

Umwelt- und Abfalltechnische Aspekte beim Rückbau von Windenergieanlagen

- **Gefahrstoffe**
- **Beschichtung/Farbe**
 - **Bauschutt**
- **Abfallmengen**

GEOlogik

Wilbers & Oeder GmbH

Münster, Nordrhein-Westfalen

Geschäftsführer Artur Wilbers & Harald Oeder



28 GutachterInnen

2 eigene Bohrteams

Deutschland - Europa



Rückbau/
Gebäudeschadstoffe

Altlasten/Umweltgeologie

Hydrogeologie

Baugrund/
Ingenieurgeologie

www.geologik.de

Gutachtertätigkeiten in (Re-)Powering vorhaben

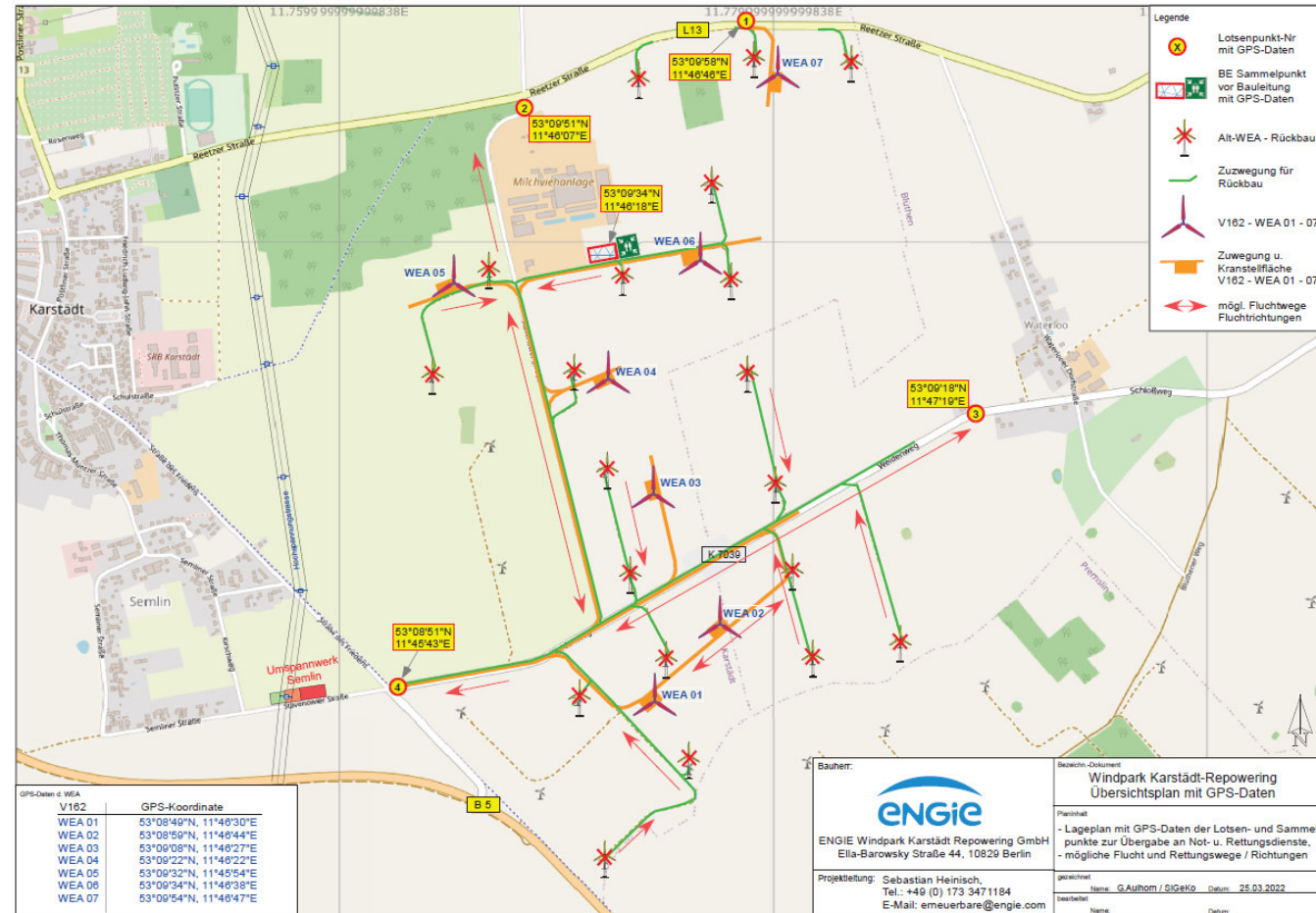
Begutachtung Gebäudeschadstoffe
 WEA

Begutachtung - Rückbau
 Zuwegungen/Kranstellflächen

Ertüchtigung u. Neubau
 Wege/Kranstellflächen

Baugrundgutachten
 WEA/Wege/Kranstellflächen

Begleitung Rückbau/Neubau



Wo fallen Abfälle/RC-/Ersatzbaustoffe in (Re-) Powering Bauvorhaben an?

Kanzel

Rotorblätter

Turm

Stahltürme

Hybridtürme – Stahl + Betonturm

Betontürme

*Recycling oder thermische
Verwertung?*

*Verwertung als RC-Material?
Oder doch Entsorgung?*

Fundamente

Flachgründung / Pfahlgründung

Zuwegung + Kranflächen

Tragschichtmaterial

*Natursteinschotter?
RC-Material?
Bauer Jupp sein Schupp?*

Umspannwerke/Kabeltrassen

Rückbau oder Wiederverwendung?



