Rückbaukosten damit bedeutend mindern.

Die folgende Tabelle 6 ermittelt je Anlagenkategorie weitere für die Analyse erforderliche Kenngrößen.

**Tabelle 6: L1, L2, L3: Anzahl Anlagen im Datensatz und in Deutschland, Leistung und Nabenhöhe**

Anlagenkategorie	Anzahl Anlagen im Datensatz	Anzahl Anlagen in Deutschland	Durchschnittliche Leistung [MW]	Durchschnittliche Nabenhöhe [m]
<b>L1: 0,8 – 2,5 MW</b>	16	17.657	1,83	137,94
<b>L2: 2,6 – 4,0 MW</b>	13	6.475	3,20	148,17
<b>L3: 4,1 – 7,6 MW</b>	25	1.628	4,81	149,90

Dabei fällt insbesondere die hohe Relevanz der Anlagenkategorie L1 im deutschen Markt auf, was insbesondere auf die hohe Anzahl an bestehenden Anlagen in dieser Leistungsklasse zurückzuführen ist. Die höheren Leistungsklassen L2 und L3 sind im Bestand vergleichsweise wenig vertreten, wengleich neu zu errichtende WEA, wie bereits beschrieben, diesen Leistungsklassen zuzurechnen sind.

### 3.2.2.2 Nach Nabenhöhe (Kategorien N1, N2 und N3)

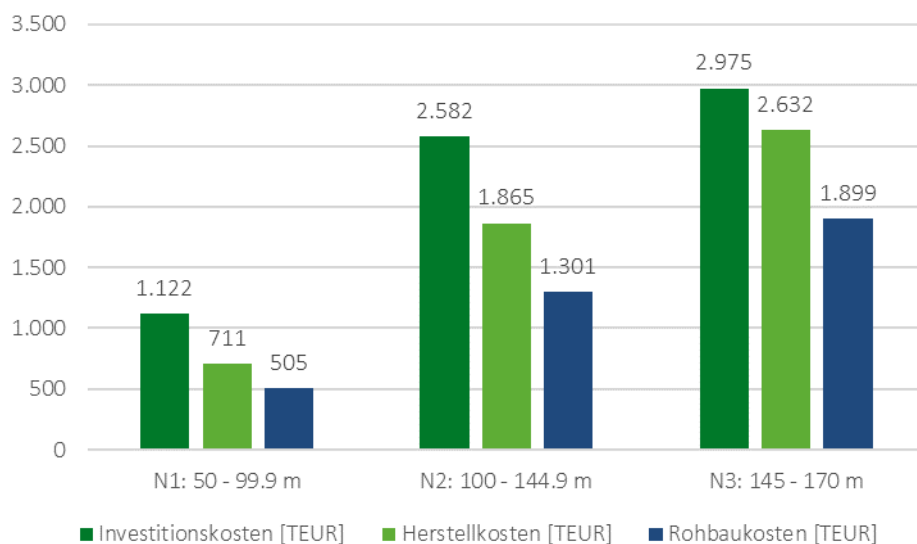
In dieser Kategorisierung erfolgt die Einordnung der anlagenspezifischen Investitionen und Rückbaukosten anhand ihrer Nabenhöhe. Kleinere Nabenhöhe unter 50,0 m werden dabei aufgrund einer beschränkt repräsentativen Datenlage und der untergeordneten Relevanz für den Neubau nicht berücksichtigt. Nach Branchenangaben lag die durchschnittliche Nabenhöhe neu errichteter WEA im Jahr 2012 bei 110 m.<sup>62</sup> Im Jahr 2021 liegt diese bei 140 m.<sup>63</sup>

Die drei Anlagenkategorien teilen sich in Abhängigkeit der Nabenhöhe wie folgt auf:

- ▶ N1: Anlagen mit Nabenhöhe von 50,0 bis 99,9 m
- ▶ N2: Anlagen mit Nabenhöhe von 100,0 bis 144,9 m
- ▶ N3: Anlagen mit Nabenhöhe von 145,0 bis 170,0 m

In der folgenden Abbildung 8 und in Abbildung 9 werden je Anlagenkategorie die Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten sowie die Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse bestimmt.

**Abbildung 8: N1, N2, N3: Durchschnittliche Investitionskosten, Herstellkosten und Rohbaukosten [TEUR]**

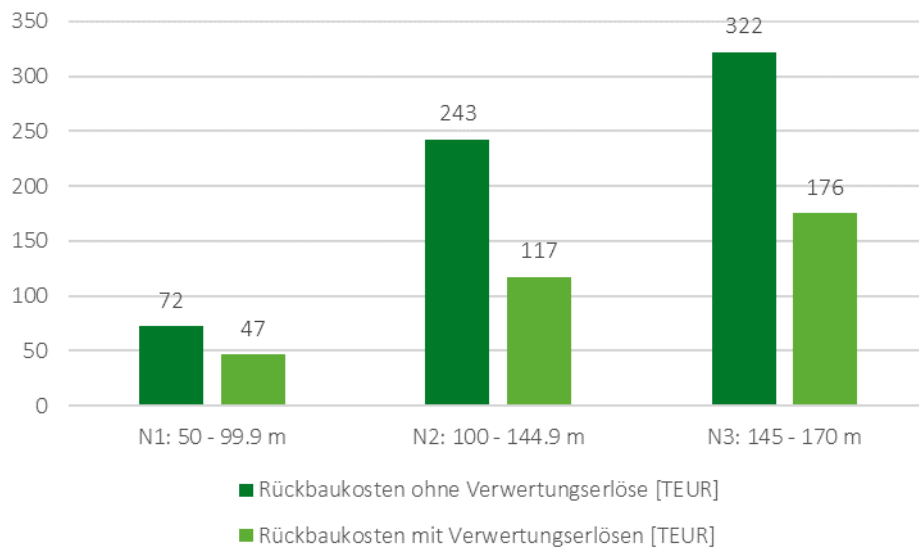


Quelle: eigene Darstellung, EY

<sup>62</sup> BWE/Deutsche WindGuard/VDMA: Stand des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 2021, S. 5.

<sup>63</sup> BWE/Deutsche WindGuard/VDMA: Stand des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, 2021, S. 5.

**Abbildung 9: N1, N2, N3: Durchschnittliche Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlöse [TEUR]**



Quelle: eigene Darstellung, EY

Die Investitionskosten steigen mit der steigenden Nabhöhe an. Dies steht im Einklang zu den Erkenntnissen der UBA Texte 117/2019. Zu den Rückbaukosten mit und ohne Verwertungserlösen ergibt sich der gleiche Zusammenhang. Auch hier ist zu erkennen, dass die Verwertungserlöse die Rückbaukosten von Anlagen mit höheren Nabhöhe (Anlagenklasse N2 und N3) bedeutend mindern.

Die folgende Tabelle 7 ermittelt je Anlagenkategorie weitere für die weitere Analyse erforderliche Kenngrößen.

**Tabelle 7: N1, N2, N3: Anzahl Anlagen im Datensatz und in Deutschland, Leistung und Nabhöhe**

Anlagenkategorie	Anzahl Anlagen im Datensatz	Anzahl Anlagen in Deutschland	Durchschnittliche Leistung [MW]	Durchschnittliche Nabhöhe [m]
<b>N1: 50,0 bis 99,9 m</b>	8	12.917	1,58	75,20
<b>N2: 100,0 bis 144,9 m</b>	30	11.758	2,59	121,77
<b>N3: 145,0 bis 170,0 m</b>	20	2.357	3,77	154,97

Es fällt auf, dass insbesondere die Anlagenkategorien N1 und N2 mit niedrigeren Nabhöhen auf dem deutschen Markt vertreten sind. WEA mit Nabhöhen über 145 m sind in Deutschland vergleichsweise wenig vertreten.

### 3.2.3 Berechnungsformeln für die Bewertung

Die Ausgangsbasis für die in die Bewertung einzubeziehenden Berechnungsformeln stellen die ermittelten Berechnungsansätze aus Kapitel 3.1.2 dar. Nicht in die Bewertung mit einbezogen werden können Ansätze, welche weder Berechnungsgrößen noch fixe Werte definieren und damit keinem Vergleich unterzogen werden können. Dies betrifft die Ansätze der Bundesländer

Baden-Württemberg, Bayern sowie einen der Ansätze von Schleswig-Holstein, welche auf voraussichtlichen anlagenspezifischen Rückbaukosten beruhen. Weiterhin nicht betrachtet werden kann der Ansatz von Italien, welcher auf jährlichen regionalen Preislisten fußt und daher auch ebenso keinem näheren Vergleich unterzogen werden kann.

### **3.2.4 Bewertung der Berechnungsformeln**

Übergeordnetes Ziel einer Berechnungsformel ist es, die tatsächlichen Rückbaukosten möglichst treffsicher abzubilden und dabei den Aufwand für die Erhebung und Prüfung der Eingangsgrößen sowie für die Berechnung überschaubar zu halten.

Im folgenden Kapitel soll die Treffsicherheit der Berechnungsformeln anhand eines einheitlichen und transparenten Vergleichs der Berechnungsergebnisse mit den tatsächlichen Rückbaukosten untersucht werden. Um fundierte Aussagen zur Treffsicherheit der Berechnungsformeln treffen zu können, erfolgt der Vergleich anhand den definierten Anlagenkategorien nach Kapitel 3.2.2. und verschiedener Kennzahlen:

- ▶ Treffsicherheit je Anlagenkategorie
- ▶ Minimale Treffsicherheit in der Anlagenkategorien nach Leistung und nach Nabenhöhe sowie über alle Anlagenkategorien
- ▶ Mittlere Treffsicherheit in der Anlagenkategorien nach Leistung und nach Nabenhöhe sowie über alle Anlagenkategorien
- ▶ Gewichtete Treffsicherheit in der Anlagenkategorien nach Leistung und nach Nabenhöhe sowie über alle Anlagenkategorien

Die Treffsicherheit bestimmt sich dabei anhand der absoluten Abweichung des Berechnungsergebnisses der Formel mit den tatsächlichen Rückbaukosten. Die Treffsicherheit ist ein Wert zwischen 0 und 100%. Entspricht zum Beispiel das Berechnungsergebnis der Formel den tatsächlichen Rückbaukosten, so liegt die Treffsicherheit bei 100 %.

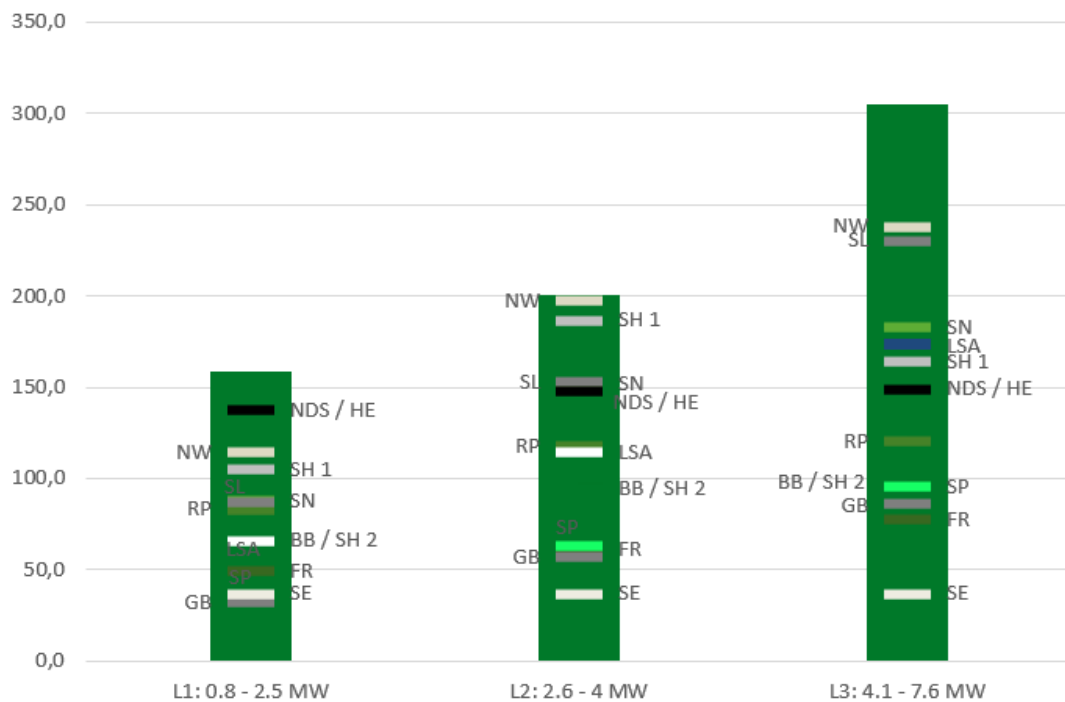
Eine Berechnungsformel muss dabei über verschiedene technische Konfigurationen von WEA hinweg eine möglichst hohe Treffsicherheit gewährleisten. Daher wird neben der Treffsicherheit je Anlagenkategorie ebenso die Treffsicherheit über verschiedene Anlagenkategorien hinweg betrachtet. Eine bedeutende Kennzahl ist dabei die minimale Treffsicherheit, welche durch die Berechnungsformel erreicht wird. Die minimale Treffsicherheit ist damit ein Maß für den maximalen Fehler einer Berechnungsformel. Ebenso relevant ist die mittlere sowie die gewichtete Treffsicherheit über verschiedene Anlagenkategorien. Während die mittlere Treffsicherheit die errechneten Treffsicherheiten arithmetisch mittelt, berücksichtigt die gewichtete Treffsicherheit die unterschiedliche Marktkonzentration der einzelnen Anlagenkategorien in Deutschland.

Nachfolgend erfolgt die Bewertung der Berechnungsformeln anhand der definierten Anlagenkategorien.

#### **3.2.4.1 Nach Leistung (Kategorien L1, L2 und L3)**

In der Anwendung der Berechnungsformeln in den Anlagenkategorien nach Leistung stellt sich folgender Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den tatsächlichen Rückbaukosten nach Abbildung 10 ein.

**Abbildung 10: L1, L2, L3: Rückbaukosten und Vergleich mit Berechnungsformeln [TEUR]**



Quelle: eigene Darstellung, EY

In der Anlagenkategorie L1 erzielen die Berechnungsformeln hohe Treffsicherheiten. Mit steigender Leistung in den Anlagenkategorien L2 und L3 wächst die Varianz der Berechnungsergebnisse. Dabei ist zu beobachten, dass die tatsächlichen Rückbaukosten über alle in Anlagenkategorien L1, L2 und L3 unterschätzt werden.

Die folgende Tabelle 8 stellt die tatsächlichen Rückbaukosten, die Berechnungsergebnisse sowie die beschriebenen Kennzahlen zur Treffsicherheit zusammenfassend dar.

**Tabelle 8: L1, L2, L3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln**

Formel-Kürzel	L1: 0,8 - 2,5 MW [TEUR]	L2: 2,6 - 4,0 MW [TEUR]	L3: 4,1 - 7,6 MW [TEUR]	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]
<b>Tatsächliche Rückbaukosten</b>	<b>158,9</b>	<b>200,6</b>	<b>304,7</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Formeln / Ansätze nach Investitionskosten</b>						
BB / SH 2	66,9	94,7	96,9	40%	32%	43%
NW	115,0	198,1	238,6	83%	72%	79%
RP	83,6	118,4	121,1	50%	40%	53%
SN	88,5	152,4	183,6	64%	56%	61%
SH 1	105,8	187,6	164,7	71%	54%	73%

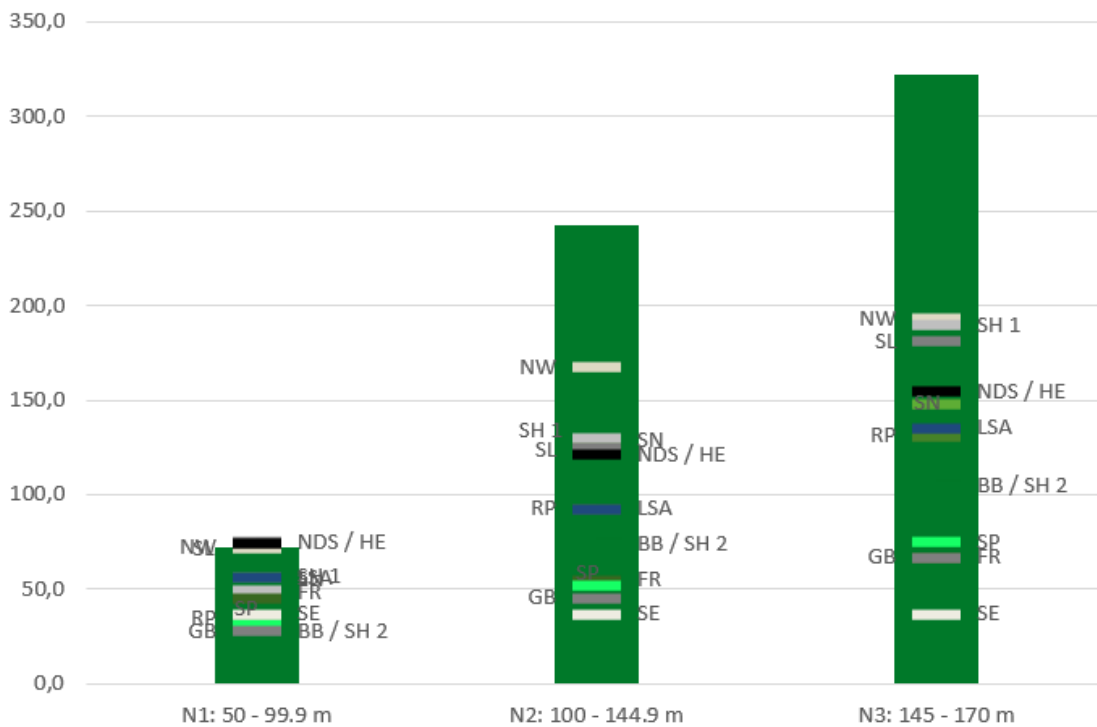
Formel-Kürzel	L1: 0,8 - 2.5 MW [TEUR]	L2: 2,6 - 4.0 MW [TEUR]	L3: 4,1 - 7.6 MW [TEUR]	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]
<b>Formeln / Ansätze nach Leistung</b>						
SL	87,7	153,6	231,1	69%	55%	62%
LSA	65,8	115,2	173,3	52%	41%	46%
FR	50,0	62,0	78,1	29%	26%	31%
SP	36,5	64,0	96,3	29%	23%	26%
GB	32,7	57,2	86,0	26%	21%	23%
<b>Formeln / Ansätze nach Nabenhöhe</b>						
NDS / HE	137,9	148,2	149,9	70%	49%	81%
<b>Sonstige Formeln / Ansätze</b>						
SE	37,7	37,7	37,7	18%	12%	22%

Höchste gewichtete Treffsicherheit in den Anlagenkategorien nach Leistung bietet der Berechnungsansatz von Nordrhein-Westfalen (NW). Dieser zeichnet sich ebenso durch die höchste minimale Treffsicherheit aus.

### 3.2.4.2 Nach Nabenhöhe (Kategorien N1, N2 und N3)

In der Anwendung der Berechnungsformeln in den Anlagenkategorien nach Nabenhöhe stellt sich folgender Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den tatsächlichen Rückbaukosten nach Abbildung 11 ein.

**Abbildung 11: N1, N2, N3: Rückbaukosten und Vergleich mit Berechnungsformeln**



Quelle: eigene Darstellung, EY

In der Anlagenkategorie N1 erzielen alle Berechnungsformeln vergleichsweise hohe Treffsicherheiten. In den anderen Anlagenkategorien mit größerer Nabenhöhe ist die Spreizung der Berechnungsergebnisse im Vergleich jedoch höher und es stellt sich eine deutliche Unterschätzung der tatsächlichen Rückbaukosten ein.

Die folgende Tabelle 9 stellt die tatsächlichen Rückbaukosten, die Berechnungsergebnisse sowie die beschriebenen Kennzahlen zur Treffsicherheit zusammenfassend dar.

**Tabelle 9: N1, N2, N3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln**

Formel-Kürzel	N1: 50,0 – 99,9 m [TEUR]	N2: 100,0 – 144,9 m [TEUR]	N3: 145,0 – 170,0 MW [TEUR]	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]
<b>Tatsächliche Rückbaukosten</b>	<b>72.1</b>	<b>242.7</b>	<b>322.3</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Formeln / Ansätze nach Investitionskosten</b>						
BB / SH 2	28,4	74,6	105,3	34%	31%	35%
NW	72,9	167,8	193,4	76%	60%	83%
RP	35,5	93,3	131,6	43%	38%	44%
SN	56,1	129,1	148,7	59%	46%	64%
SH 1	50,5	130,1	189,9	61%	54%	62%

Formel-Kürzel	N1: 50,0 – 99,9 m [TEUR]	N2: 100,0 – 144,9 m [TEUR]	N3: 145,0 – 170,0 MW [TEUR]	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]
<b>Formeln / Ansätze nach Leistung</b>						
SL	75,9	124,5	181,2	67%	51%	72%
LSA	56,9	93,4	135,9	53%	38%	58%
FR	45,8	55,9	67,7	36%	21%	42%
SP	31,6	51,9	75,5	30%	21%	32%
GB	28,3	46,4	67,5	26%	19%	29%
<b>Formeln / Ansätze nach Nabenhöhe</b>						
NDS / HE	75,2	121,8	155,0	65%	48%	72%
<b>Sonstige Formeln / Ansätze</b>						
SE	37,7	37,7	37,7	26%	12%	33%

Höchste gewichtete Treffsicherheit in den Anlagenkategorien nach Nabenhöhe bietet der Berechnungsansatz von Nordrhein-Westfalen (NW). Dieser zeichnet sich ebenso durch die höchste minimale Treffsicherheit aus.

### 3.2.4.3 Gesamtbewertung über alle Anlagenkategorien (L1, L2, L3, N1, N2 und N3)

Für die abschließende Beurteilung der Treffsicherheit der Berechnungsformeln erfolgt deren Gesamtbewertung über alle Anlagenkategorien anhand der eingeführten Kennzahlen. Zusätzlich ist es in dieser Gesamtbewertung möglich, eine Rangfolge zu bilden. Rang 1 bildet dabei die Berechnungsformel mit der besten Gesamtbewertung ab.

**Tabelle 10: L1, L2, L3, N1, N2, N3: Treffsicherheit der Berechnungsformeln und Rang**

Formel-Kürzel	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]	Rang
<b>Formeln / Ansätze nach Investitionskosten</b>				
BB / SH 2	37 %	31 %	39 %	8
NW	80 %	60 %	81 %	1
RP	47 %	38 %	49 %	7
SN	62 %	46 %	63 %	5
SH 1	66 %	54 %	67 %	3
<b>Formeln / Ansätze nach Leistung</b>				
SL	68 %	51 %	67 %	4
LSA	53 %	38 %	52 %	6



Formel-Kürzel	Mittl. Treffsicherheit [%]	Min. Treffsicherheit [%]	Gew. mittl. Treffsicherheit [%]	Rang
FR	33 %	21 %	37 %	9
SP	29 %	21 %	29 %	10
GB	26 %	19 %	26 %	12
<b>Formeln / Ansätze nach Nabhöhe</b>				
NDS / HE	67 %	48 %	76 %	2
<b>Sonstige Formeln / Ansätze</b>				
SE	22 %	12 %	27 %	11

In der Gesamtbewertung bilden auf den Rängen 1 bis 3 die Berechnungsansätze aus Nordrhein-Westfalen (NW), Niedersachsen/Hessen (NDS/HE) und Schleswig-Holstein (SH 1) die Rückbaubilbenkosten mit den vergleichsweise höchsten Treffsicherheiten ab. Die deutlich besten Ergebnisse erzielt dabei der Berechnungsansatz aus Nordrhein-Westfalen, welcher auf die Investitionskosten abstellt.

Berechnungsansätze, welche auf andere Rechengrößen abstellen wie die Leistung, die Nabhöhe oder fixe Werte, sind im Vergleich weniger treffsicher. Neben einer vergleichsweise geringen Treffsicherheit zeigen diese ebenso mit einer geringeren minimalen Treffsicherheit höhere Fehlerquoten in allen Anlagenkategorien.

### 3.3 Handlungsempfehlungen zur Sicherung einer guten Rückbaupraxis

#### 3.3.1 Grundsätze der Berechnungspraxis

Die Einforderung von Sicherheitsleistungen stellt die Basis für die Sicherung einer guten Rückbaupraxis.

Maßgeblich für die Höhe der Sicherheitsleistung sind dabei die tatsächlichen Rückbaukosten von WEA. Die tatsächlichen Rückbaukosten sind dabei ohne etwaige Kostenminderungen durch Verwertungserlöse (z.B. durch Recycling von Materialien) zu betrachten, da diese von der jeweiligen Behörde grundsätzlich nicht vereinnahmt werden können.<sup>64</sup>

Trotz der technologischen Diversität der WEA in Deutschland konnte gezeigt werden, dass bestimmte Berechnungsformeln mit einer geringen Anzahl von Parametern geeignet sind, die Höhe der Sicherheitsleistung mit einer hohen Treffsicherheit zu bestimmen. Es zeigt sich in der Gesamtbetrachtung der angewendeten Berechnungsformeln jedoch eine grundsätzliche Unterschätzung der tatsächlichen Rückbaukosten, insbesondere bei modernen WEA mit höherer Leistung und Nabhöhe. Zur Sicherung einer guten Rückbaupraxis auch für moderne WEA ist die Anpassung der länderspezifischen Berechnungsformeln und die Einforderung höherer Sicherheitsleistungen grundsätzlich zu empfehlen.

<sup>64</sup> VG Saale, Urt. v. 12.07.2011- 4 A 29/10.

Berechnungsformeln für die Sicherheitsleistungen für WEA können und sollen dabei nicht projektspezifische Kostengutachten des Rückbaus ersetzen; vielmehr stellen diese ein transparentes und einfach anwendbares Kalkulations- und Entscheidungsinstrument für Behörden und Entscheidungsträger dar, um Rückbaukosten treffsicher anzunähern und um z.B. vorliegende Kostengutachten zu validieren.

### **3.3.2 Handlungsempfehlungen zur determinierenden Berechnungsgröße**

Es konnte gezeigt werden, dass die Investitionskosten die beste Annäherung der tatsächlichen Rückbaukosten darstellen und über alle untersuchten Anlagenkategorien treffsichere Ergebnisse erzielen können.

Es empfiehlt sich daher ein Abstellen der Berechnungsansätze auf die Investitionskosten, z.B. anhand des Berechnungsansatzes aus Nordrhein-Westfalen, welcher eine Rückstellungsleistung in Höhe von 6,5% der Investitionskosten vorsieht. Zur Absicherung gegen unplanbare Kosteneffekte könnte dieser Wert beispielsweise auch auf 10% angehoben werden.

### **3.3.3 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Kostensteigerungen**

Rückbaukosten fallen nach der Nutzung der WEA an und müssen daher die Rückbaukosten zum Zeitpunkt des Erreichens der Nutzungsdauer, welche im Regelfall bei 20 Jahren liegt, abdecken können.

Es empfiehlt sich daher, zukünftige Steigerungen der Rückbaukosten in einem Berechnungsansatz mit abzubilden. Die Berechnungsansätze aus dem Saarland und Sachsen-Anhalt berücksichtigen diesen Aspekt und nehmen eine pauschale jährliche Steigerung der Rückbaukosten in Höhe von 1% vor. Dabei sind nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes die Preise für Bauleistungen von 2015 bis 2020 um durchschnittlich um 3,4% pro Jahr gestiegen. Die jährlichen Schwankungen liegen dabei zwischen 1,8 und 4,9%.<sup>65</sup> Für eine zielführende Berechnung von Sicherheitsleistungen sollte allerdings beachtet werden, dass zu hoch angesetzte Preissteigerungen einer Investition und somit den gesetzten Anreizen der Bundesregierung entgegenwirken könnten.

Um die Volatilität von Kostensteigerungen im Rückbau abzubilden, wird daher eine Kopplung des Berechnungsansatzes an entsprechende Preisindizes des statistischen Bundesamtes empfohlen. Zur weiteren Glättung der Volatilität ist es beispielsweise denkbar, den Mittelwert der jährlichen Preissteigerung der letzten fünf Jahre im Berechnungsansatz anzusetzen.

### **3.3.4 Handlungsempfehlungen zur Ausgestaltung der Sicherheitsleistung**

Erweitert soll untersucht werden, wie die zu erbringende Sicherheitsleistung für die Rückbaukosten finanziell ausgestaltet werden kann. Auf der Grundlage von § 35 Abs. 5 S. 3 BauGB und §§ 232 ff. BGB kommen die folgende grundsätzliche Ausgestaltungsmöglichkeiten in Betracht:

- ▶ Selbstschuldnerische Bank- oder Konzernbürgschaft
- ▶ Hinterlegung einer Sicherheitsleistung in Geld oder in Wertpapieren

---

<sup>65</sup> Statistisches Bundesamt, 61261-0001, Preisindizes für die Bauwirtschaft, Bauarbeiten (Hochbau) für gewerbliche Betriebsgebäude, Bauleistungen am Bauwerk.

- ▶ Verpfändung von Gegenständen oder Rechten
- ▶ Ausfallversicherungen

Eine Baulast oder Grunddienstbarkeit ist gemäß einschlägiger Rechtsprechung hingegen unzureichend.<sup>66</sup>

Insbesondere bietet eine Hinterlegung der Sicherheitsleistung in Geld oder Wertpapieren verschiedene Möglichkeiten der näheren Spezifikation. Besonders zu beachten sind:

- ▶ die Insolvenzfestigkeit,
- ▶ der unmittelbare Zugriff durch die jeweilige Behörde,
- ▶ sowie die hohe Sicherheit der Anlagenform.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte erscheinen insbesondere Festgeldkonten mit mindestens halbjährlichen Kündigungsfristen als mögliche geeignete Anlagenform. Weiterhin ist denkbar, die Sicherheitsleistung in konservative festverzinsliche Wertpapiere, wie z.B. grüne Anleihen (sogenannte „Green Bonds“) zu erbringen.

Außerdem spielt bei der Ausgestaltung der Sicherheitsleistung auch der Zahlungszeitpunkt eine wichtige Rolle und könnte als passives Instrument für Investitionsanreize dienen. So könnte eine Streckung bzw. Aufteilung der Zahlung über den Zeitraum der Genehmigung wie beispielsweise in Schweden (vgl. Ziffer 3.1.3.4) die Gesamtinvestition des Projektentwicklers mindern und somit dazu führen, dass die Branche insgesamt investitionsfreudiger wird.

---

<sup>66</sup> BVerwG, Urt. v. 17.10.2012 - 4 C 5/11.

## 4 Herstellerinformationen für den Rückbau

Betreiber\*innen einer WEA tragen die Gesamtverantwortung für deren Stilllegung und Rückbau. Diese unterteilt sich in Planungs-, Überwachungs- und Entsorgungsverantwortung. Die Betriebsführung hat hierbei die Organisationsverantwortung und trifft die finalen Entscheidungen der genannten Prozesse. Sofern diese keine ausreichende Fachkunde besitzt, werden spezialisierte Unternehmen zur Abstimmung des Vorhabens kontaktiert. Der finanzielle Aufwand liegt ebenso bei den Betreiber\*innen und wird maßgebend von gewählten Techniken zum Rückbau und die freie Wahl des Rückbauunternehmens bestimmt. In diesem Zusammenhang kann die fachliche Projektplanung auch an Dritte ausgelagert werden.

Für bundesrechtliche und länderspezifische Regelungen zu Rückbau und Recycling von onshore WEA wird auf die Ausführungen unter Ziffer 2.1 verwiesen. Konkrete Anforderungen für Bau, Errichtung und Betrieb einer WEA werden durch die immissionsrechtliche Genehmigung festgelegt. Wird eine WEA dauerhaft stillgelegt, so ist je nach Bundesland eine baubehördliche Genehmigung zum Rückbau / zur Demontage erforderlich bzw. der zuständigen Baubehörde vor Ort anzuzeigen. Auch ist das Vorhaben im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur einzutragen.<sup>67</sup> Weitere Anforderungen für den Rückbau können sich im Einzelfall aus der Baugenehmigung zur Errichtung der WEA ergeben.<sup>68</sup>

Die technische Betreuung erfolgt in der Regel durch beauftragte Abbruch- und Entsorgungsunternehmen sowie die jeweiligen Hersteller\*innen. In diesem Zusammenhang sind die Anforderungen an die ausführenden Unternehmen zu klären, beispielsweise welche Zertifizierungen, Genehmigungen und (Haftpflicht-)Versicherungen die Unternehmen mindestens vorweisen müssen. Als Grundlage für Vereinbarungen sind technische Standards wie die DIN SPEC 4866 zweckmäßig. Dies betrifft etwa die Vorgaben zur Qualifizierung des Personals, die Eignung der einzusetzenden Maschinen und Geräte, die Organisation der Arbeiten und den Arbeits- und Gesundheitsschutz.<sup>69</sup> Für die Ausschreibung und Vergabe ist ein Leistungsverzeichnis zu erstellen, das den am Rückbau beteiligten Akteur\*innen übermittelt wird. Schließlich erfolgt die Konzeption der Demontage. Weitere Ausführungen der einzelnen Prozessschritte des Rückbaus, von der Vorbereitung und Planung des Rückbaus bis hin zur Wiederverwendung, dem Recycling oder der Beseitigung von Materialien und Komponenten, erfolgen in Kapitel 4.3.

Um ein maßgeschneidertes Rückbaukonzept zu gewährleisten, sind technische und anlagenspezifische Daten der Hersteller\*innen sowie aus den vollständigen Lebenslaufakten maßgeblich. Diese Informationen müssen Betreiber\*innen und Auftragnehmer\*innen zum Rückbau bekannt sein, um einen effizienten und ressourcenschonenden Rückbau umzusetzen. Eine mangelnde Datenverfügbarkeit zu Demontageanleitungen und Anlagenspezifika ist mit erhöhten Kosten der Informationsbeschaffung verbunden, welche Betreiber\*innen zu tragen haben.

Abhilfe kann ein systematischer Informationsstandard schaffen, der in diesem Kapitel erarbeitet wird. Dieser soll sicherstellen, dass Hersteller\*innen die für den Rückbau notwendigen Informationen bereitstellen. Die Informationen sollen anlagen- und standortspezifisch sein und durch Lebenslaufakten nach DIN 77005 ergänzt werden. Die Digitalisierung der Informationen bietet

---

<sup>67</sup> UBA 2020, online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/windenergieanlagen-rueckbau-recycling-repowering>.

<sup>68</sup> BWE 2021, online verfügbar unter <https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/rueckbau/>.

<sup>69</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 11.

weitere Vorteile. Hierfür soll ein Katalog rückbaurelevanter Herstellerinformationen sowie Konzepte zur sinnvollen Dokumentation, Weitergabe und Archivierung dieser Informationen entwickelt werden. Ein besonderes Augenmerk wird darauf gelegt, welche Rolle die Behörde üblicherweise bei Rückbauprozessen einnimmt sowie welche behördlichen Vorgaben den Rückbauprozess beeinflussen und inwiefern eine stärkere Einbindung zur optimierten Planung und Durchführung des Rückbaus führen kann.

Der Rückbau und die Entsorgung, einschließlich Recycling von Rotorblättern wird aufgrund der Komplexität der Materialklasse der glas- und kohlenstoffaserverstärkten Kunststoffe in einem eigenständigen Projekt des Umweltbundesamtes „Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter“ (UBA Texte 92/2022) thematisiert. Rotorblätter sind aus diesem Grund kein zentraler Gegenstand des vorliegenden Berichts. Die Problematik der Rotorblattabfälle besteht derzeit noch in mangelhaften Recyclingverfahren.

## 4.1 Befragungsergebnisse

Um auf Maßnahmen für einen Informationsstandard für eine gute Rückbaupraxis und ein hochwertiges Recycling schließen zu können, sind bisherige Erkenntnisse auf Basis der Literaturanalyse durch Erfahrungswerte aus der Praxis zu ergänzen. Dazu wurden eine Branchenbefragung und eine kapitelübergreifende Behördenbefragung durchgeführt.

Mit der Branchenbefragung soll ein Einblick gewonnen werden, welche Herstellerinformationen für den Rückbau und das Recycling von landseitigen WEA aus Sicht der Industrieakteur\*innen relevant, verfügbar sowie schützenswert sind. Adressat\*innen waren in diesem Zusammenhang Vertreter\*innen aus der Rückbaubranche, der Entsorgungs- und Recyclingbranche sowie Hersteller\*innen. Ziel war ein umfassendes Bild über den Status quo der Rückbaupraxis und rückbaurelevanter Informationen zu erfassen, um einen Informationsstandard für eine bessere Rückbaupraxis zu entwickeln.<sup>70</sup>

Die Behördenbefragung dient der Erfassung der theoretischen und praktischen Reichweite der Kompetenzen der Immissionsschutzbehörden im Fall von Rückbauten und bei der Entsorgung von Abfällen. Die Studie UBA Text 117/2019 empfiehlt Maßnahmen, welche der Entwicklung eines Konzepts für einen ressourcensichernden Rückbau von WEA dienen, einen hohen ökologischen Standard der Branche sichern und technologieoffene Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen. Ein stärkerer Einbezug von Behörden wird hierbei als entscheidend erachtet. Mit diesem Hintergrund war das Ziel der Befragung, durch Erkenntnisse zum behördlichen Einfluss auf den Rückbauprozess und den Informationsfluss, mögliche Handlungsfelder des stärkeren Einbezugs für einen zuverlässigen Informationsstandard zu identifizieren.<sup>71</sup>

Im Folgenden werden die Befragungsergebnisse mittels qualitativ inhaltlicher Strukturierung ausgewertet. In diese Auswertung eingeflossen sind dabei auch die Expertenmeinungen von Fachvertreter\*innen aus der Rückbau-, Entsorgungs- und Recyclingbranche sowie Hersteller\*innen, welche in einem Branchengespräch im Rahmen des Forschungsvorhabens geäußert wurden.

In der Befragung wurden Vorerfahrung, Informationen und Kriterien für Entscheidungsprozesse, Informationsdefizite sowie aktuelle Probleme und Wünsche im Kontext rückbaurelevanter Daten abgefragt. Ziel ist die Ergänzung der Literaturergebnisse und Behördenbefragung um

---

<sup>70</sup> Siehe Anhang B zur Konzeption und Durchführung der Branchenbefragung.

<sup>71</sup> Siehe Anhang A zur Konzeption und Durchführung der Behördenbefragung.

Erfahrungen der Industrieakteur\*innen aus der Praxis, um relevante Daten für eine gute Praxis von Rückbau und Recycling und mögliche Informationsdefizite zu identifizieren, ihre Sensibilität zu untersuchen und priorisierte Varianten der Informationsweitergabe abzuleiten.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Befragungsergebnisse der Hersteller\*innen einen geringen Rücklauf aufweisen. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Hersteller\*innen kaum Rückbaukonzepte besitzen und offenlegen. Eine Verallgemeinerung der folgenden Auswertung ist nicht ohne weiteres möglich. Die Befragungsergebnisse sind begrenzt belastbar. Strategische Antworten und Aussagen auf unzureichender Erfahrungsgrundlage verwässern die Ergebnisse, verdeutlichen aber auch den allgemeinen Erfahrungsmangel.

#### **4.1.1 Vorerfahrungen zum Rückbau von Windenergieanlagen**

Die befragten Abbruch- und Rückbauunternehmen gaben an, in der Summe rund 300 WEA zurückgebaut zu haben. In Hinblick auf die bisherigen Rückbauten macht dies bereits einen großen Anteil aus. Dabei haben alle Befragten auch Erfahrungen mit dem Rückbau von WEA, die eine Gesamthöhe von mindestens 50 m besitzen, welche somit nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigt worden sind. Alle befragten Abbruch- und Rückbauunternehmen bauten Stahl- oder Betontürme zurück, während nur 50% der Befragten angaben, auch WEA mit Gittermast- oder Hybridtürmen rückgebaut zu haben. Bei der Wahl der Rückbaumethode wurde ein mechanischer Rückbau von allen Unternehmen am häufigsten durchgeführt. Das Losesprengen von Fundamenten sowie die Faltsprengung bei Havarien wurde gleichermaßen am zweit- oder dritthäufigsten durchgeführt. Im Bereich der Tiefbauten wurden von allen Unternehmen vorrangig Flachfundamente rückgebaut. Ferner bestanden geteilte Erfahrungen bei Rückbauten von Pfahlgründungen. Analog zur Rückbaumethode des Turms gaben alle Befragten an, dass der mechanische Rückbau auch zum Rückbau der Fundamente, die am häufigsten durchgeführte Rückbaumethode vor der Sprengung ist.

#### **4.1.2 Herstellerinformationen für den Rückbau**

Befragte sollten die Relevanz von Informationen für die Wahl der Rückbaumethode bewerten. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargelegt.

Anhand von Informationen über Betriebsflüssigkeiten innerhalb der zurückzubauenden Anlagen lassen sich Vorbereitungen für die sichere Entnahme treffen, so eine Angabe aus der Abbruch- und Rückbaubranche. In Einzelfällen seien auch Maschinenhäuser abtransportiert worden, um die Demontearbeiten in Entsorgungsfachbetrieben vornehmen und eine Bodenverunreinigung vor Ort ausschließen zu können. Bei havarierten Anlagenteilen müssen je nach Sachlage besondere Bodenschutzmaßnahmen getroffen werden. Als ergänzende Aspekte, die bei der Wahl von Vorbereitungsmaßnahmen relevant sind, gaben die Befragten unter anderem an, dass verschiedene Koordinationsschritte und Abstimmungen notwendig seien, die beispielsweise die Wahl des Krans oder die Auswahl geeigneter Hebemittel betreffen, die maßgeblich durch die in der Dokumentation und Archivierung der angegebenen Massen der Anlagen bestimmt werden. Zum Rückbau der Hochbauten wird die höchste Relevanz der Nabenhöhe, dem Gewicht je Rotorblatt, dem Anteil an kohlenstoffverstärktem Kunststoff in den Rotorblättern, dem Gewicht der Gondel sowie dem Gewicht des Turms, der Turmbauart, dem Anteil Stahl und Beton sowie der Anzahl der Segmente beigemessen. Mit einem arithmetischen Mittel von 1 (1 = relevant, 5 = irrelevant) werden die Informationen von den Abbruchunternehmen als sehr relevant eingestuft. Für die Bestimmung des Rückbauverfahrens des Fundaments werden insbesondere Informationen über das Gewicht des Fundamentes sowie den Fundamenttyp als relevant bewertet. Hier liegt das arithmetische Mittel ebenso bei 1. Der Fundamentzeichnung wird hingegen keine hohe Relevanz zugesprochen. Als ergänzenden Aspekt, der für die Bestimmung der Rückbaumethode

seitens der Unternehmen als relevant angesehen wird, wird eine Angabe des Volumens des Fundaments in Kubikmetern genannt.

Aus diesen Befragungsergebnissen lassen sich folgende Erkenntnisse schließen. Liegen die für einen Rückbau erforderlichen Informationen nicht vor, muss technisch qualifiziertes Personal die nötigen Daten ermitteln, recherchieren, gar abschätzen. Hiermit ist ein hoher Zeit- und Kostenaufwand verbunden, womit fehlende Informationen zu einem zentralen Kostentreiber beim Rückbau werden. Ein solches Defizit kann über eine geordnete Dokumentation der Hersteller\*innen und Betreiber\*innen sowie eine entsprechende Kenntnisnahme und Berücksichtigung seitens der Rückbauunternehmen vermieden werden.

Seitens der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen gaben die Hälfte der Befragten an, dass sie für ihr Tätigkeitsfeld Informationen der Hersteller\*innen benötigen. Bei der Beurteilung der Relevanz anlagenspezifischer Informationen zur Entsorgung bzw. für das Recycling bestätigen die Angaben der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen das Stimmungsbild der Abbruch- und Rückbauunternehmen. Befragte der Entsorgungs- und Recyclingbranche messen insbesondere Informationen über den Rotordurchmesser, mit einer Ausnahme der Nabenhöhe, Angaben über das Gewicht der einzelnen Rotorblätter, dem Anteil an kohlenstoffverstärktem Kunststoff im Rotorblatt, dem Gewicht des Turmes sowie der Turmbauart eine hohe Relevanz bei. Auch hier wird dem Gewicht des Fundaments sowie der Fundamentart eine hohe Relevanz beigemessen, während die Relevanz der Fundamentzeichnung nicht sehr hoch eingestuft wird. Als ergänzende Aspekte nennen die befragten Unternehmen, dass Informationen über die Menge von Bewehrungsstahl sowie dem Gewicht der Fundamentbewehrung relevant für den Rückbau der Tiefbauten seien.

Um mögliche Diskrepanzen der Angaben verschiedener Akteur\*innen zu identifizieren, wurden auch die Hersteller\*innen gefragt, wie sie die Relevanz der Informationen über Hoch- und Tiefbauten für den Anlagenrückbau einschätzen. Hier lässt sich feststellen, dass insbesondere in Bezug auf Materialmix und Anteile von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff in den Rotorblättern unterschiedliche Auffassungen vorherrschen. Während die Hersteller\*innen diesen Informationen keine hohe Relevanz beimessen, werden diese von den anderen Teilnehmergruppen als sehr relevant eingestuft. Gleiches gilt für Betriebsstoffe, die von den Hersteller\*innen ebenfalls nicht als besonders relevant bewertet werden. Die Einschätzung der Rückbauunternehmen steht dem entgegen. Auch die Anteile von Stahl und Beton sowie die Segmentierung wird seitens der Hersteller\*innen zum Teil nicht als besonders relevant erachtet, während die Informationen für die Rückbau- und Entsorgungsunternehmen sehr relevant sind. Die teils unterschiedlichen Ansichten von Hersteller\*innen und Rückbauunternehmer\*innen sprechen für abgestimmte und anschließend eindeutige Standards.

#### **4.1.3 Verfügbarkeit von Herstellerinformationen für der Rückbau**

Positiv anzumerken ist, dass die Informationen, die zuvor als besonders rückbaurelevant eingestuft wurden, in der Regel auch zum Zeitpunkt des Rückbaus vorliegen. Es ist jedoch unklar und auch mit großen Unterschieden von Fall zu Fall verbunden, wie hoch der Zeit- und Kostenaufwand zur Beschaffung der Informationen tatsächlich ist. Optimal ist die Informationsweitergabe derzeit offensichtlich noch nicht. Ausnahmen bilden hier außerdem die Informationen über die Segmentierung des Turms sowie der Anteil an Stahl- und Beton, die in Einzelfällen nicht in ausreichender Detailtiefe vorliegen. Auch gaben befragte Rückbau- und Abbruchunternehmen an, dass vor allem die Informationen, die die Zusammensetzung der Rotorblätter sowie die Anteile von kohlenstoffverstärktem Kunststoff in den Rotorblättern enthalten, unzureichend seien. Ebenso liegen Informationen zu Betriebsstoffen zum Zeitpunkt des Abbruchs in der Regel nicht

vor, obwohl diesen insbesondere für Vorbereitungsmaßnahmen des Abbruchs eine hohe Relevanz zugesprochen wird.

Die Verfügbarkeit der genannten Informationen fällt im Bereich der Entsorgung, wie auch der Verwertung, teils anders aus als beim Rückbau. Während insbesondere die Daten, die sich auf das Gewicht verschiedener Anlagenkomponenten beziehen, den Abbruch- und Rückbauunternehmen (ausreichend) vorliegen, geben die Entsorgungs- und Recyclingunternehmen beispielsweise beim Gewicht der Nabe sowie der Gondel an, dass ihnen diese Informationen nicht im ausreichenden Maße vorlägen. Auch bezüglich der Anteile von Stahl und Beton liegen Informationen nach Angaben der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen in 50 % der Fälle nur unzureichend vor, obwohl diesen Informationen von den Befragten eine hohe Relevanz beigemessen wird und daraus Maßnahmen für den Arbeits- und Umweltschutz abzuleiten sind.

Hersteller\*innen führen an, dass zum Rückbau und der Entsorgung, einschließlich Recycling, immer ein Demontagekonzept mit rückbaurelevanten Anlagenspezifika bereitgestellt wird. Antworten aus der Rückbau-, Entsorgungs- und Recycling-Branche lassen jedoch darauf schließen, dass Demontagekonzepte seitens Hersteller\*innen lediglich sporadisch und fallspezifisch ausgehändigt werden, dies jedoch nicht die Norm darstellt. Bei Abbruch- und Rückbauunternehmen läge ein solches Konzept nie oder fast nie vor, während ein solches in der Phase der Entsorgung der Komponenten und Materialien in Einzelfällen bekannt sei, wie unterschiedliche Angaben der Entsorgungs- und Recycling-Branche vermuten lassen.

#### **4.1.4 Sensibilität von Herstellerinformationen**

Hersteller\*innen wurden befragt, wie sensibel und schützenswert die im Fragebogen aufgeführten Anlagendaten seien. Aus den Befragungsergebnissen lässt sich schließen, dass Informationen, die seitens der Abbruch- und Rückbauunternehmen sowie der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen als besonders relevant eingestuft werden, von Hersteller\*innen als besonders sensibel bewertet werden. Mit einem arithmetischen Mittel zwischen 1 und 2 (1 = sensibel, 5 = unsensibel) wären insbesondere technische Informationen über das Gewicht einzelner Anlagenbestandteile, wie zum Beispiel das Gewicht je Rotorblatt, das Gewicht der Nabe, der Gondel sowie des Turms sensibel und somit schützenswert. Darüber hinaus werden auch Angaben über die Segmentierung des Turmes als sensibel eingestuft. Bei den Tiefbauten der Anlage werden die Informationen über das Gewicht des Fundamentes sowie die Fundamentart ebenfalls mit einem arithmetischen Mittel von 1,5 bzw. 2 als sensibel gewertet. Fundamentzeichnungen wären hingegen weniger sensibel.

#### **4.1.5 Wege der Informationsweitergabe**

Die befragten Entsorgungs- und Recyclingunternehmen gaben überwiegend an, dass ein Informationsstandard grundsätzlich angemessen und erforderlich ist, um ein sachgerechtes Anlagenrecycling zu ermöglichen. Ein weiterer Befragter behauptet hingegen, dass die Erarbeitung eines Informationsstandards für eine gute Praxis bei Entsorgung bzw. Recycling bisher nicht sinnvoll sei, da noch eklatante Informationslücken zum Recycling von Anlagen vorlägen und diese zunächst geschlossen werden müssten. Doch auch diese Aussage betont einen Handlungsbedarf, der eine erhöhte Transparenz und einen optimierten Informationsfluss anvisiert. Entsorgungs- und Recyclingunternehmen sprechen sich in diesem Zuge einstimmig für eine Archivierung der Informationen innerhalb der Anlagengenehmigung aus, um dort jederzeit Informationen einsehen zu können sowie das Risiko des Verlustes von Informationen durch mögliche Betreiberwechsel gering zu halten.