HAGEDORN

Was muss weg, was kann weg, was soll bleiben?

Alte Einsatzgebiete von RC/Baustoffen => neue Einsatzgebiete von Baustoffen

Gefahrstoffe und Schadstoffe in WEAs

- **Betriebsmittel (Öle und Fette)**
- **Beschichtungen/Farbanstriche mit EOX, selten PCB**
- **Oberflächenschutzsysteme**
(kunststoffmodifizierte 2-Komponenten
Beschichtungen / Epoxidharz)
- **Schutzgas SF 6 (Schwefelhexafluorid)**

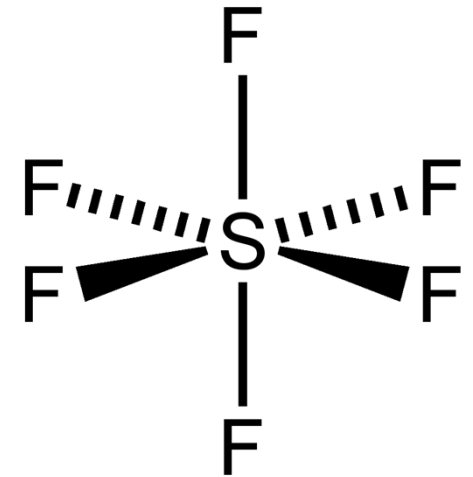
*Sonst übliche Schadstoffe des Hochbaus wie
Asbest, künstl. Mineralfasern, PAK kaum anzutreffen.*



Schutzgas SF 6 (Schwefelhexafluorid)

Schwefelhexafluorid ist eine anorganische chemische Verbindung aus den Elementen Schwefel und Fluor mit der Summenformel SF₆. Wie Stickstoff ist SF₆ unter Normalbedingungen gasförmig, farb- und geruchlos, ungiftig und äußerst reaktionsträge, hat aber die mehr als fünffache Dichte von Luft.

Für eine Windkraftturbine werden unter 3 Kilo des Klimagases verwendet, für ein Umspannwerk mehrere Tonnen.



Quelle: Wikipedia

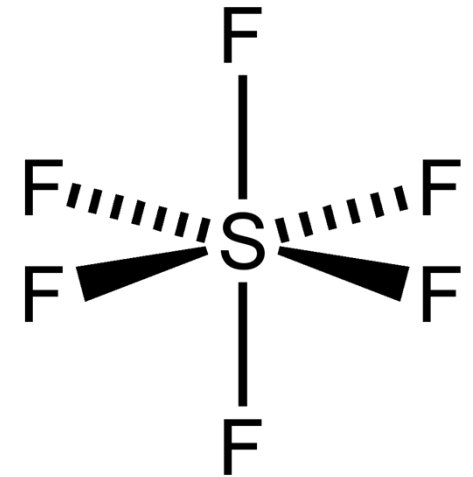
Schutzgas SF 6 (Schwefelhexafluorid)

Schwefelhexafluorid (SF₆) ist das stärkste bekannte Treibhausgas, 23.000 mal so schädlich wie CO₂.

Da es fast unzerstörbar ist, bleibt SF₆ in der Atmosphäre für mehr als 3000 Jahre erhalten.

Kann SF₆ entweichen, wirkt es also extrem lange auf das Klima ein.

Für Menschen ist SF₆ ungiftig.



Quelle: Wikipedia

Farbanstriche mit EOX, selten PCB

- EOX = Extrahierbare organische Halogenverbindungen
- PCB = polychlorierte Biphenyle

z.B. Farbanstriche im unteren Bereich der Türme

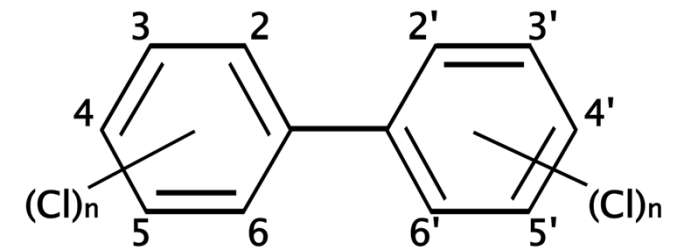


PCB (polychlorierte Biphenyle)

Langlebige chlorierte Kohlenwasserstoffe, die sich in der Nahrungskette anreichern können und in Verdacht stehen, krebserregend zu sein.

PCB kamen bis 1978 in „offenen Systemen“ (Fugen, Farben, etc.) zur Anwendung.

Weiterhin durften PCB bis 1989 in geschlossenen Systemen in Verkehr gebracht werden, etwa in Kleinkondensatoren von Leuchtstofflampen.



EOX (Extrahierbare organische Halogenverbindungen)

Extrahierbare organisch gebundene Halogene umfassen die Gesamtheit der Halogene (Chlor, Brom, Jod), die in organischen Verbindungen enthalten sind.

Auffällige EOX-Gehalte ($> 10 \text{ mg/kg EOX}$) sind grundsätzlich ein möglicher Anhaltspunkt für halogenorganische Schadstoffe im Abfall

Rückstellprobe im Labor qualitativ mittels Gaschromatographie-Massenspektroskopie (GC-MS) untersuchen, Screenings zur Ermittlung ggf. enthaltener halogenorganischer Schadstoffe

EOX (Extrahierbare organische Halogenverbindungen)

Grüner Farbanstrich im Sockelbereich des Betonturms.
Probenahme durch Abspitzen (Beitel).



Quelle: GEOlogik

EOX (Extrahierbare organische Halogenverbindungen)

Analysen- bericht

Labornummer	19211	19212
Analysennummer	147938	147939
Probenbezeichnung	MP2 (Turm, Farbe außen)	MP3 (Turm, Beschichtung innen)
Dimension	[mg/kg TS]	[mg/kg TS]
Trockenmasse [%]	99,3	99,0
Kohlenwasserstoffe n-C ₁₀₋₂₂	4.000	760
Kohlenwasserstoffe n-C ₁₀₋₄₀	4.000	960
EOX	14	140
Arsen	< 1,0	< 1,0
Blei	< 1,0	1,3
Cadmium	< 0,1	< 0,1
Chrom, gesamt	2,0	2,3
Kupfer	4,6	2,7
Nickel	2,2	2,0
Quecksilber	< 0,1	< 0,1
Zink	8,0	43
PCB 28	< 0,01	< 0,01
PCB 52	< 0,01	< 0,01
PCB 101	< 0,01	< 0,01
PCB 138	< 0,01	< 0,01
PCB 153	< 0,01	< 0,01
PCB 180	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (6 Kong.)	n.n.	n.n.