Demgegenüber steht ein Einwand von Hersteller\*innen, der auf ein beschleunigtes Genehmigungsverfahren für eine schnelle Umstrukturierung des Energiesystems auf erneuerbare Energien abzielt. Genehmigungsverfahren seien grundsätzlich zu verschlanken und ein Informationsstandard im Rahmen der Genehmigung sei deshalb keine geeignete Lösung. Hersteller\*innen bevorzugen im Zuge dessen eine Dokumentation und Archivierung durch die Hersteller\*innen selbst, was gemäß eigenen Angaben bereits durchgeführt werde und die relevanten Daten, sofern sie keine sensiblen Informationen beinhalten, an Abbruch- und Rückbauunternehmen sowie Entsorgungs- und Recyclingunternehmen weitergegeben werden. Hierbei sei von deutschen Sonderregelungen abzusehen. Begründet wird die Haltung damit, dass internationale Standards angewendet werden sollen, um globale Klimaziele nicht zu gefährden.

#### **4.1.6 Genehmigung und spezielle Erlaubnisse**

Wie die Ergebnisse der Behördenbefragung zeigen, bestehen in Verbindung mit den jeweiligen Bauordnungen der Länder regionale Unterschiede, inwiefern Genehmigungen oder spezielle Erlaubnisse von Industrieakteur\*innen eingefordert werden.<sup>72</sup> Laut Angaben ist der Rückbau in Niedersachsen beispielsweise verfahrensfrei, eine Abbruchgenehmigung ist nicht erforderlich (§ 60 BauO Nds), während zum Beispiel in Sachsen, Sachsen-Anhalt und in Berlin der Rückbau (ein Monat vor Beginn) anzuzeigen ist (§ 60 Abs. 3 BauO LSA; § 3 DVOSächsBO i. V. m. § 61 Abs. 3 SächsBO) bzw. eine Abrissgenehmigung eingeholt werden muss (§ 61 BauO Bln), sofern die WEA eine Höhe von über 10 m, einen Rotordurchmesser von über 3 m oder in einem Wohngebiet steht. Gemäß den Befragungsergebnissen ist der Ausführungsbeginn im Saarland mindestens eine Woche vor der Beseitigung der Anlage der Unteren Bauaufsichtsbehörde anzuzeigen (§ 61 Abs. 4 LBO).

Obwohl der Arbeitssicherheit und dem Umweltschutz und diesbezüglichen technischen Maßnahmen beim Rückbauprozess von den Behörden hohe Relevanz zugesprochen wird, würden weitere Überprüfungen der Demontage sowie von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen laut Angaben der Behörden nur stichprobenartig, anlassbezogen oder gar nicht stattfinden. In diesen Fällen würden weitere Behörden, wie die Abfallwirtschafts-, Bodenschutz-, Wasserschutz- und die Naturschutzbehörde, hinzugezogen werden.

Fast 90% der Antworten aus der Behördenbefragung zeigen, dass Informationen, die bei den Behörden vorliegen, in erster Linie postalisch oder per E-Mail übermittelt werden. Zum Schutz von Daten, die Hersteller\*innen hinsichtlich Patentrecht, Marktsituation, Firmengeheimnisse, etc. als schützenswert erachten, existieren keine spezifischen Regelungen des Datenschutzes. Es wird auf die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) i. V. m. Dienstanweisungen zum Datenschutz hingewiesen.

---

<sup>72</sup> Hintergrund: Einige Bedingungen für den Rückbau sind Bestandteil von Baugenehmigung und Pachtvertrag. Das Landesrecht bestimmt, inwiefern die Realisierung festgesetzter Forderungen durch die Baugenehmigungsbehörde sichergestellt werden kann. So liegt die Genehmigung und Überwachung im Zuständigkeitsbereich der unteren Immissionsschutzbehörden/Bauaufsichtsbehörden. Einheitlich gilt zwar die Anzeigepflicht gemäß § 15 Abs. 3 BImSchG, länderspezifische Bauordnungen führen jedoch zu regionalen Unterschieden.

#### 4.1.7 Anforderungen an ein Rückbaukonzept

Seitens der Unternehmen wurde die Frage nach den für Rückbau und Recycling einschlägigen Gesetzen, vor allem mit dem Hinweis auf verschiedene Bundesgesetze oder Verordnungen beantwortet.<sup>73</sup> Landesspezifische Vorschriften, die spezielle Regelungen zum Rückbau bzw. Abriss von WEA beinhalten, werden in der Regel nicht genannt.

Aus den Befragungsergebnissen der Behördenbefragung lässt sich schließen, dass behördliche Vorgaben, die sich spezifisch an den Rückbau von einzelnen Komponenten richten, kaum oder gar nicht vorliegen. Dies lässt sich anhand der geringen Rücklaufquote zu Vorgaben der Rückbaumethode erschließen, zum anderen ist dies konkret am Beispiel der behördlichen Rückbauvorgaben für den Turm zu verdeutlichen. 43% der 86 Fragebögen enthalten keine Angaben, während 41% eindeutig beantworten, dass es keine behördlichen Rückbauvorgaben für den Turm gibt. Zwar seien Nachweise zu den Maßnahmen bei der Betriebseinstellung, die neben weiteren Aspekten auch die Wahl der Rückbaumethode beeinflussen, bereits Bestandteil der Antragsunterlagen und damit Bestandteil der Genehmigung, dennoch verweisen die restlichen 16% auf unverbindliche technische Anleitungen, wie die DIN SPEC 4866, welche sich an Betreiber\*innen und mit dem Rückbau betraute Ingenieur\*innen richtet und eine Handlungsanleitung für einen nachhaltigen Rückbau darstellt.<sup>74</sup> Weitere Angaben der befragten Behörden beziehen sich auf Normen und Vorschriften, die sich vor allem auf arbeitsschutz- und umweltrechtliche Anforderungen beziehen. Genannt wurden etwa die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) und die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)<sup>75</sup>, auf die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen (AVV Baulärm), der LABO-Leitfaden zum Bodenschutz, die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen (AwSV) und die Regelungen des Kreislaufwirtschaftsrechts, wie die Abfallverzeichnisverordnung (AVV) und das KrWG.

Einzelne Windenergieerlasse würden laut Angaben als eine Art „Sammlung“ bestehender Rechtsvorschriften dienen, die für die jeweiligen Bundesländer präzisiert und erläutert werden, um die Anwendung zu erleichtern. Die Möglichkeiten eines Erlasses sei durch seine Rechtsnatur begrenzt. Zutreffend wurde darauf hingewiesen, dass ein Erlass die Anwendung bestehender Gesetze präzisiert, jedoch nicht bewirken könne, dass eine Behörde bestehende Gesetze ignoriere.

#### 4.1.8 Herausforderungen und Wünsche der Behörden

Schwierigkeiten werden im Rahmen der Überwachung einer guten Rückbaupraxis identifiziert. So stimmen die befragten Behörden aus Niedersachsen, Brandenburg, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern einheitlich für ein Realisierungskonzept als Handlungsanleitung für den Rückbau und Entscheidungsgrundlage zur Überwachung. So könnten Handelnden durch rechtliche Regelungen aus bautechnischer Sicht eine Sicherheit gegeben werden. Auch die Befragungsergebnisse aus Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz sprechen mehrheitlich dafür, dass ein Realisierungskonzept wünschenswert ist und ein solches, wie auch eine technische Norm, immer einen verbindlichen Charakter haben sollte, beispielsweise in Form von Verord-

---

<sup>73</sup> Die Angaben beziehen sich mehrheitlich auf die in Kapitel 2 aufgegriffenen Bundesgesetze oder Verordnungen, etwa § 35 Abs. 5 BauGB S. 2 und 3 i. V. m. § 5 Abs. 3 BImSchG (für Ausführungen siehe Kapitel 2).

<sup>74</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 12.

<sup>75</sup> Zu beachten ist hierbei, dass die TA Lärm gerade nicht für Baustellen gilt, also für die (Rück-)Baustelle von WEA nicht anwendbar ist (Ziffer 1 für TA Lärm).

nungen oder Gesetzen. Nur dann sei ein solches Realisierungskonzept auch verwaltungsrechtlich gerichtsfest durchsetzbar. Für rechtsverbindliche Regelungen werden technische Normen oder Richtlinien ohnehin regelmäßig zur Klärung von Detailfragen herangezogen.

Einige Angaben sprechen dafür, dass die Einführung verbindlicher Regelungen den einzelnen Landkreisen obliegen sollte. Ein Rückbaukonzept solle bereits lange vor dem Rückbaubeginn im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach BImSchG verpflichtend vorgelegt werden. Als Bestandteil der zur erteilenden Genehmigung wird sich eine effektive Überwachungsmöglichkeit versprochen. Dementgegen steht der Einwand, dass nur eine bundesweit einheitliche Rechtsgrundlage, welche den aktuellen EU-Vorgaben und den technologischen Fortschritt berücksichtigt, sinnvoll sei. Hierfür werden klare und einheitliche Vorgaben seitens der Regierung gefordert, wie der Rückbau vollzogen, gesichert und überwacht werden soll. Um eine standardisierte Abwicklung zu gewährleisten, wären einheitliche, verfahrenstechnische Regelungen und ein einheitliches Realisierungs- und Anforderungsprofil erforderlich, beispielsweise in Form einer TA.

Das Potenzial einheitlicher Regelungen wird vor allem im Rückbau des Fundaments, bei der Entsorgung, insbesondere der Verwertung der Komponenten und dem Bodenschutz verortet. Besonders relevant wären eindeutige und einheitliche Regelungen beim Rückbau von Flachgründungen und Pfahlgründungen, z.B. in Hinblick unterschiedlicher Rückbautiefen. Außerdem soll eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) auch beim Rückbau Pflicht sein, um die Flächeninanspruchnahme auf das erforderliche Maß zu reduzieren und vor allem die ursprünglichen Standortverhältnisse fachgerecht wiederherzustellen. So seien besonders Vorgaben zur Wiederherstellung der versiegelten Flächen hilfreich.

In abfallrechtlicher Hinsicht werden vereinheitlichte Vorgaben unterschiedlich bewertet. Auf der einen Seite werden aus behördlicher Sicht bestehende Entsorgungsmöglichkeiten bereits gewählt und gesetzlich überwacht. Einzelne Behörden sehen explizit den Bedarf eines Entsorgungs- und Verwertungskonzepts und den Bedarf an weiteren einheitlichen Vorgaben, wie die Zuordnung der Komponenten nach AVV, die ordnungsgemäße Entsorgung, die Wiederverwendung, Behandlung und Verwertung der Komponenten zu erfolgen hat. So könnte ein Realisierungskonzept laut einer von fünf Rückmeldungen aus Brandenburg, die für ein Realisierungskonzept sprechen, neben dem Rückbau, den gesamten Lebenszyklus einer WEA abdecken.

Dennoch spricht sich etwa ein Viertel der Befragten gegen ein Realisierungskonzept und einheitliche Regelungen für den Rückbau aus. Die Unterschiede vor Ort müssten beurteilt werden. Ein vereinheitlichtes Realisierungskonzept könnte demnach einer guten Rückbaupraxis entgegenstehen, da bundesweit sehr viele Einzelfallentscheidungen getroffen werden müssen. Eine verpflichtende Einhaltung durch eine Verordnung mit einheitlichen Vorgaben wird hierbei als nicht sinnvoll erachtet. Bestehende technische Regelungen würden ausreichen, sodass keine weiteren Gesetze oder Verordnungen nötig seien, so beispielsweise die Antworten der befragten Behörden aus Sachsen-Anhalt, Baden-Württemberg, Berlin und Bayern einstimmig und aus Thüringen sowie Brandenburg mehrheitlich. Es wird darauf hingewiesen, dass es im Bereich Windenergie grundsätzlich wichtiger wäre, die Windenergie durch erleichterte Genehmigungsverfahren, Ausschreibungen und bauordnungsrechtliche Themen zu fördern, statt Genehmigungen durch weitere Vorgaben und damit zusammenhängende Verfahren zu erweitern.

Außerdem werden in den behördlichen Rückmeldungen Schwierigkeiten der Profession und Zuständigkeiten der Behörden angesprochen. Die Weiterbildung, z.B. zu § 16b BImSchG (Repowering von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien), und die personelle sowie fachliche Ausstattung zur Führung von Genehmigungsverfahren und zur Anlagenüberwachung sei unzureichend. Außerdem haben sich die Zuständigkeiten für die Genehmigung

von WEA seit dem Aufkommen der Thematik mehrfach verändert. Laut einer Angabe einer Behörde aus Sachsen-Anhalt wurden in den 90er Jahren lediglich Baugenehmigungen erteilt, während die Zuständigkeit hier bis 2010 beim Landesverwaltungsamt und seit 2010 bei dem Landkreis liegt. Viele Altanlagen wären deswegen baurechtlich durch eine andere Behörde als die jetzt zuständige Behörde genehmigt worden. Genehmigungsverfahren würden immer komplizierter und aufwändiger werden und der Kreis zu beteiligender Behörden würde stets wachsen.

Dezentral organisierte Zuständigkeiten unterschiedlicher Behörden verlangen aufwendige Wege der internen Kommunikation. In Hessen beispielsweise, so eine Angabe aus der Behördenbefragung, sind die Zuständigkeiten für die Genehmigung von WEA über 50 m (Regelfall) und deren Rückbau auf die Regierungspräsidien (Genehmigungsbehörden) und die Unteren Bauaufsichten (nach Erlasslage zuständig für den Rückbau) verteilt. Diese Unterscheidung der Zuständigkeiten erscheine nicht praktikabel. Nach der Erlasslage wäre hier das Regierungspräsidium die verfahrensführende Behörde. Die Untere Bauaufsichtsbehörde wäre jedoch wiederum dafür zuständig, in welcher Art und Höhe eine Sicherheitsleistung gefordert wird. Die Sicherheitsleistung, die bis Baubeginn vorliegen muss, wäre beim Träger der unteren Bauaufsichtsbehörde zu hinterlegen, obwohl das gesamte Genehmigungsverfahren bei dem zuständigen Regierungspräsidium durchgeführt wird.

Doch nicht nur die unterschiedlichen Zuständigkeiten der Behörden erschweren Genehmigungs- und sonstige Überwachungsverfahren. Aufgrund von Firmenkonstruktionen/-geflechte der Betreibergesellschaften könne es auch industrieseitig schwierig werden, noch einen Verantwortlichen zu finden. Betreiberwechsel erschweren die Bestimmung des/der korrekten Bescheidadressat\*in. Dies könnte sich beim Rückbau als juristisch problembehaftet darstellen. Aufgrund der Zuständigkeitswechsel seien auch Akten „verloren gegangen“. Falls der/die letzte Betreiber\*in in die Insolvenz gehe, bliebe der Rückbau bei den Grundstückseigentümer\*innen oder in letzter Instanz bei der öffentlichen Hand. Rückmeldungen von Behörden aus Niedersachsen und Sachsen-Anhalt weisen darauf hin, dass auch bei den Behörden selbst personelle und fachliche Schwierigkeiten entstehen können.

Mehrheitlich wird ein engerer Austausch zwischen Behörden und Anlagenbetreiber\*innen, vielmehr ein stärkerer Einbezug aller Fachbereiche, gewünscht. Denn um die Einhaltung möglicher verfahrenstechnischer Vorgaben zu prüfen, müssen den zuständigen Behörden nach BImSchG die Betreiberinformationen über den Rückbau vorliegen. Hierfür wiederum sei eine zeitnahe Übermittlung der relevanten Daten erforderlich.

#### **4.1.9 Schlussfolgerungen aus den Befragungsergebnissen**

Aus der Auswertung der Befragungsergebnisse lassen sich Ansatzpunkte zur Konzeption eines Informationsstandards für eine verbesserte Rückbaupraxis und hochwertiges Recycling ableiten.

Für ein maßgeschneidertes Rückbaukonzept, das eine gute Rückbaupraxis verspricht, müssen den Auftragnehmer\*innen alle Informationen zu Anlagenspezifika vorliegen. Ein systematischer Informationsstandard zu Standort und WEA kann somit als Entscheidungshilfe zur Planung des Rückbaus der Anlage und der Wiederverwendung, Beseitigung und Verwertung der Komponenten und Materialien dienen. Hersteller\*innen und Betreiber\*innen sollten alle technischen Informationen für den Rückbau und Folgeverfahren für Materialien und Komponenten dokumentieren und offenlegen, um gute Rückbaupraxis und hochwertiges Recycling zu ermöglichen. Hier stellt es eine Herausforderung dar, dass die Interessen der verschiedenen Akteur\*innen angemessen abgewogen werden, um einen Weg zu finden, einen Schutz der sensiblen Daten gewährleisten zu können, um einen Eingriff in den Wettbewerb zu verhindern, gleichzeitig sollten die

benötigten Daten in einem angemessenen Rahmen bereitgestellt werden, damit der Rückbau und das Recycling der WEA effizient, sicher und ressourcenschonend vollzogen werden kann.

Windenergieprojekte sind vielschichtig und vor allem in der Planung sowie Umsetzung ist eine Bandbreite verschiedenster Akteur\*innen beteiligt. Rückbaurelevante Informationen entstehen nicht nur in der Fertigung von WEA, sondern auch bei der Projektentwicklung, beim Aufbau und der Installation und bei der technischen Betriebsführung, wie auch bei Reparaturen, Instandhaltung und Wartung. Es entsteht ein komplexes Netzwerk an Akteur\*innen, das einzubeziehen ist, um einen vollständigen Informationsstandard zu gewährleisten. Die Antwort auf die Frage, welche Akteursgruppe über welche Informationen verfügt, ist anhand der Akteur\*innenstruktur nicht eindeutig abzuleiten. Die Fluktuation der beteiligten Akteur\*innen, besonders der Betriebsführung, die innerhalb der Nutzungsdauer von 20 bis 30 Jahren mehrmals wechseln kann, verschärft die Problematik.

Anlagenspezifische Daten sind von Herstellen\*innen von Beginn an zu dokumentieren und fortlaufend durch die technische Betriebsführung zu ergänzen, ohne ursprüngliche Daten zu überschreiben. Bei der Dokumentation, Informationsweitergabe sowie Archivierung sind Anforderungen der Diskretion, Vollständigkeit, Richtigkeit und Fälschungssicherheit konsequent zu erfüllen. So ist zu ermitteln, welche Akteur\*innen der rückbaurelevanten Informationen besitzen und somit über diese verfügen, wie die Richtigkeit überprüft werden kann, welche Daten schützenswert sind und aus Wettbewerbsgründen einer Geheimhaltung unterliegen sollten und über welches Medium eine Manipulation der archivierten Dokumentationen ausgeschlossen werden kann. Hierfür muss eine interdisziplinäre Lösung erarbeitet werden, die in erster Linie für Rückbauende sowie Entsorgungs- und Recyclingunternehmen, aber auch für Hersteller\*innen und Betreiber\*innen praktikabel ist. Um den Informationsfluss anzureizen, ist ein Weg der Dokumentation und Informationsweitergabe anzustreben, der für möglichst viele Parteien einen Mehrwert bringt. Eine gute Praxis bei Rückbau und Recycling zur Ressourcenschonung sollte hierbei weiterhin im Vordergrund stehen.

Auf Basis der Befragungsergebnisse und Analyse einschlägiger wissenschaftlicher Literatur sowie technischen Leitfäden lässt sich ableiten, dass ein Katalog rückbaurelevanter Informationen in diesem Zusammenhang die in der folgenden Tabelle 11 aufgeführten Angaben beinhalten sollte.

**Tabelle 11: Rückbaurelevante Herstellerinformationen**

Hochbauten	Rotor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Rotordurchmesser und -radius, maximaler Durchmesser eines Rotorblattes</li> <li>▶ Gewicht und Länge je Rotorblatt</li> <li>▶ Lage der Anschlagpunkte und des Schwerpunktes</li> <li>▶ Empfehlungen für Einzelblatt- oder Sterndemontage</li> <li>▶ Materialzusammensetzung des Rotorblattes (reines GFK oder GFK/CFK)</li> <li>▶ lokale Verteilung von CFK innerhalb der Rotorblätter</li> </ul>
	Nabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Nabenhöhe</li> <li>▶ Gewicht mit Toleranzen</li> </ul>
	Gondel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Gewicht mit Toleranzen</li> <li>▶ Außenmaße, Lage der Anschlagpunkte</li> <li>▶ Generatortyp</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Art verbauter Industriemagnete (z.B. SEE)</li> <li>▶ Hinweise zu erforderlicher Entmagnetisierungstechnik</li> <li>▶ Hinweise auf Rückgabestellen der Hersteller*innen</li> </ul>
	Betriebsflüssigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Art und Menge der Betriebsmittel, Schmiermittel, Getriebeöle</li> <li>▶ Menge und Art von Kältemitteln in Schaltschränken</li> <li>▶ Hinweise zur Trockenlegung</li> </ul>
	Turm	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Gewicht mit Toleranzen</li> <li>▶ Turmbauart</li> <li>▶ Aufbau</li> <li>▶ Beton- und Stahlmassen (Gittermastturm, Stahlrohrturm, Betonturm, Hybridturm)</li> <li>▶ Segmentierung</li> <li>▶ Turmdurchmesser und -radius</li> <li>▶ Radien und Anzahl Segmente</li> <li>▶ Gewichte und Geometrie jedes Segments</li> <li>▶ Lage der Anschlagpunkte</li> </ul>
	Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Befestigungs- und Fügetechniken der Komponenten (Klebeverbindungen, Schraubverbindungen, Spannfitzen)</li> <li>▶ Anzahl, Dicke und Länge der Spannfitzen, Lösemechanismus</li> <li>▶ Lage der Anschlagpunkte</li> </ul>
Tiefbauten	Fundament	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fundamenttyp (Flach- oder Pfahlfundament, mit oder ohne Auftriebssicherung)</li> <li>▶ Gewicht mit Toleranzen</li> <li>▶ Beton- und Stahlmassen</li> <li>▶ Anzahl und Länge Pfeiler</li> <li>▶ Tiefe im Boden</li> <li>▶ Fundamentzeichnungen</li> </ul>
Nebenanlagen	Schaltschränke	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Hinweise zur Außerbetriebnahme, Trennung vom Netz</li> <li>▶ Hinweise zu Steuerungseinheit/Schaltschränken, Transformatoren</li> <li>▶ Reihenfolge der Demontage</li> <li>▶ Hinweise auf Rücknahmestellen oder Demontagebetriebe</li> <li>▶ Hinweise auf Betriebsflüssigkeiten</li> </ul>
	Verkabelungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lage der Kabel und der externen Kabeltrasse, Zeichnungen (inkl. Kabeltypen, Querschnitte)</li> </ul>
	Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Zeichnung der Kranstellflächen und Zuwegung (inkl. Aufbau)</li> </ul>

Der Leitfaden zur Stilllegung von onshore-WEA der WindEurope schlägt bereits ein Datenblatt vor, das durch die Betriebsführung und Eigentümer\*innen ausgefüllt werden sollte und alle als rückbaurelevant identifizierten Daten systematisch abfragt.<sup>76</sup> Hierbei sollten jedoch weniger die Betreiber\*innen und Eigentümer\*innen der WEA angesprochen werden, sondern viel eher die Hersteller\*innen, da diese zum einen die Urheber\*innen der relevanten Informationen sind, zum anderen stärker in die Verantwortung genommen werden sollten, um die Produkt- bzw. Herstellerverantwortung auszuweiten. In diesem Zuge sollte auch die Haftbarkeit nicht allein bei den Rückbauunternehmen und Betreiber\*innen liegen, sondern auch bei den Unternehmen, welche die WEA konstruiert, gefertigt und aufgebaut haben.

Mit Blick auf die Herausforderungen und Hindernisse, welche sich aufgrund mangelnder Informationen ergeben, kann ein Informationsstandard eine Lösung mit hohem Mehrwert und vergleichbar leichter Umsetzung bieten. Liegen diese technischen Informationen und Dokumente zur Planung des Rückbaus vor, so sollte zu entscheiden sein, welche Demontageverfahren, Geräte und Maschinen für die rückzubauende Anlage vorzugsweise anwendbar, teilweise anwendbar oder nicht anwendbar sind. Bei der finalen Konkretisierung und Entscheidung der Einzelverfahren sind Umweltverträglichkeit (Lärm, Staub, Erschütterungen, Schäden am Boden), Arbeitssicherheit und ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis in Abhängigkeit von Standortbedingungen zu gewährleisten.<sup>77</sup>

Behördliche Vorgaben bzgl. der Offenlegung von Anlageninformationen können einen Informationsstandard unterstützen. Um die Zuständigkeit der Offenlegung relevanter Informationen frühzeitig festzusetzen, könnte die Verantwortlichkeit bereits im Rahmen der Genehmigung definiert werden. Bei einem Wechsel der Zuständigkeiten wird eine fortlaufende Dokumentation und Informationsweitergabe für sinnvoll erachtet. Auch können im behördlichen Innenrecht Regelungen getroffen werden, durch die Informationen, welche benötigt werden, (von und für Behörden) beschafft und offengelegt werden. Die zeitnahe Übermittlung von Daten kann über einen engeren Austausch der Beteiligten gefördert werden.

Damit nicht einzelne Behörden sowie das dazugehörige Personal bei der Einzelfallbewertung festlegen müssen, ob die gelieferten Informationen ausreichend sind, wird ein standardisiertes Formblatt als sinnvoll erachtet, dass dann auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft werden müsste. Hierfür empfiehlt sich ein anerkannter Standard, der sich beispielsweise über die Ergänzung der IEC 61400-28-2 der International Electrotechnical Commission (IEC) realisieren ließe. In diesem Zuge wäre auch die Gleichheit am Markt gewährleistet. Schließlich sollen die kooperativen Hersteller\*innen keine Nachteile erfahren, da sie im Gegensatz zur Konkurrenz Informationen preisgeben. Zudem sind reine technische Informationen weltweit kompatibel mit allen Rechtssystemen, Vorschriften, regionalen Ständen der Demontagetechnik und Verfügbarkeiten.

Zum Rückbau beauftragte Unternehmen sollten ihr Rückbaukonzept so planen, dass dieses eine möglichst gute Rückbaupraxis und hochwertiges Recycling verspricht. Hierfür sollten Best-Practice-Beispiele als Handlungsanleitung, z.B. auf Basis der DIN SPEC 4866, interdisziplinär erarbeitet und mit dem technologischen Fortschritt stets angepasst werden. Erforderliche Einzelfallprüfungen der Anlagen und Windparks unter Berücksichtigung von technischen und umgebungsspezifischen Bedingungen stehen einer hohen Standardisierungstiefe des technischen Ablaufs des Rückbaus entgegen. Um eine gute Rückbaupraxis durch Standards zu sichern und weiterhin

---

<sup>76</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 26 f.

<sup>77</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 30 f.

flexibles, zur guten Praxis beitragendes Handeln zu gewährleisten, sollte eine solche Handlungsanleitung auch den Umgang mit den Eventualitäten der Standorte und technischen Gegebenheiten abdecken. Eine Standardisierung ist wünschenswert, wo sich Standards schaffen lassen. Dies könnte sich beispielsweise auf einen Informationsstandard rückbaurelevanter Daten beziehen, standardisierte Entscheidungswege der Wahl von Einzelverfahren bei definierten Anlagen- und Standortgegebenheiten und die technische Normung von Einzelverfahren selbst. Es sind also mehrere Standards erforderlich, wie technische Prozesse in Abhängigkeit von der Datenlage ausgerichtet werden müssen. In diesem Zusammenhang ist zu empfehlen, relevante Regularien zu bündeln, auf den Rückbauprozess von onshore-WEA zu spezifizieren und auszuarbeiten. Die gemeinsame Voraussetzung zur Anwendbarkeit ist ein belastbarer Informationsstandard. Informationen müssen zudem einen hohen Individualisierungsgrad aufweisen und anlagen- und standortgebundene Spezifika abdecken.

Die Behörde könnte dann als Kontrollorgan sicherstellen, dass lediglich normkonforme Rückbauvorhaben in der Praxis umgesetzt werden. Voraussetzung hierfür wären Anordnungen in der Genehmigung zur Errichtung, ein entsprechendes Genehmigungsverfahren für den Rückbau und eine Eingriffsermächtigung, die ein Einschreiten der Behörde ermöglicht, wenn die Standards des Best Practice nicht eingehalten werden. Aktuell wird der Rückbau angezeigt, wie die Befragungsergebnisse zeigen, aber es werden Abbruchgenehmigungen sowie spezielle Erlaubnisse, die fall- und anlagenspezifische Entscheidungen betreffen, nicht immer eingefordert. Inwiefern eine gute Rückbaupraxis mit Berücksichtigung technischer Anforderungen der Anlage sichergestellt werden kann, hängt demnach in der Regel von dem Prüfumfang und den Prüfkriterien im Rahmen der Genehmigung ab. Sind diese unzureichend oder die Rückbauvorhaben verfahrensfrei, so kann ein ressourcenschonender Rückbau behördenseitig nicht sichergestellt werden. Die Erarbeitung von Standards ist somit alternativlos.

Müssten Rückbaukonzepte als Bestandteil der Genehmigung von Rückbau- und Abbruchunternehmen verbindlich vorgelegt werden, so sollte über die behördliche Genehmigung und Überwachung ein ressourcenschonender Rückbau gewährleistet sein. Voraussetzung ist die Erweiterung von behördlichen Anforderungen und Prüffrahmen. Daher empfiehlt sich die Erweiterung der Prüfkriterien zu einem einheitlichen Genehmigungsumfang, der Rückbaumethoden, Rückbauumfang und technische Maßnahmen der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes abdeckt. Zur Prüfung und Genehmigung sollten dann technikoffene Anforderungen gestellt werden, die unabhängig von Anlagen- und Standortspezifika als Best Practice gelten, z.B. in Form einer Checkliste. So wäre beispielsweise der in Kapitel 4.3 beschriebene Ablauf eines nachhaltigen Rückbaus gemäß DIN SPEC 4866 eine erste Orientierungsmöglichkeit solcher Anforderungen. Werden im eingereichten Rückbaukonzept Abweichungen festgestellt, so sollte diese Abweichung durch Nachweise von den Rückbau- und Abbruchunternehmen begründet werden. Die tatsächliche Umsetzung der Maßnahmen, die Bestandteil der Genehmigung sind, wie die Einhaltung des Rückbaukonzepts, ist (durch Dritte) zu überprüfen. So könnte die Planung, Durchführung und Beendigung des Rückbauvorhabens fester Bestandteil der behördlichen Überwachung werden.

Behördliche Zuständigkeiten von der Genehmigung bis hin zur Überwachung des Rückbauprozesses sind zum einen dezentral, zum anderen je nach Region heterogen organisiert. Zu identifizieren sind drei wesentliche Zuständigkeiten der Behörden, die eng zusammenarbeiten: Immissionsschutz, Bauaufsicht und Abfallwirtschaft. Eine Konzentration der behördlichen Aufgaben und Zuständigkeiten an einer Stabstelle wird als sinnvoll erachtet, um eine ganzheitliche Betreuung mit gebündelten Informationen zu gewährleisten. Eine bundesweite Vereinheitlichung wird empfohlen.



In Hinblick auf die aktuell postalisch und per E-Mail erfolgende Kommunikation lässt sich ein Handlungsbedarf für eine einfachere und effizientere Datenübermittlung ableiten. Der Geheimhaltung von schützenswerten Daten der Branche ist hierfür erforderlich, um einen Eingriff in den Wettbewerb zu vermeiden. Als Medium der Informationsweitergabe könnte ein digitales Informationssystem mit hinterlegten Datenbanken, das Vollständigkeit, Richtigkeit, also Überprüfbarkeit und Fälschungssicherheit, sowie Vertraulichkeit gewährleistet, maßgebende Vorteile bedeuten, um ein angemessenes Aufwand-/Nutzen-Verhältnis für Informationsgeber, -empfänger und Behörde zu schaffen.

## **4.2 Möglichkeiten der Informationsweitergabe und Archivierung**

Es gilt eine schlanke Lösung für einen zuverlässigen Informationsstandard zu erarbeiten, der auf der einen Seite eine gute Praxis bei Rückbau und Recycling ermöglicht und somit einen möglichst hohen Mehrwert für Rückbau- und Recyclingunternehmen sowie Behörden liefert, auf der anderen Seite den Mehraufwand für Hersteller\*innen und Betreiber\*innen geringhält. Weiterhin sind nicht nur nachhaltige Lösungen der systematischen Abfrage erforderlicher Informationen bei Hersteller\*innen und Betreiber\*innen zu erarbeiten, sondern auch wie die Informationsweitergabe und Archivierung sichergestellt werden können, um Wissen im Hinblick auf eine Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren zuverlässig zu erhalten. Hierfür sollen vier zentrale Strategien beleuchtet werden:

- ▶ Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung
- ▶ Informationen für den Rückbau durch den Eintrag in das Markstammdatenregister
- ▶ Informationen für den Rückbau als Teil der Dokumentation der technischen Betriebsführung
- ▶ Informationen für den Rückbau als Teil als Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen

### **4.2.1 Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung**

Wie bereits eingangs dargelegt, unterliegen alle WEA an Land einem Genehmigungsverfahren, das entweder auf Grundlage der jeweiligen Bauordnung des Landes oder nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz durchgeführt wird (siehe Ziffer 2.1 und Ziffer 4.1.6). Innerhalb der Anlagengenehmigung werden bereits jetzt Informationen über die Anlage geführt, welche die Gesamthöhe, den Rotordurchmesser und auch den Anlagentyp beinhalten. Ziel wäre demnach die Erweiterung dieser Informationsweitergabe, indem auch die restlichen rückbaurelevanten Herstellerinformationen innerhalb der Genehmigung dokumentiert und archiviert werden. Dadurch wäre es für Abbruch- und Rückbauunternehmen sowie für Entsorgungs- und Recyclingunternehmen zum Zeitpunkt der Stilllegung der Anlage möglich, auf notwendige Informationen zuzugreifen zu können.

Wird ein ausgefülltes Datenblatt zu Anlagenspezifika bereits bei der Anlagengenehmigung eingefordert und seitens der Behörden sowie der Betreiber\*innen archiviert, so kann auch nach mehreren Betreiberwechseln zum Zeitpunkt des Rückbaus auf einen zuverlässigen und konsistenten Datensatz für den Rückbau zurückgegriffen werden. Zudem kann im Rahmen des Genehmigungsverfahrens Normkonformität, Plausibilität und Vollständigkeit geprüft werden. Um den Aufwand von Genehmigungsverfahren gering zu halten, ist ein klarer und allgemein bekannter Informationsstandard zweckmäßig.

- ▶ Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung, könnten mit folgenden Schritten gestaltet werden:
- ▶ Erarbeitung eines Informationsstandards für den Rückbau durch Hersteller\*innen; Festlegung von Umfang und Detailtiefe der Informationen, die beispielsweise in Form eines Formblatts zum Rückbau zur Verfügung gestellt werden
- ▶ Schaffung einer Gesetzesgrundlage/Verordnung zur verbindlichen Dokumentation und Einreichung der notwendigen Informationen innerhalb der Anlagengenehmigung
- ▶ Einreichung des von Hersteller\*innen ausgefüllten Formblatts im Rahmen der Anlagengenehmigung
- ▶ Prüfung der Vollständigkeit und Plausibilität angegebener Daten als Teil des Prüfrahmens zur Anlagengenehmigung
- ▶ Schaffung eines Leitfadens (denkbar wäre hier auch eine Integration in die Windenergieerlasse der Länder), sodass die zuständigen Behörden über das notwendige Wissen verfügen, welche Informationen in welchen Rahmen vorliegen müssen. So kann sichergestellt werden, dass die Prüfung der Richtigkeit und Vollständigkeit durch die Behörden möglichst fehlerfrei vollzogen werden kann. Die Schaffung des Leitfadens dient gleichzeitig dazu, dass trotz zusätzlicher Aspekte, die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens beachtet werden, die Umsetzung effizient und zeitnah geschehen kann.
- ▶ Archivierung des ausgefüllten Formblatts bei der Behörde, sofern die Anlagengenehmigung erfolgt ist
- ▶ Archivierung desselben Formblatts durch die Betreiber\*innen
- ▶ Übermittlung des Formblatts durch Behörden an Rückbau- und Abbruchunternehmen, die von Betreiber\*innen konsultiert wurden
- ▶ Die Digitalisierung der Formblätter als digitale Produktpässe wird als zweckmäßig erachtet.

Basierend auf den Befragungsergebnissen und weiterer Recherche sind in Tabelle 12 wesentliche Vor- und Nachteile zusammenzufassen, die mit Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung verbunden sein könnten.

**Tabelle 12: Vor- und Nachteile von Informationen für den Rückbau als Teil der Anlagengenehmigung**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Erste Daten über die Anlage sind bereits im Genehmigungsverfahren enthalten (Höhe, RD, Fundamentart, Anlagen-Typ etc.). Diese Angaben können in einem Anhang des Genehmigungsverfahrens ergänzt werden und mit der Anlagengenehmigung archiviert werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mangelnde Expertise zur Beurteilung der Daten; geringe Überprüfbarkeit seitens Behörden</li> <li>▶ Es muss sichergestellt werden, dass insbesondere die Kommunen und die Genehmigungsbehörden über die notwendigen Ressourcen hinsichtlich Personal und Wissen verfügen</li> </ul>

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Behörde als zentrale und kontinuierliche Instanz zur Bündelung und Archivierung von rückbaurelevanter Herstellerinformationen, auch bei Betreiberwechsel; geringe Gefahr von Informationsverlusten</li> <li>▶ Durch die Prüfung der Antragsunterlagen durch die zuständige Behörde findet bereits eine Prüfung der Daten statt.</li> <li>▶ Erweiterung der Überwachungsmöglichkeiten der Behörde während des Rückbaus durch Datenzugriff; ggf. Verbindlichkeit einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling durch behördliche Genehmigung und Nachweispflicht, sofern Rückbaukonzept im Rahmen der Genehmigung vorzulegen ist</li> <li>▶ Die Überwachung des Abbruchs liegt bereits jetzt im Aufgabenbereich der Genehmigungsbehörden/Kommunen. Durch die Ergänzung des Genehmigungsverfahrens werden keine weiteren Marktakteur*innen involviert</li> <li>▶ Vermeidung des Eingriffs in den Wettbewerb durch Abfluss schützenswerter Daten durch behördliche Steuerung der Datenübermittlung; sensible Daten können im Rahmen öffentlicher Auslegung geschwärzt werden, sodass diese nur innerhalb der Behörden und Unternehmen/Personen mit berechtigtem Interesse an den Informationen diese einsehen können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Genehmigungsverfahren könnte noch weiter in die Länge gezogen werden; Ziel ist es grundsätzlich seitens der Planung, dass das Genehmigungsverfahren verschlankt wird und die zeitnahe Umsetzung der Planung der Parks/Anlagen umgesetzt werden kann; hoher Aufwand von Genehmigungsverfahren; Genehmigungsverfahren werden umfangreicher statt schlanker</li> <li>▶ Bisher liegen Antragsunterlagen oft nicht digitalisiert vor (dies stellt aber ein generelles Problem dar)</li> <li>▶ Änderung/Novellierung/Schaffung einer Gesetzesgrundlage</li> <li>▶ Unzureichender Einbezug von rückbaurelevanten Informationen der technischen Betriebsführung, z.B. Reparatur, Ersatzteile</li> </ul>

#### 4.2.2 Informationen für den Rückbau durch den Eintrag in das Marktstammdatenregister

Das Marktstammdatenregister (MaStR) der Bundesnetzagentur steht seit dem 31.01.2019 allen Marktakteur\*innen und der Öffentlichkeit zur Verfügung. Es stellt ein umfassendes behördliches Register dar, das Stammdaten des Strom- und Gasmarktes beinhaltet und in diesem Zusammenhang von Behörden und Marktakteur\*innen des Energiebereichs genutzt wird. Aktuelle Daten zur Strom- und Gasversorgung werden Netzbetreiber\*innen, der Politik und den Behörden in einer Online-Datenbank zur Verfügung gestellt. Ziel ist eine vereinfachte Meldepflicht des Strom- und Gasmarktes, eine vereinfachte Kommunikation zwischen den Akteur\*innen sowie eine Bündelung von Informationen durch eine zentrale Erfassung und dem Abbau von Bürokratie. Effekte sind eine erhöhte Qualität und Transparenz von Daten.

Das MaStR bündelt Informationen durch eine zentrale Erfassung und vernetzt somit verschiedenste Akteur\*innen. Einen Informationsstandard, der zur verbesserten Praxis von Rückbau und Recycling beitragen kann, leistet das Register aktuell noch nicht. Denn das MaStR hat eine energiewirtschaftliche Funktion, welche beispielsweise die Erzeugungskapazitäten systematisiert. Weniger handelt es sich um eine Datenbank, welche den Materialbestand erfasst. Eine Herausforderung stellt hierbei dar, dass das MaStR nicht tief genug gestaffelt ist, um alle rückbaurelevanten Informationen in ausreichender Detailtiefe zu erfassen. Die in diesem Zuge erforderliche Erweiterung des Registers, um einen gewünschten Informationsstandard zu schaffen, impliziert demnach eine große Datenmenge, welche durch Übersichtlichkeit und hohe Kapazität aufgefangen werden müsste, insbesondere dann, wenn ein solches Register auch für weitere erneuerbare Energien ergänzt würde. Auf der anderen Seite bestünde ein wesentlicher Vorteil der Erweiterung in der zentralen Archivierung von Branchendaten, die dann gebündelt an einem Ort abgelegt wären. Denkbar wäre auch eine alternative und spezifisch für den Rückbau und die Entsorgung angelegte Online-Plattform, welche ähnlich wie das MaStR aufgebaut ist und ebenso eine zugehörige Verordnung als Instrument zur Verbindlichkeit besitzt. Es ließe sich aus Erfahrungen der Einführung und Anwendung des Marktstammdatenregisters für eine solche „Materialdatenbank“ lernen. Die allgemeine Verfügbarkeit der teilweise als sensibel erachteten Daten ist gleichermaßen Vor- und Nachteil. Vorteilhaft, wenn die Daten für einen Rückbau benötigt werden, und nachteilig, wenn sie zum Schutz des Herstellerwissens stark begrenzt sind.

Allgemeine Bestimmungen, Registrierungen, behördliche Verfahren, die Nutzung des aktuellen MaStR, Meldepflichten und sonstige Bestimmungen sind durch die Verordnung über das zentrale, elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten, die Marktstammdatenregisterverordnung (MaStRV), geregelt.

Gemäß § 3 MaStRV sind Betreiber\*innen von Anlagen und organisierten Marktplätzen und Netzbetreiber\*innen sowie Stromlieferant\*innen und Transportkund\*innen, Bilanzkreisverantwortliche, Personen des Energiegroßhandels und Personen, die in Projekten mitwirken, zu registrieren. Der Eintrag in das Register erfolgt über die Marktakteur\*innen selbst. Hierfür ist zunächst ein Benutzerkonto zu erstellen, bevor Daten der Anlagenbetreiber\*innen und Daten der Anlage eingetragen werden können. Gemäß § 5 beinhaltet dies die Angabe allgemeiner Daten, wie Name, Standort, Technologie und Leistung, weitere Daten zur Genehmigung bei neuen Einheiten und zusätzliche Daten je Technologie. Im Falle der Registrierung einer Windenergie-Einheit sind beispielsweise WEA-Typ, Rotordurchmesser, Nabenhöhe und Hersteller\*in der Anlage anzugeben. Behördenseitig müssen sich gemäß § 4 MaStRV das BMWi, das UBA, das BLE und das Statische Bundesamt registrieren. Ebenso besteht die Möglichkeit einer freiwilligen Registrierung.

Daten zu Einheiten und Anlagen werden gemäß § 15 MaStRV öffentlich zugänglich gemacht, mit Ausnahme von Daten von natürlichen Personen, Daten, die aufgrund von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen schutzbedürftig sind, und standortspezifischen Daten von Erzeugungseinheiten mit einer Leistung von höchstens 30 kW. Die Verarbeitung und Überprüfung von Daten erfolgt gemäß § 9 bis § 13 MaStRV über die Bundesnetzagentur mit Aufforderung durch Netzbetreiber\*innen. Dies gilt auch für vertrauliche Daten, wie genannt. Sofern Daten nicht mehr für die Überwachung oder den Vollzug energierechtlicher Bestimmungen oder zu energiestatistischen Zwecken erforderlich sind, löscht die Bundesagentur betreffende Daten. Gemäß § 16 MaStRV sollen Behörden die ihnen zugänglichen Daten verwenden, um ihre gesetzlichen Aufgaben ausüben zu können. Für die Behörden, die sich zu registrieren haben, sowie für das Bundeskartellamt, das BAFA, Finanzbehörden und Landesregulierungsbehörden eröffnet die Bundesnetzagentur auch Daten, die als vertraulich gelten. Die Übermittlung von Daten zu energiestatistischen Zwecken oder zum Vollzug energierechtlicher Bestimmungen an Bundesbehörden können

Marktakteur\*innen verweigern. Netzbetreiber\*innen wird der Zugang vertraulicher Daten gemäß § 17 MaStRV gewährt, wenn diese zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Aufgaben bekannt sein müssen oder die Einheiten betreffen, die an ihrem Netz angeschlossen sind.

Ein Informationsstandard, der über Einträge in das MaStR realisiert werden soll, müsste mit den folgenden Anpassungen in der Verordnung verbunden werden:

- ▶ Erweiterung der Registrierungspflicht der Marktakteur\*innen gemäß § 3 MaStRV um Hersteller\*innen und Rückbau- sowie Entsorgungs- und Recyclingunternehmen
- ▶ Erweiterung der Registrierungspflicht von Anlagen gemäß § 5 MaStRV um rückbaurelevante Daten und Auftragnehmer\*innen des Rückbaus und der Entsorgung
- ▶ Erweiterung der Verarbeitung von Daten gemäß § 9 MaStRV um Archivierung rückbaurelevanter Daten bis Rückbau und Entsorgung vollzogen sind
- ▶ Erweiterung der Ausnahmen des öffentlichen Zugangs von Daten gemäß § 15 MaStRV um schützenswerte Herstellerinformationen
- ▶ Erweiterung der Verwendung der Daten durch Behörden gemäß § 16 MaStRV um Genehmigungsbehörden sowie weiteren Behörden, die den Rückbau überwachen
- ▶ Erweiterung der Verwendung der Daten durch andere Marktakteur\*innen gemäß § 17 MaStRV um Auftragnehmer\*innen des Rückbaus und der Entsorgung, einschließlich Recyclingunternehmen

Basierend auf den Befragungsergebnissen und weiterer Recherche sind in Tabelle 13 wesentliche Vor- und Nachteile zusammenzufassen, die mit einem Informationsstandard durch den Eintrag in das MaStR verbunden sein könnten.

**Tabelle 13: Vor- und Nachteile der Informationsbereitstellung durch den Eintrag in das Marktstammdatenregister**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Bündelung von Branchendaten für statistische Zwecke und Möglichkeit der Ableitung von Verbesserungspotenzial</li> <li>▶ Möglichkeiten des stärkeren Einbezugs von Behörden; Erweiterung und Erleichterung der Überwachungsmöglichkeiten der Behörde durch Datenzugriff</li> <li>▶ Vermeidung des Eingriffs in den Wettbewerb durch Abfluss schützenswerter Daten durch verbindliche Verordnung</li> <li>▶ Sicherstellung der Archivierung von rückbaurelevanten Daten, auch bei Betreiberwechsel</li> <li>▶ Möglichkeit der Plausibilitätsprüfung der Daten durch Abgleich mit vergleichbaren Branchendaten, sofern Zugang vorhanden, z.B. Prüfung durch Behörden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Hohe Anforderungen an die Cybersicherheit; Vertrauen seitens Marktakteur*innen</li> <li>▶ Unübersichtlichkeit und Kapazität der Datenbank aufgrund hoher Datenmengen</li> <li>▶ Hoher Aufwand der fortlaufenden Dokumentation für Marktakteur*innen, insbesondere bei Betreiberwechsel</li> </ul>

Vorteile	Nachteile
► Schneller Zugang der relevanten Daten für berechnigte Akteur*innen durch Registrierung	

#### 4.2.3 Informationen für den Rückbau als Teil der Dokumentation der technischen Betriebsführung

Die technische Betriebsführung schließt mit der Übergabe an der Errichtung und Inbetriebnahme der WEA an und endet mit der Einstellung des Anlagenbetriebs und dem Rückbau der WEA. Hierfür ist die Übergabe von genehmigungsrechtlichen Unterlagen und der technischen Dokumentation der WEA und Infrastruktur zur Netzeinspeisung und Kommunikation durch Auftraggeber\*innen erforderlich. Wechselt die zuständige Einheit zur technischen Betriebsführung, gehört hierzu auch die vollständige Arbeitsdokumentation der Instandhaltung und Wartung während des bisherigen Betriebs der WEA.<sup>78</sup> Die technische Betriebsführung agiert dann in den Funktionen der Koordination und dem Instandhaltungsmanagement. Dokumentationen und Gutachten sind zu bewerten und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Hierfür können wiederum weitere Expert\*innen miteinbezogen werden: Maschinenbau, Elektro-Anlagenbau oder sonstige Spezialist\*innen.<sup>79</sup> So laufen alle Informationen zusammen, die für die technische Betriebsführung erforderlich sind. Diese werden systematisch gesammelt, dokumentiert, analysiert und weitergeleitet.<sup>80</sup> Die Leitwarte stellt in diesem Zusammenhang die Kommunikationszentrale der fortlaufenden technischen Betriebsführung dar. Neben Stillstandsmeldungen, Warnmeldungen, Daten des Leistungsverhaltens und Kommunikationsfehlern zwischen WEA, die aus unterschiedlichen SCADA-Systemen der Hersteller\*innen ausgelesen werden können, werden die vom Leitwartenpersonal eingeleiteten Maßnahmen dokumentiert und gesichert.<sup>81</sup>

Im Konkreten sind die Verträge zur Betriebsführung grundsätzlich frei verhandelbar, Teil der Leistungsbeschreibung können beispielsweise die Dateneinholung und Fernüberwachung, die Organisation und Dokumentation der Instandhaltungsarbeiten, die Kontrolle vor Ort, die Berichterstattung für den Kunden und die Beratung hinsichtlich technischer Neuerungen sein. Die Verpflichtung der Kund\*innen als Auftraggeber\*in der technischen Betriebsführung könnte wiederum die Bereitstellung geeigneter Software sowie die Übergabe der Projektdokumentation, einschließlich Verträgen und Ansprechpartner\*innen, sein. In ergänzenden Formulierungen sollte der Umfang der übergebenden Dokumentation geklärt sein.<sup>82</sup> Für die Leistungsbeschreibung sind Anforderungen von Hersteller\*innen sowie der Komponenten, das Wartungspflichtenheft der WEA, die Typenprüfung und die aus der Anlageneinigung hervorgehenden Vorgaben maßstäblich. Die Anforderung an Dokumentation und Transfer ist in diesem Zusammenhang gleichzustellen mit der Offenlegung der Rohdaten aus der technischen Betriebsführung.<sup>83</sup>

<sup>78</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 29.