Quelle: GEOlogik

Beprobung des Betons im Sockelbereich des Turms - Probenahme durch Kernbohrung

Fotodokumentation

Bohrkern WEA Nr.: 70322



Bohrkern WEA Nr.: 70322



Bohrkern WEA Nr.: 70323



Zusammenstellen einer Mischprobe aus 3 Kernen für Deklarationsanalyse

Voruntersuchungen für den Rückbau von WEAs

Windpark Karstädt

Analyse WEA Fundamente


Analyse Schotter Wege/KSF



Quelle: GEOlogik

Ertüchtigung von Bestandswegen in Windparks für Schwerlastverkehr

Windpark Zuwegungen und Kranstellflächen




DYNAMISCHER PLATTEN-DRUCKVERSUCH MIT LEICHTEM FALLGEWICHTS-GERÄT NACH TECHNISCHER PRÜFVORSCHRIFT TP BF-StB Teil 88.3-12

Datum:
MI 07.06.2023 13:01:51

Prüfort:
GPS

52° 08,1898' N
010° 25,0213' E

$E_{vd} = 29,9 \text{ MN/m}^2$



t: s: 0,2mm t: 5ms ->

s [mm]	v [mm/s]
4: 0,781	217,6
5: 0,747	209,9
6: 0,730	208,0

Ø 0,753 211,8
s/v= 3,555 ms



Kurzbericht zum Zustand der Wege 02
 Windpark Lövenich
 52441 Linnich

3.6 Weg 126

Oberfläche	<input type="checkbox"/> asphaltiert	<input checked="" type="checkbox"/> befestigt	<input type="checkbox"/> unbefestigt	<input checked="" type="checkbox"/> Mittelbewuchs
Länge	ca. 490 m		Gehrichtung	W → E
Aufbau	0,2-0,3m RC/Naturschotter			
Einstufung Oberbaumaterial gem. LAGA TR Boden (2004)	Z 2			

Bereich	0 m	Schäden	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
			<input type="checkbox"/> klein	<input type="checkbox"/> groß
			<input type="checkbox"/> einseitig	<input type="checkbox"/> beidseitig
		Lastplattendruckversuch	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein
		E _{vd} =		
		s/v-Wert =		
Bemerkung	Zunächst guter Zustand des Weges.			

Empfehlungen:

- Wege Ausbessern
- Tragschichtaufbau verstärken
- Erdplanum aufkonditionieren
- Einmündungen erweitern

Quelle: GEOlogik

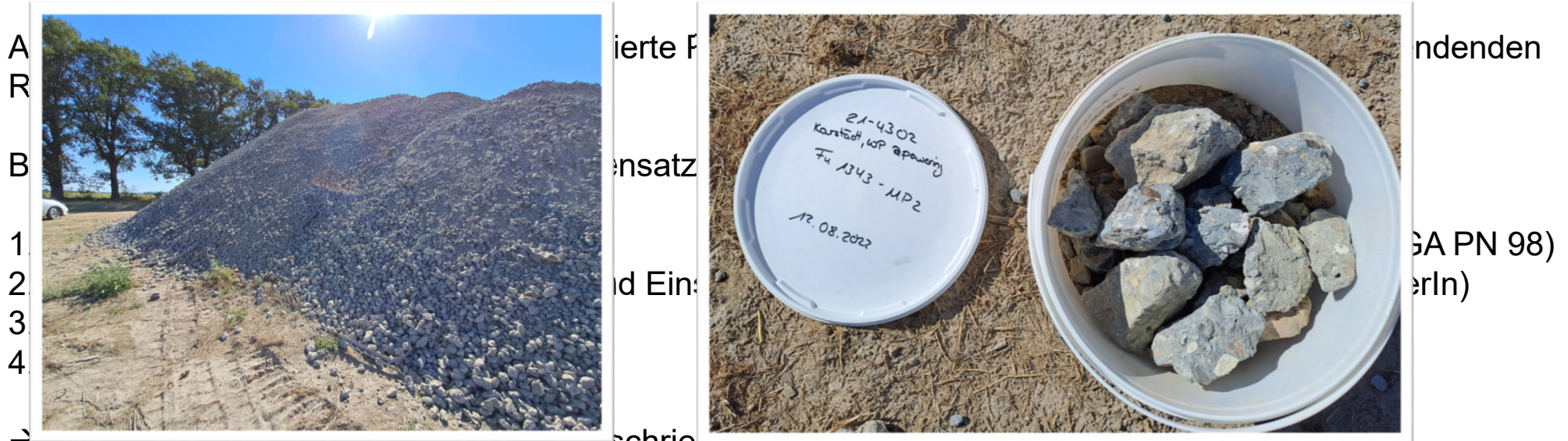
Exkurs - Deklarationsanalytik

Deklarationsanalytik: Probenahme – Analytik – Einstufung → Verwertung

Anforderungen an die Probenahme:

„Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32 **LAGA PN 98** Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen“

- Ziel: Entnahme von repräsentativen Proben zur Charakterisierung des „Abfalls“ durch qualifiziertes Personal
- Definiert Anzahl und Umfang der zu entnehmenden und zu analysierenden Proben



→ Abfall/Recyclingmaterial vollständig beschrieben und kann verwertet/beseitigt werden

Einstufung von RC-/Ersatzbaustoffen: Regeln der Ersatzbaustoffverordnung

§ 3 KrWG Abfälle im Sinne dieses Gesetzes sind **alle Stoffe** oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer **entledigt, entledigen will oder entledigen muss.**



Muss in „**Deklarationsanalyse**“ chemisch untersucht werden



Seit 01.08.2023 neue Mantelverordnung bundesweit!
(ehem. LAGA TR Boden/Bauschutt Z0- Z2 -> EBV BM/BG-F)

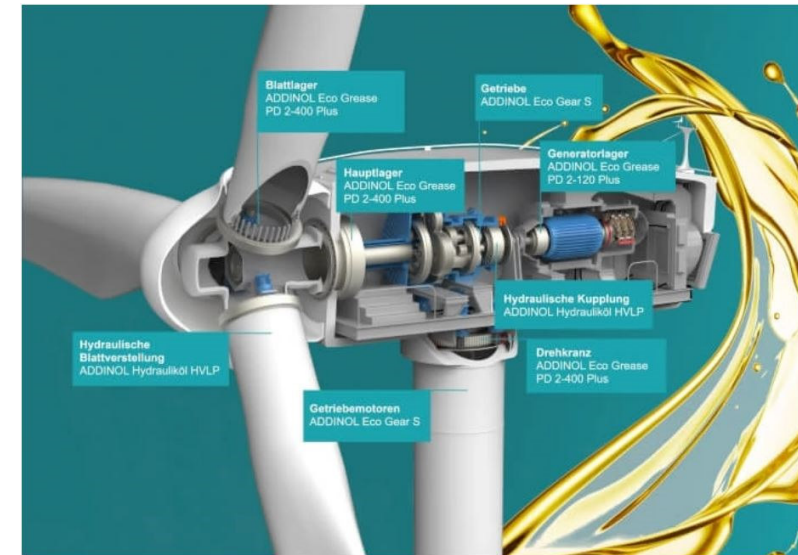


Neue Einstufungswerte für die chemische Eignung von Böden/Recyclingstoffen

- Neue Bundesbodenschutzverordnung (BBoSchV) -> Vorsorgewerte für Oberböden
- Neue Deklarationsanalytik für Böden/Baggergut (Laboranalytik, Parameter, Grenzwerte)
- Neue Vorgaben für das Brechen, die Analyse und Verwendung von Recyclingbaustoffen

Material- / Abfallmengen: Öle, Fette, Kühlflüssigkeiten

- WEA mit Getriebe: Schmiermittelmengen (d.h. Öle + Fette) zwischen 212 und 483 l
- Bei getriebelosen WEA: Schmiermittelmengen (d. h. Öle + Fette) zwischen 28 und 81 l
- WEA ohne Trockentransformatoren: weitere Ölmengen zwischen 350 und 450 l innerhalb der Transformatoren
- Kühlflüssigkeiten zwischen 20 und 750 l.