<sup>79</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 50.

<sup>80</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 28.

<sup>81</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 55, 62 f.

<sup>82</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 349 ff.

<sup>83</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 259 f.

Anhand von Baudokumentationen und Ausführungsunterlagen sollten die wesentlichen Bauteile und hochbelastete Konstruktionsbereiche identifiziert werden, um durchzuführende Untersuchungen abzuleiten.<sup>84</sup> Was unter bautechnischen Unterlagen zu verstehen ist, definiert beispielsweise die Richtlinie für WEA aus Niedersachsen. Gemäß der Richtlinie gehören zu den bautechnischen Unterlagen die folgenden Angaben.<sup>85</sup>

- ▶ Modellzeichnung, Angabe der Hersteller\*in, die Konfiguration, Betriebsdaten und weitere technische Daten der WEA
- ▶ Gesamtübersicht der Anlage und ggf. Lageplan
- ▶ Baubeschreibung von Turm und Gründung und weitere Grundlagen für die Bemessung
- ▶ Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung
- ▶ Konstruktionszeichnungen für Turm und Gründung mit allen notwendigen Informationen und technischen Anforderungen
- ▶ Montageanleitung (z.B. Spannanweisung, Herstellenweisung)
- ▶ Gutachtliche Stellungnahmen (Baugrundgutachten, Auflagen zum Bau und dem Betrieb, Sicherheitsgutachten, Nachweise der Rotorblätter, Nachweise für die elektronischen Komponenten, Maschinengutachten, einschließlich Bedienungsanleitung, Inbetriebnahmeprotokoll und Wartungspflichtenbuch)

Je detaillierter die Auswertung ausfallen soll, desto ausführlicher sollte auch die Dokumentation stattfinden. Beispielsweise empfiehlt der BWE Dokumentation von Schäden, die eine spätere Klassifizierung erlaubt; in Weiterbetrieb der Anlage, notwendige Instandhaltungsmaßnahme, Qualifikation der Reparatur, Zeitpunkt der Instandsetzung und Art der Reparatur. Ziel ist hierbei eine zuverlässige und lückenlose Lebenslaufakte der WEA. Eine ausreichende Information zu Betriebsgrenzen und Instandhaltungsvorhaben könnte maßgebend zur Fehlermeidung in Betrieb und Instandhaltung beitragen.<sup>86</sup>

Standards zur Dokumentation existieren bereits. Der europäische technische Fachverband für die Strom- und Wärmeerzeugung (VGB PowerTech) hat beispielsweise einen bereits über zehn Jahre angewendeten Standard für die „Lieferung der Technischen Dokumentation (Technische Anlagendaten, Dokumente) für Anlagen der Energieversorgung“ erarbeitet. In Zusammenarbeit mit Betreiber\*innen und Hersteller\*innen wird dieser stetig weiterentwickelt, sodass dieser auch heute noch den Anforderungen der Windenergie entspricht, um Anlagen wirtschaftlich und sicher zu betreiben. Die neuste Version des VGB-Standards ist darauf bedacht, Vollständigkeit und Aktualität der zu liefernden Dokumentation möglichst sicherzustellen, um Effizienz und Kosteneinsparungen bei allen Vertragspartner\*innen zu erzielen. Hierfür enthält der Standard beispielsweise auch die Zuordnung der Dokumentenarten mit ihren Bezeichnungen zum Dokumentarten-Klassenschlüssel (DCC).<sup>87</sup>

---

<sup>84</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 172.

<sup>85</sup> Richtlinie für Windenergieanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung - DIBt / Niedersachsen (RiLi-WEA).

<sup>86</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 154.

<sup>87</sup> VGB PowerTech, Lieferung der Technischen Dokumentation (Technische Anlagendaten, Dokumente) für Anlagen der Energieversorgung, 2015.

Ein Globales-Service-Protokoll (GSP) gewährleistet ein einheitliches elektronisches Format von Daten und Dokumenten rund um die Instandhaltung von erneuerbaren Energieanlagen. So wird die Kompatibilität sichergestellt und die Kommunikation zwischen verschiedensten Akteur\*innen erleichtert, sofern die IT-Systeme der Beteiligten das GSP-Format unterstützen. Um eine gute Grundlage für eine ausführliche Lebenslaufakte zu schaffen, orientiert sich der Protokollinhalt an bestehenden Richtlinien und Normen (siehe FGW-Richtlinie). Eine benutzerspezifische Konfiguration ist möglich.<sup>88</sup> Die Reihe DIN 77005 legt grundsätzliche Steuerprinzipien zur Führung der Lebenslaufakten fest. Im Zentrum stehen hierbei Betriebsdaten. Für einen Informationsstandard rückbaurelevanter Daten müsste eine solche um genau diese Informationen (siehe Tabelle 12) erweitert werden. Die Informationen können datenbankbasiert mit einem digitalen Endgerät übermittelt werden.<sup>89</sup>

Eine einheitliche Kommunikation für sämtliche Parteien, die in Planung, Bau und Betrieb einer WEA involviert sind, wird darüber hinaus durch das Reference Designation System for Power Plants (RDS-PP Kennzeichnungen) gewährleistet. Die RDS-PP Regeln legen dabei den Ausbau der Kennzeichnung und deren Hierarchie fest und sind in internationalen Normen verankert; IEC 81346 und ISO-STS 16952. Die Regeln sind länder- und technologieübergreifend definiert. Durch eine eindeutige und strukturierte Kennzeichnung von Daten werden Austausch und Vergleichbarkeit unterstützt. Systematische und einheitliche Anlagenkennzeichnungen können das Informationsbeschaffungs- und -zuordnungschaos lösen.<sup>90</sup> Der Mehrwert besteht in der digitalen Informationsübertragung, dem eindeutigen Verständnis, der Anwendbarkeit und Möglichkeit Daten ergänzt rückzumelden.<sup>91</sup>

Dennoch kann ein hoher Erfassungs- und Dokumentationsaufwand zu hohen Kosten sowie Akzeptanzproblemen führen, die zu unzureichender Sorgfalt führen. So sind Datensammlungen hinsichtlich der möglichen Interessenslage der Urheber\*innen zu hinterfragen und mit Blick auf die Plausibilität durch unabhängige Institutionen zu überprüfen.<sup>92</sup> Der Prüfbescheid der wiederkehrenden Prüfung kann sehr umfangreich sein. Dies richtet sich nach dem Anlagenzustand und der Anforderung. Unabhängig davon verlangt die Genehmigungsbehörde, die zur wiederkehrenden Prüfung auffordert, lediglich ein auf zwei Seiten zusammengefasstes Prüfergebnis.<sup>93</sup>

Die Betriebsführung erfüllt das Management und die Koordination. Die technische Betriebsführung, wie auch die Instandhaltung, erfolgt hierbei nicht zuletzt auch über weitere Auftragnehmer\*innen. Zunächst werden Daten also dezentral erfasst, bevor diese der Betriebsführung übermittelt werden. Bautechnische Unterlagen beinhalten bereits einige rückbaurelevante Informationen, die zur guten Praxis von Rückbau und Recycling bekannt sein müssen. In welchem Umfang die Kommunikation und Prüfung der Daten stattfindet, ist über individuelle Verträge geregelt. Auch digitale Informationssysteme sind in der Regel benutzerspezifisch konfigurierbar. Verschiedene Standards widersprechen dem Prinzip einer Vereinheitlichung.

Für einen Informationsstandard rückbaurelevanter Informationen im Rahmen der technischen Dokumentation der Betriebsführung sollten folgende Voraussetzungen realisiert werden:

---

<sup>88</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 190.

<sup>89</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 233.

<sup>90</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 221 ff.

<sup>91</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 220.

<sup>92</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 134.

<sup>93</sup> BWE, Windenergie Betriebsführung, 2014, S. 210.



- ▶ Erarbeitung eines Vertragsmusters zwischen Auftraggeber\*innen und Auftragnehmer\*innen der technischen Betriebsführung, der die vollumfängliche Dokumentation und Datenübermittlung rückbaurelevanter Informationen betrifft, bspw. über ein Formblatt
- ▶ Bündelung der Dokumentationsstandards zu einem verbindlich anzuwendenden Standard, der nicht nur dem effizienten Betrieb, sondern auch einer guten Rückbaupraxis dient; VGB-Standards, Kennzeichnung (z.B. RDS-PP) und Dokumentformate (z.B. GSP)
- ▶ Prüfung der Dokumente und Daten von unabhängigen Dritten, z.B. Behörden
- ▶ Archivierung der Dokumente und Daten durch Behörden und Datenübermittlung an Auftragnehmer\*innen des Rückbaus und der Entsorgung, einschließlich Recyclingunternehmen

Basierend auf den Befragungsergebnissen und weiterer Recherche sind in Tabelle 14 wesentliche Vor- und Nachteile zusammenzufassen, die mit einem Informationsstandard mit Dokumentation der technischen Betriebsführung verbunden sein könnten.

**Tabelle 14: Vor- und Nachteile eines Informationsstandards durch die technische Dokumentation**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Möglichkeit zur technischen Optimierung zu Effizienz und Kosteneinsparung im Betrieb durch ausreichende Kenntnis technischer Daten; Langlebigkeit</li> <li>▶ Möglichkeit der Ableitung von Beispielen der Best Practice, die in eine technische Norm übergeführt werden können</li> <li>▶ Vertraulichkeit durch die Dokumentation der Hersteller*innen und Betreiber*innen selbst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fehlendes Verantwortungsgefühl der technischen Betriebsführung für eine gute Praxis bei Rückbau und Recycling</li> <li>▶ Hoher Zeit- und Kostenaufwand der Dokumentation und Bündelung dezentral verteilter Daten; geringes Nutzen-/Kosten-Verhältnis für Betriebsführung; fehlender Anreiz; fehlende Motivation und Akzeptanz;</li> <li>▶ Unzureichende Überprüfbarkeit der Richtigkeit und Vollständigkeit der Dokumentation der Daten; fehlende Verbindlichkeit</li> <li>▶ Gefahr von Informationsverlusten durch häufige Betreiberwechsel</li> <li>▶ Hoher Aufwand der systemübergreifenden Umstellung auf einen Standard; Medium und Dokumentformat zur einheitlichen Erfassung und Datenübermittlung</li> </ul>

#### 4.2.4 Informationsstandard als ein Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen

Das aktuelle Portfolio von führenden Hersteller\*innen von WEA umfasst, neben dem Angebot von Anlagen selbst, ein breites Serviceangebot. Dies beinhaltet beispielsweise Serviceleistungen von der Fernüberwachung und Vollwartung mit zur Verfügung gestellten Servicetechniker\*innen, Reparatur und Ersatzteile bis hin zu einer bereiten Auswahl von Upgrades zur reibungslosen Betriebsführung (siehe z.B. GE Wind Energy, Vestas und Siemens Gamesa Renewable Energy).

Serviceverträge sind dabei flexibel gestaltet und richten sich oft nach den Bedürfnissen der jeweiligen Auftraggeber\*innen. Das Active-Output-Management (AOM) Programm legt hierbei Vertragsumfänge auf Basis jahrzehntelanger Erfahrung fest. Bei Vestas kann dies beispielsweise Verfügbarkeitsgarantien, einen kontinuierlichen Dialog mit persönlichen Kundenbetreuer\*innen, den Zugang zu Kunden- und Serviceportalen, Updates und Upgrades von Softwares, die Instandsetzung und Wartung der Komponenten und Betriebsmittel oder sonstige Dienstleistungen, wie z.B. Schulungen, beinhalten. Auch ein vielseitiges technisches und sicherheitsrelevantes Trainingsportfolio gehört oftmals zum Angebot der Hersteller\*innen. GE Wind Energy bietet solche Schulungen beispielsweise direkt am Standort und in der WEA des Kunden an, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind.

Ein erweitertes Dienstleistungsangebot um einen Informationsstandard könnte nicht nur eine gute Praxis in Rückbau und Recycling unterstützen, sondern auch nachhaltige Beziehungen zu Vertragspartner\*innen und die Interaktion stärken sowie eine nachhaltige Entwicklung fördern. Diese Aspekte würden, wie auch auf der Homepage von Siemens Gamesa Renewable Energy beschrieben, eine grundlegende Bedeutung der Unternehmenskultur von Anlagenhersteller\*innen einnehmen.

Die Archivierung und Dokumentation werden laut Angaben von Hersteller\*innen bereits durchgeführt, sodass die Unternehmen des Rückbaus und das Recyclings auf Anfrage Zugriff auf anlagenspezifische Informationen erhalten, sofern es sich dabei nicht um sensible Daten handelt, die nicht an die Öffentlichkeit geraten dürfen. Wird die Informationsweitergabe in Form eines Dienstleistungsangebots mit einem marktwirtschaftlichen Anreiz verbunden, so könnte ein Informationsstandard maßgebend vorangetrieben werden. Ein solches Dienstleistungsangebot kann unterschiedlich ausgestaltet werden. Dies obliegt letztendlich den Hersteller\*innen selbst. Im Folgenden sind zwei Beispiele ausgeführt, die erforderliche Informationen der Hersteller\*innen zum Rückbau und Recycling bereitstellen.

- ▶ Dienstleistungsangebot A: Archivierung und Übermittlung gebündelter Daten und Dokumenten über Anlagenspezifika sowie bisherigen Maßnahmen der Instandhaltung und Wartung, die für den Rückbau, die Entsorgung, wie auch das Recycling relevant sind
- ▶ Dienstleistungsangebot B: Archivierung der Daten und Schulung des seitens Hersteller\*innen empfohlenen Rückbau-, Entsorgungs- und Recyclingmaßnahmen mit vorliegenden Anlagenspezifika sowie bisherigen Maßnahmen der Instandhaltung und Wartung

Grundsätzlich wird das folgende Vorgehen für sinnvoll erachtet, sofern die Dokumentation, Archivierung und Bereitstellung von rückbaurelevanten Informationen durch Hersteller\*innen erfolgt:

- ▶ Schaffung einer Instanz, welche die Informationen nach Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft
- ▶ Sicherstellung, dass auf die notwendigen Informationen zeitnah zugegriffen werden kann, sodass es nicht zu vermeidbaren Verzögerungen kommt
- ▶ Vertragsmuster zu Umfang und Detailtiefe der zu übermittelten Daten und die Geheimhaltung schützenswerter Informationen zwischen Hersteller\*innen und Auftragnehmer\*innen zum Rückbau

Basierend auf den Befragungsergebnissen und weiterer Recherche sind in Tabelle 15 wesentliche Vor- und Nachteile zusammenzufassen, die mit einem Informationsstandard als Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen verbunden sein könnten.

**Tabelle 15: Vor- und Nachteile eines Informationsstandards als Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen**

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Alle relevanten Informationen werden bereits jetzt durch die Industrieakteur*innen/Hersteller*innen dokumentiert und archiviert</li> <li>▶ Hersteller*innen haben die volle Kontrolle über sensible und anlagenspezifische Informationen und diese sind ohne berechtigtes Interesse zu keinem Zeitpunkt einsehbar</li> <li>▶ Wirtschaftlicher Anreiz zur Dokumentation, Archivierung und Datenübermittlung auf Basis vertraglicher Vereinbarungen</li> <li>▶ Anreiz für Hersteller*innen Windenergieanlagen rückbau- und recyclinggerecht zu konstruieren, herzustellen und technisch zu betreiben</li> <li>▶ Möglichkeit einer verbesserten Interaktion zwischen Hersteller*innen und Rückbau- und Abbruchfirmen; Image</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Im Rahmen des globalen Ziels der Ressourcenwende sollte das Informationsangebot, um einen sicheren und ressourcenschonenden Rückbau von WEA gewährleisten zu können, nicht kostenpflichtig und an eine Dienstleistung geknüpft sein; Kostenaufwand für Rückbau- und Abbruchunternehmen; Barriere zur guten Praxis in Rückbau und Recycling</li> <li>▶ Durch die Anfrage seitens der Abbruch-/Recyclingunternehmen kann es weiter zu Verzögerungen im Ablauf kommen, da die Daten zunächst beschaffen werden müssen; Zeitaufwand für Rückbau- und Abbruchunternehmen</li> <li>▶ Gefahr der Übermittlung von Daten, die im Zuge des Images von Hersteller*innen für eine vermeintlich gute Praxis von Rückbau und Recycling verfälscht wurden</li> <li>▶ Gefahr der mangelnden Übermittlung schützenswerter Daten, die zur Auslegung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling erforderlich sind</li> <li>▶ Fehlende Instanz, die die Richtigkeit und Vollständigkeit prüft; mangelnde Möglichkeit zur Überprüfung der Daten; Flexibilität der Vertragsgestaltung</li> <li>▶ Mangelnder Einbezug der Behörde, der Genehmigungsverfahren einer guten Praxis in Rückbau und Recycling erschwert</li> <li>▶ Ggf. falsche Handlungsanleitung von Hersteller*innen, die nicht auf den Rückbau und das Recycling spezialisiert sind</li> <li>▶ Setzt Kenntnis der Hersteller*innen über fortlaufende Entwicklungen der Anlage, bspw. in Reparatur und Instandhaltung, voraus</li> </ul>

### 4.3 Der Ablauf eines nachhaltigen Rückbaus

Anzuwendende Rückbauverfahren müssen den bestehenden Rechtsrahmen einhalten (vgl. Ziffer 2.1.), was nach einer aktuellen Guideline der WindEurope in erster Linie die Einhaltung folgender Kriterien bedeutet: Umweltverträglichkeit, Vermeidung von Schäden am Boden, Sicherheitsaspekte, minimale Umweltbelastungen (Lärm, Staub, Erschütterung) und ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Abhängig von dem gewählten Rückbauverfahren wird der konkrete Ablauf des Rückbaus mit einzelnen Demontageschritten geplant.<sup>94</sup>

Die DIN SPEC 4866 gibt eine erste Anleitung für nachhaltige Prozesse des Rückbaus, der Demontage, des Recyclings und der Verwertung von WEA und wurde mit verschiedenen Akteur\*innen der Industrie erarbeitet. Grundsätzlich ist der technische Ablauf in fünf Phasen zu gliedern; Vorbereitung, einschließlich Planung, Erstellung eines Lastenheftes sowie Schadstoffgutachten (1), Rückbau von Hochbauten (2), Rückbau von Tiefbauten (3), Rückbau von Nebenanlagen (4), Rückbau der Baustelle und Renaturierung (5) und Wiederverwendung, Recycling und Beseitigung (6).

#### 4.3.1 Vorbereitungsmaßnahmen

##### 4.3.1.1 Planung eines Rückbauvorhabens und Erstellung eines Lastenheftes

Für die Ausschreibung und Vergabe ist ein Leistungsverzeichnis zu erstellen und den am Rückbau beteiligten Akteur\*innen zu übermitteln. Dieses sollte relevante Angaben aus folgenden Dokumenten enthalten:<sup>95</sup>

- ▶ Dokumentation der WEA, z.B. externe technische Dokumentation: Demontageanleitungen, Konstruktionszeichnungen, Fundamentzeichnungen, Statik, Typenprüfung, Schadstoffgutachten
- ▶ Bodengutachten, Baugenehmigung, WEA-Historie (insb. ausgetauschte Komponenten)
- ▶ Informationen und Pläne zur Infrastruktur
- ▶ Ablage- und Arbeitsfläche für die Komponenten (örtliche Beschreibung und Lageplan)
- ▶ Vorhalt von Stellflächen für Material- und Personalcontainer (örtlichen Beschreibung, Lageplan in Berücksichtigung gültiger Richtlinien und Vorschriften)

Vor Beginn der Arbeit ist der Demontageprozess zu konzeptionieren, der Einsatz der Geräte sowie der damit verbundene Ablauf des Rückbaus von Hoch- und Tiefbauten der onshore-Windenergieanlage zu planen. In diesem Zusammenhang ist ein Rückbau- und Entsorgungskonzept zu erarbeiten, das auf die Hersteller- und Betreiberangaben und die örtlichen Gegebenheiten abgestimmt ist. Darunter muss das Konzept enthalten:<sup>96</sup>

- ▶ Arbeitsprozesse vor Ort unter Angabe des Geräte- und Personaleinsatzes
- ▶ Potenzielle Emissionen und Vermeidungsmaßnahmen

---

<sup>94</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 30 f.

<sup>95</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 12.

<sup>96</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 12.

- ▶ Verzeichnis der Stoffe und Bauteile zur Wiederverwendung, Verwertung und Entsorgung
- ▶ Art der Dokumentation

Betreiber\*innen haben zu bestimmen, welche Bauteile der WEA als Ersatzteile genutzt und wiederverwendet werden sollen.<sup>97</sup> Für die Festlegung von Rückbauumfang, Rückbaumethode sowie technischen Maßnahmen zum Arbeits- und Umweltschutz sind auf der einen Seite technikoffene Vorgaben und Norm, auf der anderen Seite Standortbedingungen und Anlagenspezifika der jeweiligen WEA ausschlaggebend.

Für einen nachhaltigen Rückbau unter Berücksichtigung individueller Randbedingungen der Anlage und Standortbedingungen empfiehlt der UBA Text 117/2019 eine Standardisierung, für welche die Klärung der folgenden Aspekte erforderlich ist:<sup>98</sup>

- ▶ Rückbauumfang, wie Rückbau von Fundamenten und Nebenanlagen, z.B. Kabelsysteme, Stellflächen und Zuwegungen
- ▶ Zuverlässigkeit und Einfluss von Rückbaumethoden, z.B. Kran oder Sprengung
- ▶ Umweltschutz- und Arbeitssicherheitsaspekte, z.B. Ausbildungsnachweise oder Prüfplaketten
- ▶ Technische Maßnahmen bei der Verarbeitung und Zerlegung von Komponenten vor Ort, z.B. Einhausung
- ▶ Technische Daten und Dokumenten, z.B. Mengen, Massen, Materialzusammensetzung, Zeichnungen
- ▶ Regelungen zu Rückbau, Aufbereitung, Umgang und weiterer Verwendung von Recyclingmaterialien, z.B. Definition der Recyclingtiefe

Zur Personalqualifikationen wird in der DIN SPEC 4866 unter anderem empfohlen, Schulungen und Qualifikationen zu den folgenden Themengebieten vorweisen zu können:

- ▶ Gefahrstoffe
- ▶ Anschlagen von Lasten
- ▶ Hydraulik- und Elektroschrauber
- ▶ Ladungssicherung
- ▶ Führung von Teleskopstaplern
- ▶ Hubarbeitsbühnen
- ▶ Höhenarbeit
- ▶ Elektronische Unterweisung (EUP)

---

<sup>97</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 17.

<sup>98</sup> UBA Text 117/2019, S. 152 f.

Vor allem bei Höhenarbeiten spielen die Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle. Wind, Kälte, Regen und Schnee sind hierbei kritische und unsichere Faktoren und können einen effizienten Rückbauprozess behindern, selbst wenn das Personal hierfür die Qualifikationsnachweise erbringen könnte. Ebenso stellt dies ein Kostenfaktor dar. Wenn die Arbeiten wetterbedingt unterbrochen werden müssen, entstehen dennoch laufende Kosten. Werden die Arbeiten trotz kritischer Wetterbedingungen durchgeführt, steigt das Risiko für das Personal. So muss bei der Planung und Durchführung des Rückbauprozesses unbedingt auch die Wetterbedingung berücksichtigt werden.

Anhand all dieser Aspekte sind technische Anforderungen des Rückbaus zu spezifizieren und Entscheidungen zu treffen, die den Prozess des Rückbaus sowie nachgelagerte Prozesse der Abfall- und Verwertungswirtschaft maßgebend beeinflussen. Dies erfordert nicht nur ausführliche Anlageninspektionen, als explizite Bedingung für einen nachhaltigen Rückbau müssen technische Daten und Dokumente, wie beispielsweise auch aus der Guideline der WindEurope hervorgeht, vorliegen, um diese zu einem Lastenheft für den Rückbau zu bündeln und die technischen Abläufe zu planen und dimensionieren. In einer Begehung mit Anlageninspektion und der Beschaffung relevanter technischer Daten und Dokumente sind die in Tabelle 11 aufgeführten Anlagenspezifika zu ermitteln, um den Rückbauprozess auszulegen.

Wie Ergebnisse der Literaturrecherche und Befragungen zeigen, besteht hierbei eine nicht zu vernachlässigende Diskrepanz zwischen der erforderlichen Transparenz und der tatsächlichen Verfügbarkeit von Demontagekonzepten und anlagenspezifischen Informationen der Hersteller\*innen. Dies führt nicht nur zu einem erhöhten Aufwand der Informationsbeschaffung, sondern erhöht in diesem Zuge auch die Kosten und enorme Risiken, welche die Betreiber\*innen zu tragen haben. Eine gute Praxis von Rückbau und Recycling der WEA, in Berücksichtigung von Standortbedingungen und Anlagenspezifika, ist als Resultat mit einem erhöhten Preis verbunden, der als Hemmnis für eine gute Praxis und der damit verbundenen Ressourcenschonung verstanden werden kann.

#### **4.3.1.2 Erstellung eines Schadstoffgutachtens**

Die standortbezogene Risikobewertung wird von dem Rückbauunternehmen vor Beginn der Rückbauarbeiten erstellt und muss auf der Baustelle stets verfügbar sein. Sie muss bei wesentlichen Änderungen des geplanten Arbeitsablaufs oder bei nachträglich festgestellten Gefährdungen nachträglich festgestellt werden.

Die Unfallversicherungsträger geben entsprechende Richtlinien für die Ermittlung von Gefährdungen mit den zu wählenden Schutzmaßnahmen des Personals. Spätestens vor Beginn des Abbaus oder der Stilllegung muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, um festzustellen, welche Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind, um die Freisetzung von Schadstoffen zu vermeiden sind und welche Anforderungen an die Entsorgung zu erfüllen sind.

Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung ist Bestandteil der Demontage- oder Abbauanleitung und ist eine wichtige Grundlage für die zu Beginn der Demontagemaßnahme durchzuführende Unterweisung.<sup>99</sup>

---

<sup>99</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 23.

#### **4.3.1.3 Rückbaugenehmigung und Rückbauanzeige vor den regionalen Behörden sowie dem Marktstammdatenregister**

Für die Erfassung des Rückbaus von WEA fehlt derzeit eine systematische Rückbaustatistik. Die Rückbauanzeige ist langfristig allerdings wichtig und notwendig. Die Grundlage für eine solche Statistik könnten die Austragungen aus dem MaStR sein. Das wäre technisch einfach integrierbar, indem unter „Betriebsstatus“ die Optionen „in Rückbau“ oder „endgültig rückgebaut“ hinzugefügt werden. Diese Eintragungsverpflichtung zur Rückbauanzeige müsste durch den Gesetzgeber formuliert werden.

#### **4.3.1.4 Absicherung und Einrichtung der Baustelle**

Im ersten Schritt erfolgt die Einrichtung von Sanitär- und Bürocontainern des Personals, die Errichtung von Zufahrtswegen und sonstigen Verkehrsflächen. Verkehrsrechtliche Anordnungen und arbeits- und umweltschutzrechtliche Vorgaben sind in diesem Zusammenhang zu befolgen. Darunter fällt die Beschilderung, Absperrung von Wegen sowie das Aufstellen von Bauzäunen. Zur Einrichtung werden außerdem geplante Geräte und Maschinen, wie die Krantechnik, angeliefert und mit Berücksichtigung der erforderlichen Kurvenradien positioniert.<sup>100</sup> Wind- und Wetterbedingungen sind bei der Wahl des Zeitpunktes dieser Arbeiten, insbesondere bei Höhenarbeiten, zu berücksichtigen, um die Arbeitssicherheit zu gewährleisten.

Für Baustraßen, Boden- und Baumaterial, für Maschinen, zur Demontage und Zerkleinerung sind in Anspruch zunehmende Flächen gewissenhaft zu wählen, um einen nachhaltigen Rückbau zu gewährleisten. Bei der Aufstellung von hohen Lasten, wie schweren Geräten oder (zum späteren Zeitpunkt mit Anlagenteilen gefüllten) Abfallbehältern, insbesondere aber des Haupt- und Hilfskrans muss eine ausreichende Festigkeit des Untergrundes beachtet werden. So ist zu prüfen, welche Flächen aus Umweltschutzgründen zur Inanspruchnahme ungeeignet sind und welche Flächen lediglich in Verbindung mit Bodenschutzmaßnahmen genutzt werden sollten. In diesem Zusammenhang empfiehlt sich vor allem die Nutzung von vorbelasteten Böden, die bereits verdichtet und versiegelt sind, beispielsweise asphaltierte oder gepflasterte Flächen. Erosionsempfindliche Böden sind ausschließlich mit Vermeidungsmaßnahmen der ökologischen Belastung in Anspruch zu nehmen, während von der Inanspruchnahme verdichtungsempfindlicher Böden (vor allem vernässte, organische und sulfatsaure Böden) abzusehen ist.<sup>101</sup> Das Ziel der Maßnahmen liegt in der Sicherheit von Mensch und Umwelt zu jedem Zeitpunkt der Rückbautätigkeiten.

#### **4.3.1.5 Stilllegung, Trennung vom Netz und Entfernung von Verkabelungen**

Bei der Trennung vom Netz ist die Spannungsfreiheit durch Prüfungen und Dokumentationen, beispielsweise in Form eines Freischaltprotokoll, sicherzustellen.<sup>102</sup> Dies umfasst vor allem die Trennung von Kabelverbindungen, wie beispielsweise Leistungs- und Steuerkabel, aber auch weitere Kabelsysteme, wie die Verkabelung von Turmeinbauten. Ist das Turmkabel an einem Stück in der Anlage integriert und eine Zweitnutzung zu ermöglichen, so ist die Entfernung dieser Verkabelung vergleichbar aufwendig, da die Kabel nicht beschädigt werden dürfen. Bei Kabeln, die in Abschnitte unterteilt sind, besteht die Möglichkeit einer Auftrennung.<sup>103</sup> Bevor WEA

---

<sup>100</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13.

<sup>101</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2021, S. 41 ff.

<sup>102</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13.

<sup>103</sup> UBA Text 117/2019, S. 62.

rückgebaut werden können, ist sicherzustellen, dass Strom- und Informationsverkabelungen sukzessiv vom Stromnetz getrennt wurden. Ebenso sind Energiespeicher, wie Batterien sowie Druckbehälter, abzuschalten.<sup>104</sup> Das durchführende Personal muss hierbei Sachkunde und Qualifizierungen vorweisen können. Die Unternehmer\*innen haben nach Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel „dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel nur von einer Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft den elektrotechnischen Regeln entsprechend errichtet, geändert und instandgehalten werden“ (§ 3 (1) DGUV Vorschrift 3). Weitere Vorhaben finden sich in den Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

#### **4.3.1.6 Entfernung Betriebsflüssigkeiten und sonstiger Gefahrenstoff**

Nach geltendem Recht (Kapitel 2.1.2) müssen Betriebsstoffe, wie Schmier-, Kühl- oder Bindemittel, sowohl bei offenen als auch geschlossenen Systemen so schnell wie möglich entleert werden, um Kontaminationen mit anderen Betriebsflüssigkeiten sowie von Komponenten oder Umwelt beim anschließenden Rückbau der WEA auszuschließen. Besonders gilt dies jedoch für offene Systeme, beispielsweise Schwingungsdämpfer oder Auffangwannen, die ebendann schon vor dem Rückbau entleert werden sollten. Geschlossene Systeme, wie Getriebe- und Hydraulikeinheiten, können in Abgleich mit behördlichen Vorgaben auch nach der Demontage abgelassen werden.<sup>105</sup>

#### **4.3.1.7 Vorbereitung und Einsatz von Krantechnik**

Ist die nötige und für die vorgesehenen Prozesse geeignete Technik positioniert, sind alle Komponenten mit dem Rückbauprozess iterativ und sukzessiv mit geeigneten Hebemitteln anzuschlagen und erforderliche Führungsseile anzubringen. Die ausreichende Lastaufnahme der eingesetzten Technik ist sorgfältig zu prüfen.<sup>106</sup> Welche Krantechnik für den Rückbau zum Einsatz kommt, ist von anlagentypischen Daten der Nabenhöhe und der erforderlichen Lastkapazität, beispielsweise dem zulässigen Gewicht in Hakenhöhe, abhängig. Auch der Zustand und die Maße der Zuwegungen und Kranstellflächen sind zu berücksichtigen.<sup>107</sup>

#### **4.3.1.8 Lösen von Verbindungselementen**

Um den späteren Rückbauprozess zu beschleunigen, können einige Drehdurchführungen entweder bereits in der Vorbereitungsphase oder sukzessive dem Rückbaufortschritt entsprechend, dennoch geordnet gelöst werden. Diese sind mittels Drehmomentschlüssel zunächst einzeln zu lockern und anschließend wieder anzuziehen, sodass dennoch ausreichende Stabilität gewährleistet ist. Ziel hierbei ist eine minimale Standzeit des Krans durch Reduzierung der Wartezeit während der späteren Demontage.<sup>108</sup>

#### **4.3.1.9 Trennung von Spannlitzen**

Mittels Spannlitzen bzw. Spannseilen werden die Segmente bestimmter Betontürme verspannt. So ist nach dem Stand der Technik mindestens eine Spannlitze im Guss des Fundaments der

---

<sup>104</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 32.

<sup>105</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13.

<sup>106</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13.

<sup>107</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13.

<sup>108</sup> UBA Text 117/2019, S. 62.



WEA befestigt. Diese können innerhalb der Schalung des Turms oder außerhalb der Turmwandung verspannt sein. Die Spannlitzen durchlaufen das Fundament und sind unterhalb des Anlasses in einem Raum bzw. Keller mittels Spannlitzenkopf vorgespannt.<sup>109</sup>

Für die Lösung der Spannlitzen sind fallspezifische Daten der Konstruktion von hoher Relevanz, um Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Wenn diese nicht berücksichtigt werden und die Spannlitzen unsachgemäß gelöst werden, ist mit einer Instabilität der Segmente des Turms zu rechnen. Die Zugspannung kann so hoch sein, dass wenn eine Litze unkontrolliert gelöst wird, die gesamte Konstruktion instabil wird. Im Zuge der hohen Lasten wäre hiermit nicht nur ein hohes technisches Risiko verbunden, sondern auch eine Gefährdung von Mensch und Umwelt. Daher muss von den Hersteller\*innen beschrieben werden, wie diese Litzen und Konstruktionen gelöst werden können. Nicht selten werden die Spannmechanismen jedoch patentiert<sup>110</sup> so dass die Patentschrift die nötigen Informationen bereitstellen könnte. Auch der aktuelle Stand der Forschung, der aus der wissenschaftlichen Literatur hervorgeht, erlaubt keine Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen für eine gute Praxis bezüglich verschiedener Konstruktionen der Tragstruktur und Spannlitzen. Dennoch können die DIN-Normen zu Tragstrukturen für WEA und Plattformen als erste Orientierung dienen.<sup>111</sup>

## **4.3.2 Rückbau von Hochbauten der Windenergieanlage**

### **4.3.2.1 Demontage von Rotorblättern und Nabe**

Nabe und Gondel mit Antriebsstrang werden üblicherweise mittels Krans demontiert.<sup>112</sup> Voraussetzung ist, dass die Anlage so ausgerichtet ist, dass das Manövrieren des Kranauslegers gewährleistet ist und der Hauptkran auf dem Kranmontageplatz aufgestellt werden kann.<sup>113</sup> Die Nabe wird in der Regel als Teil des Rotorsterns demontiert, der erst mit der Platzierung auf dem Boden in seine Einzelteile (Rotorblätter und Nabe) zerlegt wird. Hierfür muss der Kran über einen Mechanismus verfügen, mit welchem der Stern gekippt und auf dem Boden platziert werden kann. Die Nabe wird direkt mittels Schwertransport und geeignetem Transportgestell von einem Transportlogistikdienstleister oder sonstigen Unterauftragnehmer zum vereinbarten Bestimmungsort des Käufers der WEA bzw. zum Entsorgungsbetrieb gebracht.<sup>114</sup>

Das Recycling von Rotorblättern wurde in einer umfangreichen Studie des Umweltbundesamtes (UBA TEXTE 92/2022) erörtert. Dabei wurde in baustellenseitigen Rückbautätigkeiten in Betreiberverantwortung, Demontage in spezialisierten Demontagewerken und Verwertung der separierten Materialien unterschieden. Während baustellenseitige Arbeiten klar in Betreiberverantwortung liegen, ist die werksseitige Demontage eine Grauzone, die technisch notwendig ist, für die es aber noch keine Qualitätsstandards und systematisierte Konzepte gibt.

### **4.3.2.2 Demontage des Maschinenhauses**

Zum Rückbau der Gondel, inklusive Antriebsstrang, kann in Ausnahmefällen einer eingeschränkten Zugänglichkeit auf alternative Rückbaumethoden zurückgegriffen werden. Je nach Größe der

---

<sup>109</sup> Koordes; Pollmann; Groß, Windenergieanlage und Windenergieanlagen-Fundament (Patent DE102013211750A1), 2014.

<sup>110</sup> Siehe z.B. Koordes; Pollmann; Groß, Windenergieanlage und Windenergieanlagen-Fundament (Patent DE102013211750A1), 2014.

<sup>111</sup> DIN 18088-1:2019-01; DIN 18088-2:2019-01; DIN 18088-2:2019-01; DIN 18088-3; DIN 18088-4; DIN 18088-5:2017-12.

<sup>112</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 13; UBA Text 117/2019, S. 23, 30.

<sup>113</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 31 f.

<sup>114</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 31 f.

Anlage sowie erwünschter Weiternutzung der Gesamtanlage oder Einzelteile werden genannte Komponenten jeweils im Ganzen befördert oder zuvor zerlegt. Wird die Gondel zuvor zerlegt, werden Generator und Getriebe separat entnommen und abtransportiert. Ist ein Permanentmagnet vorhanden, wie vor allem bei Synchrongeneratoren der getriebelosen Anlagen der Fall, ist dieser zu entmagnetisieren und eine Abschirmung vor der Beförderung erforderlich. Bei neueren und größeren Anlagen wird der Abtransport im Ganzen immer schwieriger, weswegen die Zerlegung auf dem Boden in Zukunft vermutlich fester Bestandteil des Rückbaus sein wird. Aufgrund von Beschichtungen der Komponenten sind in diesem Zusammenhang Bodenschutzmaßnahmen erforderlich. Sind Gondel und Maschinenhaus rückgebaut, werden diese in ein Entsorgungsbzw. Aufbereitungswerk transportiert.

#### **4.3.2.3 Demontage des Turms**

Der Rückbau des Turms setzt voraus, dass Rotorblätter, Nabe sowie Gondel bereits demontiert wurden. Relevante Kabelverbindungen müssen getrennt sein, um die Einbauten des Turms, wie Fahrstühle oder Elektrotechnik, Schienensysteme, Podeste und Steigleitern, unter Einsatz der Krantechnik auszubauen. Je nach Turmbauart kann diese Demontage vor oder erst nach der fortschreitender Turmsegmentdemontage erfolgen.

Ist dies geschehen, werden nach aktuellem Stand der Technik verschiedene Verfahren angewendet, um den Turm rückzubauen. In aller Regel erfolgt eine sukzessive Demontage, bei welcher die Turmart entscheidend ist. Stahl und Stahlgittertürme werden fast ausschließlich durch Lösen der einzelnen Stab- und Ringelemente zurückgebaut. Stahlbetontürme bestehen ebenfalls aus verbundenen Betonelementen.<sup>115</sup> Beim mechanischen Rückbau handelt es sich um die bodenschonendste Variante der Turmdemontage. Hierbei erfolgt eine schrittweise Demontage der Turmsegmente (Ringsegmente), die mittels Krans auf dafür vorgesehene Flächen heruntergehoben und temporär gelagert werden. Voraussetzung ist, dass die Segmente freiliegend und abspannbar sind. Sofern die Segmente noch keine transportfähige Größe aufweist und keine Weiternutzung angedacht ist, werden diese vor der Verladung in Container und für den Transport zerkleinert.

Wird ein Gittermastturm rückgebaut, werden die Verbindungselemente gelöst, sodass einzelne Abschnitte (bestehend aus einer bestimmten Anzahl von Gitterstäben) mithilfe des Hauptkrans demontiert, auf dem Boden gelagert und dort weiter demontiert werden können. Die Gitterstäbe werden vor Ort in Containern gesammelt und schließlich zu den Entsorgungsunternehmen befördert.

Betonsegmente des Turms sind Fertigteile, die einerseits verschraubt, aber zusätzlich mit Spannlitzen befestigt werden. Auch hier sind die Segmente zu lösen und herunterzuheben. Im Mantel der Betonfertigteile sind im Querschnitt etwa sechs bis acht Löcher, die über mehrere Turmsegmente ragen bis in den Keller der Anlage. Im Keller und dem oberen Teil der Anlage werden sie dann über unterschiedliche Mechanismen, welche in der Regel einem Patent unterliegen, verspannt (vgl. Ziffer 4.3.1). Da Beton und Stahl hierbei nicht durch etwa ein Brechen getrennt werden müssen, ist die Konstruktion recyclingfähig. Das Zerteilen des Turms in Segmente ist nur bei einer freiliegenden, nicht vergossenen Abspannung möglich. Nach der Trennung der

---

<sup>115</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2021, S. 19.

Betonsegmente von der Stahlkonstruktion, dem Anheben, Schwenken und Ablassen auf die dafür vorgesehenen Flächen werden die Segmente schnell von der Baustelle befördert und einem Betonrecycling zugeführt.

Ein irreversibler Abbruch erfolgt in Ausnahmefällen, beispielsweise einer Havarie oder wenn die Demontage aufgrund von Teilerstörungen nicht mehr sicher ist, Fallrichtungssprengung oder Sprengfaltung, Abrissbirne oder Abbruchscherer und weitere Großgeräten und Sägetechniken.<sup>116</sup> Der Beton kann dann zwar verwertet werden, eine Weiterverwendung des Turms als Ganzes ist zumeist jedoch ausgeschlossen.<sup>117</sup> Werden statt dem mechanischen Rückbau ebendiese alternativen Abbruchmethoden angewendet, so sind insbesondere bei diesen die umliegenden Flächen vor Einträgen von Bruchstücken und Staubemissionen zu schützen. Mittels Einhausungen, Wannen, Matten, Platten oder Geotextilien, die auf dem Boden ausgebreitet werden, sind Stäube und Beschichtungen aufzufangen. Eine Sprengung ist dabei gegenwärtig nur mit Berechnungen und Nachweisen hinsichtlich potenzieller Auswirkungen auf benachbarte Anlagen und Einrichtungen zulässig. Grundsätzlich soll diese Rückbaumethode jedoch weiterhin Bestandteil der gängigen Praxis bleiben, wie auch aus UBA Text 117/2019 hervorgeht.<sup>118</sup> Für die Rückbaumethoden der Fallrichtungssprengung sind darüber hinaus ein Fallbett sowie temporäre Demontageflächen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lasten und Bodenpressung zu errichten.<sup>119</sup> Diese Rückbaumethode sollte hingegen nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen.<sup>120</sup>

#### **4.3.2.4 Demontage von Elektrogeräten**

Generatoren, Trafostationen, Schaltanlagen und weitere Steuerschränke finden sich oft in der untersten Turmebene im Fuß der Anlage. Analog zum Ausbau und der Demontage der Elektrogeräte des Maschinenhauses sind diese zu separieren und zu einem Fachbetrieb zur weiteren Zerlegung, Beseitigung bzw. Aufbereitung in einen Fachbetrieb zu befördern.

#### **4.3.3 Rückbau von Tiefbauten der Windenergieanlage**

Beim Rückbau des Fundaments ist zwischen standardmäßigen Flachfundamenten und Pfahlfundamenten zu unterscheiden, welche, wie beispielsweise der Erlass aus Schleswig-Holstein zeigt, in der Regel nur in sandigen Böden der Küstenstandorte eingesetzt werden. Je nachdem wie die Vorgabe zur Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands ausgelegt wird, ist das Fundament vollständig oder nur bis zu einer bestimmten Tiefe rückzubauen (vgl. hierzu 2.1.1.3). Für eine uneingeschränkte Nachnutzung der Bodenfläche sollte das Fundament einschließlich Sauberkeitsschichten entfernt werden. So ist im Falle des Flachfundaments der vollständige Rückbau anzustreben. Maßgeblich ist dabei, dass es langfristig zur keinem Flächenverbrauch oder Qualitätsverlust von Flächen durch Windenergienutzung kommt. Unabhängig vom Rückbauumfang sind schadstoffhaltige Beschichtungen zu Beginn fachgemäß zu entfernen.

Anschließend kann das Fundament, analog zum Turmrückbau, über die Optionen des mechanischen Rückbaus und der Sprengung rückgebaut werden. Ein freiliegendes Fundament kann durch einen Hydraulikmeißel in Einzelteile zerlegt werden. Lockerungssprengungen finden besonders bei Fundamenttiefen von mehr als 2 m Anwendung, solange ausbleibende Schäden von

---

<sup>116</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 15.

<sup>117</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 33.

<sup>118</sup> UBA Text 117/2019, S. 30.

<sup>119</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2021, S. 34 f.; UBA Text 117/2019, S. 153.

<sup>120</sup> UBA Text 117/2019, S. 30.

benachbarten Anlagen, Häusern oder gar Versorgungsleitungen bei der zuständigen Behörde bewiesen sind. Im Falle der Sprengung sind Bohrungen in das Fundament erforderlich, um dieses mit der Sprengladung zu versehen. Das Fundament ist mit Matten abzusichern. Nach der Sprengung sind Beton und Bewehrungsstahl in der Regel separiert und können mithilfe eines Baggers aus der Baugruppe entfernt werden. Noch nicht getrennte Komponenten werden separiert und gesonderten Entsorgungswegen zugeführt. Ist inmitten des Fundaments ein direktes Stahlverbindungsstück zum Turm vorhanden, kann dieses vorsichtig ausgehoben werden und in einem neu zu errichtetem Fundament am zweiten Standort verbaut werden, sofern der Zustand fehlerfrei ist.<sup>121</sup>

#### **4.3.4 Rückbau von Nebenanlagen**

Andere Komponenten der Infrastruktur und Nebenanlagen, wie externe Transformatoren, Übergabestationen, (interne und externe) Kabeltrassen, Netzanschluss, übrige Schaltanlagen und Trafostationen, aber auch Kranstellflächen und Zuwegungen, können parallel zu anderen Vorgängen oder am Ende des Demontageprozesses rückgebaut werden. Nach UBA Text 117/2019 sollte von dem Rückbau der Nebenanlagen abgesehen werden, sofern sie einer anderen Nutzungsart, z.B. dem Repowering, keinen dauerhaften Vorteil bringen können. Dies richtet sich zu meist an die Gegebenheiten vor Ort.<sup>122</sup> Weiterhin ist zur Entscheidung für oder gegen den Rückbau von externen Kabeltrasse nach vorliegenden Randbedingungen unter ökologischen, ökonomischen und auch rechtlichen Gesichtspunkten abzuwägen. Grundsätzlich wird der vollständige Rückbau empfohlen. Erdkabelsysteme sind dabei möglichst minimalinvasiv zu entfernen.<sup>123</sup>

#### **4.3.5 Rückbau der Baustelle und Renaturierung**

Auch die Baustelle mit Kranstellflächen, Wegen, Baustelleneinrichtungs- und Logistikflächen sowie weitere Infrastruktur ist rückzubauen. Baugruben sind zu schließen und der Boden, der von der WEA genutzt wurde bzw. von Rückbaumaßnahmen betroffen war, zu renaturieren. Um in Anspruch genommene Flächen wieder in einen bewirtschaftbaren Ausgangszustand zu bringen, also die Bodenfunktionen wiederherzustellen, ist die (Wieder-)Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht nötig, die über fünf Schritte erfolgen sollte; Bodenlockerung, Bodenauftrag, Zwischenbewirtschaftung, Folgebewirtschaftung und Maßnahmen bei Funktionseinschränkungen. Zur Bodenlockerung können übliche landwirtschaftliche Maschinen, wie ein Pflug oder Grubber, eingesetzt werden, sofern der Boden lediglich bis zu einer Tiefe von etwa 30 cm verdichtet ist. Bei einer Verdichtung von über 30 cm sind bereits spezielle Maschinen erforderlich, beispielsweise Abbruchlockerer, Stechhublockerer oder Tiefengrubber. Ohne den Boden übermäßig zu verdichten, wird im nächsten Schritt geeignetes Bodenmaterial mithilfe von Kettenbagger im Streifenverfahren eingebaut, zuerst den Unterboden und darauffolgend den Oberboden. Ist der Boden durchwurzelbar und wasserdurchlässig so kann zunächst eine dreijährige Zwischenbewirtschaftung mit tief wurzelnden Pflanzen stattfinden, bevor eine langfristige bodenschonende Bewirtschaftung des Bodens erfolgt. Ist die Bodenfunktion eingeschränkt, so können weitere Maßnahmen, wie eine Entwässerung, Düngung oder Entsteinung, erfolgen.<sup>124</sup> Der

---

<sup>121</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 33 f.; DIN SPEC 4866:2020-08, S. 15.

<sup>122</sup> WindEurope Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, Teil c, S. 31.

<sup>123</sup> UBA Text 117/2019, S. 153.

<sup>124</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2021, S. 38 f.

Rückbau von Baugrundverbesserungsmaßnahmen, z.B. Rüttelstopfsäulen, wird in der Regel als nicht notwendig erachtet.<sup>125</sup>

Um die Renaturierung am Ende des Rückbauprozesses vor Ort geringumfänglich zu halten, können zuvor neben bereits genannten Maßnahmen der Einhausung und Abdeckung weitere Prinzipien beachtet werden; Arbeitsflächen sollten möglichst klein sein, Fahrzeuge und Aufschüttungen sollen nicht in angrenzende Gebiete eindringen, große Haufwerke sind sorgfältig zu planen, wenn möglich, zu vermeiden, die Zeitplanung sollte mit Berücksichtigung von Wetterbedingungen und der Tages- und Jahreszeit abgestimmt werden, das Eindringen von Staubfahnen in die Vegetation sollte mittels Unterdrückungsmaßnahmen umgangen werden.<sup>126</sup>

#### 4.3.6 Wiederverwendung, Recycling und Beseitigung der Komponenten/Materialien

Hinsichtlich der geltenden abfallrechtlichen Regelungen wird auf die Ausführungen in Kapitel 2 verwiesen. Im Folgenden seien im Kontext einer nachhaltigen Praxis von Rückbau und Recycling von onshore-WEA einige Aspekte hervorgehoben.