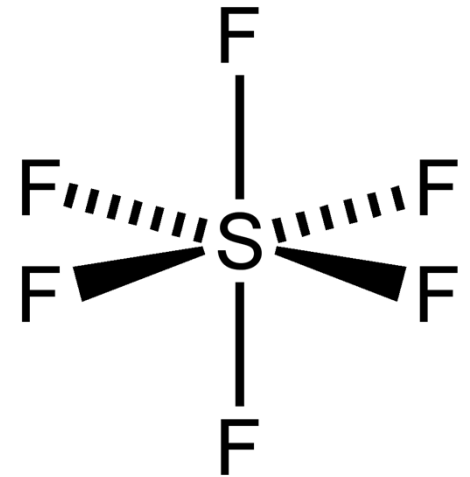


Quelle: ADDINOL Lube Oil GmbH

Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Material- / Abfallmengen: Schutzgas SF 6 (Schwefelhexafluorid)

- Die verwendeten Mengen an SF6 in WEA sind weitgehend unbekannt.
- Angaben des WEA-Herstellers Vestas:
WEA mit 2 bis 3,3 MW ca. 7,2 - 7,3 kg SF6.



Quelle: Wikipedia

Material- / Abfallmengen: Permanentmagnete

Gemäß den verfügbaren Lebenszyklusanalysen des Herstellers Vestas beinhalten die WEA der Grid-Streamer Serie (inkl. Getriebe) etwa folgende Magnetmassen je MW:

- | | | |
|------------|---------------|----------------|
| ➤ V80-2.0 | ca. 180 kg/MW | (LCA V80-2.0) |
| ➤ V90-2.0 | ca. 180 kg/MW | (LCA V90-2.0) |
| ➤ V90-3.0 | ca. 78 kg/MW | (LCA V90-3.0) |
| ➤ V112-3.0 | ca. 162 kg/MW | (LCA V112-3.0) |

Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Material- / Abfallmengen: Beschichtung + Farben

Lacken und Beschichtungen werden gemäß der LCA des Hersteller Vestas in folgendem Umfang eingesetzt:

➤ V80-2.0 (80 m NH)	ca. 520 kg/WEA	(LCA V80-2.0)
➤ V90-2.0 (80 m NH)	ca. 280 kg/WEA	(LCA V90-2.0)
➤ V90-3.0 (80 m NH)	ca. 1.230 kg/WEA	(LCA V90-3.0)
➤ V112-3.0 (84 m NH)	ca. 760 kg/ WEA	(LCA V112-3.0)
➤ V112-3.3 (84 m NH)	ca. 1.480 kg/ WEA	(LCA V112-3.3)
➤ V117-3.3 (91,5 m NH)	ca. 1.820 kg/ WEA	(LCA V117-3.3)
➤ V126-3.3 (117 m NH)	ca. 1.940 kg/ WEA	(LCA V126-3.3)

Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Material- / Abfallmengen: Rotorblätter

Tabelle 31: Stoffliche Zusammensetzung von Rotorblättern

Stoff	(Pehlken 2017)	(Umsicht 2017)	(Anderson 2015)
Glasfaser	40,6%	35 – 75%	80 – 95% (GFK)
Kohlefaser	k.A.		0 – 10% (CFK)
Harz	37,9%	30 – 50%	bereits enthalten
Stahl	k.A.	< 5 %	2-9%
Aluminium	0,6%	(Fe- & NE-Metalle)	0 – 1%
Kupfer	k.A.		k.A.
Polyamid	1,4%	k.A.	0 – 15%
Polyethylen	4,2%	k.A.	
PU-Hartschaum	5,2%	< 5 %	
PVC	2,4%	k.A.	
Lack	3,4%	< 5 %	k.A.
Gummi	1,0%	k.A.	k.A.
Holz	k.A.	< 5 %	k.A.
Sonstiges	3,1%	k.A.	k.A.

Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Material- / Abfallmengen: Stahlbeton / Stahl



Material- / Abfallmengen: Stahlbeton / Stahl

Basierend auf 22 verschiedenen Hybridtürmen, wurde folgende Gewichtsverteilung ermittelt:

- | | |
|----------------------|---------------|
| ➤ 80 m ≤ NH < 100 m | 540 - 890 t |
| ➤ 100 m ≤ NH < 120 m | 980 - 1100 t |
| ➤ 120 m ≤ NH < 140 m | 1040 - 1600 t |
| ➤ 140 m ≤ NH | 1190 - 2020 t |

Stofflich entfallen hierbei ca. 84–88% auf Stahlbeton. Die restlichen Gewichts-Anteile sind primär durch Stahl (aus den Stahlturmsegmenten und dem Bewehrungsstahl) bestimmt.