Wie auch der Rückbau der Nebenanlagen kann auch der Abtransport und die Einlagerung der Komponenten und Materialien parallel oder am Ende des Rückbauprozesses vor Ort erfolgen. Der Verbleib von Materialmassen ist über Verbleibsnachweise zu dokumentieren (Materialien zur Wiederverwendung, Abfall zur Verwertung und Abfall zur Beseitigung). Die Einlagerung von Bauteilen oder die Verwendung durch Dritte ist zu dokumentieren und bei Betreiber\*innen nachzuweisen. Ist keine Wiederverwendung vorgesehen, sind die Bestandteile und Materialien der WEA bei technischer und wirtschaftlicher Möglichkeit physisch zu trennen, um diese möglichst sortenrein der Verwertung zuzuführen. Zur Trennung und Dokumentation von Abfällen, die beseitigt oder verwertet werden sollen, müssen Vorgaben der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) und Abfallverzeichnisverordnung (AVV) angewendet werden.<sup>127</sup> So sind die Abfälle mit Abfallschlüsselnummern entsprechend der folgenden Tabelle 16 zu dokumentieren.

**Tabelle 16: Abfallfraktionen beim Rückbau von Windenergieanlagen nach AVV**

Bestandteil	Abfallbezeichnung	Abfallschlüsselnummer
Turm	Eisen und Stahl	17 04 05
	Beton	17 01 01
Maschinenhaus und Bestandteile	Eisen und Stahl	17 04 05
	Kunststoffe/Kunststoff-Verbundstoffe	17 02 03
	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	17 09 04
Gefährliche Flüssigkeiten	Nichtchlorierte Hydrauliköle auf Mineralölbasis	13 01 10*
	Chlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	13 02 04*

<sup>125</sup> UBA Text 117/2019, S. 153.

<sup>126</sup> WindEurope, Decommissioning of Onshore Wind Turbines, Industry Guidance Document, 2020, S. 48.

<sup>127</sup> DIN SPEC 4866:2020-08, S. 16 f.

\* Als gefährlicher Abfall eingestufte Abfallfraktion.

Bestandteil	Abfallbezeichnung	Abfallschlüsselnummer
	Nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	13 02 05*
	Andere Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle	13 02 08*
	Schlämme oder Emulsionen aus Entsalzern	13 08 01
	Nichtchlorierte Isolier- und Wärmeübertragungsöle auf Mineralölbasis	13 03 07*
	Synthetische Isolier- und Wärmeübertragungsöle	13 03 08*
	Sonstige Isolier- und Wärmeübertragungsöle	13 03 10*
Generator/ Transformatoren	Gebrauchte Geräte	16 02 14
	Gefährliche Bestandteile enthaltende gebrauchte Geräte	16 02 13*
Batterien/ Akkumulatoren	Bleibatterien	16 06 01*
	Ni-Cd-Batterien	16 06 02*
	Quecksilber enthaltende Batterien	16 06 03*
	Alkalibatterien	16 06 04
	Andere Batterien und Akkumulatoren	16 06 05
Getriebe	Eisen und Stahl	Eisen und Stahl
	Gemischte Metalle	17 04 07
Spinner/Nabe	Eisen und Stahl	17 04 05
	Kunststoffe/Kunststoff-Verbundstoffe	17 02 03
	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	17 09 04
Kabel im Turm	Kabel	17 04 11
Schaltanlagen, Transformator, andere elektronische Bestandteile	Gebrauchte Geräte	16 02 14
	Gefährliche Bestandteile enthaltende gebrauchte Geräte	16 02 13*
Fundament	Beton	17 01 01
	Eisen und Stahl	17 04 05
	Eisenmetalle	19 12 02
Wege/ Kranstellflächen	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik	17 01 07

Quelle: DIN SPEC 4866:2020-08, S. 18.

Wie der als Teil der Mantelverordnung beschlossenen Ersatzbaustoffverordnung (EBV), welche am 01.08.2023 in Kraft tritt, zu entnehmen ist, werden die Dokumentationspflicht insbesondere bei Ersatzbaustoffen kurzfristig ausgeweitet werden. So wird nach § 3 EBV angestrebt, dass Betreiber\*innen einer Aufbereitungsanlage eine Annahmekontrolle durchzuführen haben, welche Name und Anschrift der Sammlung und Beförderung, die Masse und den Herkunftsbereich, den Abfallschlüssel, die Bezeichnung der Baumaßnahme und die Zusammensetzung sowie weitere Eigenschaften des Materials, wie Konsistenz und Farbe, beinhalten muss. Übersteigen die Messwerte die konkret definierten Material- oder Überwachungswerte dürfen die Materialien nicht mit anderen vermischt werden. Ebenso sollen Betreiber\*innen von Aufbereitungsanlagen dann eine Güteüberwachung durchführen, die sich aus einem Eignungsnachweis, einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer Fremdüberwachung zusammensetzt. Die zugehörigen Dokumentationen seien dann fünf Jahre aufzubewahren.

Nicht nur die gegenwärtigen und zukünftigen Dokumentationspflichten zeigen, dass neben dem Rückbau eben auch eine weitergehende Demontage komplexer Komponenten erforderlich ist. Auch fordern dies anvisierte geschlossene Materialkreisläufe, mit denen effiziente Recyclingprozesse mit einer hohen Güte von Rezyklaten als Produkte des Recyclings verbunden ist. Die Getrennthaltung in der Beseitigung nimmt hierfür einen hohen Stellenwert ein.

#### Exkurs – Recyclingfähigkeit von Windenergieanlagen:

##### Materielle Recyclingfähigkeit

Für die Rückgewinnung von Metallen bestehen grundsätzlich ausreichend wirtschaftliche Anreize. Recyclingprozesse besitzen dabei einen Effizienzgrad von bis zu 90 %.<sup>128</sup> Gutes Beispiel hierfür ist der niedriglegierte Stahl, der nicht nur recyclingfähig ist, sondern aufgrund vergleichbar geringer Anforderungen an die Werkstoffeigenschaft auch leicht zu substituieren ist.<sup>129</sup> Die Substitution kann durch alternative Werkstoffe erfolgen, wie z.B. Beton, aber auch durch gleichzusammengesetzte Rezyklate.<sup>130</sup> Ebenso besitzt der in Turm und Fundament eingesetzte Beton hohe Recyclingfähigkeit. Wenn Turm und Fundament also fachgerecht rückgebaut werden, kann für WEA eine Recyclingquote von 81% erreicht werden.<sup>131</sup> Mit einem Materialverlust von 5 bis 10% sind etwa 75% der zur Herstellung eingesetzten Materialmasse als Rezyklate wiederzugewinnen und für den Einsatz in WEA geeignet.

Größere Herausforderungen liegen in dem Recycling von Seltenen Erden, von Legierungen hoher Elementvielfalt (z.B. hochlegierter Stahl) sowie von einigen Technologiemetallen. Bestehende Rückgewinnungsprozesse genannter Materialien sind oftmals ineffizient, mit Downcycling- und Dissipationseffekten verbunden und/oder nicht wirtschaftlich anwendbar.<sup>132</sup> Ursachen hierfür sind beispielsweise die stets wachsende Materialvielfalt, die weder transparent noch technisch trennbar ist, oder zu geringe Massenströme, um wirtschaftlich zu verwerten, wie es bei den Seltenen Erden der Fall ist. Ein Mehrverbrauch ist besonders bei Seltene Erden kritisch, da Materialverluste

---

<sup>128</sup> Tazi et al. 2019, in Resources, Conservation and Recycling, S. 203; Martínez et al. 2018, in Renewable and Sustainable Energy Reviews, S. 261.

<sup>129</sup> Wuppertal Institut, KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energiesversorgungssystems, 2014, S. 74.

<sup>130</sup> UBA Text 117/2019, S. 184.

<sup>131</sup> Eyerer et al., Polymer Engineering 3, 2020, S. 101.

<sup>132</sup> Reuter et al., Limits of the circular economy: Fairphone modular design pushing the limits, 2018.

im Rohstoffabbau und der Aufbereitung bis zu 75% betragen können und eine starke Importabhängigkeit von teils geopolitisch instabilen Ländern besteht.<sup>133</sup> Im Fall von Windenergieanlagen könnte sich dieses Missverhältnis von Nutzen und Aufwand des Recyclings allerdings verbessern, indem beispielsweise große Permanentmagneten mit Industriemagneten gebündelt einer Verwertung zugeführt werden. Die Separation aus WEA könnte um einiges effizienter sein als aus dem großen und heterogenen Abfallstrom von Altfahrzeugen oder Elektroaltgeräten.

Die Recyclingfähigkeit von hochlegierten Stählen ist ebenfalls etwas geringer. Im Zuge des geringen Recycling- und Substitutionspotenzials von hochlegierten Stählen ist jedoch auch eine geringumfängliche Verwertung sowie eine mangelnde Wiedereinführung des Rezyklats kritisch, da die Produktion von Stahl teuer und energieintensiv ist. Abfälle von Faserverbundwerkstoffen, beispielsweise Rotorblättern aber auch Gehäusen von Rotor und Maschinenhaus, müssen derzeit noch als gering eingestuft werden. Es besteht hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, wobei erste Studien durchaus schon Wege geschlossener Materialkreisläufe aufzeigen.<sup>134</sup>

#### Verfahrensbedingte Recyclingfähigkeit

Recyclingfähigkeit wird allerdings nicht nur durch das Material als solches bestimmt, sondern auch durch die Verfügbarkeit von Recyclingverfahren. Gibt es beispielsweise kein Recyclingwerk für Rotorblattabfälle, so sind Rotorblattabfälle nicht recyclingfähig. Der Grad der Recyclingfähigkeit könnte durch die Errichtung von Recyclingwerken sprunghaft erhöht werden und das ohne konstruktive Veränderungen. Die verfahrensbedingte Recyclingfähigkeit ist hoch, wenn es nicht nur Verfahren gibt, sondern auch das Ende der Abfalleigenschaft definiert und ein Markt für Sekundärrohstoffe geschaffen wurde.

## 4.4 Handlungsempfehlung

Einheitliche Leitlinien für eine gute Praxis von Rückbau und Recycling von onshore-WEA existieren nicht, zumindest nicht solche, die individuelle Standort- und Anlagenbedingungen berücksichtigen. Ziel müsste daher sein, diese zu entwickeln, ohne fallspezifische Anforderungen des Rückbaus und der Verwertung der Komponenten und Materialien zu überschreiben. Nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz sind Betreiber\*innen verpflichtet, sich um die Entsorgung zu kümmern (verantwortlich bleiben Abfallerzeuger\*innen). Die stoffliche Verwertung ist neben dem Rückbau also auch Betreibersache. Rückbau und Entsorgung dürfen hierbei nicht getrennt betrachtet werden. WEA sind einer Erstbehandlung zuzuführen, welche zum Teil bereits am Rückbauort beginnt, indem Anlagenteile transportfähig gemacht werden. Nicht zu vergessen ist, dass hohe Qualitätsstandards im Recycling für möglichst geschlossene Materialkreisläufe eine sortenreine Sortierung und Sammlung voraussetzen. Im Rückbau ist die Demontage komplexer Komponenten notwendig. Um zu beantworten, welche Einzelverfahren bei welchen technischen Gegebenheiten zu präferieren sind und wie diese als gute Praxis durchzuführen sind, ist weiterhin zu erarbeiten und in eine Norm überzuführen. Hierfür muss auch mitgedacht werden, welche Rückbaupraxis sinnvoll ist, um effiziente und hochwertige Recyclingprozesse zu ermöglichen. Dies erfordert wiederum vollumfängliche Aufbereitungsstandards für die WEA, einschließlich Komponenten und verbauten Materialien.

---

<sup>133</sup> Cristóbal et al 2020, in Resources, Conservation and Recycling, S. 6.

<sup>134</sup> Etwa UBA-Text 92/2022.



Hierfür ist nicht nur eine Demontageanleitung von Hersteller\*innen erforderlich, sondern auch vollständige Transparenz demontagerrelevanter Informationen. Die Kenntnis über die Best Practice ist auf der einen Seite die Voraussetzung für die technische Durchführung dieser, auf der anderen Seite die Bedingung zur behördlichen Überwachbarkeit zur Einhaltung. Hierfür muss der Informationsfluss stärker in den Fokus rücken und als fester Bestandteil der Herstellerverantwortung in die Planungsphase des Rückbaus und die Genehmigungs- wie auch Überwachungsphase der Behörde implementiert werden. Eine einheitliche Leitlinie für Europa wird klar empfohlen. Um Zuständigkeiten zu bündeln und zu vereinheitlichen und europäische Standards zu gewährleisten, wird von bundes- oder gar landesrechtlichen Alleingängen, beispielsweise in Form von länderspezifischen Erlassen, in diesem Zuge abgeraten.

In einem Branchengespräch mit Fachvertreter\*innen konnten in den obigen Tabellen aufgeführte Vor- und Nachteile bestätigt und grundsätzliche Herausforderungen identifiziert werden. So sei ein Problem, dass Betreiber\*innen selbst nicht immer über die rückbaurelevanten Daten ihrer Anlagen Bescheid wissen. So müssten Hersteller\*innen verpflichtet werden, die Angaben für den Rückbau der Anlage zu machen. Genehmigungen sollten nur dann erteilt werden, wenn alle Informationen zur Verfügung stehen. Ähnliches gilt für die fortlaufende Änderung von Daten, beispielsweise durch den Ersatz von Bauteilen oder Reparatur, welche die Hersteller\*innen nicht kennen, sofern die technische Betriebsführung nicht durch diese vollzogen wird. In diesem Zuge würden ursprüngliche Dokumentationen und beinhaltete Daten oft am Ende der Nutzungsdauer einer Anlage nicht mehr mit der Realität übereinstimmen. So müssten Produktpässe laufend überarbeitet werden, was mit einem erheblichen Aufwand einhergeht (siehe z.B. Erweiterung der Lebenslaufakte um rückbaurelevante Informationen). Ein weiteres Informationsdefizit herrsche außerdem bei zugekauften Bauteilen, welche die Hersteller\*innen nicht haben.

Für einen Informationsstandard verspricht die Nutzung digitaler Technologien. Dies kann die materielle Zusammensetzung der Komponenten, die Herkunft und Eigenschaft, den Standort und Zustand sowie Herkunft, aber auch den jeweiligen Herstellprozess sowie Bedingungen für Wartung, Demontage und Recycling miteinschließen. Digitale Technologien erleichtern hierbei die datengesteuerte Entscheidungsfindung über Rückbau und Recycling und ermöglichen in diesem Zusammenhang die Optimierung zur guten Praxis.<sup>135</sup> Digitale Technologien können unvollkommene Informationen ergänzen und verarbeiten, senken Transferkosten und unterstützen Transparenz zur Entscheidungsfindung.<sup>136</sup> In Tabelle 17 werden Beispiele digitaler Technologien aufgelistet, welche für genannte Problemstellungen Lösungen bieten könnten.

---

<sup>135</sup> Barteková und Börkey, OECD Environment Working Papers No. 192, 2022, S.16.

<sup>136</sup> Barteková und Börkey, OECD Environment Working Papers No. 192, 2022, S. 20-27.

**Tabelle 17: Beispiele für digitale Technologien datengesteuerter Entscheidungsunterstützung**

Fehlende Information	Digitale Technologie	Beispiele
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fehlende Informationen über Herstellung</li> <li>▶ Anleitungen für Reparatur und Demontage</li> <li>▶ Bedingungen für das Recycling</li> <li>▶ Unzureichende Informationen über die Materialzusammensetzung von Komponenten, Herkunft und Qualität von Materialien</li> <li>▶ fehlende Daten über Sammlung, Sortierung und Homogenisierung von Abfällen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Blockchain,</li> <li>▶ Online Plattformen,</li> <li>▶ Big Data,</li> <li>▶ Cloud Computing,</li> <li>▶ IoT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Der Cradle-to-Cradle-Pass (oder digitale Pass) hilft bei der Identifizierung verschiedener Materialarten und -qualitäten während des Demontageprozess und ermöglicht so eine bessere Rückgewinnung und Wiederverwendung von Materialien</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Unzureichende Informationen über die Zusammensetzung der Abfallströme</li> <li>▶ fehlende Demontageanweisungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KI und Robotik,</li> <li>▶ Sensoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ KI-gestützte Technologie mit maschinellem Sehen zur Analyse und Sortierung von Materialströmen. Roboter, die Teile erkennen, damit sie wiederaufbereitet werden können, und wertvolle Materialien zurückgewinnen. Roboter-Recycling-System zur Rückgewinnung von Rohstoffen aus Bau- und Abbruchabfällen (z.B. ZenRobotics Recycle von Suez und ZenRobotics).</li> </ul>

Quelle: Barteková und Börkey, OECD Environment Working Papers No. 192, 2022, S.28 ff.

## 5 Empfehlungen an die überwachenden Behörden

Das Forschungsvorhaben hat gezeigt, dass einzelne Probleme, die als Arbeitshypothese herangezogen wurden, in der Praxis beim Rückbau und Recycling bislang keine relevante Rolle spielen. Zu nennen sind hier insbesondere in der Höhe unzureichende Sicherheitsleistungen im Fall einer Insolvenz von Anlagenbetreiber\*innen, oder Verlängerungsanträge, die gestellt werden, um den Rückbau zu verzögern. Die antwortenden Behörden mussten bislang weder von den Sicherungsmitteln Gebrauch machen noch wurden nach ihrer Kenntnis Verlängerungsanträge gestellt, um einen anstehenden Rückbau zu verzögern. Inwieweit sich dies in der Zukunft ändert, bleibt abzuwarten.

Auf der anderen Seite ist in diesem Forschungsprojekt aber augenscheinlich geworden, dass Problemfelder bestehen, die einer guten Praxis beim Rückbau und Recycling von WEA derzeit im Wege stehen. Zu nennen sind hier etwa Zuständigkeiten mehrerer Behörden für den einheitlichen Lebenssachverhalt Rückbau und Recycling von WEA sowie die unterschiedliche Herangehensweise der Behörden bei der Berechnung der Sicherheitsleistung für den Rückbau der WEA. Ebenfalls ließ sich feststellen, dass im Rückbauzeitpunkt bislang letztlich wohl die relevanten Herstellerinformationen vorlagen, diese sich aber nicht an bestehenden Informationsstandards orientieren.

Für die erkannten Problemfelder sollen nachfolgend – soweit möglich – Lösungsansätze aufgezeigt bzw. bereits in den vorstehenden Ausführungen dieses Textes benannte Wege eingeordnet und bewertet werden, die bei der Etablierung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von WEA helfen können. Hierzu werden verschiedene Ansätze verfolgt: Soweit es sich anbietet, werden auf Grundlage bestehender Regelungen Vorschläge und Empfehlungen ausgesprochen und einvernehmliche Vereinbarungen zwischen den Akteur\*innen (z.B. Selbstverpflichtungen) angefragt. Soweit erforderlich bzw. notwendig, werden rechtliche/gesetzgeberische Anpassungen empfohlen, um Vorgaben für eine gute Praxis von Rückbau und Recycling von WEA verbindlich vorzugeben.

Die Darstellung erfolgt anhand der jeweils identifizierten Problemfelder. Untersucht und ganzheitlich bewertet werden dabei insbesondere die fachspezifischen Handlungsempfehlungen aus dem vorstehenden Text. Konkret werden Aufwand, Wirkung und Umsetzungsmöglichkeiten von Anpassungen/Änderungen untersucht und zueinander ins Verhältnis gesetzt.

### 5.1 Klare Zuweisung der behördlichen Zuständigkeiten

Anhand der Behördenbefragung, des Bund-Länder-Gesprächs, aber auch durch die systematische Auswertung gesetzlicher wie untergesetzlicher Regelungen (u.a. Windenergieerlasse der Länder) wurde in diesem Forschungsvorhaben deutlich, dass die bezogen auf den Rückbau und das Recycling bestehenden, verschiedenen behördlichen Zuständigkeiten nicht unproblematisch sind. Die Zuständigkeitsvielfalt wurde in der Behördenbefragung – neben fachrechtlichen Schwierigkeiten – ausdrücklich als ein Problem benannt (vgl. Ziffer 2.3.6). Aus der Behördenbefragung wurde weiter ersichtlich, dass die aktuelle Verteilung der Zuständigkeit auch dazu führen kann, dass im Einzelfall zwar Betreiber\*innen den Rückbau gegenüber einer Behörde anzeigen, eine andere Behörde, die beim Rückbau/Recycling der WEA ebenfalls Überwachungsaufgaben zu erfüllen hat, dennoch nur eher zufällig (Tageszeitung, persönliche Wahrnehmung des Sachbearbeiters) von Rückbaumaßnahmen bzw. dem bereits erfolgten Rückbau erfährt. Eine behördliche Überwachung von Rückbau und Recycling von WEA wird dadurch erschwert bis unmöglich.

In einzelnen Antworten der Behördenbefragung wurde daher angeregt, die behördlichen Zuständigkeiten zu überdenken, um den reibungslosen Rückbau durch bessere Kontrollen zu gewährleisten. Zwar lassen die Ergebnisse der Behördenbefragung nicht erkennen, dass behördenseitig derzeit Verstöße gegen Bestimmungen des Rückbaus und der Verwertung von WEA im relevanten Umfang vermutet werden. Dennoch wird die Notwendigkeit gesehen, dass Rückbau und Recycling (zukünftig) besser behördlich kontrolliert werden müssen. Sichergestellt werden soll insbesondere, dass der Rückbau tatsächlich und vollständig erfolgt und der anfallende Abfall den gesetzlichen Bestimmungen entsprechend ordnungsgemäß entsorgt wird.

Einer funktionierenden (stichprobenartigen) Kontrolle der Normen zum Rückbau und Recycling von WEA bedarf es, da die Erfahrung zeigt, dass ein fehlender behördlicher Vollzug (Kontrolle) von Regelungen vielfach sukzessive dazu führt, dass die Bestimmungen in der Praxis nicht beachtet werden.

### **5.1.1 Bündelung der Überwachungszuständigkeiten bei der Immissionsschutzbehörde (Empfehlung)**

Denkbar erscheint es, zur Verbesserung der behördlichen Überwachung die Zuständigkeiten zur Überwachung zu konzentrieren. Soll eine Bündelung der Überwachungszuständigkeiten für Rückbau und Recycling von WEA erfolgen, so ist zu bedenken, dass grundsätzlich diejenige Behörde für einzelne Aufgaben/Bereiche zuständig ist, die über die entsprechende Sachkompetenz zur Ausübung der Zuständigkeit verfügt. Wird eine Überwachungszuständigkeit im Interesse einer Zuständigkeitsbündelung auf eine andere Behörde übertragen, führt dies letztlich dazu, dass Sachkompetenz und sachliche Zuständigkeit auseinanderfallen (können). Der Gesetzgeber ordnet eine solche Zuständigkeitsbündelung dennoch vereinzelt an. Ziel einer solchen Bündelung ist dabei die Vermeidung von Vollzugsdefiziten und ganz grundsätzlich die Schaffung eines effektiven Vollzuges.<sup>137</sup>

Um eine im Interesse des effektiven Vollzugs der für den Rückbau und das Recycling von WEA einschlägigen Normen wünschenswerten Bündelung der Zuständigkeiten umsetzen zu können, bedarf es der Klärung, welche Behörde für den Rückbau von WEA, insbesondere dessen Überwachung, zuständig sein soll.

Unter Beachtung der verschiedenen Tätigkeitsschwerpunkte der in Betracht kommenden Behörden sowie deren fachlicher Ausrichtung und Ausstattung dürfte für die Rückbauüberwachung besonders die nach dem BImSchG für die konzentrierte immissionsschutzrechtliche Genehmigung der Errichtung und den Betrieb der WEA zuständige Behörde geeignet sein. Hierfür spricht zunächst, dass die Immissionsschutzbehörde es aus dem Genehmigungsverfahren kennt und erfahren darin ist, mit den weiteren Behörden zu korrespondieren und sich abzustimmen. Ebenso liegen die Genehmigungsunterlagen samt Bauabnahmen bereits der BImSchG-Behörde vor, sodass die Informationen über die jeweilige Anlagenbeschaffenheit bekannt sind.

Da die gesetzlichen Vorgaben zur Überwachung immissionsschutzrechtlicher Anlagen nach § 52 BImSchG die immissionsschutzrechtliche Behörde bereits ermächtigen, die Anlage als solche zu überprüfen/überwachen, stellt sich die Überwachung des Rückbaus der Anlage als ein „nächster Schritt“ dar. So könnte direkt in § 52 Abs. 1 Satz 3 BImSchG ein Zusatz zum bisherigen Satz 3 ein-

---

<sup>137</sup> Ein Beispiel hierfür ist § 17 Abs. 7 BNatSchG, der eine Zuständigkeitsverlagerung von der Naturschutzbehörde hin zur Genehmigungsbehörde mit dem Ziel vorsieht, dass die Genehmigungsbehörde überwacht, ob die in der Zulassung vorgesehenen Maßnahmen auch tatsächlich durchgeführt werden (vgl. hierzu BT.-Drs. 16/12274, S. 59 f.).

geführt werden, mit dem diese Zuständigkeitserweiterung im Gesetz angelegt wird. Die Anpassung im Gesetz und an der behördlichen Organisationsstruktur wäre wenig invasiv. Sollte der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsbehörde für die Prüfung der relevanten Vorschriften für Rückbau und Recycling von WEA im Einzelfall die erforderliche Sach- und Fachkenntnis fehlen, spricht dies jedenfalls nicht grundsätzlich gegen die Bündelung. Dieser Umstand ließe sich dadurch weitgehend entproblematisieren, dass die jeweiligen Fachbehörden, die über die Sachkompetenz verfügen, in diesen Einzelfällen im Rahmen der Amtshilfe unterstützen. Flankiert werden müsste diese Neuerung durch eine Regelung, die sicherstellt, dass die Behörde, in der sich die Überwachungszuständigkeiten bündeln, auch rechtzeitig (durch die Anlagenbetreiber\*innen) über den konkreten Rückbau und das Recycling einer WEA informiert wird. Anderenfalls ist zu befürchten, dass trotz einer Zuständigkeitsbündelung ein effektiver Vollzug faktisch leerlaufen würde.

Alternativ lässt sich erwägen, ob ein neuer Paragraph, beispielsweise systematisch passend nach § 18 BImSchG eingeführt werden kann. Die neue Regelung könnte als § 18a BImSchG „Rückbau von immissionsschutzrechtlichen Anlagen“ ins Gesetz aufgenommen werden. Inhaltlich könnte überlegt werden, in die neue Regelung neben der Zuständigkeit der Genehmigungsbehörden für die Überwachung des Rückbaus beispielsweise auch eine Rückbaubescheinigung zu verankern. Diese Bescheinigung könnte die Genehmigungsbehörde nach ordnungsgemäßer Beendigung des Rückbaus (ggf. einschließlich einer ordnungsgemäßen Abfallentsorgung) ausstellen. Welche Rechtsfolgen bzw. Konsequenzen an das Vorliegen einer solchen Bescheinigung geknüpft werden bzw. rechtlich geknüpft werden dürfen, wäre noch gesondert zu untersuchen. Als Idee kann etwa genannt werden, die Rückzahlung/Freigabe der Sicherheitsleistung vom Vorliegen einer solchen Bescheinigung abhängig zu machen. Weiter ist zu erwägen, ob eine solche behördliche Entscheidung über den Rückbau von WEA etwa auch mit einer Konzentrationswirkung vergleichbar zu § 13 BImSchG ausgestattet werden kann. Dadurch würde gesetzgeberisch jedenfalls verdeutlicht, dass die Immissionsschutzbehörde die weiteren Stellen (Bodenschutz, Abfall etc.) fachlich weiter beteiligen muss, gegenüber den am Rückbau beteiligten Unternehmen aber die alleinige Ansprechpartnerin ist.

### **5.1.2 Errichtung einer Stabsstelle in den Ländern (Alternative)**

Sofern die empfohlene Anpassung im BImSchG nicht angestrebt wird oder aus welchen Gründen auch immer nicht umsetzbar sein sollte, wäre es auch auf Länderebene denkbar – etwa gestützt auf die jeweilige Organisationsgewalt – eine Bündelung der Zuständigkeit umzusetzen. Hier wäre etwa die Errichtung einer Stabs- oder Koordinierungsstelle denkbar<sup>138</sup>, die aus fachtechnischer Sicht unter Ziffer 4.1.9 dieses Textes empfohlen wird. In der Sache geht es bei solchen Stabs- oder Koordinierungsstellen darum, wie bei der Bündelung der Zuständigkeiten über eine Änderung des BImSchG, die behördliche Zuständigkeitsvielfalt für den Rückbau und das Recycling von WEA zugunsten einer zentralen Stelle aufzulösen. Konkret soll eine Konzentration der behördlichen Aufgaben und Zuständigkeiten im Bereich des Anlagenrückbaus eingeführt werden, um eine ganzheitliche Betreuung mit gebündelten Informationen zu gewährleisten.

Wie eine solche Stabs- oder Koordinierungsstelle in den Ländern zu implementieren ist, lässt sich nicht pauschal beantworten. Einerseits ist der organisatorische Aufbau der Länder heterogen. Andererseits bestehen in den Ländern auch unterschiedliche Regelwerke, die die Grundlage für den organisatorischen Aufbau bilden. Rechtstechnisch umsetzbar erscheint die Vorgabe zur

---

<sup>138</sup> Bisherige Bemühungen, eine solche Stelle einzurichten, sind jedoch aufgrund unterschiedlicher politischer Ausrichtungen der Bundesländer gescheitert.

Errichtung einer solchen Stabs- oder Koordinierungsstelle sowohl durch eine Vorgabe in den jeweiligen Organisationsgesetzen der Länder oder den Zuständigkeitsverordnungen.

Zu beachten ist, dass eine neu geschaffene Stabs- oder Koordinierungsstelle nur dann sinnvoll ist und ihre Aufgaben ausfüllen kann, wenn sie durch die zuständigen Länderbehörden mit Personal- und Sachressourcen ausgestattet wird.

### **5.1.3 Verbindliche Regelungen zum Informationsfluss zwischen den Behörden (Mindestumsetzungsbedarf)**

Wird die Zuständigkeit für den Rückbau von WEA nicht gebündelt, dann lässt sich als Handlungsbedarf aus diesem Forschungsvorhaben jedenfalls ableiten, dass die Kommunikation zwischen den am Rückbau und Recycling von WEA beteiligten Behörden verbessert werden sollte. Nur wenn sämtliche Behörden, deren Zuständigkeit betroffen sind, von dem Rückbau einer WEA wissen, können diese auch ihrer Verantwortung gerecht werden. Dies ist derzeit nicht immer der Fall.

Um den Informationsfluss zu verbessern, bedarf es keiner Anpassungen im Gesetz. In erster Linie geht es darum, die Behördenmitarbeiter für das Zuständigkeitsgeflecht beim Rückbau von WEA zu sensibilisieren. Hieran anknüpfend gilt es Strukturen/Verfahren zu etablieren, wie die Informationen am effektivsten fließen können. Niedergelegt werden könnten die entsprechenden Vorgaben etwa in einer Verwaltungsvorschrift.

## **5.2 Einheitliche Definition von „Rückbau“ als Handlungshilfe**

Die befragten Behördenvertreter\*innen gaben in der Behördenbefragung an, dass es Probleme bereitet, wie beim Rückbau von WEA durch die Behörden vorgegangen werden soll. Zurückführen lässt sich dieses Problemempfinden unter anderen darauf, dass der Umfang des Rückbaus einer WEA gesetzlich nicht klar geregelt ist. Dies führt in der Praxis dazu, dass beispielsweise uneinheitlich beurteilt wird, inwieweit Fundamente zurückgebaut werden müssen. Ebenso besteht Unklarheit darüber, ob auch die zu einer baulichen Anlage stets dazugehörigen Wege und Straßen ebenfalls zurückgebaut werden müssen, oder ob und unter welchen Umständen die Infrastruktur der WEA bestehen bleiben kann. Aufgelöst werden könnte dieses Problemfeld durch eine verbindliche (gesetzliche) Definition des Begriffs „Rückbau“.

Die Einführung einer einheitlichen Definition durch den Gesetz-/Verordnungsgeber ist angesichts des Ergebnisses der Behördenbefragung grundsätzlich zu empfehlen. Einschränkend ist indes anzumerken, dass während der durchgeführten Behördenbefragung der Leitfaden „Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen“<sup>139</sup> durch die LABO veröffentlicht wurde. Ziel dieses Leitfadens ist es, fachliche Empfehlungen aufzustellen, um bundesweit einheitliche Anforderungen an einen quantitativ und qualitativ bodenschonenden Rückbau von WEA zu etablieren. Adressat dieses Leitfadens sind dabei insbesondere die Behörden, in deren Zuständigkeiten der Rückbau und das Recycling von WEA fällt. Der Leitfaden enthält für die wesentlichen in der Praxis des Rückbaus von WEA auftretenden Fragen einen fachlich fundierten Standpunkt.

---

<sup>139</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2020.

Mit Blick auf den Leitfaden der LABO sollte daher zunächst geschaut werden, ob sich dieser in der Praxis bewährt und sich die praktischen Fragestellungen der Behörden mit diesem lösen lassen. Erst wenn sich kurz- oder mittelfristig herausstellen sollte, dass dies nicht der Fall ist, sollte der Weg über eine zwingende (gesetzliche) Begriffsdefinition gegangen werden.

### 5.2.1 Anforderungen an die Definition

Sollte sich zeigen, dass der Leitfaden der LABO die bestehenden Probleme zum Umfang des Rückbaus von WEA nicht ausreichend löst, erscheint es sinnvoll, für eine dann gebotene (gesetzliche) Begriffsdefinition auf die bestehenden Formulierungen in einigen Windenergieerlassen der Länder aufzubauen. Als gemeinsamer Kern des dortigen Begriffsverständnisses lässt sich folgende Definition festhalten:

**„Rückbau ist die Beseitigung der Anlage bzw. des Vorhabens, welche(s) der bisherigen Nutzung diente und insoweit die Herstellung des davor bestehenden Zustandes.“**

Zwar hat insbesondere die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführte Behördenbefragung deutlich gemacht, dass die o.g. Definition nicht vollumfänglich ist. Als Grundlage lässt sich dieses Begriffsverständnis aber heranziehen. Gesetzgeberisch könnte – sofern für erforderlich gehalten – ergänzt werden, dass Fundamente und Nebenanlagen auch von der Rückbaupflicht erfasst werden sollen.

### 5.2.2 Gesetzliche Verankerung in § 249 BauGB

Sofern eine einheitliche Definition notwendig werden sollte (hierzu vorstehend), ist es zu empfehlen, diese in ein Regelwerk des Bundes aufzunehmen.<sup>140</sup>

Die denkbare Alternative, dass jedes Bundesland eine eigene Definition erlässt und etwa in seinem eigenen Windenergieerlass aufnimmt, erscheint wenig sinnvoll. Mit Blick auf die gewünschte Vereinheitlichung würde diese Alternative zu zeitlichen und womöglich auch sachlichen Verzögerungen führen. Denn es steht den Ländern natürlich frei, eigene Formulierungen zu wählen und diese dann festzusetzen. Eine Verankerung der Begriffsdefinition im Landesrecht hätte im schlechtesten Falle zur Folge, dass 16 verschiedene Definitionen existieren. Dies ist nicht im Sinne der in der Behördenbefragung geforderten Einheitlichkeit.

Fraglich ist somit, in welches Regelwerk des Bundes sich sinnvollerweise eine Definition des Begriffs „Rückbau“ aufnehmen ließe. Weder das Bundesnaturschutzgesetz, das Bundesbodenschutzgesetz noch das Bundes-Immissionsschutzgesetz bieten den sachlich korrekten Rahmen für eine Rückbaudefinition. Somit kommt hier nur eine Anpassung im BauGB in Betracht. Das BauGB zählt zum Bauplanungsrecht, für dessen Erlass bzw. Anpassung die Gesetzgebungskompetenz beim Bund liegt (Art. 74 Abs. 1 Nr. 18 GG)

Konkret drängt sich eine Anpassung des § 249 BauGB – „Sonderregelungen zur Windenergie“ auf. Zwar verweist dieser Paragraph in seinem zweiten Absatz auf die nach § 9 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 BauGB aufgestellten Bebauungspläne, die Gebiete für WEA festsetzen und auf die Möglichkeit, weitere Festsetzungen zu treffen. Dem Plangeber wird aber konkret auch die Möglichkeit eingeräumt, WEA erst zulässig werden zu lassen, wenn andere WEA im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes innerhalb einer angemessenen Frist „zurückgebaut“ werden. Da der Gesetzgeber

---

<sup>140</sup> Aufgrund der allgemein gewählten Formulierung der Rückbaudefinition wäre auch eine Verankerung in § 35 Abs. 5 Satz 2 BauGB grundsätzlich denkbar, sodass die Rückbaudefinition für alle dort geregelten privilegierten Vorhaben gelten könnte und nicht nur einen Sondertatbestand für WEA schafft.

hier den Begriff „zurückgebaut“ im Zusammenhang mit WEA selbst nutzt, erscheint diese Stelle passend für eine Legaldefinition. Beispielsweise könnte somit die Definition als Satz 4 in den § 249 Abs. 2 BauGB eingefügt werden.

Aufgrund des geringen Änderungsaufwandes durch den Bundesgesetzgeber an einem Paragraphen im Baugesetzbuch und der nur eingeschränkten Folgen für die Länder, erscheint diese Vorgehensweise vorzugswürdig.

### **5.3 Muster für Nebenbestimmungen zum Rückbau**

Um den Rückbauumfang für alle am Verfahren Beteiligten von vornherein deutlich zu machen und zu adressieren, bietet sich – insbesondere für zukünftig noch zu erteilende Genehmigungen zur Errichtung und dem Betrieb von WEA – die Verwendung von entsprechenden Nebenbestimmungen an.

Einen Verwaltungsakt, auf den ein Anspruch besteht (Genehmigung auf Errichtung und Betrieb einer WEA), darf allerdings nur mit einer Nebenbestimmung versehen werden, wenn dies durch Rechtsvorschrift zugelassen ist, oder wenn so sichergestellt werden soll, dass die gesetzlichen Voraussetzungen des Verwaltungsaktes erfüllt werden. Im Falle einer Nebenbestimmung in Bezug auf den Rückbau kommt die zweite Variante – Sicherstellung, dass gesetzliche Voraussetzungen des Verwaltungsaktes erfüllt werden – in Betracht. In diesem Zusammenhang bestehen wiederum verschiedene Möglichkeiten, die es bei der konkreten Formulierung der Nebenbestimmung zu beachten und zu unterscheiden gilt. Nach § 36 Abs. 2 VwVfG unterscheidet das Gesetz erstens zwischen einer Bestimmung, nach der eine Vergünstigung oder Belastung zu einem bestimmten Zeitpunkt beginnt, endet oder für einen bestimmten Zeitraum gilt (sog. Befristung); zweitens einer Bestimmung, nach der der Eintritt oder der Wegfall einer Vergünstigung oder einer Belastung von dem ungewissen Eintritt eines zukünftigen Ereignisses abhängt (sog. Bedingung); drittens einem Widerrufsvorbehalt, der viertens mit einer Bestimmung, durch die dem Begünstigten ein Tun, Dulden oder Unterlassen vorgeschrieben wird (sog. Auflage) kombiniert wird; und fünftens einem Vorbehalt der nachträglichen Aufnahme, Änderung oder Ergänzung einer Auflage. Grundsätzlich gilt nach § 36 Abs. 3 VwVfG, dass eine Nebenbestimmung dem Zweck des Verwaltungsaktes nicht zuwiderlaufen darf.

Im Rahmen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung kann diese gemäß § 12 Abs. 1 BImSchG (lex specialis vor § 36 VwVfG) mit Nebenbestimmungen in Form von Bedingungen oder Auflagen versehen werden, soweit dies erforderlich ist, um die Erfüllung der in § 6 genannten Genehmigungsvoraussetzungen sicherzustellen.

Dies vorangestellt, werden im Folgenden Vorschläge für die Formulierung von Nebenbestimmungen unterbreitet. Die Vorschläge knüpfen dabei an den in den verschiedenen Erlassen der Länder vorzufindenden Formulierungen an und betreffen einerseits den Umfang der Rückbaupflicht und andererseits deren (finanzielle) Absicherung durch eine Sicherheitsleistung. Ziel ist es, durch die Verwendung von Vorlagen Einheitlichkeit in der Behördenpraxis zu schaffen.

Empfohlen wird dabei, die Nebenbestimmungen als Auflagen auszugestalten. Die Alternative der aufschiebenden Bedingung erscheint insbesondere mit Blick auf den durch die Bundesregierung geplanten Ausbau der Windenergie und der notwendigen Beschleunigung von Genehmigungsverfahren, als problematisch. Des Weiteren ließe sich eine Bedingung, die erst zum Genehmigungsende – nämlich beim Rückbau – relevant wird, nicht bei Genehmigungserteilung durchsetzen. Die Nichteinhaltung einer Bedingung hat zur Folge, dass die Genehmigung nicht wirksam wird. Diese Konstellation passt somit nicht zum verfolgten Zweck der Sicherung des Rückbaus.



Die Rückbauverpflichtung ließe sich in den Genehmigungsbescheid zur Errichtung und zum Betrieb der WEA etwa durch folgende Nebenbestimmung aufnehmen:

**„Nach Betriebseinstellung oder dauerhafter Nutzungsaufgabe ist die bauliche Anlage (konkrete Bezeichnung der WEA, Anlagenteile, Nebenanlagen, Leitungen, Wege und Plätze), die auf dem Grundstück [...] Gemarkung [...], Flur [...], Flurstück [...] errichtet ist, innerhalb von sechs Monaten nach Betriebseinstellung oder dauerhafter Aufgabe ihrer Nutzung oder einer gemäß § 35 Abs. 1 Nr. 2 bis 6 BauGB bauplanungsrechtlich zulässigen Anschlussnutzung vollständig zurückzubauen und Bodenversiegelungen zu beseitigen.“**

Eine Musterbestimmung zur Beseitigung der Fundamente kann derzeit nicht verfasst werden, da – wie unter Ziffer 2.1.1.2 festgestellt und unter Ziffer 5.2.1 ergänzt – es derzeit an einer gesetzlichen Regelung fehlt, ob Fundamente vollständig zurückgebaut werden müssen. Nach Beseitigung dieser Unklarheiten durch den Gesetzgeber, sollten auch hier Formulierungsvorschläge oder Musterbestimmung formuliert werden.

Die finanzielle Absicherung der Rückbaupflicht ließe sich in den Genehmigungsbescheid zur Errichtung und zum Betrieb der WEA etwa durch folgende Nebenbestimmung aufnehmen:

**„Zur finanziellen Absicherung des Rückbaus der beantragten baulichen Anlage (konkrete Bezeichnung der WEA, Anlagenteile, Nebenanlagen, Leitungen, Wege und Plätze), die auf dem Grundstück [...] Gemarkung [...], Flur [...], Flurstück [...] errichtet wird, und der Beseitigung der Bodenversiegelung ist spätestens mit der Baubeginnsanzeige eine Sicherheitsleistung zugunsten [Genehmigungsbehörde] in Form einer [Art der gewählten Sicherheitsleistung] in Höhe von [...] Euro zu erbringen.“**

Weitere Textbausteine für rückbauspezifische Auflagen in der Genehmigung zur Errichtung und den Betrieb einer WEA enthält auch der Leitfaden „Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen“<sup>141</sup> der LABO.

## 5.4 Einheitliche Berechnungsgrundlage für die Sicherheitsleistung

In diesem Forschungsvorhaben wurden die Ansätze der Länder zur Berechnung der Sicherheitsleistung für den Rückbau von WEA untersucht. Als Ergebnis dieser Untersuchung wird die Einführung eines transparenten und einfach anwendbaren Kalkulations- und Entscheidungsinstrument für Behörden in Bezug auf die Sicherheitsleistung empfohlen (vgl. Ziffer 3.3). Hierbei soll auf die Investitionskosten der WEA abgestellt und diese an entsprechende Preisindizes des statistischen Bundesamtes gekoppelt werden. Konkret wurde in der vergleichenden und bewertenden Prüfung herausgearbeitet, dass die bestehende Formel zur Berechnung der Sicherheitsleistung aus dem Windenergieerlass von Nordrhein-Westfalen vom 08.05.2018 (mit Stand vom 29.10.2021) aus mehreren Gründen als vorzugswürdig gilt. Demnach sollte die Sicherheitsleistung zukünftig allgemein wie folgt berechnet werden:

**Gesamtinvestitionskosten [Euro] x 6,5% = Betrag der Sicherheitsleistung [Euro]**

---

<sup>141</sup> LABO, Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen, 2020, S. 60 ff.

Gesamtinvestitionskosten meint die Summe der Erstehungs-, Errichtungs- und Beschaffungskosten der WEA.<sup>142</sup> Als Preisindizes, an die die Summe gekoppelt werden kann, bietet sich die für die Bauwirtschaft, Bauarbeiten (Hochbau) für gewerbliche Betriebsgebäude, Bauleistungen am Bauwerk an (vgl. Ziffer 3.3.3). Lediglich in besonders gelagerten Einzelfällen sollte – im Einklang mit der Regelung im Windenergieerlass aus Nordrhein-Westfalen – die Höhe der Sicherheitsleistung abweichend festgelegt werden.

Das Forschungsvorhaben hat zwar ergeben, dass sich die Höhe der festgelegten Sicherheitsleistung bislang in der Praxis noch nicht bewähren musste, dennoch sehen sowohl die befragten Behörden als auch die weiteren Akteur\*innen der Branche die Gefahr, dass die Sicherheitsleistungen zukünftig nicht ausreichen werden. Hintergrund für diese Annahme sind befürchtete steigende Entsorgungskosten und die Inflation. Vor diesem Hintergrund hat das Forschungsvorhaben einen grundsätzlichen Konsens dahin aufgezeigt, dass die Sicherheitsleistung möglichst exakt berechnet werden sollte.

Dies wäre sicherlich dadurch zu erreichen, wenn die in diesem Forschungsvorhaben validierte Berechnungsgrundlage gesetzlich und/oder untergesetzlich verankert würde. Denkbar und naheliegend wäre etwa die Anpassung des § 35 Abs. 5 BauGB. Konkret könnte in diese Regelung nach dem Satz „Die Baugenehmigungsbehörde soll durch nach Landesrecht vorgesehene Baulast oder in anderer Weise die Einhaltung der Verpflichtung nach Satz 2 sowie nach Absatz 4 Satz 1 Nummer 1 Buchstabe g sicherstellen“ ein weiterer Satz zur Berechnung der Sicherheitsleistung aufgenommen werden. Dieser könnte beispielsweise wie folgt lauten:

**„Wenn nichts Gegenteiliges nachgewiesen wird, kann von einer Sicherheitsleistung in Höhe von 6,5 Prozent der Gesamtinvestitionskosten ausgegangen werden.“**

Die Anpassung des Baugesetzbuches erscheint in diesem Zusammenhang jedoch als maximal invasiv und in der Sache wohl auch nicht erforderlich. Insbesondere im Bund-Länder-Gespräch haben die teilnehmenden Behördenvertreter\*innen aufgrund der vorgestellten (Zwischen-)Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens die Bereitschaft erkennen lassen, die Berechnung der Sicherheitsleistung zukünftig entsprechend der präsentierten Forschungsergebnisse durchführen zu wollen. Soweit in den Ländern etwa die jeweilige Erlasslage zukünftig die Berechnung der Sicherheitsleistung auf Grundlage der vorliegenden Forschung vorgibt, wäre eine Anpassung von gesetzlichen Regelungen entbehrlich. Förderlich könnte es hierfür sein, wenn durch das Bundesumweltministerium oder auch das Umweltbundesamt, als zuständig Fachbehörde, eine entsprechende Empfehlung ausgesprochen wird. Ebenfalls denkbar ist, dass durch die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) eine Empfehlung, etwa in Form eines Vollzugshinweises, ausgesprochen wird.

Empfohlen wird somit, die vorzugswürdige Berechnung der Sicherheitsleistung anhand der Gesamtinvestitionskosten – ggf. flankiert durch Empfehlungen vom Bundesumweltministerium und/oder Umweltbundesamt – auf Landesebene durch entsprechende Erlasse verbindlich vorzugeben. Genutzt werden könnten die Erlasse auch, um beispielsweise die Ausnahmen genauer zu beschreiben, bei denen die Sicherheitsleistung abweichend berechnet werden soll. Erfolgen sollte dies sinnvollerweise durch die Nennung von nicht abschließenden Regelbeispielen. Hier sei nur als ein Beispiel die Pfahlgründungen genannt, die sowohl in der Errichtung als auch im Rückbau deutlich höhere Kosten verursachen als Standardfundamente.

---

<sup>142</sup> Zur Bestimmung der Gesamtinvestitionskosten kann dabei etwa die DIN 276 als Anhaltspunkt herangezogen werden. Diese Herangehensweise wurde im Bund-Länder-Gespräch von einem Behördenvertreter vorgestellt und wird als sinnvoll erachtet.

Der Untersuchung in einem weiteren Vorhaben vorbehalten bleibt die Frage, ob eine Sicherheitsleistung rechtssicher in der Form festgelegt werden kann, dass Rückbaukosten alle drei oder vier Jahre aktualisiert und die Sicherheitsleistung dann entsprechend angepasst werden muss („Fortschreibungspflicht der Sicherheitsleistung“). Dieser Gedanke wurde im Bund-Länder-Gespräch unter Hinweis auf die inflationsbedingte Kostensteigerung und Branchengespräch unter Hinweis auf den offshore-Bereich aufgeworfen, in dem solche Regelungen praktiziert werden. Tatsächlich sollen auch für onshore-WEA vereinzelt Genehmigungen erlassen worden sein, die eine solche Regelung zur Fortschreibung der Sicherheitsleistung enthalten, wie ein anderer Teilnehmer des Branchengesprächs mitteilte.