Außerdem befinden sich, sowohl in Stahlrohtürmen als auch in Hybridtürmen, Einbauten wie Plattformen, Leitern oder Schienensystem. Diese Einbauten bestehen typischerweise aus Aluminium (ca. 0,5 bis 5 t) und ggf. weiterem Stahl.

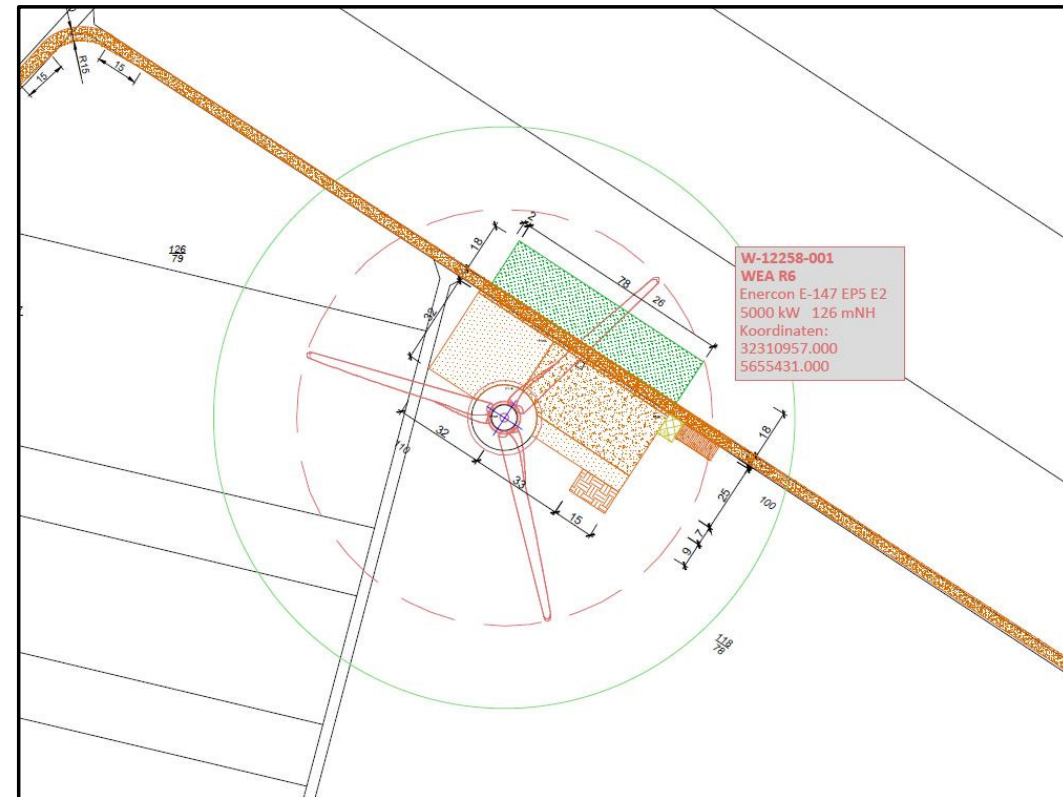
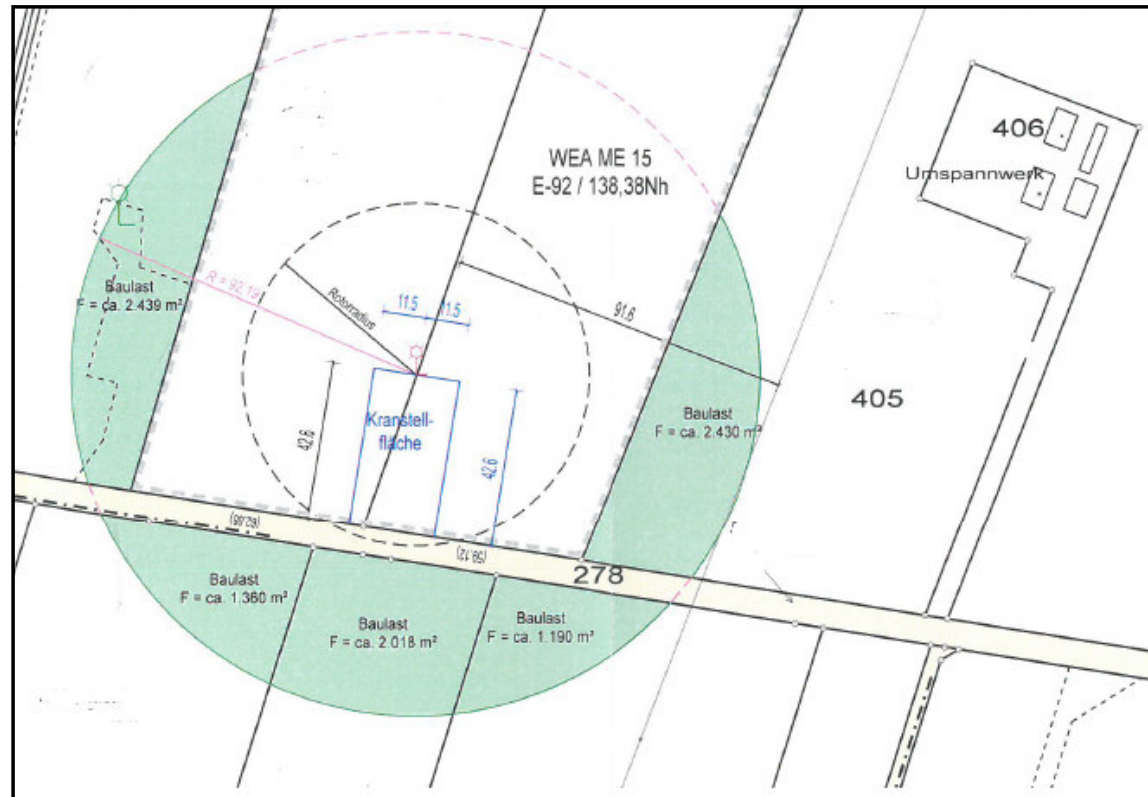
Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Material- / Abfallmengen: Betonfundamente