Nicht nur aber insbesondere dann, wenn eine „Fortschreibungspflicht der Sicherheitsleistung“ rechtmäßiger Weise festgelegt werden kann, stellt sich die Frage, ob prognostizierte Erlöse aus der Verwertung von werthaltigen Abfallfraktionen aus dem Rückbau der WEA bei der Ermittlung der Höhe der Sicherheitsleistung reduzierend zu berücksichtigen sind. Bei der Beurteilung dieser Frage lassen sich ggf. Parallelen zu der Diskussion ziehen, die hinsichtlich der für Abfallentsorgungsanlagen zu stellenden Sicherheitsleistung geführt wird. Ungeachtet der rechtlichen Beurteilung ist in tatsächlicher Hinsicht zu beachten, dass Erlösmöglichkeiten für die Behörde, die in Verwertung einer Sicherheitsleistung den Rückbau und das Recycling einer WEA übernimmt, regelmäßig schlechter sein dürften als die, die Betreiber\*innen der WEA unter Nutzung seiner Geschäftskontakte hat.

## 5.5 Herstellerinformationen und Rückbaukonzept

Eine gute Rückbaupraxis einschließlich eines hochwertigen Recyclings der beim Rückbau anfallenden Abfälle ist – wie dieses Forschungsvorhaben gezeigt hat – nur möglich, wenn die (technischen) Informationen für den Rückbau und die Folgeverfahren (insbesondere die Vorbereitung zum Recycling und das Recycling selbst) für die in der WEA eingesetzten Materialien und Komponenten den Akteur\*innen bekannt sind. Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Branchenbefragung, einer Analyse einschlägiger wissenschaftlicher Literatur sowie technischer Leitfäden wurde in diesem Text ein Katalog der rückbaurelevanten Informationen erstellt (vgl. Ziffer 4.1.9), die in digitaler Form zur Verfügung stehen sollten.

Die als besonders rückbaurelevant eingestuften Informationen liegen – so das Ergebnis der Branchenbefragung – in der Regel auch zum Zeitpunkt des Rückbaus vor. Von einem optimalen Zustand ist in diesem Kontext dennoch nicht zu sprechen. Denn es ist zum einem unklar, mit welchem Zeit- und Kostenaufwand die Informationen tatsächlich beschafft wurden; ob insoweit also bereits sog. Best Practices entstanden sind. Zum anderen lässt sich aus den Ergebnissen der Branchenbefragung nicht eindeutig ableiten, welche Akteursgruppe über welche Informationen verfügt.

Ein standardisiertes (digitales) Formblatt sowie eine ebenfalls digitale lückenlose Lebenslaufakte, über das die Informationen für den Rückbau erfasst werden, ist daher wünschenswert. Dieses würde für WEA die Möglichkeit bzw. die Grundlage einer weitgehenden Standardisierung der im Zusammenhang mit Rückbau und Recycling erforderlichen Schritte schaffen. Auch wäre es für die Behörden leichter, Informationen zu plausibilisieren und auf Vollständigkeit zu bewerten. Hierbei sind insbesondere die Aspekte Rückbaumethodik, Rückbauumfang und technische Maßnahmen der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes in den Blick zu nehmen. Eine Orientierung kann hier der in diesem Forschungsvorhaben beschriebene Ablauf eines nachhaltigen Rückbaus gemäß DIN SPEC 4866 bieten. Ebenfalls ist zu empfehlen, dass relevante Regularien gebündelt werden, welche den Rückbauprozess von onshore-WEA spezifizieren und ausarbeiten.

Auch wenn eine weitgehende Standardisierung wünschenswert wäre, muss beachtet werden, dass mit einem solchen Prozess auch die Gefahr einhergeht, dass „falsche“ Standards gesetzt werden. Abweichungen sollten daher im Einzelfall – etwa zum Schutz der Umwelt – möglich bleiben. Werden Abweichungen vom Standard festgestellt, so sollten diese Abweichungen durch Nachweise von den Rückbau- und Abbruchunternehmen (gegenüber einer kontrollierenden Behörde) begründet werden (müssen).

Ziel der (möglichst) standardisiert zu erfassenden rückbaurelevanten Herstellerinformationen soll es sein, eine digitale „lückenlose Lebenslaufakte nach DIN 77005“ (oft auch als digitaler Produktpass benannt) zu erhalten, die den mit dem Rückbau/dem Recycling der WEA betrauten Unternehmen sämtliche Informationen zur Verfügung stellt, die für einen nachhaltigen Rückbau erforderlich sind. Das Forschungsprojekt hat diesbezüglich allerdings auch deutlich gemacht, dass zwischen den beteiligten Akteur\*innen widerstreitende Interessen bestehen, die einer Standardisierung bzw. bereits der Erstellung eines Standards für Herstellerinformationen In Form der „lückenlosen Lebenslaufakte“ entgegenstehen. So lassen die Ergebnisse der Branchenbefragung erkennen, dass Informationen, die seitens der Abbruch- und Rückbauunternehmen sowie der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen als besonders relevant eingestuft werden, von Hersteller\*innen als besonders sensibel bewertet (Ziffer 4.1.4) werden.

Dennoch ist für die anzustrebende „lückenlose Lebenslaufakte“ zu empfehlen, möglichst eine einvernehmliche Lösung über die Branchenverbände anzustreben; etwa in der Form einer Selbstverpflichtung gegenüber dem Staat. Nach Abstimmung mit dem (Branchen-)Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) zum Thema Selbstverpflichtung gibt es positive Signale. So wollen sich bestimmte Hersteller\*innen von WEA an einem umweltfreundlichen Rückbau von WEA dadurch beteiligen, dass sie für jede WEA einen Stilllegungsplan erstellen, der sich wiederum auf die beste verfügbare Technologie/Praxis erstreckt. Diese Vorgehensweise soll für alle Projekte, die einer Genehmigung mit Öffentlichkeitsbeteiligung bedürfen, gelten. Gleichzeitig wurde betont, dass die Mitglieder des VDMA ihren Kunden zum derzeitigen Zeitpunkt bereits Demontageanleitungen zur Verfügung stellen, die den Recyclingunternehmen Spezifikationen für die Produktentsorgung geben. Eine Ausweitung dieser Kompromissbereitschaft könnte dem hiesigen Problem Abhilfe schaffen. Dabei ist aber stets der Dialog mit dem Branchenverbänden zu suchen. Denn eine Vielzahl an (gerichtlichen) Auseinandersetzungen zwischen Unternehmen darüber, ob einzelne Informationen offenzulegen oder als Betriebs- und Geschäftsgeheimnis geschützt sind, lassen befürchten, dass eine konsensuale Einigung schwer zu erzielen sein wird. In diesem Fall wäre eine gesetzliche/untergesetzliche Regelung zu erwägen. Letztgenannte Alternative dürfte aber nicht unproblematisch sein. Insbesondere die Frage, ob für bestimmte Informationen abstrakt in einer Norm ausgeschlossen werden kann/darf, dass es sich bei dieser Information für ein konkretes Unternehmen um ein Betriebs- und Geschäftsgeheimnis handelt, erscheint bedenklich. Ob hier etwa die gesetzgeberische Technik der Verwendung von Regelbeispielen oder widerlegbaren Vermutungen weiterhilft, wäre ggf. in einem weiteren Vorhaben zu untersuchen. Die insoweit nur skizzierten Fragen/Probleme verdeutlichen aber die Vorteile einer vorrangig anzustrebenden einvernehmlichen Einigung.

## 5.6 Etablierung eines Informationsstandards

Zur Etablierung eines Informationsstandards wurden im Rahmen dieses Textes vier zentrale Strategien mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen beschrieben. Im Einzelnen sind dies:

- ▶ Informationsstandard als Teil der Anlagengenehmigung (Ziffer 4.2.1)
- ▶ Informationsstandard durch den Eintrag in das Marktstammdatenregister (Ziffer 4.2.2)
- ▶ Informationsstandard mit Dokumentation der technischen Betriebsführung (Ziffer 4.2.3)
- ▶ Informationsstandard als Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen (Ziffer 4.2.4).

Festzuhalten ist: Keine dieser Strategien weist ausschließlich Vorteile auf. Sämtliche Strategien bieten Vor- und Nachteile. Ob die Vor- oder die Nachteile überwiegen, ist dabei nicht eindeutig. Vielmehr hängt die Beurteilung dieser Frage davon ab, wie der jeweilige administrative Aufwand, die damit verbundenen Kosten und der tatsächlich zu erzielende Mehrwert bewertet und zueinander ins Verhältnis gesetzt werden.

Ausgehend von dem Ziel, durch die Etablierung eines Informationsstandard die für einen Rückbau erforderlichen Informationen möglichst vollumfänglich im Rückbauzeitpunkt den Abbruch- und Recyclingunternehmen zur Verfügung stellen zu können, lassen sich jedoch Präferenzen erkennen. Vorzugswürdig sind dabei die Strategien, die das Führen einer lückenlosen Lebenslaufakte nach DIN 77005:2018-09 der WEA ermöglichen.

Informationen für den Rückbau als Voraussetzung für Anlagengenehmigungen sind daher tendenziell ungeeignet. Diese Strategie zeichnet sich gerade durch den unzureichenden Einbezug von rückbaurelevanten Informationen der technischen Betriebsführung (Reparaturen, Ersatzteile etc.) aus (vgl. Ziffer 4.1.2). Mit identischer Erwägung lässt sich auch der Informationsstandard mittels „Dienstleistungsangebot der Hersteller\*innen“ als tendenziell weniger geeignet einordnen. Denn Hersteller\*innen einer WEA wiederum verfügen nicht über die Informationen, die sich erst aus der fortlaufenden Entwicklung der WEA (Reparaturen, Instandhaltung) ergeben (vgl. Ziffer 4.2.4). In beiden Alternativen müssen die rückbaurelevanten Informationen, die in der Betriebsphase der WEA entstehen durch Anlagenbetreiber\*innen erst zur Verfügung gestellt werden.

Vorzugswürdig sind demnach die Wege Informationen gemäß Standard ins Marktstammdatenregister einzutragen (Ziffer 4.2.1), und durch Dokumentation der technischen Betriebsführung gemäß DIN 77005:2018-09 zu schaffen (Ziffer 4.2.4). Welche dieser Strategien wiederum vorzugswürdig ist, ist uneindeutig. Einerseits zeichnen sich beide Strategien durch einen hohen fortlaufenden Aufwand aus, der stets weiter zu erbringen ist; bieten auf der anderen Seite jedoch auch vielversprechende Vorteile (vgl. hierzu Ziffern 4.2.1 und 4.2.4). Hier hat insbesondere das Branchengespräch gezeigt, dass dem Eintrag rückbaurelevanter Herstellerinformationen ins Marktstammdatenregister erhebliche Bedenken entgegengebracht wurden. Dieses sei schon zu einem anderen Zweck konzipiert; auch bestehen Bedenken, dass durch die Steigerung der Datenmenge im Marktstammdatenregister die Übersichtlichkeit und Kapazität der Datenbank leiden werde.

Erfolgreich wird sich ein Informationsstandard letztlich nur etablieren lassen, wenn dieser die Akzeptanz der beteiligten Stakeholder genießt. Mit Blick auf die Akzeptanz in der Branche ist nicht unproblematisch, dass sich die Entsorgungs- und Recyclingunternehmen in der Branchenbefragung einstimmig für eine Archivierung der Informationen innerhalb der Anlagengenehmigung ausgesprochen haben. Die Hersteller\*innen wiederum bevorzugen eine Dokumentation und Archivierung durch die Anlagenhersteller\*innen selbst.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Erwägungen, ist ein Informationsstandard mittels Dokumentation der technischen Betriebsführung tendenziell am vorzugswürdigsten. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass eine von der technischen Betriebsführung zu führende „Lebenslaufakte einer WEA“ nur dann lückenlos sein kann, wenn der Grundbestand der Daten (Material, Komponenten, Demontageanleitungen etc.) durch Hersteller\*innen zur Verfügung gestellt wird. Soweit Hersteller\*innen der WEA über einzelne Informationen selbst nicht verfügen, etwa weil Komponenten zugekauft werden, sind Hersteller\*innen ihrerseits auf die zur Verfügungstellung von Daten angewiesen. Der insoweit erforderliche Informationsfluss sollte idealerweise auf Grundlage einer Selbstverpflichtung der Branche erfolgen.<sup>143</sup> Diese gilt es möglichst kurzfristig anzustreben und zu etablieren. Sofern diese nicht erreicht werden kann, könnte eine entsprechende Verpflichtung gesetzlich festgeschrieben werden. Der Anknüpfungspunkt hierfür könnte in den Regelungen der erweiterten Herstellerverantwortung (§§ 23 ff. KrWG) liegen. Hinsichtlich der Rechtmäßigkeit und/oder die Ausgestaltung einer solchen Pflicht besteht allerdings noch weiterer Forschungsbedarf.

---

<sup>143</sup> Bei Selbstverpflichtungen ist zu berücksichtigen, dass diese nur die Unternehmen bindet, die der Verpflichtung beigetreten sind. Weitere (ausländische) Unternehmen werden von der Selbstverpflichtung nicht erfasst und unterfallen damit nicht deren Regeln.

## 6 Herstellerverantwortung

Das 1996 nach einer zweijährigen Gewöhnungsfrist in Kraft getretene erste Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz<sup>144</sup> enthielt etwas grundsätzlich Neues: Statt mit Methoden am end-of-the-pipe die Umwelt schützen zu wollen, soll es nun auch um Maßnahmen an einer der Quellen der Abfallentstehung gehen, um Produkte und ihre Produktion. Abfälle sollen, ggf. nach entsprechender Vorbehandlung, als sekundäre Rohstoffe Verwendung finden und primäre Rohstoffe damit zum Teil ersetzen. Die Abfallwirtschaft soll damit zu einem wichtigen Instrument einer integrierten Ressourcenwirtschaft erweitert werden.

Ein solch neues Denken und Handeln war auch dringend notwendig, denn die Abfallmengen waren wegen steigendem Wohlstand, höherem Konsum und stärkerer Industrialisierung stark angewachsen. Gleichzeitig wurden die Abfälle wegen neuer Produkte, deren Inhaltsstoffen und Herstellungsverfahren immer komplexer und damit schwieriger zu behandeln. Der Begriff einer Produktverantwortung im Sinne des neuen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (von 1996) bedeutete also insbesondere die Einführung einer erweiterten Herstellerverantwortung, um eine bessere Kreislaufführung von Ressourcen zu ermöglichen.

Da der Staat im marktwirtschaftlichen System aus guten Gründen nicht die Beschaffenheit von Produkten vorgeben kann (Ausnahmen können hinsichtlich der Vermeidung oder Verringerung sehr gefährlicher oder umweltschädlicher Stoffe gelten), mussten andere Wege gefunden werden, um Hersteller\*innen im Inland und Importeur\*innen von Produkten ausländischer Hersteller\*innen zur Übernahme einer solchen erweiterten Herstellerverantwortung zu veranlassen. Dabei sind die Regeln des EU-Binnenmarktes zu berücksichtigen, sowie die inzwischen weltweit verknüpften Produkt- und Rohstoffketten.

Um das Instrument der Produktverantwortung bezogen auf WEA kritisch zu durchleuchten, werden die bisher damit geregelten Bereiche bewertet, damit Vor- und Nachteile für andere Anwendungsbereiche deutlich werden. Wenn ein Regelungsbedarf beim Rückbau von WEA besteht, sollte hinsichtlich der Anwendbarkeit einer Produktverantwortung eine möglichst schlanke Regelung im Vordergrund stehen, um den politisch angestrebten verstärkten Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energien sinnvoll zu fördern und nicht unnötig zu behindern.

### 6.1 Der gesetzliche Rahmen für die Produktverantwortung

Ein Paradigmenwechsel, weg von der Beseitigungsorientierung hin zur Vermeidung und zur Verwertung von Abfällen, erfolgte im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1994.<sup>145</sup> Es wurde ein neuer Abschnitt zum Thema Produktverantwortung eingefügt, der seitdem nur unwesentlich geändert wurde. Hinsichtlich einer Anwendbarkeit des Instruments Produktverantwortung auf WEA und Energie-Speichersysteme, ist zunächst das derzeit geltende Abfallrecht<sup>146</sup> daraufhin zu prüfen.

Hierbei ist zu beachten, dass das Gesetz hinsichtlich der Abfallentsorgung bereits wichtige Regelungen enthält, die, insbesondere auch von Abfallbesitzer\*innen (z.B. den Betreiber\*innen einer

---

<sup>144</sup> Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen vom 27.09.1994 (BGBl. I S. 2705).

<sup>145</sup> Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen vom 27.09.1994 (BGBl. I S. 2705).

<sup>146</sup> Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Gesetz vom 10.08.2021 (BGBl. I S. 3436).

WEA für die bei Wartung, Reparatur, Rückbau anfallenden Abfälle), zu beachten sind. Von Bedeutung in diesem Zusammenhang sind:

- § 6 Die Abfallhierarchie mit der Rangreihenfolge:
  - ▶ Vermeidung
  - ▶ Vorbereitung zur Wiederverwendung
  - ▶ Recycling
  - ▶ Sonstige Verwertung
  - ▶ Beseitigung
- § 7 Grundpflichten
  - ▶ Abfallvermeidung nach § 13 und Verordnungen nach §§ 24, 25
  - ▶ Verwertungspflicht (entfällt, wenn Beseitigung den Schutz von Mensch und Umwelt besser gewährleistet)
  - ▶ Verwertung muss ordnungsgemäß und schadlos sein
  - ▶ Pflicht zur Verwertung, wenn technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar
- § 8 Rangfolge und Hochwertigkeit der Verwertung
- § 9 Getrennthaltung von Abfällen zur Verwertung
- § 9a Vermischungsverbot bei gefährlichen Abfällen
- § 10 Verordnungsermächtigung der Bundesregierung für bestimmte Maßnahmen zur Kreislaufwirtschaft
- § 50 Nachweispflichten für gefährliche Abfälle
- § 58 Mitteilungspflichten zur Betriebsorganisation bei nach § 4 BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen

Um über diese (nicht abschließend) genannten wichtigen Vorschriften hinaus Maßnahmen zur Produktverantwortung im Sinne einer erweiterten Herstellerverantwortung zu erreichen, enthält das derzeit geltende Kreislaufwirtschaftsgesetz die §§ 23-27. Diese beinhalten allgemeine Anforderungen an Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen (§ 23), Verordnungsermächtigungen an die Bundesregierung zur Umsetzung der Produktverantwortung (§§ 24,25) und schließlich Vorgaben für freiwillige Maßnahmen der Marktbeteiligten (§§ 26, 26a, 27).

*Alle Forderungen des § 23 KrWG bedeuten eine latente Grundpflicht der Produktverantwortung. Sie soll die Betroffenen zu Selbstverpflichtungen ermuntern; zwingend werden alle derartigen Maßnahmen erst durch entsprechende Rechtsverordnungen der Bundesregierung (§§ 24-25 KrWG).*

§ 23 Abs. 1 KrWG legt fest, dass (offenbar) jeder, der Erzeugnisse entwickelt, herstellt, be- oder verarbeitet oder vertreibt nun zur Erfüllung der Ziele der Kreislaufwirtschaft die Produktverantwortung trägt. Dies gilt also schon mal generell für alle Hersteller\*innen von Produkten, aber auch für den Handel. Produkt könnte in diesem Sinn auch eine WEA sein. Umgesetzt und eingefordert kann diese Verantwortung allerdings nur nach Maßgabe von Verordnungen der Bundesregierung (siehe weiter unten: Verordnungsvorbehalt in § 23 Abs. 4 KrWG). Produktverantwortung in diesem Sinn bedeutet, dass Erzeugnisse möglichst so zu gestalten sind, dass bei ihrer



Herstellung und ihrem Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird (das zielt möglichst auf die Vermeidung von Produktionsabfällen und von Betriebsabfällen), und, dass die nach dem Gebrauch der Produkte entstehenden Abfälle umweltverträglich verwertet oder beseitigt werden (das zielt auf die umweltverträgliche Entsorgung der Produkte am Ende ihrer Lebensdauer).

§ 23 Abs. 2 KrWG enthält eine erläuternde und konkretisierende Aufzählung von Anwendungsgebieten für die Produktverantwortung, die insbesondere in Frage kommen können. Diese möglichen oder auch notwendigen Maßnahmen orientieren sich stark an Produkten, die bisher durch Rechtsverordnungen der Bundesregierung oder durch Bundesgesetze geregelt wurden. Soweit derartige Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft auf WEA überhaupt anwendbar erscheinen, sind zu nennen:

- ▶ Die Entwicklung, die Herstellung und das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die ressourceneffizient, mehrfach verwendbar, technisch langlebig, reparierbar und nach Gebrauch zur ordnungsgemäßen Entsorgung (siehe Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft) geeignet sind.
- ▶ Der vorrangige Einsatz von Rezyklaten bei der Herstellung.
- ▶ Der sparsame Einsatz kritischer (z.B. seltener) Rohstoffe und deren Kennzeichnung, um sicherzustellen, dass die kritischen Rohstoffe aus den Erzeugnissen oder aus den daraus später entstehenden Abfällen zurückgewonnen werden können.
- ▶ Die Stärkung der Wiederverwendung von Erzeugnissen, insbesondere durch eine Zweitverwendung und durch Reparatur.
- ▶ Die Senkung des Gehalts an gefährlichen Stoffen sowie die Kennzeichnung/Dokumentation schadstoffhaltiger Erzeugnisse.
- ▶ Die Rücknahme der Erzeugnisse und der nach Gebrauch der Erzeugnisse entstandenen Abfälle durch Übernahme der finanziellen oder der finanziellen und organisatorischen Verantwortung für deren Bewirtschaftung.
- ▶ Die Obhutspflicht hinsichtlich der vertriebenen Erzeugnisse, insbesondere auch im Zusammenhang mit deren Rücknahme, so dass deren Gebrauchstauglichkeit erhalten bleibt.

§ 23 Abs. 3 KrWG: Bei der Wahrnehmung der Produktverantwortung nach den vorgenannten Absätzen 1 und 2 sind zu berücksichtigen:

- ▶ das Gebot der Verhältnismäßigkeit der Anforderungen an die Verwertung von Abfällen gemäß § 7 Abs. 4 KrWG (Pflicht zur Verwertung, insbesondere, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist und ein Markt für gewonnene Stoffe oder Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann),
- ▶ die sich aus anderen Rechtsvorschriften ergebenden Regelungen zur Produktverantwortung und zum Schutz von Mensch und Umwelt,
- ▶ die Festlegungen des Rechts der Europäischen Union über den freien Warenverkehr.

§ 23 Abs. 4 KrWG: Erst durch Rechtsverordnungen der Bundesregierung auf Grund der nachfolgend erläuterten §§ 24, 25 KrWG wird bestimmt, welche Verpflichteten die Produktverantwortung nach den Absätzen 1 und 2 wahrzunehmen haben und für welche Erzeugnisse und in welcher Art und Weise die Produktverantwortung wahrzunehmen ist.

§ 24 KrWG enthält nun eine Aufzählung, welche Verbote, Beschränkungen und Kennzeichnungen im Rahmen einer Produktverantwortung die Hersteller\*innen durch Rechtsverordnung(en) der Bundesregierung auferlegt werden können.

Da seinerzeit die Produktverantwortung vor dem Hintergrund einer kaum mehr zu bewältigenden Flut von überwiegend kurzlebigen Verbrauchsgütern (vor allem Verpackungen) entwickelt wurde, werden nachfolgend nur solche dieser konkreten Ermächtigungen angeführt, die bei einer Anwendung auf WEA relevant sein könnten:

- ▶ Bestimmte Erzeugnisse dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie ressourceneffizient, langlebig, reparierbar sowie die Abfallbewirtschaftung spürbar entlastend sind.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse dürfen nur in einer Beschaffenheit in Verkehr gebracht werden, die eine umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung der anfallenden Abfälle gewährleistet.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie mehrfach verwendbar sind oder die Verwertung erleichtern.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden, wenn bei der Entsorgung der nach ihrem Gebrauch entstehenden Abfälle die Freisetzung von Schadstoffen nicht oder nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand verhindert werden kann und die umweltverträgliche Entsorgung nicht auf andere Weise sichergestellt werden kann.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse (Bestandteile einer Anlage?) sind so zu kennzeichnen, dass im Anschluss an die Rücknahme die Erfüllung der Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft nach § 7 Abs. 2 und 3, § 8 Abs. 1 oder § 9 Abs. 1 und 3 (hier: ordnungsgemäße und schadlose Verwertung vor Beseitigung; hochwertige Verwertung, Getrennthaltung, Vermischungsverbot) gesichert und gefördert werden.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse (Bestandteile?) wegen enthaltener kritischer Rohstoffe, sonstiger Materialien oder des Schadstoffgehalts der nach Gebrauch entstehenden Abfälle nur mit einer Kennzeichnung in Verkehr gebracht werden dürfen, die auf Notwendigkeit der Rückgabe an Hersteller\*innen, Vertreiber\*innen oder bestimmte Dritte hinweist.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse wegen der daraus entstehenden Abfälle zu kennzeichnen sind im Hinblick auf
  - ▶ Abfallvermeidung und Wiederverwendbarkeit
  - ▶ Vermeidung der Vermüllung der Umwelt
  - ▶ Einsatz von sekundären Rohstoffen sowie Recyclingfähigkeit
  - ▶ Umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung
  - ▶ Rückgabemöglichkeit bei verordneter Rückgabe- und Rücknahmepflicht.

Beim Vertrieb bestimmter Erzeugnisse, auch im Zusammenhang mit Rücknahme und Rückgabe ist dafür zu sorgen, dass die Gebrauchstauglichkeit der Erzeugnisse erhalten bleibt und diese nicht zu Abfall werden.

§ 25 KrWG enthält eine umfangreiche Aufzählung möglicher Anforderungen an die Rücknahme- und Rückgabepflichten, an die Entsorgung der nach Gebrauch entstehenden Abfälle, sowie Kostenregelungen, die im Rahmen der Produktverantwortung die Hersteller\*innen betroffener Erzeugnisse per Rechtsverordnung der Bundesregierung auferlegt werden können.

Im Hinblick auf WEA dürften davon (§ 25 Abs. 1 KrWG) folgende in Frage kommen können:

- ▶ Bestimmte Erzeugnisse dürfen nur bei Sicherstellung ihrer umweltverträglichen Entsorgung in Verkehr gebracht werden.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse sind zurückzunehmen und die Rückgabe und umweltverträgliche Entsorgung sicherzustellen, insbesondere durch Schaffung oder Beteiligung an entsprechenden Systemen, oder durch die Gewährung wirtschaftlicher Anreize.
- ▶ Bestimmte Erzeugnisse von Hersteller\*innen aus einem anderen Land dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn ein Bevollmächtigter bestellt ist, der für die mit der Produktverantwortung verbundenen Pflichten verantwortlich ist.
- ▶ Die Hersteller\*innen bestimmter Erzeugnisse unterstützen Systeme zur Förderung der Wiederverwendung und Reparatur.
- ▶ Die Hersteller\*innen haben einen Nachweis zu führen über
  - ▶ die in Verkehr gebrachten Erzeugnisse, deren Eigenschaften und Mengen
  - ▶ die Rücknahme von Abfällen und die Beteiligung an Rücknahmesystemen, sowie
  - ▶ Art, Menge und Bewirtschaftung der zurückgenommenen Erzeugnisse oder der nach Gebrauch daraus entstehenden Abfälle.

Dazu sind Belege beizubringen, einzubehalten, aufzubewahren oder auf Verlangen vorzuzeigen.

Für angemessene Transparenz von unter die Obhutspflicht fallende Erzeugnisse einen Bericht erstellen, der die Verwendung der Erzeugnisse, insbesondere deren Art, Menge, Verbleib und Entsorgung sowie die Maßnahmen zur Umsetzung der Obhutspflicht zum Inhalt hat; auch kann bestimmt werden, ob und in welcher Weise der Bericht durch Dritte zu überprüfen, der zuständigen Behörde vorzulegen oder in geeigneter Weise zu veröffentlichen ist.

§ 25 Abs. 2 KrWG: Durch Rechtsverordnungen nach vorstehendem Absatz 1 kann weiter bestimmt werden (hier wieder ausgewählt im Hinblick auf eine mögliche Anwendung bei WEA):

- ▶ wer die Kosten für die Sammlung, Rücknahme, Verwertung und Beseitigung, die Kennzeichnung, sowie die Datenerhebung und -übermittlung zu tragen hat,
- ▶ wie die Kosten festgelegt werden,
- ▶ dass derjenige, der die Kosten zu tragen hat, nachweisen muss, dass er über die notwendigen finanziellen und organisatorischen Mittel verfügt, um den Verpflichtungen im Rahmen der Produktverantwortung nachzukommen,
- ▶ dass derjenige, der die Kosten zu tragen hat, eine geeignete Eigenkontrolle einzurichten und durchzuführen hat zur Prüfung und Bewertung seiner Finanzen und der Qualität seiner Daten für die Nachweisführung,
- ▶ dass derjenige, der die Kosten zu tragen hat, seine Eigenprüfung extern überprüfen lassen muss,

- ▶ dass die Besitzer\*innen von Abfällen diese den nach Abs. 1 verpflichteten Hersteller\*innen oder den von diesen eingerichteten Systemen überlassen muss,
- ▶ auf welche Art und Weise die Abfälle überlassen werden, einschließlich der Maßnahmen zum Bereitstellen, Sammeln und Befördern,
- ▶ welche Anforderungen an die Verwertung eingehalten werden müssen, insbesondere durch Festlegen abfallwirtschaftlicher Ziele,
- ▶ dass Daten über die Einhaltung der abfallwirtschaftlichen Ziele sowie weitere Daten über die Organisation und Struktur der Rücknahmesysteme zu erheben und zu veröffentlichen sind.

#### § 26 KrWG: Freiwillige Rücknahme zur Wahrnehmung der Produktverantwortung

Eine Besonderheit bietet dieser Paragraph in seinem Absatz 1: Das Bundesministerium für Umwelt, also nicht wie sonst üblich die gesamte Bundesregierung, wird ermächtigt, durch eine Rechtsverordnung – ohne Beteiligung des Bundesrates – Ziele für die freiwillige Rücknahme von Erzeugnissen und den daraus entstandenen Abfällen festzulegen, die innerhalb einer angemessenen Frist zu erreichen sind.

§ 26 Abs. 2 KrWG: Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen, die Erzeugnisse und die daraus entstehenden Abfälle in eigenen Anlagen oder solche beauftragten Dritten freiwillig zurücknehmen, haben dies der zuständigen Behörde vor Beginn der Rücknahme anzuzeigen.

§ 26 Abs. 3 KrWG: Die zuständige Behörde soll auf Antrag der Hersteller\*innen feststellen, dass diese Rücknahme in Wahrnehmung der Produktverantwortung nach § 23 KrWG erfolgt, wenn

- ▶ die zurückgenommenen Abfälle von Erzeugnissen stammen, die die Hersteller\*innen selbst hergestellt oder vertrieben haben,
- ▶ durch die Rücknahme die Ziele der Produktverantwortung umgesetzt werden,
- ▶ die umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung der Abfälle gewährleistet bleibt, und
- ▶ durch die Rücknahme die Kreislaufwirtschaft gefördert wird.

Eine Förderung der Kreislaufwirtschaft ist anzunehmen, wenn die Rücknahme und Entsorgung mindestens so hochwertig erfolgt, wie sonst im Entsorgungsgebiet durch ÖRE oder Dritte praktiziert wird.

Anzumerken ist, dass eine Zielvorgabe des Bundesumweltministeriums natürlich nur sinnvoll ist, wenn die betroffenen Marktbeteiligten eine gewisse Bereitschaft zeigen, derartigen Zielen auch tatsächlich freiwillig folgen zu wollen. Dies auszuloten bzw. die Betroffenen vorab über geplante Rechtssetzungsverfahren anzuhören, ist bei allen Verfahren nach den §§ 24, 25 und 26 KrWG vorgeschrieben (siehe auch § 68 KrWG: Anhörung beteiligter Kreise).

Wichtig für den zeitlichen und inhaltlichen Verlauf zur Erstellung einer möglichen Rechtsverordnung ist § 67 KrWG, der vorschreibt, dass u.a. Verordnungsentwürfe zu den §§ 24 und 25 KrWG vor Zuleitung an den Bundesrat dem Deutschen Bundestag zuzuleiten sind, der solche Rechtsverordnungen vor Zuleitung an den Bundesrat ändern oder auch gänzlich ablehnen kann.

## 6.2 Erfahrungen mit der bisherigen Anwendung der Produktverantwortung

Rechtliche Regelungen zur Umsetzung der Produktverantwortung wurden bisher in Deutschland für fünf Produktbereiche erlassen:

- ▶ Altöl
- ▶ Batterien
- ▶ Elektrogeräte
- ▶ Verpackungen
- ▶ Altfahrzeuge

In allen Fällen geht es um große Mengen an Produkten und eine z.T. sehr große Warenvielfalt. Der Gesetzgeber hat in § 23 KrWG keinerlei Einschränkungen gemacht, in welchen Bereichen die Produktverantwortung greift und in welchen nicht. Ziele waren, die Kommunen von der Einsammlung solcher verbrauchernahen Abfälle möglichst zu entlasten und die Verbraucher\*innen zur getrennten Rückgabe zu motivieren. Die Kosten der Entsorgung der zu Abfall werdenden Produkte sollen nun vollständig oder teilweise die Hersteller\*innen, Vertreiber\*innen, Importeur\*innen übernehmen, und – sie sollen für ihre zu Abfall gewordenen Produkte statt der Beseitigung anspruchsvolle Recyclingziele erreichen und dies nachweisen. Zum Teil geht es auch um die Vermeidung und Verringerung gefährlicher Substanzen in den Neu-Produkten. Für Sammlung, Transport, Sortierung, Behandlung, Verwertung und ggf. Beseitigung der Altprodukte mussten neue Technologien entwickelt werden. Besonders kompliziert erwiesen sich Finanzierungsregelungen, einschließlich von Nachweis- und Kontrollmechanismen.

Erst in jüngster Zeit geht die Gesetzgebung auch an Regelungen über die wichtige Frage heran, wie und wo die entstehenden Sekundärrohstoffe am besten verbleiben sollen – nämlich als Substitute zur Einsparung primärer Rohstoffe. Erst dadurch wird das Ganze zu einer integralen Ressourcenpolitik.

Sämtliche Regelungen erforderten im Vorfeld komplizierte Abstimmungen mit den zahlreichen Marktteilnehmern und im politischen Sektor, da es nicht nur um umweltpolitische Ziele geht. Vielmehr erforderte es Eingriffe in das wirtschaftliche und organisatorische Handeln vieler betroffenen Hersteller\*innen, Vertreiber\*innen, privater und öffentlicher Entsorger\*innen, Verwerter\*innen und Rohstofffirmen sowie von Importeur\*innen. All dies musste im Einklang mit den Regeln des europäischen Binnenmarktes erfolgen.

In der Folge wurden getroffene Vorschriften wiederholt geändert, um sie an die praktischen (positiven und negativen) Erfahrungen anzupassen. Auch reichten oftmals die ohnehin umfangreichen Ermächtigungen für Rechtsverordnungen nicht aus, so dass die Regelungen auf die Ebene von Bundesgesetzen angehoben werden mussten.

In allen bisher geregelten Produktbereichen wurden inzwischen europäische Vorgaben der EU beschlossen; z.T. waren diese sogar die Voraussetzung für notwendige Vorschriften in Deutschland - oder sie erforderten eine nachträgliche EU-konforme Anpassung.

Für eine eventuelle erweiterte Herstellerverantwortung bei WEA und insbesondere für deren Rückbau oder Repowering sind die bisherigen Produktregelungen nur teilweise zielführend. Im Folgenden wird auf eventuell geeignete Vorgaben in den existierenden Gesetzen/Verordnungen kurz hingewiesen, die möglicherweise konzeptionell auf den Windenergiesektor übertragbar oder in Einzelfragen relevant sein könnten.

### 6.2.1 Altöl

Die vergleichsweise schlanke Altölverordnung<sup>147</sup> bezieht sich auf Öle, die als Abfall anfallen und die ganz oder teilweise aus Mineralöl, synthetischem oder biogenem Öl bestehen. Sie gilt für die stoffliche und die energetische Verwertung sowie die Beseitigung von Altöl (§§ 1, 1a). Solche Öle (z.B. Getriebe-, Hydraulik-, Trafo-Öle) fallen auch bei WEA bei Wartung oder Rückbau an. Die Verordnung ist also insoweit anzuwenden. Insbesondere der Umgang mit Altölen ist bei einem Rückbau von WEA im Außenbereich besonders problematisch.

Sie zielt ansonsten stark auf die Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen von Frischölen sowie auf die Entsorger\*innen von Altölen. Durch die Aufbereitung (Entfernung der Schadstoffe, Oxidationsprodukte und Additive) können/sollen Basis-Öle erzeugt werden, die zur Herstellung der verschiedenen nach Sortengruppen eingeteilten Erzeugnisse entstehen. Altöl kann bei unsachgemäßer Anwendung in erheblichem Umfang zu Gewässerverunreinigungen führen. Die Vorschriften konzentrieren sich deshalb stark auf Getrennthaltung und die Vermeidung von Vermischungen (§ 4). Dies dürfte für im Außenbereich betriebenen WEA von Bedeutung sein.

### 6.2.2 Batterien

Das Batteriegesetz<sup>148</sup> als Umsetzung der EU-Batterie-Richtlinie<sup>149</sup> betrifft alle Batteriearten einschließlich von Akkumulatoren und gilt auch für Batterien, die in andere Geräte eingebaut sind. Die üblichen Ausnahmen für Batterien für Geräte, die der Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland dienen, für militärische Zwecke sowie für den Einsatz im Weltraum gelten auch hier (§ 1). Das Gesetz ist auch auf Batterien anzuwenden, die etwa in WEA oder zugehörigen Energiespeichern Anwendung finden. Vermutlich werden dies vorrangig Industriebatterien und Gerätebatterien sein. Fahrzeugbatterien, die weitere noch verbleibende Batterieart gemäß den Vorgaben der EU-Batterie-Richtlinie und des Batteriegesetzes sind Batterien, die ausschließlich für den Anlasser, die Beleuchtung oder für die Zündung von Fahrzeugen bestimmt sind. Als mögliche Anwendung in WEA können Batterien dieser Art ausgeschlossen werden.

Wesentliches Ziel des Gesetzes ist, die zunehmende sehr große Zahl an Batterien, die in einer Vielfalt von batteriebetriebenen Geräten Verwendung finden und häufig beim privaten Endverbraucher\*innen als Abfall (Altbatterien) anfallen, separat zu erfassen und einer Aufarbeitung zur Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe zuzuführen. Möglichst verhindert werden soll, dass gebrauchte Batterien in irregulären Abfallströmen landen, oder gar in der Umwelt weggeworfen werden und zu Schadensfällen sowie Umweltgefahren führen.

---

<sup>147</sup> Altölverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 16.04.2002 (BGBl. I S.1368), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 05.10.2020 (BGBl. L S. 2091).

<sup>148</sup> Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren vom 25.06.2009 (BGBl. I S. 1582), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 03.11.2020 (BGBl. I S. 2280).

<sup>149</sup> Richtlinie 2006/66/EG vom 06.09.2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altakkumulatoren (ABl. L 266, S. 1).

Wesentliche Teile des Gesetzes sind:

► Begriffsbestimmungen (§ 2)

[...]

(2) „Batterien“ sind aus einer oder mehreren nicht wiederaufladbaren Primärzellen oder aus wiederaufladbaren Sekundärzellen bestehende Quellen elektrischer Energie, die durch unmittelbare Umwandlung chemischer Energie gewonnen wird.

[...]

(5) „Industriebatterien“ sind Batterien, die ausschließlich für industrielle, gewerbliche oder landwirtschaftliche Zwecke, für Elektrofahrzeuge jeder Art oder zum Vortrieb von Hybridfahrzeugen bestimmt sind. Fahrzeugbatterien sind keine Industriebatterien. Auf Batterien, die keine Fahrzeug-, Industrie- oder Gerätebatterien sind, sind die Vorschriften dieses Gesetzes über Industriebatterien anzuwenden.

(6) „Gerätebatterien“ sind Batterien, die gekapselt sind und in der Hand gehalten werden können. Fahrzeug- und Industriebatterien sind keine Gerätebatterien.

► Verbot von Batterien mit Schwermetallgehalten jenseits bestimmter Grenzwerte (§ 3)

► Rücknahmebestimmungen für Fahrzeug- und Industrie-Alt Batterien (§ 8)

(1) Die Hersteller\*innen von Fahrzeug- und Industriebatterien oder deren Bevollmächtigte stellen die Erfüllung ihrer Pflichten aus § 5 dadurch sicher, dass sie

1. den Vertreiber\*innen für die von diesen nach § 9 Absatz 1 Satz 1 zurückgenommenen Fahrzeug- und Industrie-Alt Batterien und

2. den Behandlungseinrichtungen nach § 12 Absatz 1 und 2 für die dort anfallenden Fahrzeug- und Industrie-Alt Batterien

eine zumutbare und kostenfreie Möglichkeit der Rückgabe anbieten und die zurückgenommenen Alt Batterien nach § 14 verwerten. Die Hersteller\*innen von Fahrzeug- und Industriebatterien oder deren Bevollmächtigte sind verpflichtet, die finanziellen und organisatorischen Mittel vorzuhalten, um der Pflicht nach Satz 1 nachzukommen. Eine Verpflichtung der Vertreiber\*innen oder der Behandlungseinrichtungen zur Überlassung dieser Alt Batterien an die Hersteller\*innen oder an deren Bevollmächtigte besteht nicht.

(2) Für Fahrzeug- und Industrie-Alt Batterien können die jeweils betroffenen Hersteller\*innen oder deren Bevollmächtigte, Vertreiber\*innen, Behandlungseinrichtungen nach § 12 Absatz 1 und 2 und Endnutzer\*innen von Absatz 1 Satz 1 abweichende Vereinbarungen treffen.

(3) Soweit Fahrzeug- und Industrie-Alt Batterien durch Vertreiber\*innen, Behandlungseinrichtungen nach § 12 Absatz 1 und 2, öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger oder gewerbliche Alt Batterieentsorger nach § 14 verwertet werden, gilt die Verpflichtung der Hersteller\*innen oder von deren Bevollmächtigten aus § 5 als erfüllt.

► Kennzeichnungspflicht von Batterien (§ 17)

► Registrierungspflicht der Hersteller\*innen

► Hersteller\*innen ohne Niederlassung in Deutschland können einen Bevollmächtigten beauftragen, der ihre Pflichten als Hersteller\*innen wahrzunehmen hat (§ 26)

- ▶ Rücknahme von Altbatterien
- ▶ Hersteller\*innen müssen die von Vertreiber\*innen, Kommunen oder freiwilligen Rücknahmestellen (Behörden, Hochschulen, Unternehmen, etc.) gesammelten sowie die bei der Behandlung von Elektro- und Elektronikaltgeräten und Altfahrzeugen angefallenen Altbatterien unentgeltlich zurücknehmen und stofflich verwerten (§ 5); Hersteller\*innen von Gerätebatterien müssen für Geräte-Altbatterien ein genehmigungspflichtiges Rücknahmesystem einrichten oder über Dritte einrichten lassen. Zusammenschlüsse von mehreren Hersteller\*innen für ein gemeinsam betriebenes System sind zulässig (§ 7); die Kostenkalkulation soll ökologische Anreize für den/die Hersteller\*innen schaffen (!) (§ 7a). Hersteller\*innen von Fahrzeug- und Industriebatterien müssen den Vertreiber\*innen sowie Behandlungseinrichtungen von Elektro- und Elektronikaltgeräten und Behandlungseinrichtungen von Altfahrzeugen eine zumutbare und kostenlose Rückgabemöglichkeit für gesammelte und angefallene Altbatterien anbieten; eine Überlassungspflicht besteht nicht. Abweichende Vereinbarungen sind möglich (§ 8)
- ▶ Die Vertreiber\*innen müssen Altbatterien, die ihrem Verkaufssortiment entsprechen, kostenlos von Endnutzer\*innen zurücknehmen und Geräte-Altbatterien einem Rücknahmesystem für Geräte-Altbatterien überlassen; für Fahrzeug- und Industrie-Altbatterien können die Vertreiber\*innen auch andere Entsorger\*innen beauftragen. Die Rücknahmepflicht der Vertreiber\*innen ist auf die Art der Altbatterie, der er/sie selbst im Sortiment führt oder geführt hat, und auf die Menge, derer sich Endnutzer\*innen üblicherweise entledigen, beschränkt (§ 9)
- ▶ Die Besitzer\*innen von Altbatterien haben diese getrennt zu halten und über die genannten Einrichtungen zu entsorgen (§ 11)
- ▶ Altbatterien müssen möglichst stofflich verwertet werden. Dabei sind hohe Sammel- und ehrgeizig vorgegebene Recyclingeffizienzen zu erreichen (§§ 14, 16), deren Berechnungsmethoden für die Recyclingeffizienz von der EU vorgegeben sind
- ▶ Die Erfolgskontrolle von den Gerätebatteriehersteller\*innen erfolgt durch jährliche Meldungen der Rücknahmesysteme von Geräte-Altbatterien an die zuständige Behörde. Die Meldungen müssen von einem unabhängigen Sachverständigen geprüft sein (§ 15); zuständige Behörde ist das Umweltbundesamt mit einer Reihe von Aufgaben (§§ 19-22)
- ▶ Die Zuständige Behörde ist ermächtigt, die von den Hersteller\*innen von Elektrogeräten eingerichtete Gemeinsame Stelle zusätzlich mit der Wahrnehmung von Aufgaben zu beleihen, welche ansonsten zum Aufgabenbereich der zuständigen Behörde nach dem Batteriegesetz gehören (insbesondere Registrierung der Hersteller\*innen und Verfahren zur Genehmigung von Rücknahmesystemen). Insofern kann eine Bündelung ansonsten vergleichbarer Aufgaben in einer zentralen Stelle erfolgen, die Beliehene untersteht der Rechts- und Fachaufsicht der zuständigen Behörde (§§ 23-25). Das Umweltbundesamt hat von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht und die stiftung elektro-altgeräte register mit den entsprechenden Aufgaben betraut.
- ▶ Zur Information der Nutzer\*innen von Batterien haben die Vertreiber\*innen, Hersteller\*innen und die Rücknahmesysteme von Geräte-Altbatterien umfängliche Informationspflichten (§ 18)
- ▶ Die Beseitigung von Fahrzeug- und Industriebatterien durch Verbrennung (!) ist ausdrücklich verboten.



Ein für alle Regelungen zur Produktverantwortung gemeinsames Problem liegt in der föderalen Vollzugsverantwortung für bundeseinheitliche Umweltgesetze oder -verordnungen. Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen von Produkten üben ihre wirtschaftlichen Aktivitäten meist in mehreren oder in allen Bundesländern aus. Ihre Überwachung und die Kontrolle des Vollzugs müssten somit in mehreren/allen Bundesländern gleichzeitig bzw. parallel erfolgen. Auch nach Novellierung des Batteriegesetzes (zum 01.01.2021) liegt der Vollzug gemäß § 28 Abs. 2 BattG weiterhin bei den Bundesländern. In der davor geltenden Fassung des Gesetzes wurde ein Batteriegesetz-Melderegister beim Umweltbundesamt geführt. In diesem Register mussten alle Hersteller\*innen ihre Marktteilnahme mit Batterien anzeigen. Mit der Novellierung ist anstelle einer Anzeigepflicht eine Registrierung in Kraft getreten. Das Register wird durch die Stiftung ear geführt wird.

Die EU-Kommission hat eine europäische Verordnung für Batterien und Altbatterien vorgeschlagen. Diese würde grundsätzlich unmittelbar in allen Mitgliedsländern gelten, ohne dass es einer Umsetzung wie bei europäischen Richtlinien bedürfte. Geregelt werden soll damit der gesamte Lebensweg von Batterien, von der Entwicklung über die Produktion, den Vertrieb und Gebrauch, die mögliche Vorbereitung zur Wiederverwendung und die Entsorgung der Altbatterien mit Rückführung der enthaltenen Wertstoffe in den Wirtschaftskreislauf. Falls diese EU-Verordnung beschlossen wird, würde sie die bisherige Batterie-Richtlinie der EU von 2006 ablösen. Das geltende Batteriegesetz würde ggf. bestehen bleiben, sofern die Verordnung den Mitgliedstaaten einen Umsetzungsspielraum ermöglicht. In diesem Fall wäre das Batteriegesetz entsprechend anzupassen.

### 6.2.3 Elektroaltgeräte

Das aktuell geltende Elektro- und Elektronikgerätegesetz<sup>150</sup> gilt hierzulande seit dem 01.01.2022. Da der überwiegende Anteil der Elektro- und Elektronikaltgeräten bei den privaten Haushalten anfällt, zielen viele der gesetzlich geregelten Vorschriften auf diesen Teil der Abfallentsorgung. Andere Teile betreffen aber auch die Entsorgung von Altgeräten aus dem gewerblichen Bereich. Das Gesetz differenziert in drei verschiedene Batteriearten: Fahrzeug-, Industrie- und Gerätebatterien.

Wesentliche Bestimmungen des Gesetzes betreffen im Sinne der Produktverantwortung die Hersteller\*innen, Produzent\*innen, Importeur\*innen und Vertreiber\*innen von Geräten. Die enorme Vielfalt und Heterogenität der betroffenen Geräte wurde in sechs Produktkategorien eingeteilt, die ebenfalls in der EU-Richtlinie vorgegeben sind:

- ▶ Wärmeüberträger (wie z.B. Kühlgeräte, Klimaanlage),
- ▶ Bildschirme, Monitore,
- ▶ Lampen,
- ▶ Großgeräte,
- ▶ Kleingeräte,
- ▶ Kleine IT- und Telekommunikationsgeräte.

---

<sup>150</sup> Elektro- und Elektronikgerätegesetz vom 20.10.2015 (BGBl. I S. 1739), zuletzt geändert durch Art. 23 des Gesetzes vom 10.08.2021 (BGBl. I S. 3436)

Stoffverbote oder Beschränkungen für gefährliche Substanzen in Geräten gelten für alle Hersteller\*innen und wurden wörtlich aus der EU-Richtlinie übernommen. Die übergeordneten Ziele der EU-Abfallhierarchie (Vermeidung, Wiederverwendung) sind zwar im Gesetz angesprochen, lassen sich aber nur schwer im Rahmen einer Marktwirtschaft in bindende Maßnahmen gießen. Stattdessen sollen die Hersteller\*innen im Wettbewerb untereinander nach solchen Zielen streben.

Eine WEA als Ganzes kann nicht als Elektrogerät (auch nicht als Großgerät) im Sinne des Elektroggesetzes behandelt werden. Das Elektroggesetz ist allerdings einschlägig für die Elektro- und Elektronikgeräte, die in WEA oder Energiespeicheranlagen verwendet werden. Darunter fallen Geräte, die im Elektroggesetz sehr weit definiert sind (siehe Anwendungsbereich).

Die hierfür wichtigen Vorschriften sind:

- § 1 Abfallwirtschaftliche Ziele
- § 2 Anwendungsbereich: wichtig sind die Gerätekategorien in Abs. 1 sowie in Anlage 1 und die Ausnahmen vom Geltungsbereich in Abs. 2, Ziffer 2, 3 und 6
- § 3 Begriffsbestimmungen: nur Elektrogeräte zum Betrieb mit maximal 1.000V AC oder 1500 V DC; auch Geräte, die der Erzeugung, Übertragung und Messung von elektrischen Strömen und elektromagnetischen Feldern dienen, aber Ausnahme für Großanlagen entsprechend § 3, Nr. 17. Wichtig sind für einen Rückbau auch die Begriffsdefinitionen in § 3, nämlich Erfassung von Altgeräten, Behandlung, Erstbehandlung, Entfernen von (z.B. Schadstoffen, Wertstoffen).

Die für eine Kreislaufwirtschaft wichtigen (und teilweise neuen) Pflichten beim Inverkehrbringen von Geräten (§§ 4–9) betreffen die Hersteller\*innen: Produktkonzeption, Gemeinsame Stelle der Hersteller\*innen, Registrierung der Hersteller\*innen, Finanzierungsgarantie für Rücknahme und Entsorgung, Rücknahmekonzept, Bevollmächtigte, Kennzeichnung der Geräte nach Hersteller\*innen.

§ 10 fordert die getrennte Erfassung von Altgeräten durch die Besitzer\*innen.

Wichtig ist die Pflicht der Hersteller\*innen zur Rücknahme von Altgeräten von anderen als privaten Nutzer\*innen (§§ 19, Abs. 1: Hersteller\*innen sind verpflichtet, für Altgeräte anderer Nutzer\*innen als privater Haushalte eine zumutbare Möglichkeit zur Rückgabe zu schaffen. Eine Verpflichtung der Endnutzer\*innen zur Überlassung der Altgeräte an die Hersteller\*innen besteht nicht). Ausgenommen für sog. „Historische Geräte“ (die früher, vor bestimmten Zeitpunkten, in Verkehr gebracht wurden) tragen die Hersteller\*innen die Kosten für die Rücknahme/Entsorgung (§ 19 Abs. 3).

Die Abfallbesitzer\*innen haben darauf zu achten, dass ihre Altgeräte einer Erstbehandlung zugeführt werden. Vor der Erstbehandlung ist zu prüfen, ob das Alt-Gerät oder einzelne Bauteile einer Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt werden können, für die Erstbehandlung sind zertifizierte Erst-Behandler\*innen auszuwählen. Für die anschließende Verwertung sind je nach Gerätekategorie bestimmte Verwertungsquoten gefordert (§§ 20–24).

Im Gesetz sind umfängliche Anzeige-, Mitteilungs- und Informationspflichten geregelt, die jedoch nicht die Betreiber\*innen einer WEA betreffen (§§ 25–30). Ebenso wenig dürften die nachfolgend angesprochenen §§ 31-42 für die Betreiber\*innen von WEA Bedeutung erlangen; sie sind gleichwohl für das Funktionieren der erweiterten Herstellerverantwortung wichtig.

Das in § 31 geschaffene Instrument einer „Gemeinsamen Stelle“ der Hersteller\*innen übernimmt wichtige Vollzugsaufgaben zur Entlastung der zuständigen Behörden und kann auch als wichtige Informationsstelle der Abfallerzeuger\*innen nützlich sein (z.B. über zugelassene Erst-Behandler\*innen von Altgeräten). Die Gemeinsame Stelle berechnet nach den Marktzahlen (in Verkehr gebrachte Geräte nach Gewicht) aller Hersteller\*innen die von diesem bei einem ÖRE jeweils abzuholenden eingesammelten Altgeräte. Man ging davon aus, dass mit dieser Methode eine gerechte Aufteilung der Kosten für die Abholung, den Transport und die Entsorgung der Altgeräte erreicht werden könnte (§ 31 Abs. 5 bis 7). Die Gemeinsame Stelle hat darüber hinaus umfangreiche Marktdaten zu erheben und den Behörden zur Verfügung zu stellen. Für ihre Tätigkeit gelten detaillierte Kostenregelungen sowie organisatorische Bedingungen (§§ 32-35). Als Zuständige Behörde mit entsprechend hoheitlichen Aufgaben und Rechten wurde das Umweltbundesamt bestimmt (§§ 36-39).

Die neuere europäische Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten<sup>151</sup> wurde in Deutschland separat umgesetzt. Die geltende Fassung ist die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung vom 19.04.2013, die zuletzt durch G vom 10.08.2021 geändert wurde.<sup>152</sup> Für einen deutlich gegenüber dem Elektroggesetz erweiterten Anwendungsbereich auf eine Vielfalt von Geräten (§1) ist das Inverkehrbringen von Elektro- und Elektronikgeräten einschließlich Kabeln und Ersatzteilen verboten, wenn u. a. bestimmte Höchstkonzentrationen je homogenem Werkstoff von bestimmten Schwermetallen und von bestimmten halogenierten Chemikalien überschritten sind. Diese Verpflichtungen sind für die Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen von Geräten und Ersatzteilen bindend und sollen auch das Einschleusen von Schadstoffen in sekundäre Recyclingkreisläufe verhindern. Die Betreiber\*innen von WEA müssen bei Ersatzteilen und Reparaturen auf die geltenden Verbote achten.

Relativ neu ist die Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Behandlungsverordnung vom 21.06.2021<sup>153</sup>, die am 01.01.2022 in Kraft getreten ist. Sie regelt die Anforderungen an die Behandlung von Altgeräten, die innerhalb einer der sechs unterschiedlichen Sammelkategorien erfasst wurden. Sie gilt für die Tätigkeiten in einer Erstbehandlungsanlage nach Übergabe von Altgeräten an diese. Die Abfallerzeuger\*innen bzw. Besitzer\*innen (z.B. beim Rückbau einer WEA) ist von diesen Regelungen nicht unmittelbar betroffen, es sei denn, er übernimmt die Erstbehandlung seiner Abfälle selbst oder beauftragt einen Dritten, der dafür geeignet sein muss.

#### **6.2.4 Verpackungen**

Das rechtliche Instrument wurde wiederholt geändert bis zur aktuellen Fassung, dem Verpackungsgesetz von 2021.<sup>154</sup>

Dieses lehnt sich in seiner Struktur und seinen Regelungen teilweise an das Elektroggesetz an. Zusätzlich sind Pflichtpfandregelungen enthalten und Quoten für die zu erreichende stoffliche Verwertung von Verpackungsabfällen.

---

<sup>151</sup> Richtlinie 2011/65/EU vom 08. 06.2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (ABl. L 174 vom 01.07.2011, S. 88).

<sup>152</sup> Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff- Verordnung vom 19.04.2013, zuletzt geändert durch Gesetz vom 10.08.2021 (BGBl. I S. 3436).

<sup>153</sup> Verordnung über Anforderungen an die Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräte vom 21.06.2021 (BGBl. I S. 1841).

<sup>154</sup> Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen vom 05.07.2017 (BGBl. I S. 2234), zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.09.2021.

Für die Betreiber\*innen von WEA enthält das Gesetz keine speziellen Regelungen. Für Transportverpackungen, die z.B. beim Rückbau von WEA eine Rolle spielen, kann die Rücknahme durch die Hersteller\*innen oder Händler\*innen, individuell geregelt werden. Es wird deshalb hier nicht näher auf das Thema Verpackungen und seine herstellereinspezifischen Regelungen eingegangen. Das Thema Verpackung ist dennoch wichtig zu erwähnen, da es das in der Öffentlichkeit am intensivsten diskutierte Thema ist.

### 6.2.5 Altautos

Kraftfahrzeuge haben mit WEA zwar wenig gemeinsam. Die Regelungen zur Produktverantwortung in der Altfahrzeug-Verordnung<sup>155</sup> können jedoch einige Aspekte enthalten, die auch bei WEA interessant sein können. Zudem werden erstmals auch Anforderungen an Neuprodukte im Sinne der Kreislaufwirtschaft formuliert.

Autos sind Produkte, die eine ähnlich lange Lebensdauer erreichen können wie WEA. Ob und wann sie jeweils zu Abfall werden, ist in der Regel eine individuelle ökonomische Entscheidung des/der (Letzt)-Besitzer\*in. Die Zahl der Hersteller\*innen ist jeweils überschaubar und das Produkt ist jeweils konkreten Hersteller\*innen zuordenbar. Problematisch ist bei Autos die Unterscheidung von einem Gebrauchtfahrzeug; so gelangen zahlreiche Altautos, als Gebrauchtfahrzeuge deklariert, in den Export und werden nicht im Inland in der Verantwortung der Hersteller\*innen verwertet oder beseitigt. Etwas Ähnliches kann auch mit wertvollen Komponenten einer WEA geschehen.

Aus der überschaubaren Menge an Vorschriften in der Altfahrzeug-Verordnung können einige für eine allfällige Regelung bei WEA durchaus wichtige Orientierung bieten:

Die Hersteller\*innen oder deren Bevollmächtigte bei ausländischen Produzent\*innen (siehe § 10a) von Fahrzeugen sind verpflichtet, alle Altfahrzeuge ihrer Marke vom Letztalter zurückzunehmen. Hierfür gilt eine bestimmte Rückgabe/Rücknahme-Logistik: Von Letztbesitzer\*innen zu einer anerkannten Rücknahmestelle oder zu einem anerkannten Demontagebetrieb, der von Hersteller\*innen bestimmt worden ist. Die Rücknahme müssen die Hersteller\*innen unentgeltlich leisten (§ 3). Die Hersteller\*innen müssen, einzeln oder gemeinsam, selbst oder durch Beauftragung Dritter, flächendeckend solche Rücknahmemöglichkeiten anbieten. Für in bestimmtem Umfang vorbehandelte oder veränderte Altfahrzeuge gelten bestimmte Ausnahmen (§ 3 Abs. 3-4). Die Hersteller\*innen haben die Letztalter\*innen über die eingerichteten Rücknahmestellen zu informieren (§ 3 Abs. 5). Hersteller\*innen von Bauteilen haben sicherzustellen, dass Altteile aus der Reparatur von Fahrzeugen zurückgenommen werden. Einzelheiten dazu und Kostentragung können die Beteiligten vereinbaren (§ 3 Abs. 6). Bei mehrstufigen Herstellungsprozessen (z.B. Wohnmobile etc.) können die Entsorgungskosten auf die jeweiligen Teilehersteller\*innen aufgeteilt werden (§ 3 Abs. 7). Wer sich eines Altfahrzeuges als Abfall entledigen möchte (= Abfallerzeuger\*in), hat sich der geschilderten Rücknahmelogistik zu bedienen. Dies gilt für alle Stufen der Rücknahmelogistik (§ 4 Überlassungspflichten).

Die Wirtschaftsbeteiligten stellen sicher, dass bestimmte vorgegebene Quoten für die Wiederverwendung und die Verwertung, bezogen auf das Fahrzeuggewicht, nach bestimmten Fristen erreicht werden; Ergebnisse sind zu dokumentieren (§ 5). Für die einzelnen Stufen der Entsorgungslage (anerkannte Annahmestellen, Rücknahmestellen, Demontagebetriebe, Shredder-Anlagen und Sonstige) sind sehr detaillierte Vorgaben über das dort zu Erfolgende im Anhang

---

<sup>155</sup> Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Altfahrzeugen vom 21.06.2002 (BGBl. I S. 2214) geändert durch Zweite Verordnung zur Fortentwicklung der abfallrechtlichen Überwachung vom 02.12.016.

zur Verordnung aufgelistet. Die Einhaltung der Vorgaben ist durch einen Sachverständigen (§ 6) zu bestätigen und der zuständigen Behörde vorzulegen (§ 7 Mitteilungspflichten).

Speziell an die Hersteller\*innen richten sich die Anforderungen an die Abfallvermeidung bei der Konzeption und Herstellung neuer Fahrzeuge sowie die verstärkte Verwendung von Recyclingmaterial. Zusätzlich sind Verbote für die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in den von der Verordnung betroffenen Fahrzeugen vorgegeben (§ 8).

Die Hersteller\*innen sind verpflichtet, Kennzeichnungsnormen für Bauteile und Werkstoffe nach Festlegungen der EU-Kommission gemäß Richtlinie 2000/53/EG zu verwenden (soll Wiederverwendung und Verwertung erleichtern). Für neu in Verkehr kommende Fahrzeuge müssen die Hersteller\*innen Informationen bereitstellen, die für die Betriebe der Entsorgungslogistik-Kette zur Einhaltung ihrer Entsorgungspflichten wichtig sind (z.B. an welcher Stelle / in welchen Bauteilen befinden sich gefährlich Stoffe) (§ 9). Außerdem veröffentlichen die Hersteller\*innen im Zusammenwirken mit den Wirtschaftsbeteiligten Informationen über die (offenbar bei ihren Fahrzeugmodellen) erreichten Fortschritte zur umweltverträglichen Entsorgung, was die Kaufentscheidung der künftigen Fahrzeugkäufer beeinflussen soll (§ 10).

Der bereits erwähnte umfangreiche Anhang der Verordnung enthält sehr detaillierte Anforderungen an die Betriebe der Entsorgungskette, und wie Altfahrzeuge in der Entsorgungskette zu behandeln sind. Dies betrifft insbesondere die erforderliche Trockenlegung der Fahrzeuge vor der weiteren mechanischen Behandlung. Die Abtrennung von Flüssigkeiten ist zur Vermeidung von Gewässerverschmutzungen von Bedeutung und auch Voraussetzung für die Wiederverwendung und Verwertung von Bauteilen. Derartige Anforderungen dürften auch für den Rückbau von im Außenbereich gelegenen WEA wichtig sein.

#### **6.2.6 Anwendbarkeit der bisherigen Produktregelungen auf Windenergieanlagen**

Beim Rückbau von WEA sind die Betreiber\*innen der Anlagen als Abfallerzeuger\*innen in der Pflicht, sämtliche Anforderungen des KrWG zu erfüllen.

Von den bisher erlassenen Produktregelungen können die Produktbereiche Altöl, Elektrogeräte und Batterien zusätzlich einschlägig sein. Die Betreiber\*innen einer WEA werden wohl in der Regel nicht „Hersteller“ oder „Vertreiber“ solcher Produkte sein, sondern beim Bau der Anlage oder bei Wartung/Reparatur von Hersteller\*innen bzw. Vertreiber\*innen (Lieferant\*innen) Gebrauch gemacht haben. Ob diese im Einzelfall „Hersteller“ im Sinne der Produktregelungen sind und dadurch die Sammlung und Verwertung ihrer Produkte am Lebensdauerende eigens finanzieren müssen, kann nicht allgemein beantwortet werden. Zur Klärung bedarf es einer Einzelfallbetrachtung, die frühzeitig durchgeführt werden sollte, da die gesetzlichen Vorgaben für Hersteller\*innen dieser Produktbereiche, wie oben aufgezeigt, über die Rücknahme- und Verwertungspflichten hinausgehen und oft schon beim Inverkehrbringen der Produkte greifen.

Die Hersteller\*innen und Vertreiber\*innen (Lieferant\*innen) von z.B. Hydraulikölen, Elektro- und Elektronikgeräten oder Batterien sind zwar grundsätzlich zur Rücknahme der Abfallprodukte verpflichtet. Die gewerblichen WEA-Anlagenbetreiber\*innen sind jedoch nicht verpflichtet, sich dieser Hersteller\*innen bei der Entsorgung zu bedienen, sondern können sich am Markt ein für ihn vorteilhaftes Angebot auswählen. Dies kann auch den Verkauf von noch gebrauchstauglichen Geräten auf dem Gebrauchtwarenmarkt umfassen, vergleichbar dem Handel z.B. mit Altfahrzeugen einschließlich des Exports, wobei die Unterscheidung zwischen einem Gebrauchtgerät (Wirtschaftsgut) und Altgerät (Abfall) schwierig ist und Vorsicht vor illegalen Angeboten angeraten ist. Im Zweifelsfall können die Abfallerzeuger\*innen für Rechtsverstöße haftbar gemacht werden.

### Beispiel: Rücknahme und Recycling von Industrie-Alt-Batterien

Zentrales Element zur Absicherung der Rücknahme und des Recyclings von Industriebatterien am Lebensdauerende ist die Registrierungspflicht der Hersteller\*innen von Industriebatterien gemäß § 4 des Batteriegesetzes. So müssen sich diese Hersteller\*innen, bevor sie Batterien in Verkehr bringen, mit der Marke und der jeweiligen Batterieart von der stiftung ear registrieren lassen (<https://www.stiftung-ear.de>). Bestandteil der Registrierung ist eine Erklärung über die erfolgte Einrichtung einer den Anforderungen nach § 8 BattG entsprechenden Rückgabemöglichkeit und die Zugriffsmöglichkeiten der Rückgabeberechtigten (Vertreiber\*innen und Behandler).

Im Ergebnis können Endnutzer\*innen (bspw. Betreiber\*innen einer WEA) anfallende Industrie-Alt-Batterien bei Vertreiber\*innen von Industriebatterien kostenfrei zurückgeben. Vertreiber\*innen nutzen hingegen die kostenfreie Rückgabemöglichkeit an die Hersteller\*innen der Batterien. Für Vertreiber\*innen kommt es daher darauf an, dass die Hersteller\*innen ihrer Batterien von der stiftung ear registriert wurden. Dies sollten sie sich nachweisen lassen oder im öffentlichen Register der stiftung ear selbst einsehen (<https://www.stiftung-ear.de>). Der Nachweis ist eine Art Vorsorge, Alt-Batterien kostenfrei am Ende der Lebensdauer zurückgeben zu können.

Besondere Beachtung ist auch bei der Entsorgung von ausgesonderten Elektrogeräten geboten, soweit diese dem Elektroggesetz zugehören, denn deren Entsorgungsweg muss den weiter oben beschriebenen Kriterien genügen (siehe insbesondere § 10 ElektroG).

Da der Rückbau von WEA genehmigungstechnisch mit der zuständigen Behörde geklärt sein muss, wird diese ggf. auf eine zuverlässige und sichere Entsorgung von Abfällen hinwirken. Gleichwohl verbleibt ein Graubereich, da die Überwachung der im Außenbereich gelegenen WEA für die Behörde zu Vollzugsproblemen führen kann.

## 6.3 Entwicklungspotenzial von Speichersystemen

Durch den steigenden Ausbau der erneuerbaren Energien bedarf es einer zunehmenden Flexibilität im Stromsystem, mit den schwankenden Einspeisungen umzugehen und diese zeitlich und räumlich auszugleichen.<sup>156</sup> Die Integration fluktuierender Stromerzeugungsanlagen wie Wind- oder Solaranlagen stellen eine große technische Herausforderung der Energiewende dar. Wichtig werden vor allem Flexibilitätsoptionen wie der Stromnetzausbau, Lastenmanagement und Energiespeichersysteme. Allerdings sind der Bedarf und die technischen Aufgaben von Energiespeichern nach wie vor ungeklärt.<sup>157</sup> Die Informationen über die Verfügbarkeit von Zukunftstechnologien sind begrenzt, da bestehende Studien von sehr unterschiedlichen Zukunftsannahmen ausgehen.<sup>158</sup> Der Speicherbedarf des künftigen Energiesystems hängt stark davon ab, welche Ausbauziele der erneuerbaren Energien erreicht werden sollen, ob die Umsetzung der Pläne des Netzausbaus stattfinden und durch welche anderen Flexibilitätsoptionen die erneuerbaren Energien integriert werden können.<sup>159</sup> Diese Optionen umfassen im Bereich der Stromerzeugung die Flexibilisierung des thermischen Kraftwerksparks, der Anlagen erneuerbarer Energien und der Kraft-Wärme-Kopplung über Wärmespeicher, die Nutzung von Flexibilität im europäischen Erzeugungssystem, die Bereitstellung von Systemdienstleistungen durch Anlagen erneuerbarer

---

<sup>156</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 12.

<sup>157</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 25.

<sup>158</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 4.

<sup>159</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 223.

Energien oder alternativen Technologien und die Abregelung von Anlagen erneuerbarer Energien und Ausgleich durch thermische Kraftwerke. Im Bereich Transport stellen der Netzausbau im Übertragungs- und Verteilnetz zur Beseitigung von Netzengpässen, der Netzausbau und der europäische Ausgleich durch das Übertragungsnetz in Europa wichtige Optionen dar. Im Bereich Verbrauch sind die Flexibilisierung der Lasten durch Lastenmanagement vor allem in der Industrie und neue sektorenübergreifende Energiespeicher auf der Basis von Strom wie Power-to-X und die Nutzung von Flexibilität im europäischen Erzeugungssystem wichtige Maßnahmen. Die existierenden Flexibilitätsoptionen können in Kombination die gleiche Funktion wie Energiespeicher übernehmen.<sup>160</sup> Folglich können erneuerbare Energien auch ohne Speicherausbau in das Stromsystem integriert werden, da durch andere Flexibilitätsoptionen der Speicherbedarf stark reduziert werden kann. Die Speicherung stellt meistens die teuerste Option dar und rentiert sich deswegen erst bei einem sehr hohen Anteil an erneuerbaren Energien im Strommarkt. Der Speicherbedarf wird in der Erzeugung insbesondere durch eine hohe Geschwindigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien, einen hohen Anteil an fluktuierenden erneuerbaren Energien, hohe Prognosefehler bei erneuerbaren Energien und durch unflexible, thermische, konventionelle Kraftwerke gesteigert. In der Verteilung führen die Verzögerung im Netzausbau und im Netzausbau und keine Erweiterung der Kuppelstellen in das europäische Ausland zu einem gesteigerten Stromspeicherbedarf. Im Verbrauch sorgen eine starre Stromnachfrage und kein Lastenmanagement in Leistungsmärkten zu einer Bedarfssteigerung.<sup>161</sup>

Deutlich wird, dass ein allgemeiner Bedarf an Flexibilität in allen netzgebundenen Anwendungen besteht.<sup>162</sup> Aus der Einspeisung erneuerbarer Energien folgt allerdings nicht direkt ein weiterer Speicherbedarf. Dieser muss nach technisch und ökonomisch vorteilhaften Flexibilitätsoptionen abgewogen werden.<sup>163</sup> Es wird davon ausgegangen, dass der Bedarf an Flexibilität im Stromsystem durch den steigenden Anteil an erneuerbaren Energien in den nächsten Jahren kostengünstiger durch andere Flexibilitätsoptionen als durch Stromspeicher gedeckt werden kann.<sup>164</sup> Erst mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien in Deutschland und in Europa, steigt der Bedarf an Stromspeichern deutlich.<sup>165</sup> Speicher führen dann zu einer Einsparung in den Erzeugungskosten und zu einer Substitution konventioneller Kraftwerksleistung, da mehr erneuerbare Energien in das System integriert werden können.<sup>166</sup> Sie könnten darüber hinaus thermische Kraftwerke langfristig ersetzen.<sup>167</sup> Energiespeicher stellen eine der flexibelsten Anla-

---

<sup>160</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 39 f.

<sup>161</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 50.

<sup>162</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 146.

<sup>163</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 12.

<sup>164</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 3.

<sup>165</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 22.

<sup>166</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 16.

<sup>167</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 19.

gen auf dem Markt dar, solange sie wirtschaftlich betrieben werden können. Der Markt wird insbesondere durch die technische Machbarkeit, die Wirtschaftlichkeit und die nationalen rechtlichen Rahmenbedingungen beeinflusst.<sup>168</sup>

### 6.3.1 Übersicht relevanter Speichersysteme

Zukünftig stellt das *Lastenmanagement* eine wichtige Flexibilisierungsoption dar. Lastenmanagement bezeichnet die Anpassung der Nachfrage an die Stromerzeugung, indem gezielt in das Nutzverhalten von Endenergienachfragern eingegriffen wird.<sup>169</sup> Dabei handelt es sich nicht um eine direkte Speichertechnologie, sie kann allerdings gewisse Speicherfunktionen erfüllen. Zu passenden Zeitpunkten werden Lasten ab- oder zugeschaltet, so dass eine zeitliche Verschiebung der Stromnachfrage erzielt werden kann.<sup>170</sup> Lastenmanagementsysteme haben vor dem Hintergrund der abfallwirtschaftlichen Produktverantwortung keine bedeutsame Relevanz, weswegen sie im Folgenden nicht weiter betrachtet werden.

Neben dem Lastenmanagement stellen *Stromspeicher* eine wichtige Flexibilisierungsoption dar. In Stromspeichern wird elektrische Energie aufgenommen und elektrostatisch oder elektromagnetisch abgespeichert oder es findet eine reversible Umwandlung von Elektroenergie in andere physikalische Energieformen statt.<sup>171</sup> Stromspeicher lassen sich in Kurzzeit- und in Langzeitspeicher einteilen. Kurzzeitspeicher speichern Energie von wenigen Sekunden bis hin zu ganzen Tagen. Die meisten Kurzzeitspeicher sind allerdings als Stunden- und Tagesspeicher ausgelegt. Sie zeichnen sich meist durch eine hohe Zykluszahl und Zykluswirkungsgrade aus. Deswegen werden sie insbesondere zum Ausgleich von kurzfristigen Schwankungen im Stromnetz eingesetzt. Langzeitspeicher speichern Energie im Gegensatz dazu über viele Tage und Wochen oder bis zu Monaten und Jahren. Meist weisen sie sehr hohe Speicherkapazitäten mit geringen Speicherverlusten auf und haben geringe Zykluszahl und Zykluswirkungsgrade. Somit eignen sie sich besonders für den Ausgleich von saisonalen Schwankungen wie langanhaltende Windflauten oder längere dunkle Perioden.<sup>172</sup> Darüber hinaus lässt sich bei Stromspeichersystemen eine Unterscheidung zwischen mechanisch, elektrochemisch elektrisch und chemisch machen.<sup>173</sup> Derzeit gibt es die in der folgenden Tabelle 18 aufgeführten Speichersysteme.

**Tabelle 18: Übersicht Speichersysteme**

mechanisch	elektrochemisch	elektrisch	chemisch
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pumpspeicherkraftwerk</li> <li>▶ Druckluftspeicherkraftwerk</li> <li>▶ Schwungrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Batterie</li> <li>▶ Bleisäure</li> <li>▶ Lithium-Ionen</li> <li>▶ Lithium-Schwefel</li> <li>▶ Lithium-Luft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Doppelschichtkondensator</li> <li>▶ Supraleitende Spulen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Elektrolyse</li> <li>▶ Power-to-X</li> </ul>

<sup>168</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 146.

<sup>169</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 356.

<sup>170</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 609.

<sup>171</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 12.

<sup>172</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 41 f.

<sup>173</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 31 f.



mechanisch	elektrochemisch	elektrisch	chemisch
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Natrium-Schwefel</li> <li>▶ Natrium-Nickelchlorid</li> <li>▶ Metall-Luft</li> <li>▶ Redox-Flow-Batterie</li> <li>▶ Vanadium</li> <li>▶ Zink/Brom</li> <li>▶ Eisen/Chrom</li> <li>▶ Wasserstoff/Brom</li> </ul>		

Quelle: Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 354; Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 31.

*Pumpspeicherkraftwerke* stellen mechanische Kurz- und Langzeitspeicher dar. Sie speichern potenzielle Energie, indem Wasser in einem höheren Reservoir aufbewahrt wird. In Zeiten hohen Strombedarfs wird das gespeicherte Wasser durch Rohre zu tiefergelegenen Turbinen geleitet, die mit einem Generator verbunden sind.<sup>174</sup> Durch das Herabströmen durch Turbinen wird die potenzielle Energie wieder in Strom zurückgewandelt und kann in das Stromnetz eingespeist werden.<sup>175</sup> Bei geringem Strombedarf oder bei hoher Verfügbarkeit von Strom wird der Strom genutzt um das Wasser vom unteren Reservoir erneut bergauf zu pumpen und vorübergehend zu speichern.<sup>176</sup> Pumpspeicherkraftwerke speichern momentan die größte Menge an Energie in der Welt.<sup>177</sup> Das ist darauf zurückzuführen, dass sie kostengünstig zu realisieren sind und mit über 80 % einen hohen Wirkungsgrad und geringe Betriebskosten haben.<sup>178</sup> Sie zeichnen sich durch eine hohe technologische Reife, eine lange Lebensdauer und eine schnelle Reaktionsfähigkeit aus. Somit können sie unter anderem für Spannungs- und Frequenzhaltungen oder für die Zeitverschiebung elektrischer Energie eingesetzt werden.<sup>179</sup> Vor dem Hintergrund einer ausreichend vorhandenen Höhendifferenz zwischen den Reservoiren wird das Potenzial für große Teile Deutschlands eingeschränkt.<sup>180</sup> Deswegen kann die installierte Leistung zukünftig nur in geringem Maße erweitert werden.<sup>181</sup> Es gibt allerdings Konzepte, die zum Beispiel die Nutzung stillgelegter Bergbauschächte einbeziehen.<sup>182</sup>

<sup>174</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 3.

<sup>175</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>176</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 93.

<sup>177</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 3.

<sup>178</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>179</sup> Bernardon et al. 2018, Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 3.

<sup>180</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 48.

<sup>181</sup> Kanngießer, Techno-ökonomische Bewertung von Anwendungen für Stromspeicher, 2014, S. 2.

<sup>182</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH 2014, S. 73.

*Druckluftspeicherkraftwerke* sind mechanische Kurzzeitspeicher, in denen in unterirdischen Kavernen Luft komprimiert und gespeichert wird.<sup>183</sup> Wenn Strombedarf besteht, dann wird die komprimierte Luft einer Brennkammer zugeführt. Zusammen mit zugeführtem Erdgas erhitzt die Druckluft, expandiert in der Turbine und treibt die Welle zum Generator.<sup>184</sup> Druckluftspeicher können in verschiedene Arten eingeteilt werden. Es gibt adiabate Druckluftspeicher, die unter Einsatz eines elektrisch betriebenen Kompressors die Umgebungsluft verdichten. Dabei entsteht Wärme, die abgegeben werden muss, bevor die Luft in den Speicher geleitet werden kann. Im weiteren Verlauf des Prozesses findet die Kompressionswärme somit keine Anwendung. Damit elektrische Energie zurückgewonnen werden kann, wird die verdichtete Luft entspannt, wodurch diese einen Generator antreibt. Mit Hilfe der Zufeuerung von Erdgas wird die Druckluft vor dem Eintritt in die Expandiereinheit wieder erwärmt.<sup>185</sup> Bei den adiabaten Druckluftspeicherkraftwerken findet so gut wie kein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Die Kompressionswärme wird folglich nicht an die Umgebung abgegeben, sondern in einem Wärmespeicher zwischengespeichert. Diese Wärme wird verwendet, wenn elektrische Energie zurückgewonnen werden soll, wodurch keine Zufeuerung von Erdgas mehr notwendig ist.<sup>186</sup> In einem isothermen Druckluftspeicher kommt als zusätzlicher Wärmespeicher Öl zum Einsatz. Indem Öl über einen längeren Zeitraum in den Speicherbehälter gepumpt wird, kann Luft gleichmäßig komprimiert werden. Da Flüssigkeiten höhere Dichten haben, ist ein zusätzlicher Wärmespeicher nicht erforderlich.<sup>187</sup> Druckluftspeicher können große Energiemengen speichern.<sup>188</sup> Sie zeichnen sich darüber hinaus durch eine besonders hohe Flexibilität und durch die Bereitstellung von Minutenreserven aus, da bereits nach zehn Minuten die gesamte Leistung zur Verfügung gestellt werden kann.<sup>189</sup> Die Wirkungsgrade der Anlagen unterscheiden sich deutlich und liegen zwischen 50-70%.<sup>190</sup> Standorte beschränken sich auf Grund des großen Speichervolumens auf Regionen mit besonderen geologischen Formationen mit unterirdischen Kavernen.<sup>191</sup> Für alle Arten von Druckluftspeichern ist das Ziel, den Wirkungsgrad zu erhöhen und die spezifischen Investitionen zu senken.<sup>192</sup> In Zukunft liegt der Entwicklungsschwerpunkt vor allem auf den adiabaten Druckluftspeichern.<sup>193</sup> Der Technologie wird ein großes zukünftiges Potenzial zugesprochen.<sup>194</sup> Sie weisen relativ niedrige Investitionskosten auf, geringe An- und Abfahrtszeiten, hohe Wirkungsgrade und hohe Speichervolumina.<sup>195</sup>

---

<sup>183</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>184</sup> Crotogino, Einsatz von Druckluftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerken beim Ausgleich fluktuierender Windenergie-Produktion mit aktuellem Strombedarf, 2003, S. 4.

<sup>185</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 215.

<sup>186</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 216.

<sup>187</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 217.

<sup>188</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 5.

<sup>189</sup> Crotogino, Einsatz von Druckluftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerken beim Ausgleich fluktuierender Windenergie-Produktion mit aktuellem Strombedarf, 2003, S. 4.

<sup>190</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 5.

<sup>191</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>192</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 223.

<sup>193</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 358.

<sup>194</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH 2014, S. 75.

<sup>195</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH, dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, 2010, S. 442.

*Schwungräder* sind mechanische Kurzzeitspeicher. Sie nutzen die kinetische Energie sich drehender Massen durch Änderung der Winkelgeschwindigkeit. Durch einen Elektromotor wird das Schwungrad in Bewegung gesetzt, wodurch gespeicherte Energie in die elektrische Maschine zurückgespeist wird.<sup>196</sup> Schwungräder haben geringe Energiedichten und sehr kurze Zugriffszeiten innerhalb von Sekunden, weswegen sie sich als Kurzzeitspeicher gut eignen.<sup>197</sup> Sie sind emissionsfrei und haben geringe Betriebs- und Wartungskosten. Auf Grund von Reibungswiderständen erfolgt die Selbstentladung allerdings relativ schnell und sie haben hohe Investitionskosten.<sup>198</sup> Demgegenüber steht eine sehr hohe Betriebserfahrung.<sup>199</sup> Schwungräder werden in mobilen Anwendungen eingesetzt und speichern beispielsweise Bremsenergie und geben diese daraufhin in Form von Elektrizität wieder frei. Technisch ausgereift sind kleinere Anwendungen, wobei bei größeren Anwendungen technischen Entwicklungen zu erwarten sind. Es besteht die Möglichkeit, dass Schwungräder zu modularisierten Anlagengrößen zu mehreren MW zusammengefasst werden. Der Wirkungsgrad liegt oftmals bei über 90%. Für eine großtechnische Anwendung sind die Speichergrößen momentan noch zu gering.<sup>200</sup>

*Batterien* sind elektrochemische Kurz- oder Langzeitspeicher. Eine Unterscheidung ist grundsätzlich in Batteriesysteme mit internen Speichern wie beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien oder in Systeme mit externen Speichern wie Redox-Flow-Batterien möglich. Es kommt eine große Zahl an Batterietypen zur Anwendung, die sich anhand verschiedener Parameter wie Nennspannung, Energiedichte, Betriebstemperatur, Zykluszahl oder Selbstentladung differenzieren lassen. Batteriespeicher werden in verschiedenen Größen und in portablen, mobilen oder stationären Anwendungen eingesetzt. Vor allem im portablen oder mobilen Einsatz gibt es kaum gleichwertige Alternativen.<sup>201</sup> Batterien speichern elektrische Energie mit sehr geringen Verlusten. Allerdings speichern sie keine großen Energiemengen, weswegen sie vor allem für den kurzzeitigen Energieausgleich genutzt werden.<sup>202</sup>

*Bleisäurebatterien* setzen sich aus zwei Elektroden zusammen. Diese sind in eine wässrige Schwefelsäurelösung getaucht und sind durch eine Membran getrennt. Dabei handelt es sich bei der positiven Elektrode um Bleioxid und bei der negativen Elektrode um metallisches Blei in einer schwammigen Struktur.<sup>203</sup> Beide Elektroden werden bei der Entladung in Bleisulfat umgewandelt, bei der Aufladung wird dieser Prozess wieder umgekehrt.<sup>204</sup> Es gibt zwei verschiedene Typen von Bleisäurebatterien. Zum einen überflutete Batterien, bei der die Elektroden mit flüssigen Elektrolyten in Schwefelsäure eingetaucht sind und zum anderen verschlossene Batterien, bei denen der Schwefelsäureelektrolyt in einem Gel oder Separator eingeschlossen ist, damit bei

---

<sup>196</sup> Dietlmeier, Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, S. 10.

<sup>197</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 37.

<sup>198</sup> Dietlmeier, Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, S. 10.

<sup>199</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 5.

<sup>200</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH, dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, 2010, S. 445.

<sup>201</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 157 f.

<sup>202</sup> Dietlmeier, Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, S. 19.

<sup>203</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 4.

<sup>204</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 104.

einer Überladung entstehender Sauerstoff gespeichert werden kann.<sup>205</sup> Bleisäurebatterien besitzen eine spezifische Energie von 30 Wh/kg, wobei die spezifische Leistung zwischen 10 und 100 W/kg liegt. Die Lebensdauer liegt zwischen 300 und 1200 Zyklen und bei bis zu 15 Jahren.<sup>206</sup> Bleisäurebatterien sind wegen der hohen Produktions- und Betriebserfahrung und wegen der guten ökonomischen Voraussetzungen am weitesten verbreitet.<sup>207</sup> Sie haben eine Betriebserfahrung von über 100 Jahren und werden seitdem vielfach in mobilen und stationären Systemen eingesetzt. In stationären Anwendungen kommen sie beispielsweise für die Netzunterstützung für kleine Inselnetzwerke oder zur Frequenzhaltung zum Einsatz. In mobilen Anwendungen sind sie als Starter- oder Traktionsbatterien vertreten.<sup>208</sup> Bleisäurebatterien sind preiswert, leistungsstark, zuverlässig und haben einen hohen Wirkungsgrad von ca. 80 % und eine geringe Selbstentladung. Bleisäurebatterien haben allerdings eine geringe Energiedichte und eine eingeschränkte Lebenszyklusdauer.<sup>209</sup> Nachteilig sind darüber hinaus die geringe Schnellladefähigkeit und die Sensibilität gegenüber hohen und tiefen Temperaturen.<sup>210</sup> Es wird außerdem ein Wärmemanagement benötigt, da die Batterien niedrige und hohe Temperaturen haben, wodurch die Leistung beeinträchtigt wird.<sup>211</sup> In Zukunft wird der Einsatz dieses Systems durch eine aufwändige Wartung und eine geringe Lebensdauer limitiert.<sup>212</sup> Es bestehen allerdings Innovationsarbeiten zur Verbesserung der Technologie, damit die Lebensdauer und Haltbarkeit verbessert werden kann.<sup>213</sup> Die Batterien können darüber hinaus eine wichtige Brückenfunktion bei stationären Batterieanwendungen erfüllen bis neue Batteriekonzepte der nächsten Generation noch nicht ausgereift sind.<sup>214</sup> Vielversprechend ist darüber hinaus die Hybridisierung von Bleisäurebatterien mit anderen Hochleistungsbatterien.<sup>215</sup>

*Lithium-Ionen-Batterien* bestehen allgemein aus einer positiven und einer negativen Elektrode zwischen denen Lithium-Ionen ausgetauscht werden. Wenn die Batterie geladen wird, dann bewegen sich Lithium-Ionen von der Kathode durch einen Elektrolyten zu der Anode, wo sie in eine Graphitstruktur interkaliert werden. Wenn die Batterie entladen wird, dann geht der Ionen-transport in die andere Richtung. Es lösen sich Lithium-Ionen aus der Anode und gehen durch den Elektrolyten Richtung Kathode. Indem an der Anode Elektronen freigesetzt werden, die über einen externen Stromkreis zur Kathode gelangen, wird elektronischer Strom erzeugt.<sup>216</sup> Lithium-Ionen-Batterien sind nicht an ein genau definiertes elektrochemisches Paar gebunden. Jedes Material, das Lithium-Ionen reversibel aufnehmen kann, kann als Basis fungieren, da ihre Funktionsweise auf dem reversiblen Austausch von Lithium-Ionen zwischen einer positiven und

---

<sup>205</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 105.

<sup>206</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 41 f.

<sup>207</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>208</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 168 f.

<sup>209</sup> Dietlmeier et al., Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, 19 f.

<sup>210</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 41.

<sup>211</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 4.

<sup>212</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 355.

<sup>213</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 105.

<sup>214</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 169.

<sup>215</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 175.

<sup>216</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 160.

negativen Elektrode beruht. Die verschiedenen Kombinationen von negativen und positiven Elektrodenmaterialien machen sich in unterschiedlichen Zellspannungen, Leistungsmerkmalen und Sicherheitsmerkmalen bemerkbar.<sup>217</sup> Die derzeit wichtigsten und häufigsten Systeme sind Lithium-Kobaltdioxid, Lithium-Nickeldioxid, Lithium-Mangan-Spinell, NMC, NCA, LFP und LTO. Lithium-Ionen-Batterien zeichnen sich durch eine hohe Energiedichte im Vergleich zu anderen Batterietechnologien aus, da Lithium ein elektrochemisch sehr aktives Material ist.<sup>218</sup> Sie haben darüber hinaus eine Hochgeschwindigkeits-Entladekapazität und -leistung, eine relativ lange Lebensdauer und eine geringe Selbstentladungsrate.<sup>219</sup> Ihr Wirkungsgrad liegt bei über 90%.<sup>220</sup> Nachteilig sind allerdings die nach wie vor hohen Kosten, das Überhitzungsrisiko, die noch nicht ausgereifte Technologie und die hochentzündlichen Elektrolyten.<sup>221</sup> Außerdem ist die Alterung der Lithium-Ionen-Zellen zu bedenken. Ihre Kapazität und Leistungsdichte nimmt mit zunehmendem Alter ab, ihre Lebensdauer ist sehr anfällig und kann sich durch zu hohe oder zu niedrige Ladezustände stark verkürzen.<sup>222</sup> Lithium-Ionen-Batterien werden sich zukünftig voraussichtlich in dezentralen, netzfernen Einzelanwendungen wie Traktionspeicher für Elektrofahrzeuge etablieren.<sup>223</sup> Lithium-Ionen-Batterien können in Hybridfahrzeugen und in reinen Batteriefahrzeugen eingesetzt werden. Ein neues Anwendungsfeld sind stationäre Großbatterien. Diese werden beispielsweise zur Bereitstellung von Regelleistung und Sicherstellung der Spannungsqualität oder zur verbesserten Einspeisung von fluktuierenden Quellen erneuerbarer Energien eingesetzt.<sup>224</sup>

*Lithium-Schwefel-Batterien* können elektrische Energie reversibel speichern. Dabei dienen Lithium-Ionen und Elektronen als Ladungsträger, die zwischen den Elektroden wandern. Im Unterschied zu Lithium-Ionen-Batterien liegt das Lithium in metallischer Form vor. Theoretisch ist die Energiedichte der Lithium-Schwefel-Batterie von bis zu 2500 Wh/kg hoch, nach heutiger Technik können jedoch nur 0,5 bis 0,7 Lithium-Ionen pro Atom des Elektrodenmaterials gebunden werden. Deswegen kann nur von Energiedichte von bis zu 500 Wh/kg ausgegangen werden. Lithium-Schwefel-Batterien zeichnen sich dadurch aus, dass preisgünstige, verfügbare, unkritische und nicht umwelt- und gesundheitsschädliche Ressourcen verwendet werden. Die Systeme haben allerdings eine hohe Selbstentladungsrate von 4–10% pro Monat.<sup>225</sup> Damit Lithium-Schwefel-Batterien in der Industrie zur Anwendung kommen können, findet eine weitere Materialforschung und eine Untersuchung preisgünstiger und skalierbarer Herstellungsprozesse statt.<sup>226</sup>

*Lithium-Luft-Batterien* sind ein luftatmendes System, bei dem von außen ein Oxidationsmittel zugeführt wird. Demnach findet an der Kathode mit dem Sauerstoff aus der Luft eine Reduktion

---

<sup>217</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 107.

<sup>218</sup> Wuppertal Institut, KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energiesversorgungssystems, 2014, S. 97.

<sup>219</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 3 f.

<sup>220</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 611.

<sup>221</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 3 f.

<sup>222</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 176.

<sup>223</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 359.

<sup>224</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 170.

<sup>225</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 163 f.

<sup>226</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 171.

der Lithium-Ionen und der Elektronen aus der Anodenreaktion zu Lithiumperoxid statt. Im Vordergrund stehen vor allem Konzepte mit gekapselten Lithium-Metall-Anoden und Kohlenstoff-Luft-Kathoden und Konzepte mit offenen flüssigen, nicht-wässrigen Elektrolyten. Lithium-Luft-Batterien können sehr kompakt gebaut werden und es können kostengünstige Materialressourcen genutzt werden. Außerdem sind die Umweltwirkungen der verwendeten Materialien gering. Die Systeme werden allerdings nur geringe Leistungsdichten aufweisen. Deswegen wird es erforderlich sein, dass die Batteriesysteme teilweise mit Hochleistungsbatterien hybridisiert werden. Sie sind außerdem sehr sensibel bezüglich hoher Temperaturen und hoher Luftfeuchte. Deswegen muss ein Kontakt des metallischen Lithiums mit der Luftfeuchte vermieden werden.<sup>227</sup> Die Sicherheit der Lithium-Schwefel-Batterie wird deswegen als kritisch eingestuft.<sup>228</sup> Die Forschung an dem Batterietypen befindet sich derzeit noch in der Grundlagenforschung.<sup>229</sup> Geforscht wird vor allem am sicheren Betrieb der Systeme und an neuen Kathodenmaterialien und Elektrolyten, die eine höhere Zyklusstabilität möglich machen.<sup>230</sup> Zukünftig wird der Einsatz vor allem in portablen Anwendungen liegen und wenn eine Hybridisierung mit Hochleistungsbatterien gelingt, dann ist langfristig der Einsatz in Fahrzeugen denkbar.<sup>231</sup>

*Natrium-Schwefel-Batterien* sind Hochtemperaturbatterien. Sie bestehen aus einer Anode aus geschmolzenem Schwefel und aus einer Kathode aus geschmolzenem Natrium. Diese sind durch eine feste Aluminiumoxidkeramik getrennt, die als Elektrolyt fungiert. Intern laufen die Reaktionen bei über 300°C ab, weswegen eine externe Heizung notwendig ist, damit die Reaktion stattfinden kann.<sup>232</sup> Natrium-Schwefel-Batterien haben mit über 80 % einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad und eine hohe technische Reife.<sup>233</sup> Auf Grund der hohen Energiedichte, der geringen Selbstentladung, der schnellen Reaktionszeit, der langen Lebensdauer, der Hitzetoleranz und der erlaubten langen Entladezeit eignen sie sich als Stabilisator von erneuerbaren Energien.<sup>234</sup> Darüber hinaus müssen sie nicht regelmäßig gewartet werden.<sup>235</sup> Nachteil ist allerdings das aufwändige Wärmemanagement, da eine gute Isolierung und ein zusätzliches Heizsystem für den Standby-Betrieb benötigt wird. Für den Betrieb des Heizsystems wird die Energie aus der Batterie entnommen. Das führt bei längeren Stillstandzeiten zu erheblichen Verlusten.<sup>236</sup> Des Weiteren ist das flüssige Natrium hochreaktiv und muss sicher gekapselt werden. Bei einem Defekt ist die starke exotherme Reaktion zwischen flüssigem Natrium und Schwefel als problematisch anzusehen.<sup>237</sup> Erforscht werden derzeit Natrium-Schwefel-Batterien, die auch bei niedrigen Temperaturen funktionieren. Die Batterien werden vor allem im stationären Bereich wie bei der Bereitstellung von Reserve- und Regelleistung oder beim Lastmanagement eingesetzt. Auf Grund der Sicherheitsgründe sind sie für den mobilen Bereich ungeeignet.<sup>238</sup>

---

<sup>227</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 164 f.

<sup>228</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 176.

<sup>229</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 171.

<sup>230</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 165.

<sup>231</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 171.

<sup>232</sup> Bernardon et al., *Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives*, 2018, S. 4.

<sup>233</sup> Doetsch et al., *Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien*, 2009, S. 355.

<sup>234</sup> Bernardon et al., *Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives*, 2018, S. 4.

<sup>235</sup> Doetsch et al., *Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand*, 2015, S. 110.

<sup>236</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 178.

<sup>237</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 167.

<sup>238</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 172.

Darüber hinaus gibt es die *Natrium-Nickelchlorid-Batterie*, die auch als ZEBRA-Batterie bekannt ist.<sup>239</sup> Sie besteht aus einer flüssigen Natriumelektrode und einer festen Nickelchloridelektrode. Sie wurde als Hochtemperatursystem im Kilowattbereich für Antriebszwecke realisiert.<sup>240</sup> Die Natrium-Nickelchlorid-Batterie hat mit 90% einen hohen Wirkungsgrad.<sup>241</sup> Außerdem werden gut verfügbare und kostengünstige Rohstoffe verwendet, die zu 100% recyclingfähig sind. Allerdings sind die Leistungsdaten mit wenig Zyklen und thermischer Selbstentladung nachteilig. Darüber hinaus fallen die Zellen bei Kurzschlüssen aus und beim Abkühlen treten problematische Spannungen auf.<sup>242</sup> Das System hat im stationären großtechnischen Bereich bislang fast keine Bedeutung. Die Batterien wurden in Elektrofahrzeugen eingesetzt, wobei ein Einsatz auf Grund der hohen Stillstandverluste nur sinnvoll ist, wenn es sich um ein Fahrzeug mit einer hohen Nutzungsrate und einer geringen Stillstandzeit handelt.<sup>243</sup>

*Metall-Luft-Batterien* sind eine Zwischenstufe zwischen der klassischen Batterie und der Brennstoffzelle, da eine kontinuierliche Zuführung von Sauerstoff stattfindet. Potenzial bietet vor allem die Zink-Luft-Batterie. Dabei muss das Metall durch die Energieumwandlungseinheit der Batterie mit Hilfe einer Schmelze oder Suspension geführt werden. Leistungseinheit und Energiespeichertank sind wie bei der Redox-Flow-Batterie räumlich voneinander getrennt.<sup>244</sup> Metall-Luft-Batterien sind kompakt und preiswert. Auf Grund der Trennung zwischen Energie und Leistung haben sie ähnliche Vorteile wie die Redox-Flow-Batterie. Weitere Vorteile sind, dass Gewicht und Volumen gespart werden kann, indem eine Komponente Luftsauerstoff ist. Deswegen haben sie eine hohe Energiedichte. Die Zink-Luft-Batterie ist seit vielen Jahren als nicht wieder aufladbare Knopfzelle etabliert. In Entwicklung befindet sich ein aufladbarer Energiespeicher in größerem Maßstab. Abzuwarten bleibt die technologische Entwicklung der Zink-Luft-Batterie.<sup>245</sup>

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Batteriesysteme für die zukünftig allerdings keine vielversprechende Entwicklung erwartet wird. Nickel-Cadmiumbatterien weisen beispielsweise eine hohe Selbstentladung auf, haben Leistungseinbußen bei tiefen Temperaturen und reagieren sehr empfindlich bei Überladung. Außerdem enthalten sie das giftige Schwermetall Cadmium. Da die Zykluszahlen keinen ökonomischen Betrieb ermöglichen, ist der Einsatz in stationären Anlagen nicht bekannt.<sup>246</sup> Derzeit werden sie lediglich noch in mobilen und portablen Bereichen wie Powertools eingesetzt, allerdings werden sie nach und nach durch Lithium-Ionen-Batterien ersetzt.<sup>247</sup>

---

<sup>239</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 172.

<sup>240</sup> Dietlmeier, *Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen*, 2018, S. 20.

<sup>241</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 42 f.

<sup>242</sup> Dietlmeier *Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen*, 2018, S. 20.

<sup>243</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 173.

<sup>244</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 45 f.

<sup>245</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 45 f.

<sup>246</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 42.

<sup>247</sup> Wietschel et al., *Energiotechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 158.

Bei *Redox-Flow-Batterien* sind der Leistungsteil und die Kapazität getrennt. Dabei besteht das Leistungsteil aus jeweils zwei Elektroden und einer Membran, die in einem Stack zusammengeschaltet sind. In externen Tanks erfolgt dann die Speicherung der Elektrolyte, wodurch die Leistung und die Arbeit individuell an die Anwendung angepasst werden können.<sup>248</sup> Es kommen verschiedene Redox-Paare zum Einsatz. Die wichtigsten sind Vanadium/Vanadium, Zink/Brom, Eisen/Chrom und Wasserstoff/Brom.<sup>249</sup> Die Vanadium-Redox-Batterie ist dabei die vielversprechendste und ausgereifteste Technologie. Bei dieser Technologie bestehen der positive und der negative Elektrolyt aus Vanadium. Deswegen kreuzt der Zerfall der Elektrolytkapazität die aktiven Ionen und ermöglicht ihre Rückgewinnung. Ein großer Vorteil von Redox-Flow-Batterien ist die externe Speicherung von Elektrolyten, die Energie je nach Besonderheit an die individuelle Anwendung anpassen kann. Die Leistung kann über die gesamte Lebensdauer eingehalten werden, da es keine morphologischen Veränderungen gibt. Sie haben einen hohen Umwandlungswirkungsgrad und eine hohe Lebensdauer, Zykluszahl und Haltbarkeit.<sup>250</sup> Darüber hinaus kann die Speicherkapazität günstig erhöht werden, ohne dass die Leistungseinheit kostenintensiv vergrößert werden muss. Deswegen können sie für längere Speicherdauern bis zu einem Tag genutzt werden.<sup>251</sup> Außerdem ist die Anfahrtszeit einer Anlage sehr kurz, sie kann innerhalb von wenigen Millisekunden hochgefahren werden. Wirkungsgrade liegen bei ca. 80%.<sup>252</sup> Die Speicherung ist nicht standortspezifisch und ist auf Grund dessen weit verbreitet und wird in vielen Anwendungen eingesetzt.<sup>253</sup> Bei Redox-Flow-Batterien auf Basis von Vanadium ist der Vorteil, dass bei einem unerwünschten Transportvorgang durch die Membran keine Verunreinigung der Elektrolyte stattfinden kann.<sup>254</sup> Die Folge ist lediglich eine ungewollte reversible Entladung.<sup>255</sup> Der Vorteil von Vanadium-Brom-Batterien ist eine höhere Energie- und Leistungsdichte als bei dem Vanadium-System. Dieses befindet sich derzeit allerdings noch in Entwicklung.<sup>256</sup> Nachteilig bei Redox-Flow-Batterien ist allerdings, dass sie für einige Materialien mit hohen Kosten verbunden sind. Das kann zu hohen Wartungskosten führen. Außerdem werden zusätzlich Sensoren und Pump- und Druckflusssteuerungsmechanismen benötigt.<sup>257</sup> Darüber hinaus können bei der Verwendung unterschiedlicher Elektrolytlösungen Verunreinigungen, während der Transportprozesse durch die Membran entstehen, was zu einer Reduzierung der Lebensdauer führen kann.<sup>258</sup> Des Weiteren hat dieses Speichersystem eine vergleichsweise geringe Energie- und Leistungsdichte, da die Löslichkeit der verwendeten Redox-Paare in den Elektrolyten begrenzt

---

<sup>248</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 256.

<sup>249</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 167.

<sup>250</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 4.

<sup>251</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems, 2014, S. 97.

<sup>252</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH, dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, 2010, S. 446.

<sup>253</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 3.

<sup>254</sup> Doetsch et al., Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, 2009, S. 256.

<sup>255</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 173.

<sup>256</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH 2014, S. 97.

<sup>257</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives, 2018, S. 4.

<sup>258</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 174.



ist. Vanadium-Systeme belaufen sich auf ca. 6–10 Wh/kg.<sup>259</sup> Redox-Flow-Batterien werden wegen der geringen Energie- und Leistungsdichte vor allem im stationären Bereich eingesetzt.<sup>260</sup> Zukünftig können Redox-Flow-Batterien genutzt werden, um an mittelgroßen fluktuierenden Einspeisern für eine gleichmäßige und sichere Einspeisung zu sorgen oder um bei großen Verbrauchern als Lastausgleich zu fungieren.<sup>261</sup> Geforscht wird vor allem an der Erhöhung der Energiedichte mit Hilfe von Lösungsmittel, damit die Löslichkeit der aktiven Redox-Paare erhöht werden kann.<sup>262</sup>

Bei *Doppelschichtkondensatoren* handelt es sich um elektrische Kurzzeitspeicher. Reine elektrische Energie kann nur elektrostatisch über Kondensatoren gespeichert werden.<sup>263</sup> Bei den Doppelschichtkondensatoren befindet sich zwischen den Elektroden ein ionenleitfähiger Elektrolyt. Auf Grund der Wechselwirkung zwischen Elektronen im Elektronenleiter und Ionen im Elektrolyt wird an der Grenzfläche innerhalb des Elektrolyten eine Raumladungszone ausgebildet und an der Oberfläche des Elektronenleiters eine Elektronenladung aufgebaut. Dabei handelt es sich bei den mit Ladungsträgern gefüllten Schichten um die elektrochemische Doppelschicht. Doppelschichtkondensatoren zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte, eine hohe Zyklusstabilität und eine Schnelllade- und Tiefentladefähigkeit aus.<sup>264</sup> Die Zykluslebensdauer ist höher als bei allen anderen Speichertechnologien.<sup>265</sup> Allerdings haben die Doppelschichtkondensatoren eine geringe Energiedichte.<sup>266</sup> Sie haben darüber hinaus sehr hohe Investitionskosten.<sup>267</sup> Dadurch nehmen sie einen untergeordneten Stellenwert unter den Speichertechnologien ein.<sup>268</sup> Zum Einsatz kommen sie bei Anwendungen, bei denen Strom über kurze Zeiträume gespeichert und innerhalb kürzester Zeit wieder abgegeben werden soll.<sup>269</sup> Oft haben sie auch eine ergänzende Funktion zu Batterien oder Brennstoffzellen, damit Leistungsspitzen abgefangen werden können. Bei fluktuierenden Lasten können sie den Ausgleich von Leistungsschwankungen unterstützen oder kurzfristig Ausfälle überbrücken. Es wird erforscht, wie die Energiedichte des Systems gesteigert werden kann. Ein Ansatz sind dabei verbesserte Elektrolyte, der Einsatz von Nanostrukturen und die Kombination mit einer batterieähnlichen Elektrode.<sup>270</sup>

---

<sup>259</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 179.

<sup>260</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 174.

<sup>261</sup> Doetsch et al., *Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien*, 2009, S. 359.

<sup>262</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 205.

<sup>263</sup> Stadler et al., *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*, 2014, S. 36.

<sup>264</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 39 f.

<sup>265</sup> Stadler et al., *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*, 2014, S. 610.

<sup>266</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 40.

<sup>267</sup> Stadler et al., *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*, 2014, S. 610.

<sup>268</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 40.

<sup>269</sup> Stadler et al., *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*, 2014, S. 610.

<sup>270</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 40.

*Supraleitende Spulen* sind elektrische Kurzzeitspeicher. Sie speichern Energie im Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule.<sup>271</sup> Diese wird mit flüssigem Helium oder flüssigem Stickstoff gekühlt. Ein konstantes Magnetfeld wird durch den Magnetspulenspeicher erzeugt, der mit Gleichstrom geladen wird.<sup>272</sup> Damit der Strom keine Verluste verursacht und sich der Speicher nicht entlädt, besteht die Spule aus supraleitendem Material. Die Spule muss auf eine Temperatur unterhalb der Sprungtemperatur gekühlt werden. Dabei gibt es Niedertemperatur-Supraleiter bei denen die Temperatur unter 4 K liegen muss und Hochtemperatur-Supraleiter, bei denen die Temperatur bis zu 77 K betragen kann. Supraleitende Spulen haben eine sehr hohe Leistung von 1 bis 10 kW/kg, jedoch eine geringe Energiedichte. Darüber hinaus sind sie sehr kostenintensiv. Sie kommen in Nischenanwendungen wie beispielsweise zur Flickerkompensation oder zur Sicherung der Netz- und Spannungsqualität zum Einsatz.<sup>273</sup>

Bei der *Elektrolyse* handelt es sich um eine chemische Langzeitspeicherung. In Wasserstoffspeicherkraftwerken wird dem Stromnetz elektrische Energie entnommen und der Elektrolyse zugeführt. Wasser wird mit Hilfe von elektrischer Energie in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Anschließend wird der produzierte Wasserstoff verdichtet und gespeichert. Nun ist es möglich, dass er später bedarfsgerecht rückverstromt werden kann. Es können drei Verfahrensarten unterschieden werden, die sich besonders in der Art des Ladungsaustauschs unterscheiden. Die alkalische Elektrolyse ist am weitesten verbreitet und entwickelt. Dabei dient Kalilauge als Elektrolyt mit einer Konzentration von 20–40%, das in zwei getrennte Tanks gefüllt wird. Dieses sorgt für einen Ladungsausgleich zwischen den beiden Elektroden. Indem eine äußere Spannung angelegt wird, kann in der Anode Sauerstoff und in der Kathode Wasserstoff produziert werden. Bei der Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse erfolgt der Ladungsaustausch durch H<sup>+</sup>-Protonen. Getrennt sind Anode und Kathode durch eine Protonenaustauschmembran. Die Elektroden bestehen oftmals aus kohlegetragerten Edelmetallen. Indem eine äußere Spannung angelegt wird, kann Wasser- und Sauerstoff erzeugt werden. Bei der Hochtemperatur-Elektrolyse sind Kathode und Anode durch eine Membran getrennt, die für O<sub>2</sub>-Ionen durchlässig ist. Wenn Spannung angelegt wird, wandern die O<sub>2</sub>-Ionen von der Kathode zur Anode. Dadurch kann Sauerstoff entstehen. Die Reaktion läuft bei Temperaturen zwischen 800 und 1000°C ab, wodurch Wasser endotherm zersetzt werden kann. Der elektrische Energiebedarf kann um bis zu 25% gesenkt werden.<sup>274</sup> Die Elektrolyse ist vor allem sinnvoll, wenn der Wasserstoff durch Wind- und Solarstrom gewonnen wird. Elektrolyseure können schnellen Lastschwankungen folgen, außerdem kann überschüssige Wind- und Solarenergie dadurch saisonal und langfristig gespeichert werden und beispielsweise durch Verbrennung wieder genutzt werden.<sup>275</sup>

Der durch Elektrolyse erzeugte Wasserstoff ist vielfältig nutzbar. Er kann in Tanks gespeichert oder transportiert werden und beispielsweise ins Erdgasnetz eingespeist und in Brennstoffzellen genutzt werden, um Wärme und Strom zur Verfügung zu stellen. Er kann darüber hinaus als Kraftstoff oder in der chemischen Industrie genutzt werden. In Gasturbinen kann er auch direkt

---

<sup>271</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 39.

<sup>272</sup> Dietlmeier et al., Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, S. 19.

<sup>273</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 39.

<sup>274</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 245 f.

<sup>275</sup> Dietlmeier et al., Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, 2018, S. 21.

verstromt werden.<sup>276</sup> Für die Speicherung des Wasserstoffs kommen je nach Anwendung und Größenklasse des Wasserstoffspeicherkraftwerks verschiedene Speicherarten in Frage. Für großtechnische Speicherkraftwerke ist eine Speicherung in unterirdischen Salzkavernen vorteilhaft.<sup>277</sup> Sie sind technisch dicht, der Wasserstoff wird nicht durch das Steinsalz verunreinigt, da dieses inert gegenüber Gasen ist, biochemische Reaktionen zwischen Gas und Sole spielen auf Grund der geringen Kontaktfläche kaum eine Rolle und sie eignen sich gut für hohe Ein- und Auslagerungsraten.<sup>278</sup> Insbesondere in Norddeutschland liegen dafür hohe Ausbaupotenziale vor. In Verbindung mit Wind- und Solarparks kommen meist kleinere und dezentrale Speicher zum Einsatz. Dafür eignen sich vor allem Druckgasbehälter aus Stahl. Denkbar ist für die mobile Anwendung auch eine Speicherung in drucklosem, verflüssigtem Zustand oder durch Einlagerung in Metallen, da hier höhere Anforderungen an die Energiedichte vorliegen. Nachteil an der Hochtemperatur-Elektrolyse ist die geringe Lebensdauer der Zellen. Sie erreichen nur Lebensdauern von bis zu 3500 Stunden. Das ist auf die hohe thermische Belastung und die mechanischen Spannungen auf Grund der Temperaturschwankungen zurückzuführen.<sup>279</sup> Vorteil an der Hochtemperatur-Elektrolyse ist, dass der Elektrizitätsbedarf für die Wasserspaltung mit steigender Temperatur abnimmt. Dieser kann dadurch um bis zu 25 % gesenkt werden. Hochtemperatur-Elektrolyse bieten sich beispielsweise bei Kraftwerksprozessen an, wenn Wärme auf einem hohem Temperaturniveau zur Verfügung steht.<sup>280</sup> Bei der Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse ist von Nachteil, dass die Membran eine geringe Langzeitbeständigkeit und eine einzelne Zelle einen kleinen Leistungsbereich aufweist.<sup>281</sup> Die Hochtemperatur-Elektrolyse verbraucht vergleichsweise wenig Strom. Die Membranelektrolyseure sind kostenintensiv, da sie mit Edelmetallen arbeiten. Am weitesten verbreitet und am günstigsten ist die alkalische Wasserelektrolyse. Sie eignet sich auch für große Anlagen.<sup>282</sup> Erstmals sollen auch offshore-Gebiete für die Wasserstoffherzeugung vergeben werden. Dafür wird durch die Bundesregierung der erste offshore-Windpark ohne Netzanschluss ausgeschrieben, auf dem Wasserstoff produziert werden soll und der per Schiff oder Pipeline an Land transportiert wird. Dadurch ist es möglich, dass auf See jährlich bis zu 44,2 TWh grüner Wasserstoff produziert werden kann. Die offshore Erzeugung kann somit einen wesentlichen Beitrag zur deutschen Wasserstoffversorgung leisten.<sup>283</sup>

Bei *Power-to-X* handelt es sich um eine chemische Langzeitspeicherung oder um eine Form des Lastenmanagements. Es ist eine vielfältige Technologie, um Energie zu speichern. Vor allem eignet sie sich dazu im Verkehrs- und Chemiesektor eine Dekarbonisierung zu erreichen, indem Märkte für Stromkraftstoffe und stromgenerierte Grundstoffe entstehen.<sup>284</sup> Erneuerbare Energien können beispielsweise in gasförmiger Form (*Power-to-Gas*) oder flüssiger Form (*Power-to-*

---

<sup>276</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems, 2014, S. 98.

<sup>277</sup> *Wietschel et al.*, Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 248 f.

<sup>278</sup> *Stadler et al.*, Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 377.

<sup>279</sup> *Wietschel et al.*, Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 248 f.

<sup>280</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, 2013, S. 57.

<sup>281</sup> *Wietschel et al.*, Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 247.

<sup>282</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH, dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025, 2010, S. 443.

<sup>283</sup> *Hanke*, Wasserstoff-Verordnung begünstigt Erdgaspipelines. Tagesspiegel Background, 2021, S. 1 f.

<sup>284</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 20.

Liquid) gespeichert werden und stehen als Energieträger für Strom, Wärme, Chemie und Stromkraftstoffe zur Verfügung.<sup>285</sup> Als Power-to-Gas wird die Speicherung von Strom in gasförmigen Energieträgern bezeichnet, die sich über einen langen Zeitraum und in großen Mengen speichern lassen. Der Energieträger kann aus Wasserstoff oder Methan bestehen. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Wasserstoff, der durch Elektrolyse aus Wasser und Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen wurde.<sup>286</sup> Dabei kann zwischen Power-to-Gas Strom, Power-to-Gas Mobilität oder Power-to-Gas Wärme unterschieden werden. Im Stromsektor übernimmt Power-to-Gas Strom die Funktion als Langzeitstromspeicher und Power-to-Gas Mobilität sowie Power-to-Gas Wärme übernehmen eine Form des Lastenmanagements.<sup>287</sup> Die Power-to-X Märkte führen durch die Energiespeicher außerhalb des Stromsektors zu einem steigenden Strombedarf und tragen zu einer höheren Flexibilität im Stromerzeugungssystem bei. Demnach können sie neben ihrem ursprünglichen Nutzen zusätzliche Dienstleistungen am Strommarkt bieten. Batteriespeicher und Power-to-X sollten im Takt von Wind und Sonne zum Einsatz kommen, damit ein möglichst hoher Anteil erneuerbarer Energien integriert werden kann. Die Entwicklung der Power-to-X Märkte ist nur schwer abzuschätzen, da für die Entwicklung Faktoren wie Ressourcenverfügbarkeit, Rohstoffpreise und politische Rahmenbedingungen eine Rolle spielen. Voraussichtlich werden sich Batteriespeicher und Power-to-X zunächst im Verkehrssektor entwickeln. Allerdings kann sich die Entwicklung auch auf den Stromsektor auswirken, da diese zur Beschleunigung in der technologischen Reife und Verfügbarkeit der Technologien beitragen können. Es könnten kostengünstigere Energiespeicher im Lastenmanagement oder Erzeugungsausgleich resultieren.<sup>288</sup> Festzuhalten ist, dass es sich bei Power-to-X um ein kapitalintensives System handelt. Deswegen ist für einen wirtschaftlichen Betrieb eine hohe Auslastung entscheidend.<sup>289</sup> Power-to-Gas hat als Stromspeicher hohe Wirkungsgradverluste von bis zu 70%, deswegen kann es den Energietransport über Stromnetze nicht wirtschaftlich ersetzen, sondern lediglich ergänzen.<sup>290</sup> Power-to-Gas ist für die Bereitstellung gesicherter Leistung geeignet, jedoch kann die kontinuierliche Verfügbarkeit wegen der begrenzten Speicherkapazitäten nicht gewährleistet werden.<sup>291</sup> Das Gas kann nach der Speicherung flexibel über Gas- oder Blockheizkraftwerke rückverstromt werden.<sup>292</sup>

Deutlich wird, dass Pumpspeicherkraftwerke, Druckluftspeicher und Elektrolysetechnologien wie Power-to-Gas schon jetzt für die Bereitstellung von gesicherter Leistung geeignet sind.<sup>293</sup> Es handelt sich bei diesen Technologien meist um große, zentral errichtete Langzeitspeicher in Form von eigenständigen Anlagen. WEA sind allerdings überwiegend dezentral errichtet und es

---

<sup>285</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 295.

<sup>286</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 229.

<sup>287</sup> Stadler et al., Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014, S. 32.

<sup>288</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 21 f.

<sup>289</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 236.

<sup>290</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 44.

<sup>291</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 100.

<sup>292</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 34.

<sup>293</sup> Agora Energiewende, Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz, 2014, S. 100.

bedarf einer kurzfristigen Speicherung, um Fluktuationen auszugleichen. Für die großen Batteriespeichersysteme eignen sich vor allem Lithium-Ionen-Batterie oder Natrium-Schwefel-Batterien.<sup>294</sup> Damit die Möglichkeit einer Herstellerverantwortung für die Speichersysteme gegeben ist, müssen die Speichertechnologien darüber hinaus in einer Verbindung zu den WEA stehen, damit sichergestellt werden kann, dass der Strom aus den WEA gespeichert wird. Die Hersteller\*innen von WEA liefern die Kurzzeitspeicher häufig mit. Deswegen wird im weiteren Verlauf die Eingrenzung auf Kurzzeitspeicher vorgenommen, bei denen die genannten Eigenschaften gegeben sind.

### 6.3.2 Abfallwirtschaftliche Herausforderungen im Bereich Windenergie

Für die unterschiedlichen Batteriesysteme ist kein einheitliches Recyclingverfahren verfügbar, da dieses nicht das Recycling der verschiedenen Stoffe in hoher Endqualität sicherstellen könnte. Deswegen müssen die Batterien vor den Behandlungsschritten in ihre Batteriesysteme sortiert werden.<sup>295</sup>

*Bleisäurebatterien* haben eine bewährte Wiederverwertung und eine hohe Rückgewinnungsquote.<sup>296</sup> Es existiert ein weltweit etabliertes Recyclingsystem.<sup>297</sup> Moderne Recyclingverfahren sorgen für eine Wiederverwertung von mehr als 95% der Bestandteile. Außerdem werden 55% der Weltproduktion von raffiniertem Blei aus recyceltem Blei hergestellt.<sup>298</sup> Problematisch ist das Recycling von Bleisäurebatterien aber vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern wie Ghana, da es dort teils zu extremen Umwelt- und Gesundheitsbelastungen führt. Die großen Mengen an End-of-Life Gütern sind auf Importe aus den Industrieländern und auf den schnell wachsenden einheimischen Konsum zurückzuführen.<sup>299</sup> Wegen des hohen intrinsischen Materialwerts von Bleisäurebatterien werden sie in Ghana gesammelt und an Zwischenhändler gegeben, die diese an Verwertungsbetriebe übermitteln. Sammler und Zwischenhändler sind meist Teil des informellen Schrottsektors. Die Batterien werden vom informellen Sektor nicht selbst recycelt, sondern an Firmen verkauft, die diese meist ins Ausland exportieren. Exportiert werden die Batterien im trockenen Zustand, die Batteriesäure ist bereits abgegossen, da dadurch das Transportgewicht reduziert werden kann. Das Säuremanagement ist problematisch, da beispielsweise Zwischenhändler ermutigt werden, die Batterien bereits zu entleeren. Das geschieht meist in unkontrollierter Form am Straßenrand. Batterien, die noch nicht entleert sind, werden auf dem Hof der Recyclingfirma manuell mit Äxten oder Macheten gebrochen und entleert. Durch diese unvorsichtigen Vorgänge kommt es zu schweren Unfällen. Es mangelt darüber hinaus an Arbeits- und Schutzkleidung.<sup>300</sup>

---

<sup>294</sup> Goldmann et al., Recyclingtechnik, 2016, S. 484.

<sup>295</sup> Goldmann et al., Recyclingtechnik, 2016, S. 486.

<sup>296</sup> Bernardon et al., Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives., 2018, S. 4.

<sup>297</sup> Wietschel et al., Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, 2015, S. 159.

<sup>298</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 105.

<sup>299</sup> Buchert et al., Recycling global – Best-of-two-Worlds Projekt und Recycling von Blei-Säure-Batterien in Afrika. In: Recycling und Rohstoffe, 2015, 123.

<sup>300</sup> Buchert et al., Recycling global – Best-of-two-Worlds Projekt und Recycling von Blei-Säure-Batterien in Afrika. In: Recycling und Rohstoffe, 2015, 129 f.

*Lithium-Ionen-Batterien* sind aus Sicht der Ressourcenverfügbarkeit unkritisch.<sup>301</sup> Die Recyclingverfahren sind gut entwickelt, werden ständig verbessert und ermöglichen eine hohe Rückgewinnung der Hauptkomponenten.<sup>302</sup> Wegen der hohen Energiedichte stellen Lithium-Ionen-Batterien allerdings sicherheitstechnische Herausforderungen dar, die sich je nach Lebenszyklus unterscheiden. Vordergründig sind hier Gefahren durch mechanische oder thermische Beschädigungen.<sup>303</sup> Darüber hinaus geschieht die Gewinnung von Lithium aus Lithiumchlorid, das gesundheitsschädlich ist und das als Begleitstoff reizendes Magnesiumchlorid hat. Von der Produktion von Lithium gehen daher relevante Gefahren aus.<sup>304</sup> Die Machbarkeit von stationären Batteriespeicher aus Second-Life-Batterien wurden in Pilotprojekten nachgewiesen. Sie bieten großes Potenzial an Anwendungsbereichen. Es ist allerdings nicht geklärt, ob ein Hochskalieren ohne Förderung umgesetzt werden kann, da die logistische Beschaffung und die Prüfung geeigneter und kompatibler Batterien herausfordernd sind. Im Zuge der Recyclingvorbehandlung stellt die Erkennung und Sortierung der Lithium-Ionen-Batterien in die Subtypen ein Problem dar, da diese nicht ausreichend gekennzeichnet sind. Der Standard zur einheitlichen Kennzeichnung nimmt nur eine Unterscheidung in die grundlegenden Batterietypen wie Bleisäure- oder Lithium-Ionen-Batterien vor, allerdings fallen unter Lithium-Ionen-Batterien weitere unterschiedliche Typen wie Lithium-Eisenphosphat oder Lithium-Cobaltoxid, deren Aktivmaterial sich grundlegend voneinander unterscheidet. Im Zuge der Demontage werden einfach erreichbare und gut recycelbare Bauteile entfernt, damit daraus Wertstoffe wie Stahl, Kupfer, Kunststoffe oder Edelmetalle zurückgewonnen werden können. Herausfordernd sind in diesem Schritt ein hoher Personal- und Zeitaufwand. Die Recyclingquote für Lithium-Ionen-Batterien liegt derzeit bei 50%. Es ist allerdings davon auszugehen, dass diese Zielvorgabe auf 65 oder 70% erhöht wird und weitere Zielvorgaben für einzelne Elemente ergänzt werden. Lithium-Ionen-Batterien weisen jedoch Merkmale von Future Waste auf, insbesondere da sie noch nicht für lange Zeit Teil des anthropogenen Bestands sind, weswegen Recyclingpfade noch nicht vollständig etabliert oder ausgereift sind und sich viele Anlagen erst im Versuchsmaßstab befinden. Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien sind besonders herausfordernd, da die Phosphatverbindungen den Prozessablauf stören und noch keine eigenen Recyclinglösungen für diese Batterietypen bestehen. Auch Lithium kann nur schwer zurückgewonnen werden, da es in pyrometallurgischen Prozessen in die Schlacke geht. Deswegen sind diese Fälle derzeit Gegenstand der Forschung.<sup>305</sup>

Bei *Lithium-Schwefel-Batterien* wird die Sicherheit des Batterietyps als kritisch angesehen, da das metallische Lithium nicht in Kontakt mit der Feuchte der Luft kommen darf. Aufgrund dessen wird an einem sicheren Einschluss des Lithium-Metalls gearbeitet. Darüber hinaus liegen die Schmelzpunkte der Elektrodenmaterialien eng beieinander und der Kontakt der Werkstoffe im

---

<sup>301</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems, 2014, S. 29.

<sup>302</sup> Doetsch et al., Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand, 2015, S. 107.

<sup>303</sup> Nigl et al., Lithium-Ionen-Batterien – Kreislaufwirtschaftliche Herausforderungen am Ende des Lebenszyklus und im Recycling, 2021, S. 145.

<sup>304</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems, 2014, S. 238 f.

<sup>305</sup> Nigl et al., Lithium-Ionen-Batterien – Kreislaufwirtschaftliche Herausforderungen am Ende des Lebenszyklus und im Recycling, 2021, S. 146 f.

geschmolzenen Zustand muss vermieden werden. Lithium-Schwefel-Batterien sind aus sicherheitstechnischer Sicht folglich als kritisch anzusehen.<sup>306</sup> Dem muss zukünftig konstruktiv oder chemisch entgegengewirkt werden.

*Lithium-Luft-Batterien* können sehr kompakt gebaut werden und können kostengünstige Materialressourcen genutzt werden. Außerdem sind die Umweltwirkungen der verwendeten Materialien gering. Die Systeme werden allerdings nur geringe Leistungsdichten aufweisen. Deswegen wird es erforderlich sein, dass die Batteriesysteme teilweise mit Hochleistungsbatterien hybridisiert werden. Lithium-Luft-Batterien sind sehr sensibel bezüglich hoher Temperaturen und hoher Luftfeuchte. Deswegen muss ein Kontakt des metallischen Lithiums mit der Luftfeuchte vermieden werden.<sup>307</sup> Die Sicherheit der Lithium-Schwefel-Batterie wird deswegen als kritisch eingestuft.<sup>308</sup>

*Natrium-Schwefel-Batterien* haben wegen der eingesetzten Materialien wie Edelstahl, Nickel, Eisen, Salz und Keramik eine hohe und effektive Wiederverwertbarkeit. Sie sind außerdem eine sichere Technologie, die keine toxischen Komponenten oder Umgebungsemissionen aufweist.<sup>309</sup>

Das Recycling von *Zink-Luft-Batterien* konzentriert sich vor allem auf die Verwertung des Zinks. Dieses verdampft bei relativ niedrigen Temperaturen, weswegen eine metallurgische Verfahrenstechnik verwendet werden kann.<sup>310</sup> Zink ist nicht toxisch, kostengünstig und außerdem lassen sich höhere Stromdichten realisieren.<sup>311</sup>

Für das System auf Basis von Vanadium bei *Redox-Flow-Batterien* ist die Rohstoffversorgung als kritisch anzusehen. Bei Vanadium handelt es sich um ein wichtiges Legierungselement und es existieren nur drei relevante Förderländer, weswegen eine große Nutzungskonkurrenz besteht.<sup>312</sup> Zusätzlich ist Vanadium zwar kein gefährlicher Stoff, in der Redox-Flow-Batterie wird er allerdings als Oxid eingesetzt. Dieses ist giftig, reproduktionstoxisch, keimzellenmutagen und stark wassergefährdend. Deswegen können die Redox-Flow-Batterien auf Basis von Vanadium als umwelt- und gesundheitsgefährdend eingestuft werden.<sup>313</sup> Aus Abfallperspektive ist von ihrer Verwendung deswegen abzuraten.

Zu Schwungrädern, Doppelschichtkondensatoren und supraleitenden Spulen sind keine abfallwirtschaftlichen Herausforderungen bekannt.

## 6.4 Umsetzungsmöglichkeiten einer erweiterten Herstellerverantwortung

Die etwa 30.000 landgestützten WEA in Deutschland werden in den kommenden Jahren sukzessive das Ende ihrer genehmigungstechnischen (Betriebsdauer in der Regel 20 Jahre) oder wirtschaftlichen Lebensdauer (teilweise früher) erreichen. Sie müssen dann zurückgebaut oder durch neuere Anlagen höherer Leistung ersetzt werden. Außerdem erlangen Speichersysteme in

---

<sup>306</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 176.

<sup>307</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 165.

<sup>308</sup> Wietschel et al., *Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze*, 2015, S. 176.

<sup>309</sup> Doetsch et al., *Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand*, 2015, S. 110.

<sup>310</sup> Goldman et al., *Recyclingtechnik*, 2015, S. 488.

<sup>311</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, *Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit*, 2013, S. 45 f.

<sup>312</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, *KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems*, 2014, S. 29.

<sup>313</sup> Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH, *KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems*, 2014, S. 239.

Verbindung mit WEA eine zunehmende Bedeutung für das Stromsystem. Beim Rückbau der WEA und der Stromspeicher muss dafür gesorgt werden, dass die anfallenden Aggregate, Stoffe und Materialien einer sinnvollen Vorbereitung zur Wiederverwendung, einer Aufarbeitung zu Sekundärrohstoffen (=Recycling), oder einer umweltfreundlichen Entsorgung als Abfall oder ggf. als gefährlicher Abfall zugeführt werden.

Die hierbei erforderlichen Arbeiten sind anlagenspezifisch; sie hängen von der Bauart der jeweiligen Anlage, ihrer Größe und dem Demontage- und Verwertungskonzept ab. Letzteres erfordert möglichst genaue Kenntnisse über die Anlage, ihren Aufbau, die verwendeten Materialien, Aggregate, genutzte gefährliche Stoffe und sehr viele weitere Details. Die Anlagen haben in den letzten Jahrzehnten eine rasche Innovation hinter sich, so dass sich viele stark voneinander unterscheiden. Vermutlich setzt sich dieser Trend auch künftig fort. Auch die Kurzzeitspeicher unterscheiden sich in ihren Materialzusammensetzungen stark voneinander.

Genaue Kenntnisse haben üblicherweise Planer\*innen und Errichter\*innen einer Anlage; diese sind meist nicht detaillierter dokumentiert und unterliegen meist dem Schutz von Betriebsgeheimnissen. Die letzten Betreiber\*innen der Anlage verfügen in der Regel nicht über derartiges Detailwissen und können es sich auch nicht nachträglich beschaffen, entweder weil die Erbauer\*innen der Anlage nicht mehr existieren, oder nicht bereit sind, ihre Betriebsgeheimnisse offen zu legen.

Selbst sehr lukrative Betriebe versuchen am Ende einer Investition, möglichst Folgekosten zu sparen; das heißt, bei der Entsorgung billigere Möglichkeiten zu erwägen oder in Kauf zu nehmen. Im Abfallbereich gibt es dafür oftmals Erfüllungsgehilfen. In Einzelfällen ist sogar denkbar, dass die Betreiber\*innen einer WEA durch Insolvenz versucht, sich aus seiner Verantwortung für den Rückbau seiner Anlage zu stehlen.<sup>314</sup> Die Aufgabe würde dann den Eigentümer\*innen des Grundstücks bzw. der Gemeinde und damit der Allgemeinheit zufallen, die über keinerlei Anlagenkenntnisse verfügen. Es ist zu besorgen, dass beim Rückbau von WEA erforderliche und mögliche hochwertige Verwertungsverfahren mangels genauerer Daten, aber auch aus Gründen der Kostenminimierung gemieden und stattdessen „Billiglösungen“ versucht werden.

Der Rückbau findet bei den im Außenbereich gelegenen Anlagen in meist räumlicher Begrenzung und im Freien statt. Da gleichwohl eine Getrennthaltung der unterschiedlichen Abfallfraktionen erforderlich ist, ist eine ausgefeilte Logistik notwendig. Eine komplexe Zerlegung – wie etwa bei Elektrogeräten in speziellen Aufbereitungsanlagen üblich – ist auf der begrenzten Fläche einer WEA schwierig zu bewerkstelligen.

Für Genehmigung und Aufsicht beim Rückbau von WEA sind meistens lokale Behörden zuständig, die häufig hinsichtlich Umfangs und Ausbildung ihres Personals nicht auf die sie zukommenden sporadisch auftretenden Aufgaben geschult und vorbereitet sind. Vor allem die behördliche Kontrolle bei den Arbeiten im Außenbereich sind anspruchsvoll und personalintensiv. Dies führt zu unterschiedlicher Verwaltungspraxis und in der kritischen Öffentlichkeit zu einem Vertrauensverlust in den Schutz der Umwelt bei WEA generell und deren Stilllegung.

Gegner\*innen von WEA finden neue Argumente gegen neue Anlagen, von denen in naher Zukunft sehr viele und näher an der Wohnbebauung gebaut werden sollen. Angesichts vieler Neubauprojekte verschärfen sich bestehende Rückbauprobleme zeitversetzt in den kommenden Jahren und Jahrzehnten.

---

<sup>314</sup> Ausweislich der durchgeführten Behördenbefragung ist es hierzu im Bereich der befragten Behörden bislang allerdings noch nicht gekommen. Aktuell handelt es sich daher um eine noch theoretische Problematik.



#### 6.4.1 Leistungen einer Produktverantwortung

Eine teilweise Lösung geschildeter Probleme könnte durch das Instrument einer Erweiterten Hersteller-Verantwortung (Produktverantwortung) gefunden werden: die Hersteller\*innen müssen hierbei bereits bei der Planung und beim Bau von Neuanlagen die Aspekte der später notwendigen Stilllegung oder Ertüchtigung ihres Produktes übernehmen.

Dies beinhaltet die Erstellung von Plänen und die Dokumentation

- ▶ welche Materialien und Komponenten wo verbaut werden
- ▶ welche externen Zulieferer\*innen dafür ausgewählt wurden (die ggf. selbst einer bestehenden Herstellerverantwortung unterliegen)
- ▶ inwieweit auf die Vermeidung problematischer Stoffe/Teile (gefährlich oder knappe Ressourcen) geachtet wurde
- ▶ wie die Anlage, ihre Komponenten und Materialien später abgebaut, zerlegt und entsorgt werden sollten
- ▶ mit welchen Kosten beim späteren Rückbau und der Entsorgung zu rechnen ist
- ▶ als massivstes Element kommt eine rechtlich mögliche Kostenübernahme für den späteren Rückbau durch die Hersteller\*innen in Frage
- ▶ alternativ möglich wäre eine anteilige Kostenbeteiligung der Hersteller\*innen an der Entsorgung (vergleichbar der Regelung im Elektro- und Elektronikgerätegesetz)
- ▶ mündelsichere Gewährleistung einer solchen Kostenübernahme (Internalisierung der externen Kosten in den Verkaufspreis der Anlage)
- ▶ alternativ: möglich auch Beteiligung mehrerer Hersteller\*innen für ihre jeweiligen Anlagen an zu gründenden Rückbaugesellschaften (vergleichbar dem Modell der Deponie-Management Gesellschaft für die Nachsorge bei stillgelegten Deponien unter Verwendung der Rückstellungen der früheren Deponiebetreiber\*innen)
- ▶ eine weitere mögliche Alternative wäre ein Versicherungsmodell, bei dem die Hersteller\*innen einen Grundbetrag einzahlen, die Betreiber\*innen der WEA jährliche Beiträge leisten und im Rückbau-Fall die Versicherung die anfallenden Gesamtkosten übernimmt
- ▶ für den späteren letzten Betreiber\*innen einer Anlage, auch für den Fall, dass die Kommune eine Ersatzvornahme veranlassen muss, wäre damit das Wie des Rückbaus und die damit verbundenen Kosten grundsätzlich geklärt
- ▶ die Käufer\*innen einer Neuanlage können die Qualität des Produkts und die Gesamtkosten einschließlich späterer Stilllegung verschiedener Anbieter\*innen vergleichen und unkalkulierbare Kosten am Ende der Lebenszeit seines Produkts vermeiden
- ▶ statt, dass die Behörden die Höhe einer Rückstellung durch die Betreiber\*innen (derzeit mühsam und mit regional unterschiedlichen Ergebnissen) kalkulieren und festlegen, ist dies eine Aufgabe der Hersteller\*innen, die diese Kosten durch vorausschauend kluges Design auch minimieren können; die Behörden überprüfen lediglich die Plausibilität und Sicherheit

#### 6.4.2 Nachteile einer Produktregelung

Eine gesetzliche Regelung zur Produktverantwortung bei WEA bedeutet eine zusätzliche Belastung der Hersteller\*innen, die ohnehin Probleme haben, die geplanten zahlreichen neuen Anlagen zu realisieren.

Zu prüfen wäre, ob eine Kostenübernahme der Hersteller\*innen für den späteren Rückbau zwingend erforderlich ist, oder ob es dazu Alternativen gibt. Eventuell würde zunächst die Verpflichtung ausreichen, beim Neubau die oben geschilderten genauen Pläne zu erstellen, im Genehmigungsverfahren vorzulegen und den späteren Betreiber\*innen in geeigneter Form (Schützen der Betriebsgeheimnisse) zur Verfügung zu stellen. Allein dies würde schon zu einer Vereinheitlichung und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren führen (bundeseinheitliche Regelung durch eine Rechtsverordnung des Bundes). Weitere mögliche Inhalte einer Rechtsverordnung des Bundes sind im vorangehend beschriebenen Kapitel über die §§ 23-25 KrWG ausführlich mit Anwendbarkeit auf WEA dargestellt.

Vorteilhaft wäre, wenn es gelingt, die Branche der Hersteller\*innen zu einer Art Selbstverpflichtung im Sinne der Produktverantwortung zu veranlassen. Dazu mag es förderlich sein, wenn die Bundesregierung die Arbeit an einer Produktverordnungsregelung aufnimmt, die ohnehin einen größeren Zeitrahmen erfordert. Gleichwohl kann die Botschaft, dass eine staatliche Regelung geplant ist, die Bereitschaft der Firmen befördern, sich über eine freiwillige und eigenverantwortliche Regelung zu einigen und damit die Verordnung zu erübrigen. Derartige Selbstverpflichtungen der gesamten Windbranche oder einzelner fortschrittlicher Hersteller\*innen – die auch die später notwendige Stilllegung veralteter Anlagen in ihrem Portefeuille haben, vermag diesen zu Wettbewerbsvorteilen im Markt und zu besserer Akzeptanz bei den Bürger\*innen zu helfen.

Weniger Erfolg verspricht eine Zielfestlegung durch das Bundesumweltministerium entsprechend § 26 KrWG, (siehe weiter oben) da diese nur glaubwürdig und erfolgversprechend wäre, wenn die gesamte Branche bereit wäre, derartigen Ziele auch zu folgen. Dann aber erscheint ein Branchenabkommen flexibler und schneller realisierbar.

Zu empfehlen ist eine schlanke, aber bundeseinheitliche Regelung des Anlagenrückbaus, möglichst durch eine freiwillige Lösung durch die Betroffenen selbst; gefördert wird eine solche Lösung durch das Sichtbarmachen einer Zwangsregelung, die meistens üppiger ausfällt als der freiwillige Weg.

Verordnung oder Branchenvereinbarung würden jeweils nur für Neuanlagen gelten, die zukünftig errichtet werden. Das wäre zwar wünschenswert, um angesichts erhoffter vieler landgestützter WEA Probleme mit deren späterer Stilllegung zu vermeiden. Die geschilderten Probleme bei den derzeit existierenden rund 30.000 bestehenden Anlagen werden damit aber nicht behoben. Eine rückwirkende Regelung für frühere Hersteller\*innen auf dem Weg einer Produktverantwortung dürfte rechtlich nicht möglich sein.

Eine gute Lösung für Altanlagen ist aber dringend, denn ansonsten können Umweltprobleme entstehen, das Image der Windenergie wird nachhaltig gestört (z.B. wenn Windenergieanlagen in der Landschaft stehen bleiben oder es gar zu Unfällen bei deren Kollaps kommt), und wenn damit das Idealbild der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft ausgerechnet beim Vorzeigemodell erneuerbarer Energie durch WEA beschädigt wird.

### 6.4.3 Verbesserungen für Altanlagen

Bei Einführung der Produktverantwortung können die Hersteller\*innen nicht dazu gezwungen werden, sich rückwirkend bei bestehenden Anlagen um deren Rückbau zu kümmern. Auch können diese Hersteller\*innen nicht rechtlich gezwungen werden, zumindest die eigentlich notwendigen Daten und Informationen bereitzustellen. Ob es gelingt, derartige Bereitschaft für freiwillige Maßnahmen zu wecken – ohne die Möglichkeit für eine drohende Verordnung im Hintergrund – bleibt zu bezweifeln.

Es gibt dann aber die Möglichkeit, die Betreiber\*innen der bestehenden und demnächst abzuschaltenden Anlagen dazu gesetzlich zu verpflichten, bestimmte Mindestanforderung an den Umgang mit ihren Abfällen zu erfüllen. Bisher ist dies eine Aufgabe der Behörden vor Ort, diese bei der Stilllegungsgenehmigung nach dem BImSchG zu verlangen und durchzusetzen.

Eine bundeseinheitliche Regelung erscheint wünschenswert, da bisher offenbar gravierende Unterschiede in der Praxis bestehen, etwa ob das Fundament einer WEA vollständig zu entfernen ist, oder ob nur bis zu einer bestimmten Tiefe. Entsprechend unterschiedlich dürfte die Behördenpraxis in den vielfältigen Aspekten der Getrennthaltung, der Aufbereitung, des Transports und der endgültigen Entsorgung aller Bestandteile einer WEA sein.

Eine Vereinheitlichung auf anspruchsvollem Niveau erscheint auf zwei Wegen möglich.

Einmal bietet § 10 KrWG die Möglichkeit einer Rechtsverordnung der Bundesregierung, die wichtige Anforderungen an die Erzeuger\*innen von Abfall (das wären nun nicht die Hersteller\*innen der Anlage, sondern die letzten Betreiber\*innen) festlegen kann. Dabei gilt es zu beachten, dass nicht die gesamte WEA beim Rückbau Abfall ist, allerdings alle Teile und Stoffe, die nicht unmittelbar wiederverwendet werden. Hierbei existiert ein Graubereich, wann es sich um Gebrauchtgeräte oder um Abfall handelt. Anlagenteile können auch im Falle eines Repowerings neue Verwendung finden.

Wesentliche Elemente einer Rechtsverordnung könnten sein;

- ▶ die Verwertungspflicht der beim Rückbau anfallenden Abfälle nach § 7 KrWG
- ▶ die hochwertige und schadlose Verwertung dieser Abfälle
- ▶ eine getrennte Sammlung bestimmter Abfälle
- ▶ ein Vermischungsverbot
- ▶ eventuell auch entsprechende Anforderungen an die Entsorgung der bei Wartung und Reparatur sowie bei Ertüchtigungsmaßnahmen anfallenden Abfälle
- ▶ Berichtspflichten und Nachweisverfahren.

Eine alternative Regelung mit ähnlichen Inhalten und ähnlicher Wirkung könnte eine Bundesverwaltungsvorschrift im Stil einer Technischen Anleitung (TA) sein, in der festgelegt wird, wie der Rückbau und die weitere Entsorgung der dabei anfallenden Abfälle durchzuführen sind. Eine Verwaltungsvorschrift ist für alle Behörden verpflichtend und führt zu einer bundesweiten Vereinheitlichung des Verwaltungshandelns der Länder und deren untergeordneten Behörden. Damit entfaltet sie eine indirekte Wirkung auf alle von Verwaltungsakten betroffene Kreise der Wirtschaft, weil diese eine rechtskonforme Genehmigungen nur dann erhalten, wenn sie die technischen Vorgaben auch erfüllen.

Typische bisherige Beispiele sind die bekannte TA-Luft und die frühere TA-Siedlungsabfall (TASi). Letztere ermöglichte mit einer langen Übergangsfrist von zwölf Jahren, dass letztlich ab dem Jahr 2005 die Entsorgung von Siedlungsabfällen in Deutschland einheitlich und umweltverträglich gehandhabt wird. Gravierende und teils sachlich nicht gerechtfertigte Länder- oder Provinz-Praktiken wurden abgestellt. Europäische Regelungen folgten.

Sowohl eine Rechtsverordnung wie eine Verwaltungsvorschrift würden eine Anhörung der beteiligten Kreise voraussetzen und eine Zustimmung der Länder im Bundesrat. Damit werden wichtige Erfahrungen der Betroffenen und vor allem die Vollzugspraxis der Länder berücksichtigt.

## **6.5 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlung**

Nach Auffassung der Verfasser\*innen dieses Beitrages wird zum weiteren Vorgehen beim Rückbau von WEA vorgeschlagen:

Die zuständigen Stellen sollten mit der Branche der WEA-Hersteller\*innen über deren Bereitschaft zum Abschluss einer Branchenvereinbarung zur Übernahme einer weitreichenden Produktverantwortung verhandeln.

- ▶ Parallel könnte die Bundesregierung mit der Vorbereitung einer Rechtsverordnung zur Produktverantwortung bei WEA starten.
- ▶ Für die bestehenden Altanlagen könnte die Bundesregierung Regelungen zur Gestaltung deren Rückbaus auf der Grundlage einer Rechtsverordnung nach § 10 KrWG treffen. Alternativ könnte eine Allgemeinen Verwaltungsvorschrift des Bundes, etwa als Technische Anleitung-WEA, in Angriff genommen werden.
- ▶ Über sämtliche Vorhaben sollte der Bund in der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) alsbald die Kooperation und Zustimmung der Länder ausloten.
- ▶ Im Rahmen der Konsultationen mit der Europäischen Kommission ließe sich weiter eruieren, ob und inwieweit die EU zu einer europäischen Regelung bereit ist oder dazu bereits Voruntersuchungen gestartet hat.

## 7 Quellenverzeichnis

- Agora Energiewende (2014): Stromspeicher in der Energiewende. Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz. Berlin.
- Barteková, Eva; Börkey, Peter (2022): Digitalisation for the transition to a resource efficient and circular economy. OECD Environment Working Papers No. 192. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Beckmann M. et al. [Hrsg.] (2021): Landmann/Rohmer – Umweltrecht - Kommentar, 97. Ergänzungslieferung, C.H. Beck Verlag, München.
- Bernardon, Daniel Pinheiro; Canha, Luciane Neves; Ceci, Bárbara Righi; Santana, Tiago (2018): Technology Roadmap Storage: Energy Storage Perspectives. Brazil.
- Buchert, Matthias; Manhart, Andreas (2016): Recycling global – Best-of-two-Worlds Projekt und Recycling von Blei-Säure-Batterien in Afrika. In: Recycling und Rohstoffe – Band 9. München.
- Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [Hrsg.] (2019): Mitteilung 34 „Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung“ – Anforderungen an Erzeuger und Besitzer von gewerblichen Siedlungsabfällen, sowie bestimmten Bau- und Abbruchabfällen, an Betreiber von Vorbehandlungs- und Aufbereitungsanlagen.
- Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [Hrsg.] (2003): Mitteilung 20 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralische Reststoffen/Abfällen.
- Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) [Hrsg.] (2021): Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen; online verfügbar unter [https://www.labo-deutschland.de/documents/Leitfaden\\_Rueckbau\\_von\\_Windenergieanlagen\\_\\_UMK-Fassung.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Leitfaden_Rueckbau_von_Windenergieanlagen__UMK-Fassung.pdf)
- BWE (2021): Rückbau von Windenergieanlagen. Rückbau - alles gut geregelt. Online verfügbar unter <https://www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/rueckbau/>.
- BWE (2014): Windenergie Betriebsführung. Praxisbuch der technischen und kaufmännischen Betriebsführung – Onshore. Bundesverband WindEnergie e.V. Berlin.
- Cristóbal, Jorge; Jubayed, Md; Wulff, Niklas; Schebek, Liselotte (2020): Life cycle losses of critical raw materials from solar and wind energy technologies and their role in the future material availability. In: Resources, Conservation and Recycling 161, S. 1–17.
- Crotogino, Fritz (): Einsatz von Druckluftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerken beim Ausgleich fluktuierender Windenergie-Produktion mit aktuellem Strombedarf. Hannover.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (2010): dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025. Berlin.
- Dietlmeier, Otto; Kurzweil, Peter (2018): Elektrochemische Speicher. Superkondensatoren, Batterien, Elektrolyse-Wasserstoff, Rechtliche Rahmenbedingungen, Wiesbaden.
- DIN 18088-1:2019-01, Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 1: Grundlagen und Einwirkungen.
- DIN 18088-2:2019-01, Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 2: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke.
- DIN 18088-3:2019-01, Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 3: Stahlbauten.
- DIN 18088-4:2019-01, Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 4: Baugrund und Gründungselemente.
- DIN 18088-5:2017-12, Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 5: Verbindungen zwischen Stahlbauten und Stahlbeton- und Spannbetontragwerken.

DIN SPEC 4866:2020-08, Nachhaltiger Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen. Text auf Deutsch und Englisch.

Doetsch, Christian; Kanngießer, Annedore; Wolf, Daniel (2009): Speicherung elektrischer Energie – Technologien zur Netzintegration erneuerbarer Energien, Oberhausen.

Doetsch, Christian; Droste-Franke, Bert; Mulder, Grietus; Scholz, Yvonne; Perrin, Marion (2015): Electric Energy Storage - IEA ECES26 Future Energy Storage Demand.

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (2013): Studie Eignung von Speichertechnologien zum Erhalt der Systemsicherheit, Gosslar.

Eyerer, Peter; Schüle, Helmut; Elsner, Peter (2020): Polymer Engineering 3. Werkstoff- und Bauteilprüfung, Recycling, Entwicklung. 2nd ed. 2020. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Vieweg.

Giesberts, Ludger / Hilf, Juliane, Elektro- und Elektronikgesetz – Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, 3. Auflage, C.H. Beck Verlag, München.

Giesberts L. / Reinhardt M. [Hrsg.] (2021): BeckOK Umweltrecht, 63. Edition, C.H. Beck Verlag, München.

Goldmann, Daniel; Martens, Hans (2016): Recyclingtechnik, Wiesbaden.

Hanke, Steven (2021): Wasserstoff-Verordnung begünstigt Erdgaspipelines, Tagesspiegel Background.

Jarass, H. [Hrsg.], (2020): Bundes-Immissionsschutzgesetz – Kommentar unter Berücksichtigung der Bundes-Immissionsschutzverordnungen, der TA Luft sowie der TA Lärm, 13. Auflage, C.H. Beck Verlag, München.

Jarass, D. / Petersen F. [Hrsg.] (2014): Kreislaufwirtschaftsgesetz – Kommentar, 1. Auflage, C.H. Beck Verlag, München.

Kanngießer, Annedore (2014): Techno-ökonomische Bewertung von Anwendungen für Stromspeicher, Oberhausen.

Koordes, Thomas; Pollmann, Frank; Größ, Alexander (2014): DE102013211750A1. Windenergieanlage und Windenergieanlagen-Fundament. Anmelder: Wobben Immobilien GmbH.

Martínez, E.; Latorre-Biel, J. I.; Jiménez, E.; Sanz, F.; Blanco, J. (2018): Life cycle assessment of a wind farm repowering process. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 93, S. 260–271. DOI: 10.1016/j.rser.2018.05.044.

Nigl, Thomas; Rutrecht, Bettina; Altendorfer, Michael; Scherhauser, Silvia; Meyer, Ina; Sommer, Mark; Beigl, Peter (2021): Lithium-Ionen-Batterien – Kreislaufwirtschaftliche Herausforderungen am Ende des Lebenszyklus und im Recycling. Berg Huettenmaenn, 166. Jg. (3), Leoben.

Reuter, Markus A.; van Schaik, Antoinette; Ballester, Miquel (2018): Limits of the circular economy: Fairphone modular design pushing the limits. 71(2), 68–79.

Schrödter, W. [Hrsg.] (2019): Baugesetzbuch. 9. Auflage, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden.

Stadler, Ingo; Sterner Michael (2014): Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, Heidelberg.

Tazi, Nacef; Kim, Junbeum; Bouzidi, Youcef; Chatelet, Eric; Liu, Gang (2019): Waste and material flow analysis in the end-of-life wind energy system. In: Resources, Conservation and Recycling 145, S. 199–207. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.02.039.

UBA (2020): Windenergieanlagen: Rückbau, Recycling, Repowering. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/windenergieanlagen-rueckbau-recycling-repowering>.

UBA Texte 92/2022: Christian Kühne, Dieter Stapf, Philipp Holz, Werner Baumann, Sonja Mülhopt, Manuela Wexler, Manuela Hauser, Jonas Kalkreuth, Jonathan Mahl, Michael Zeller, Rebekka Volk, Christoph Stallkamp, Simon Steffl, Frank Schultmann, Rainer Schweppe, Davide Pico, Elisa Seiler, Jens Forberger, Peter Brantsch, Bastian Brenken, Martin Beckmann: Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter (Kurztitel: Aufbereitung von Rotorblättern). Abschlussbericht. Forschungskennzahl 3720 31 301 0. Hg. v. Umweltbundesamt. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien, Institut für Technische Chemie (ITC), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP), Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Composites United e. V. (Texte 92/2022). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_92-2022\\_entwicklung\\_von\\_rueckbau-\\_und\\_recyclingstandards\\_fuer\\_rotorblaetter.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_92-2022_entwicklung_von_rueckbau-_und_recyclingstandards_fuer_rotorblaetter.pdf)

UBA Texte 05/2021: Alexander Potrykus, Ferdinand Zotz, Joachim Felix Aigner, Jakob Weißenbacher, Maria Burgstaller, Veronika Abraham, Luca Merzoug, Dr. Volker Thome, Dr. Sebastian Dittrich, Norbert Leiss: Prüfung möglicher Ansätze zur Stärkung des Recyclings, zur Schaffung von Anreizen zur Verwendung recycelbarer Materialien und zur verursachergerechten Zuordnung von Entsorgungskosten im Bereich der Bauprodukte. Abschlussbericht. Forschungskennzahl 3718 34 327 0. Hg. v. Umweltbundesamt. Ramboll, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (TEXTE 05/2021). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/pruefung-moeglicher-ansaeetze-zur-staerkung-des>

UBA Text 117/2019: Zotz, Ferdinand; Kling, Maximilian; Langner, Florian; Hohrath, Philipp; Born, Hartmut; Feil, Alexander: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. Abschlussbericht. Forschungskennzahl 3717 31 330 0. Hg. v. Umweltbundesamt. Ramboll; RWTH Aachen (TEXTE 117/2019). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-eines-konzepts-massnahmen-fuer-einen>.

VGB PowerTech (2015): Lieferung der Technischen Dokumentation (Technische Anlagendaten, Dokumente) für Anlagen der Energieversorgung. VGB-S-831-00-2015-05-DE.

Wietschel, Martin; Ullrich, Sandra; Markewitz, Peter; Schulte, Friedrich; Genoese, Fabio (2015): Energietechnologien der Zukunft. Erzeugung, Speicherung, Effizienz und Netze, Wiesbaden.

WindEurope (2020): Decommissioning of Onshore Wind Turbines. Industry Guidance Document. Brüssel. Online verfügbar unter <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/decommissioning-of-onshore-wind-turbines/>.

Wuppertal Institut (2014): KRESSE - Kritische mineralische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter Mitarbeit von Karinthoff, Sascha Samadi, Ole Soukup, Jens Teubler, Peter Viebahn, Klaus Wiesen. Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH. Wuppertal. Online verfügbar unter <http://wupperinst.org/de/projekte/details/wi/p/s/pd/38/>.

Rechtsprechung, Gesetzgebungsmaterialien und Gesetzesblätter werden in den Fußnoten vollständig nachgewiesen.

## A Anhang (Behördenbefragung)

### A.1 Konzeption der Behördenbefragung

Die behördlichen Erfahrungswerte wurden durch fragebogenbasierte Abfragen erhoben. Getragen von dem Zweck des vorliegenden Forschungsvorhabens, Bereiche beim Rückbau und Recycling von WEA zu ermitteln, die einer behördlichen Überwachung bedürfen und/oder in denen verbindliche Anforderungen sinnvoll sind, erfolgte die Befragung mit folgenden Zielen:

- ▶ Erfahrungen/Genehmigungspraxis beim Rückbau von WEA
- ▶ Regelungsbedarf aus Sicht der Behörden
- ▶ Praktische Schwierigkeiten bei Genehmigung und Überwachung des Rückbaus von WEA
- ▶ Eignung technischer Regelungen für den Rückbau

Um diese Informationen zu erhalten, wurde auf Grundlage theoretischer Vorüberlegungen ein Fragebogen konzeptioniert. Die Gestaltung des Fragebogens erfolgte dabei anknüpfend an die eigenen Erfahrungen der Autor\*innen, den im UBA Text 117/2019 dargelegten Erkenntnisse und insbesondere auf Grundlage der Ergebnisse einer Auswertung der parlamentarischen Anfragen im Bund und den Ländern zum Themenbereich des Rückbaus und Recyclings von WEA. Die parlamentarischen Anfragen wurden für den Zeitraum der zurückliegenden 30 Jahre ausgewertet, soweit die online verfügbaren Parlamentsdatenbanken diesen Zeitraum abdeckten.

Die so gefundenen Erkenntnisse wurden in Fragen überführt und in neun Fragegruppen kategorisiert. Jeder dieser Gruppen wurden dabei eine der nachfolgend wiedergegebenen übergeordnete Leitfrage zugeordnet:

- ▶ Fragegruppe 1: Welche Erfahrungen bestehen hinsichtlich der Verlängerung der Betriebsdauer von WEA?
- ▶ Fragegruppe 2: Ist der tatsächliche Rückbau der WEA (finanziell) sichergestellt?
- ▶ Fragegruppe 3: Welche Anforderungen und Vorgaben für den Rückbau bestehen seitens der Behörden?
- ▶ Fragegruppe 4: Wie wird bzw. wurde der Rückbau durchgeführt?
- ▶ Fragegruppe 5: Wie und an welchen Stellen erfolgt eine behördliche Überwachung des Rückbaus?
- ▶ Fragegruppe 6: Wie gestaltet sich die Übermittlung rückbaurelevanter Informationen?
- ▶ Fragegruppe 7: Wird die umweltgerechte Entsorgung von WEA (ohne Rotorblätter) behördlich überwacht?
- ▶ Fragegruppe 8: Welche Kosten verursacht der Rückbau von WEA in Zukunft?
- ▶ Fragegruppe 9: Wo liegen aus Sicht der Behörde aktuelle Probleme beim Rückbau von WEA und welche Maßnahmen wären wünschenswert?

Der für die Behördenbefragung genutzte Fragebogen findet sich unter Anhang A.3



## A.2 Durchführung der Befragung und Umfang der Rückmeldungen

Erreicht werden sollte durch die Befragung ein bundeslandübergreifendes, möglichst repräsentatives Bild der behördlichen Erfahrungen. Aus diesem Grund wurde der Fragebogen einerseits an die 16 Landesministerien (LAI-Verteiler) versendet. Darüber hinaus erfolgte der Versand an verschiedene nach dem Immissionsschutzrecht zuständigen Genehmigungsbehörden aus allen Bundesländern. Die Auswahl der befragten Genehmigungsbehörden erfolgte dabei in zwei Schritten. Im ersten Schritt wurden die Bundesländer ermittelt, in denen die immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbehörde für WEA auf (Regierungs-)Bezirksebene oder Landesebene angesiedelt ist. In diesen Bundesländern wurde der Fragebogen an alle Genehmigungsbehörden versendet. Soweit die Zuständigkeit für die immissionsschutzrechtliche Genehmigung für WEA in einigen Bundesländern auf Ebene der Landkreise liegt, wurden in diesen Bundesländern je drei Behörden angeschrieben. Um auch hier ein möglichst präzises Bild zu erhalten, wurden die Behörden so gewählt, das je Bundesland zum einem zwei Landkreise angeschrieben wurden, in denen vergleichsweise viele WEA errichtet sind. Zum anderen wurde ein weiterer Landkreis angeschrieben, in dem wenige WEA errichtet wurden. Insgesamt wurden so 36 Genehmigungsbehörden ermittelt und befragt.

Aufgrund der ersten Rückmeldungen der Behörden, wonach diese diverse der abgefragten Informationen nicht bereitstellen können, wurde die Befragung auf Bauaufsichtsbehörden erweitert.

Über die unmittelbar befragten Behörden hinaus, wurde der Fragebogen durch einzelne der angeschriebenen Ministerien an die nachgelagerten Behörden mit der Bitte um Beantwortung weitergeleitet. Hierdurch hat der Fragebogen eine sehr weitgehende Verbreitung erfahren. Das genaue Ausmaß der Verbreitung ist für die Autor\*innen nicht zu ermitteln, weshalb keine Aussagen zur Rücklaufquote getroffen werden kann.

Fest steht, dass insgesamt 101 inhaltliche Rückmeldung von Behörden aus nahezu allen Bundesländern eingegangen sind. Bei 86 dieser Rückmeldungen war der Fragebogen (teilweise) ausgefüllt. Da den befragten Behörden eine anonyme Veröffentlichung der gemachten Aussagen zugesichert wurde, werden diese nicht im Detail benannt.

### A.3 Fragebogen

Forschungsvorhaben

Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

*Bitte beachten Sie, dass die Fragen des Rückbaus und der Entsorgung von Rotorblättern nicht Bestandteil dieses Forschungsprojekts sind. Diese Aspekte können bei der Beantwortung des Fragebogens daher außer Acht gelassen werden.*

**Allgemeine Angaben**

Name der Behörde

**Anschrift**

Straße

PLZ

Ort

Bundesland

**Zuständiger Ansprechpartner\* (für etwaige Rückfragen)**

Name, Vorname

Tel.-Nr.

E-Mail



Haben Sie Interesse an weiteren Gesprächen?

Ja  Nein

Haben Sie Interesse an der Teilnahme an einem Bund-Länder-Gespräch zu Fragen des Rückbaus von Windenergieanlagen?

Ja  Nein

\*Die Angabe der Kontaktdaten sind freiwillig. Sofern Sie uns diese mitteilen, werden diese für 12 Monate auf Servern in Deutschland gespeichert. Zugriff hat nur das zuständige EY Engagement Team. Weitere Informationen zum Datenschutz können unter <https://www.ey.com/de/privacy-statement> entnommen werden.

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

1

**Allgemeine Vorfragen: Windenergieanlagen (WEA)**

1. Gibt es in Ihrem örtlichen Zuständigkeitsbereich WEA?

Ja  Nein

Wenn ja: Bitte geben Sie die Anzahl der WEA an (sofern bekannt).



2. Wurden in Ihrem örtlichen Zuständigkeitsbereich bereits WEA zurückgebaut?

Ja  Nein

Wenn ja:

a) Bitte geben Sie an, wie viele Anlagen bisher zurückgebaut wurden.

b) Bitte schlüsseln Sie die zurückgebauten WEA wie folgt auf: WEA-Typ / Leistung / Höhe / Anzahl (Bsp. Typ XYZ / Leistung 50 MW / Höhe 50 m / 12 Stück).



Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

2

3. Wie wurden Sie über Rückbauvorhaben informiert bzw. erlangen davon Kenntnis? (Tatsächliche Kenntniserlangung oder durch Anzeige- bzw. Genehmigungsanträge)

4. Bitten nennen Sie die tatsächlichen Rückbaukosten bis zur vollständigen Entsorgung der WEA, sofern Ihnen diese bekannt sind.

5. Wie hoch waren die ursprünglichen Investitionskosten der bereits zurückgebauten WEA sowie der in den Jahren 2000 bis 2020 errichteten Anlagen?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

3

**Fragegruppe 1: Verlängerung Betriebsdauer / Gutachten zum Weiterbetrieb**

**Leitfrage:** Welche Erfahrungen bestehen hinsichtlich der Verlängerung der Betriebsdauer von WEA?

1. Wurden in Ihrem örtlichen Zuständigkeitsbereich Anträge auf Verlängerung der Betriebsdauer von WEA gestellt?

Ja  Nein<sup>1</sup>

Wenn ja: Bitte geben Sie an, wie viele Anträge dieser Art gestellt wurden.

2. Lassen sich Ihrer Erfahrung nach aus den Gutachten, die einem Verlängerungsantrag beigelegt sind, wiederkehrende Probleme fest machen, die einer Verlängerung der Betriebsdauer entgegenstehen und wenn ja, welche?

3. Gab es Fälle, in denen Sie eine weitere Nutzung der WEA trotz ursprünglich unbefristet erteilter Genehmigung untersagt haben?



Ja  Nein<sup>1</sup>

Wenn ja: Stehen diese Fälle im Zusammenhang mit fehlenden oder fachlich nicht anerkennungsfähigen Gutachten, wie z.B. zum Nachweis über die Standsicherheit?

Ja  Nein

4. Soweit Verlängerungen aus behördlicher Sicht nicht möglich waren bzw. der Weiterbetrieb untersagt wurde: Was waren die Gründe?

<sup>1</sup> Wenn nein: Bitte unmittelbar weiter in Fragegruppe 2.

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

4


**Fragegruppe 2: Sicherstellung des Rückbaus (Sicherheitsleistung)**  
**Leitfrage:** Ist der tatsächliche Rückbau der WEA (finanziell) sichergestellt?

1. Wie wird der Rückbau bereits bei Genehmigungserteilung berücksichtigt? (z.B. Nebenbestimmungen zum Umfang, Entsorgungsvorgaben etc.)

2. Wie lang ist der Zeithorizont zwischen Stilllegung und Rückbau?

3. Werden die Vorgaben aus den Genehmigungsbescheiden hierbei eingehalten, sofern es welche gibt?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen



5

4. Wie stellen Sie (üblicherweise) den Rückbau von WEA sicher?

Baulast im Sinne des § 35 Abs. 5 Satz 3 BauGB

Grundbuchliche Sicherung (z.B. beschränkt persönliche Dienstbarkeit nach § 1090 BGB)

finanzielle Sicherheitsleistung, wenn ja durch

(selbstschuldnerische) Bürgschaft

Konzernbürgschaft

Hinterlegung

Sicherungsmittel nach § 232 BGB

Sonstiges (Bitte benennen)


5. Werden auch mehrere Sicherungsmittel verlangt?

Ja  Nein

Wenn ja: Was sind die Gründe hierfür?

6. Wenn Ihnen mehrere Sicherungsmittel zur Verfügung stehen, welches bevorzugen Sie und warum?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen



6

7. Wurde/wird bei einzelnen WEA auf die Stellung einer Sicherheitsleistung verzichtet?

Ja  Nein

Wenn ja: Aus welchen Gründen wird auf die Sicherheitsleistung verzichtet?

8. Sofern zur Sicherstellung des Rückbaus eine finanzielle Sicherheitsleistung verlangt wird, wie wurde/wird die Höhe der zu erbringenden Leistung berechnet?

individuell je Vorhaben  allgemeine Berechnungsgrundlage („Formel“)

Bitte legen Sie die Berechnungsgrundlage und ggf. die Formel dar und geben Sie an, ob es hierfür eine verwaltungsrechtliche Grundlage gibt.

9. Haben Sie beim Rückbau bereits Sicherungsmittel in Anspruch genommen?

Ja  Nein  Wenn ja: Wie häufig?

Wenn ja: Waren die bestehenden Sicherheitsleistungen in diesen Fällen in der Höhe ausreichend?


Ja  Nein

Wenn nein: Haben sich Sicherheiten als nicht „insolvenzfest“ erwiesen?

Ja  Nein  Wenn ja: Wie häufig?

10. Soweit gestellte Sicherheitsleistungen in der Höhe nicht ausreichend waren: Haben Sie den Rückbau aufgrund nicht ausreichender Sicherheitsleistung als Ersatzvornahme vorgenommen, darauf verzichtet oder nur teilweise zurückgebaut (bspw. wegen einer Umnutzung)?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen




7

11. Wie ist Ihre Erwartung auf Basis Ihrer bisherigen Erfahrung: Decken die gestellten Sicherheitsleistungen die Kosten eines Rückbaus vollständig?

12. Haben Sie Ihre behördliche Praxis zum Stichtag 20.07.2004 verändert (Änderung im BauGB – „Verpflichtungserklärung“ wurde eingeführt)? Wurde z.B. die Berechnungsmethode in den zurückliegenden Jahren seit 2004 angepasst, etwa aufgrund der stetig größer werdenden Anlagen? (Bitte beschreiben Sie ggf. vorgenommene Veränderungen.)

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen





8

**Fragegruppe 3: Behördliche Anforderungen an den Rückbau**  
**Leitfrage:** Welche Anforderungen und Vorgaben für den Rückbau bestehen seitens der Behörden?

1. Gibt es Vorgaben (DIN-Vorschriften, Erlasse etc.) für die folgenden Bereiche, die Sie anwenden bzw. deren Einhaltung Sie dem Rückbaupflichtigen aufgeben? (Wenn zutreffend, Vorgabe bitte nennen bzw. beschreiben)

- Rückbaumfang (allgemein)
- Rückbau von Fundamenten und Nebeneinrichtungen (z.B. Leitungen)
- Anzuwendende Rückbaumethoden
- Produktinformationen durch Hersteller (technische Dokumente / Daten)
- Verarbeitungs-/Zerlegungsmethoden von Komponenten vor Ort
- Einzuleitende Maßnahmen zur Umweltverträglichkeit, z.B. Reduktion von u.a. Staub, Lärm oder Vermeidung von Betriebsstoffaustritten
- Entsorgungswege einzelner Abfallfraktionen
- Qualitätsanforderungen für einzelne Entsorgungswege (z.B. Aufbereitung und Recycling)
- Umgang und Verwendung von zu recycelnden Komponenten und Materialien
- Sonstiges

2. Welche Bedeutung haben technische Anforderungen aus behördlicher Perspektive beim Rückbau?



Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

9

3. Gibt es konkrete Anforderungen an den Turmrückbau (z.B. Rückbaumethode, Lärmschutz, etc.)?

4. Gibt es interne behördliche Anweisungen zum Rückbau von WEA?

5. Welche Nachweise sind für einen ordnungsgemäßen Rückbau vorzulegen (z.B. zu möglichen Auswirkungen auf benachbarte Anlagen und Einrichtungen bei Sprengungen, Unternehmenszertifizierungen, Ausbildungs- und Fortbildungsnachweise, etc.)? Wer muss diese Nachweise erbringen?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  



10

**Fragegruppe 4: Tatsächliche Rückbaupraxis**  
**Leitfrage:** Wie wird bzw. wurde der Rückbau durchgeführt?

1. In welchem Umfang ist der Rückbau von WEA in der Vergangenheit tatsächlich erfolgt (z.B. wurde der Turm vollständig zurückgebaut, wurden WEA stehen gelassen)?

2. Wie wurde der Rückbau der Fundamente in der Vergangenheit tatsächlich durchgeführt? (Wurden die Fundamente vollständig zurückgebaut oder nur bis zu einer bestimmten Tiefe [sofern zutreffend bitte die Tiefe angeben]?)

3. Wurden die "Nebenanlagen" (z.B. Leitungen, Zuwegen) tatsächlich vollständig zurückgebaut?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

11



**Fragegruppe 5: Behördliche Überwachungspraxis**  
**Leitfrage:** Wie und an welchen Stellen erfolgt eine behördliche Überwachung des Rückbaus?

1. Prüfen Sie, ob beauftragte Rückbauunternehmen den Rückbau durchführen können und auch tatsächlich ordnungsgemäß durchführen? Werden erbrachte Nachweise überprüft?

2. Gibt es beim Rückbau spezielle Vorgänge, die angezeigt werden müssen bzw. für die eine spezielle Erlaubnis/Genehmigung vorliegen muss?

3. Werden weitere Behörden in die Überwachung des Rückbaus involviert?

4. Welche Probleme haben sich aus Ihrer Perspektive im Rahmen des Rückbaus ergeben? (Etwa im Vorfeld oder während der Rückbaumaßnahmen, wurden Rückbaumaßnahmen bemängelt?)

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen  

12

**5. Spielen nachfolgende Aspekte für Sie beim Rückbau eine Rolle: (Bitte erläutern)**

Ja  Nein

Kosteneffizienz beim Rückbau (z.B. bei ins Erdreich eingebrachten Pfählen, Baugrundverbesserungsmaßnahmen)

Ja  Nein

Ökologische und ökonomische Aspekte (z.B. beim Rückbau von externen Kabeltrassen)

Ja  Nein



Umnutzungsmöglichkeiten von Nebenanlagen (Zuwegung als Nutzung für z.B. die Landwirtschaft)

Ja  Nein

Die Art des Rückbaus (Sprengen, Umzug etc.)

**6. An welcher Stelle wird weiterer Regelungsbedarf gesehen?**

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

13

**Fragegruppe 6: Rückbaurelevanter Informationsfluss bei der Überwachung**



*Leitfrage: Wie gestaltet sich die Übermittlung rückbaurelevanter Informationen?*

1. Wie und von wem werden rückbaurelevante Informationen für die Überwachung des ordnungsgemäßen Rückbaus der WEA weiterverarbeitet?

2. Über welche Medien und Dokumente werden rückbaurelevante Informationen sowie Nachweise und Genehmigungen zwischen Antragsteller/Anlagenbetreiber, beteiligten Unternehmen und Behörden übermittelt?

3. Wie wird während des Informationsflusses zwischen Antragsteller/Anlagenbetreiber, beteiligten Unternehmen und Behörden die Geheimhaltung und der Datenschutz gewährleistet, um Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse zu schützen?

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

14

**Fragegruppe 7: Entsorgung zurückgebauter WEA**



*Leitfrage: Wird die umweltgerechte Entsorgung von WEA (ohne Rotorblätter) behördlich überwacht?*

1. Erläutern Sie, ob bzw. wie die ordnungsgemäße Entsorgung der beim Rückbau anfallenden Abfälle behördlich überwacht wird (z.B. Vorlage von Entsorgungsnachweisen für alle Abfälle bzw. bestimmte Abfälle).

2. Sofern eine Überwachung nicht durch Sie, sondern eine andere Stelle erfolgt, nennen und beschreiben Sie, ob bzw. in welchem Umfang ein Informationsaustausch erfolgt.

3. Bedarf es zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Entsorgung aus Ihrer Sicht weiterer Regelungen? (Gesetz, Verordnungen, Verwaltungsanweisungen etc.)

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

15

**Fragegruppe 8: Rückbau in Zukunft**



*Leitfrage: Welche Kosten verursacht der Rückbau von WEA in Zukunft?*

1. Wie viele bereits bestehende WEA in ihrem Zuständigkeitsbereich erreichen bis 2040 voraussichtlich das Ende ihrer Lebensdauer?

2. Wie viele WEA werden bis zum Jahr 2025 neu errichtet und für wie viele wurden bereits Genehmigungsanträge gestellt?

3. Wie hoch sind die Investitionskosten für die genehmigte Anlage bis 2025 im Durchschnitt und je Anlage? (Falls vorhanden)

Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA: Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen

16

**Fragegruppe 9: Wünsche und Schwierigkeiten aus Behördenperspektive**

**Leitfrage:** Wo liegen aus Sicht der Behörde aktuelle Probleme beim Rückbau von WEA und welche Maßnahmen wären wünschenswert?

1. Welche einheitlichen Vorgaben sind für den Rückbau (wie ein Realisierungskonzept, Verordnungen oder Gesetze) sinnvoll oder hinderlich? Bitte begründen Sie Ihre Ansicht.

2. Erwarten Sie bzw. in welchen Bereichen erwarten Sie Schwierigkeiten in Bezug auf Genehmigung sowie Rückbau von WEA? Haben Sie eventuell schon Lösungsansätze? (z.B. Datenverfügbarkeit, Datenübermittlung oder Datenschutz)

3. Sind technische Vorgaben, wie z.B. technische Normen für den Rückbau geeignet oder bedarf es Regelungen durch Gesetz, Verordnung oder Erlasse?

4. Sind (weitere) Kooperationen bzw. ein stärkerer Austausch zwischen den Behörden/ Betreibern/ Rückbauunternehmen notwendig, um eine gute Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen sicherzustellen?

5. Halten Sie Rückbaufonds für sinnvoll? Bitte begründen Sie Ihre Ansicht.

6. Ist es aus Ihrer Sicht sinnvoll ein allgemeines Realisierungskonzept für den Rückbau verbindlich vorzugeben?

## B Anhang (Branchenbefragung)

### B.1 Konzeption der Branchenbefragung

Ergänzend zur arbeitspaketübergreifenden Behördenbefragung ist im Rahmen des Kapitels 4 eine Befragung der Abbruch- und Rückbaubranche, der Entsorgungs- und Recyclingbranche sowie von Hersteller\*innen durchgeführt worden. Diese Befragung wurde, anders als die Behördenbefragung, als Online-Befragung mit dem Befragungs-Tool LimeSurvey erarbeitet und versendet. Bei der Online-Befragung handelt es sich um eine „internetbasierte Befragungsmethode“. Diese bietet im Vergleich zur schriftlichen Befragung, die per Mail versendet wird, neue und innovative Möglichkeiten bei der Ausgestaltung der Fragen. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich diese Art der Befragung schneller realisieren lässt und über eine wesentlich kürzere Durchführungszeit verfügt. Darüber hinaus sind die Daten sofort auf dem Server verfügbar und müssen für die Auswertung nicht zusätzlich aufgearbeitet und übertragen werden.

Durch die Branchenbefragung soll insbesondere der Informationsfluss seitens der Abbruch- und Rückbauunternehmen, der Entsorgungs- und Recyclingunternehmen sowie der Hersteller\*innen untersucht werden. Konkreter erfolgte die Branchenbefragung mit folgenden Zielen:

- ▶ Relevante Informationen für den Rückbau und das Recycling
- ▶ Sensibilität relevanter Informationen für den Rückbau und das Recycling
- ▶ Priorisierte Methoden der Informationsweitergabe und Archivierung

Die Methode der Befragung wurde, wie auch bei der Behördenbefragung, gewählt, um einen möglichst umfassenden Einblick in die Rückbaupraxis zu erhalten und im Idealfall einen Querschnitt innerhalb der Akteur\*innengruppen bilden zu können.

Die Branchenbefragung teilt sich in 5 Themenblöcke auf, wie in der folgenden Tabelle dargestellt. Der erste Themenblock umfasst Angaben zu allgemeinen Informationen und Vorerfahrungen in Bezug auf den Rückbau von WEA. Der Zweite Fragebogen bezieht sich auf Demontagekonzepte und Vorbereitungsmaßnahmen, die für den Rückbau und das Recycling der WEA getroffen werden müssen. Anschließend wird die Relevanz von anlagenbezogenen Daten erhoben. Im dritten Frageblock werden Informationen bezüglich der Hochbauten abgefragt. Darauf folgt die Ermittlung der Daten, die sich auf die Tiefbauten beziehen. Im letzten und fünften Frageblock werden Ideen für die Zukunft, möglichen Verbesserungsbedarf sowie allgemeine Anmerkungen der Befragten ermittelt.

Frageblock	Thema	Leitfrage
1	Allgemeine Informationen und Vorerfahrungen beim Rückbau von Windenergieanlagen	Welche Vorerfahrungen bestehen zum Rückbau von onshore-WEA?
2	Demontagekonzept und Vorbereitungsmaßnahmen	Welche Informationen und Kriterien werden als Entscheidungsgrundlage für die Gestaltung des Rückbauprozesses herangezogen, welche Informationen
3	Relevante Informationen der Hochbauten	

Frageblock	Thema	Leitfrage
4	Relevante Informationen der Tiefbauten	sind schützenswert und an welchen Stellen bestehen Informationsdefizite?
5	Ideen für die Zukunft und Verbesserungsbedarf	Wo liegen aus Sicht der Branche aktuelle Probleme beim Rückbau von onshore-WEA und welche Maßnahmen wären wünschenswert, z.B. Weg der Informationsweitergabe?

Da innerhalb derselben Befragung drei verschiedene Akteur\*innengruppen befragt werden, sind die Fragen innerhalb der Umfrage anhand der Zugehörigkeit der Akteur\*innengruppen angepasst worden. Dennoch war bei der Konzeptionierung des Fragebogens von hoher Bedeutung, inhaltlich die gleichen Daten zu erheben, sodass Vergleiche innerhalb der verschiedenen Gruppen gezogen werden können.

Der für die Branchenbefragung genutzte Fragebogen findet sich im Anhang 9.3.

## B.2 Durchführung der Befragung und Umfang der Rückmeldungen

Die Adressat\*innen der Branchenbefragung wurden in einem ersten Schritt über die Verbände RDRWind e.V., den Deutschen Abbruchverband e.V. sowie den Verband Deutscher Baustoff-Recycling-Unternehmen ermittelt. Ergänzend dazu ist eine Internetrecherche vorgenommen worden, um weitere Akteur\*innen zu ergänzen und sicherstellen zu können, dass Adressat\*innen der Branchenbefragung die nötigen Erfahrungen und Expertisen mitbringen. Daraufhin wurde eine Adressliste finalisiert, über die die Umfrage per Mail verteilt worden ist. Darüber hinaus wurden die führenden Hersteller\*innen, die Windenergieanlagen für den deutschen Markt produzieren, kontaktiert. Die Abbruchbranche, die ihren Fokus auf den Rückbau von WEA gelegt hat, sowie die Branche, die sich mit der Entsorgung und dem Recycling von WEA befasst, ist aufgrund der Anzahl der bisher rückgebauten onshore-WEA überschaubar, was dazu führt, dass sich die Anzahl der am Ende kontaktierten Unternehmen und Akteur\*innen auf etwa 30 beläuft.

Von diesen konnten zehn (teilweise) ausgefüllte Rückmeldungen erzielt werden. Davon stammen vier dieser Rückmeldungen von Abbruch- und Rückbauunternehmen, vier Rückläufer von Unternehmen, die sich mit der Entsorgung und dem Recycling von onshore-WEA beschäftigen, und restliche zwei Rückmeldungen von Hersteller\*innen.



### B.3 Fragebogen

#### Branchenbefragung für die Entwicklung eines Konzepts für die Sicherstellung eines ressourcenschonenden Rückbaus von Windenergieanlagen

Liebe Teilnehmer\*innen,

diese Umfrage wird im Rahmen der Studie des Umweltbundesamtes zur Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen zur Sicherung einer guten Praxis bei Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen durchgeführt.

Thematisch wird es in dieser Online-Befragung darum gehen, welche Herstellerinformationen relevant dafür sind, dass sowohl Abriss- und Rückbauunternehmen sowie Entsorgungs- und Recyclingunternehmen einen reibungslosen Rückbau der Windenergieanlagen gewährleisten können. Dabei spielt auch die Position der Anlagenersteller in Bezug auf die Bereitstellung dieser Daten eine wichtige Rolle. Das Ziel ist es anhand der Forschungsergebnisse ein Konzept zu entwickeln, welches einen ressourcenschonenden Rückbau der Windenergieanlagen sicherstellt.

Die Befragung wird ca. 15 Minuten dauern. Für den Erfolg der Befragung ist es wichtig, dass die Fragebögen nach Möglichkeit vollständig ausgefüllt werden. Alle Antworten werden anonym ausgewertet und werden streng vertraulich behandelt. Bitte beantworten Sie die Fragen immer anhand der Erfahrungen Ihres Unternehmens.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

In dieser Umfrage sind 35 Fragen enthalten.

#### Frageblock 1: Allgemeine Informationen und Vorerfahrungen beim Rückbau von Windenergieanlagen

Name des Unternehmens \*

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### Tätigkeitsbereich des Unternehmens \*

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Anlagenherstellung  
 Abbruch- und Rückbau  
 Entsorgung- und Recycling

Bitte wählen Sie lediglich einen Tätigkeitsbereich aus, für den Sie die Umfrage ausfüllen wollen. Wenn Ihr Unternehmen einen weiteren Tätigkeitsbereich hat, besteht die Möglichkeit, ein weiteres Mal in Stellvertretung des anderen Tätigkeitsbereiches an der Umfrage teilzunehmen.

#### Anzahl der von Ihrem Unternehmen zurückgebauten Windenergieanlagen \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

#### Haben Sie Erfahrungen beim Rückbau von Windenergieanlagen mit einer Gesamthöhe von mehr als 50 m? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

Die Gesamthöhe einer Windenergieanlage beschreibt die Höhe vom Mast der Anlage bis zur Rotorblattsitze.

#### Haben Sie Erfahrungen beim Rückbau von Windenergieanlagen mit den folgenden Turmbauarten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein
Gittermasturm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stahlurm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Betonturm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hybridurm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Haben Sie Erfahrungen beim Rückbau von Windenergieanlagen mit den folgenden Fundamentarten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	Ja	Nein
Pfahlgründung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flachfundament	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### Bitte sortieren Sie die folgenden Rückbaumethoden anhand der Häufigkeit, mit der Sie diese angewendet haben. Beginnen Sie oben mit der am häufigsten durchgeführten Rückbaumethode. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Alle Ihre Antworten müssen unterschiedlich sein, und müssen zugeordnet sein.

Bitte wählen Sie maximal 4 Antworten.

Bitte nummerieren Sie jede Box in der Reihenfolge Ihrer Präferenz, beginnen mit 1 bis 4

<input type="text"/>	Mechanischer Rückbau
<input type="text"/>	Umziehen
<input type="text"/>	Sprengen
<input type="text"/>	Fallsprengung

#### Bitte sortieren Sie die Rückbaumethoden der Tiefbauten anhand der Häufigkeit, die diese angewendet wurden. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Alle Ihre Antworten müssen unterschiedlich sein, und müssen zugeordnet sein.

Bitte wählen Sie maximal 2 Antworten.

Bitte nummerieren Sie jede Box in der Reihenfolge Ihrer Präferenz, beginnen mit 1 bis 2

<input type="text"/>	Sprengung
<input type="text"/>	Mechanischer Rückbau

#### Frageblock 2: Demontagekonzept und Vorbereitungsmaßnahmen

Benötigen Sie für eine sichere Entsorgung sowie für das Recycling der Windenergieanlage oder einzelner Komponenten ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

Wie häufig lag in der Vergangenheit ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers vor? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
----- Szenario 1 -----

Antwort war 'Ja' bei Frage '9 [notwendigDemontage]' (Benötigen Sie für eine sichere Entsorgung sowie für das Recycling der Windenergieanlage oder einzelner Komponenten ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers?)

----- oder Szenario 2 -----

Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

● Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Immer  
 Fast immer  
 Oft  
 Fast nie  
 Nie

Wie häufig haben Sie als Anlagenhersteller ein Demontagekonzept vorgelegt?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Anlagenherstellung' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

● Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Immer  
 Fast immer  
 Oft  
 Fast nie  
 Nie

Gingen aus den Demontagekonzepten Angaben zur Art und Menge der Betriebsflüssigkeiten vor? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
----- Szenario 1 -----

Antwort war 'Fast immer' bei Frage '10 [Demontagekonzept]' (Wie häufig lag in der Vergangenheit ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers vor?)

----- oder Szenario 2 -----

Antwort war 'Oft' bei Frage '10 [Demontagekonzept]' (Wie häufig lag in der Vergangenheit ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers vor?)

----- oder Szenario 3 -----

Antwort war 'Immer' bei Frage '11 [Demontagekonzept2]' (Wie häufig haben Sie als Anlagenhersteller ein Demontagekonzept vorgelegt?)

----- oder Szenario 4 -----

Antwort war 'Fast immer' bei Frage '11 [Demontagekonzept2]' (Wie häufig haben Sie als Anlagenhersteller ein Demontagekonzept vorgelegt?)

----- oder Szenario 5 -----

Antwort war 'Oft' bei Frage '11 [Demontagekonzept2]' (Wie häufig haben Sie als Anlagenhersteller ein Demontagekonzept vorgelegt?)

----- oder Szenario 6 -----

Antwort war 'Immer' bei Frage '10 [Demontagekonzept]' (Wie häufig lag in der Vergangenheit ein Demontagekonzept des Anlagenherstellers vor?)

----- oder Szenario 7 -----

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

Welche Schutzmaßnahmen werden ergriffen, um das Eindringen von Betriebsflüssigkeiten in den Boden zu verhindern? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens) und Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [Betriebsflüssigkeit]' (War die Art und die Menge der Betriebsflüssigkeit ein entscheidender Faktor für mögliche Vorbereitungsmaßnahmen?)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

War die Art und die Menge der Betriebsflüssigkeit ein entscheidender Faktor für mögliche Vorbereitungsmaßnahmen? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

Gibt es weitere relevante Aspekte, die für die Wahl von Vorbereitungsmaßnahmen in Ihrem Tätigkeitsfeld relevant sind?

Wenn ja, geben Sie diese im Kommentarfeld an.

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

● Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Weitere Aspekte könnten sein: Einrichtung der Baustelle, Anzahl und Art von Einbauten (Fahrstühle, Elektrotechnik etc.), Informationen zur Trennung vom Netz oder die Entfernung von Verkabelungen etc.

### Frageblock 3: Relevante Informationen der Hochbauten

Hinweis für Abbruch- und Rückbauunternehmen:

Die Fragen aus den Frageblöcken 3 und 4 beziehen sich lediglich auf die von Ihnen am häufigsten angewendete Rückbaumethode (Fragegruppe 1)

**Bewerten Sie, ob die folgenden anlagenspezifischen Informationen für Ihren Tätigkeitsbereich relevant (1) bis irrelevant (5) sind. \***

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' oder 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
WEA-Typ (Typbezeichnung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotordurchmesser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nabenhöhe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht je Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materialmix des Rotorblattes (Materialmix)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil von CFK im Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Nabe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Gondel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Betriebsmittel, Schmiermittel, Getriebeöle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verbaute Industriemagnete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht des Turms	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turmbauart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil Stahl und Beton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzahl der Segmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bewerten Sie, wie relevant Sie die Bereitstellung der folgenden Informationen für den Anlagenrückbau erachten von (1) relevant bis (5) irrelevant. \***

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Anlagenherstellung' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
WEA-Typ (Typbezeichnung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotordurchmesser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nabenhöhe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht je Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materialmix des Rotorblattes (Materialmix)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil von CFK im Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Nabe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Gondel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Betriebsmittel, Schmiermittel, Getriebeöle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verbaute Industriemagnete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht des Turms	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turmbauart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil Stahl und Beton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzahl der Segmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bewerten Sie, wie sensibel die folgenden Informationen sind von (1) sensibel bis (5) unsensibel. \***

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Anlagenherstellung' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
WEA-Typ (Typbezeichnung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotordurchmesser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nabenhöhe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht je Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materialmix des Rotorblattes (Materialmix)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil von CFK im Rotorblatt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Nabe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht der Gondel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Betriebsmittel, Schmiermittel, Getriebeöle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verbaute Industriemagnete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewicht des Turms	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Turmbauart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anteil Stahl und Beton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzahl der Segmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sensibel Informationen sind hierbei Daten, die Sie hinsichtlich Patentrecht, Marktsituation, Firmengeheimnisse, etc. als schützenswert erachten.

**Liegen die im folgenden genannten Herstellerinformationen vor? Werden diese Informationen benötigt, um Maßnahmen zum Umwelt-, Arbeits- und Bodenschutz abzuleiten?**

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' oder 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

	Ja, liegt vor.	Nein, liegt nicht vor.	Ja, liegt in ausreichender Detailtiefe vor.	Nein, liegt nicht in ausreichender Detailtiefe vor.	Ja, ist relevant für Arbeitssicherheit und Umweltschutz.	Nein, ist nicht relevant für Arbeitssicherheit und Umweltschutz.
WEA-Typ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rotordurchmesser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nabenhöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewicht je Rotorblatt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusammensetzung des Rotorblattes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zusammensetzung von CFK innerhalb des Rotorblattes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewicht der Nabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewicht der Gondel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betriebsmittel, Schmiermittel, Getriebeöle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinweise auf Industriemagnete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewicht des Turms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Turmbauart	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Ja, liegt vor.	Nein, liegt nicht vor.	Ja, liegt in ausreichender Detailtiefe vor.	Nein, liegt nicht in ausreichender Detailtiefe vor.	Ja, ist relevant für Umweltschutz und Arbeitssicherheit	Nein, ist nicht relevant für Umweltschutz und Arbeitssicherheit
Anteil Stahl und Beton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segmentierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte kennzeichnen Sie die zutreffenden Aussagen im Textfeld mit einem "x".

Gibt es weitere relevante Aspekte für Ihr Tätigkeitsfeld? Wenn ja, geben Sie diese Aspekte bitte in dem Kommentarfeld an. \*

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:  
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja  
 Nein

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Beispielsweise Informationen zur Verbindungstechnik (geklebt, geschraubt), Hinweise zu Entmagnetsierungstechniken etc.

Frageblock 4: Relevante Informationen der Tiefbauten

Bewerten Sie, ob die folgenden anlagenspezifischen Informationen für Ihren Tätigkeitsbereich relevant (1) bis irrelevant (5) sind. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' oder 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
Gewicht des Fundaments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamenttyp	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamentbezeichnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bewerten Sie, wie relevant Sie die Bereitstellung der folgenden Informationen für den Anlagenrückbau erachten von (1) relevant bis (5) irrelevant. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Anlagenherstellung' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
Gewicht des Fundaments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamenttyp	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamentbezeichnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bewerten Sie, wie sensibel die folgenden Informationen sind von (1) sensibel bis (5) unsensibel. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Anlagenherstellung' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

	1	2	3	4	5
Gewicht des Fundaments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamenttyp	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fundamentbezeichnung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Gibt es weitere relevante Aspekte für Ihr Tätigkeitsfeld? Wenn ja, geben Sie diese bitte im Kommentarfeld an. \*

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:  
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja  
 Nein

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Beispielsweise der Bauart und Materialzusammensetzung etc.

Liegen die im folgenden genannten Herstellerinformationen vorab vor? Werden diese Informationen benötigt, um Maßnahmen zum Umwelt-, Arbeits- und Bodenschutz abzuleiten? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' oder 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

	Ja, liegt vor.	Nein, liegt nicht vor.	Ja, liegt in ausreichender Detailtiefe vor.	Nein, liegt nicht in ausreichender Detailtiefe vor.	Ja, ist relevant für Umweltschutz und Arbeitssicherheit	Nein, ist nicht relevant für Umweltschutz und Arbeitssicherheit
Gewicht des Fundamentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundamenttyp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fundamentbezeichnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte kennzeichnen Sie die zutreffenden Aussagen im Textfeld mit einem "x".

Frageblock 5: Ideen für die Zukunft und Verbesserungsbedarf

Ist die DIN SPEC 4866 (Nachhaltiger Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen) zielführend bzw. ein ausreichendes Instrument, um einen sicheren Rückbau sicherzustellen? Bitte begründen Sie Ihre Position. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Ja' bei Frage \* [DINSPE4866] (Ist Ihnen die DIN SPEC 4866 (Nachhaltiger Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen) bekannt?)

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:  
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja  
 Nein

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Ist Ihnen die DIN SPEC 4866 (Nachhaltiger Rückbau, Demontage, Recycling und Verwertung von Windenergieanlagen) bekannt? \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
----- Szenario 1 -----  
Antwort war 'Entsorgung- und Recycling' oder 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)  
----- oder Szenario 2 -----  
Antwort war 'Immer' oder 'Fast immer' oder 'Off' bei Frage '11 [Demontagekonzept2]' (Wie häufig haben Sie als Anlagenhersteller ein Demontagekonzept vorgelegt?)

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja  
 Nein

Sind technische Vorgaben, wie z.B. technische Normen, geeignet und ausreichend, um einen geregelten und sicheren Rückbau von Windenergieanlagen sowie einzelnen Komponenten zu gewährleisten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:  
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja, diese sind ausreichend.  
 Nein, diese sind nicht ausreichend.

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Sind technische Vorgaben, wie z.B. technische Normen, geeignet und ausreichend, um eine geregelte und sichere Entsorgung und das Recycling von Windenergieanlagen sowie einzelnen Komponenten zu gewährleisten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:  
Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

Ja, diese sind ausreichend.  
 Nein, diese sind nicht ausreichend.

Bitte schreiben Sie einen Kommentar zu Ihrer Auswahl

Bedarf es Ihrer Meinung nach (weitere) Gesetze oder Erlasse, die (verbindliche) Bestimmungen zum Rückbau von Windenergieanlagen sowie deren Komponenten beinhalten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Abbruch- und Rückbau' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Bedarf es Ihrer Meinung nach (weitere) Gesetze oder Erlasse, die (verbindliche) Bestimmungen zur Entsorgung und zum Recycling von Windenergieanlagen sowie deren Komponenten beinhalten?

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:  
Antwort war 'Entsorgung- und Recycling' bei Frage '2 [Tätigkeitsbereich]' (Tätigkeitsbereich des Unternehmens)

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Halten Sie einen Informationsstandard für den Rückbau, die Entsorgung und das Recycling von Windenergieanlagen für angemessen?

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Informationsstandard meint in diesem Zusammenhang, dass bestimmte Herstellerinformationen zwingend vorliegen müssen, sodass die Rückbauunternehmen auf die Daten, die für einen sicheren Rückbau von Windenergieanlagen zurückgreifen können.

Welche Arten der Informationsweitergabe von anlagenspezifischen Informationen erscheinen für Sie am sinnvollsten? Begründen Sie Ihre Meinung.

● Kommentieren wenn eine Antwort gewählt wird

Bitte wählen Sie die zutreffenden Punkte aus und schreiben Sie einen Kommentar dazu:

- Informationsweitergabe über die Anlagengenehmigung
- Informationsweitergabe über das Marktstammdatenregister
- Informationsweitergabe über die technische Dokumentation
- Dokumentation und Archivierung durch Anlagenherstellende

Sollten die relevanten Herstellerinformationen bei der Genehmigung zwingend archiviert werden, um den Rückbauprozess zu systematisieren und zu vereinfachen?

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Haben Sie weitere Anregungen, Kritik und/oder Wünsche, die Sie im Rahmen dieser Umfrage anbringen möchten?

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Umfrage!

Im Rahmen des Projektes des Umweltbundesamtes erfolgt eine Veröffentlichung der Ergebnisse zu einem späteren Zeitpunkt.

Übermittlung Ihres ausgefüllten Fragebogens:  
Vielen Dank für die Beantwortung des Fragebogens.