➤ $100 \text{ m} \leq \text{GH} < 120 \text{ m}$	510 – 800 t
➤ $120 \text{ m} \leq \text{GH} < 140 \text{ m}$	730 – 1370 t
➤ $140 \text{ m} \leq \text{GH} < 160 \text{ m}$	830 – 1830 t
➤ $160 \text{ m} \leq \text{GH} < 180 \text{ m}$	1260 – 1740 t
➤ $180 \text{ m} \leq \text{GH} < 200 \text{ m}$	1290 – 1930 t
➤ $200 \text{ m} \leq \text{GH}$	1620 – 2380 t

Quelle: Umweltbundesamt: Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. TEXTE 117/2019

Die Angst des Landwirts vor dem RC-Einbau !!!



M. Sc. Geow. Jan Unverfärth

GEOlogik

Wilbers & Oeder GmbH

Umwelt-, Ingenieur-, Hydrogeologie
Planung Beratung Gutachten

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit

www.geologik.de

HAGEDORN

Einstufung von RC-/Ersatzbaustoffen: Regeln der Ersatzbaustoffverordnung

§ 3 KrWG Abfälle im Sinne dieses Gesetzes sind **alle Stoffe** oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer **entledigt, entledigen will oder entledigen muss.**



Muss in „**Deklarationsanalyse**“ chemisch untersucht werden



Seit 01.08.2023 neue Mantelverordnung bundesweit!
(ehem. LAGA TR Boden/Bauschutt Z0- Z2 -> EBV BM/BG-F)



LAGA

VS.

EBV

Parameter	Einheit	Zuordnungswerte TR Boden (2004) - Feststoff						
		Z 0 (Sand)	Z 0 (Schluff)	Z 0 (Ton)	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
min. FBT	Vol.-%	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10
Arsen	mg/kg	10	15	20	15 (20)	45	45	150
Blei	mg/kg	40	70	100	140	210	210	700
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1 (1,5)	3	3	10
Chrom ges.	mg/kg	30	60	100	120	180	180	600
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	120	120	400
Nickel	mg/kg	15	50	70	100	150	150	500
Quecksilber	mg/kg	0,1	0,5	1	1,0	1,5	1,5	5
Thallium	mg/kg	0,4	0,7	1	0,7 (1,0)	2,1	2,1	7
Zink	mg/kg	60	150	200	300	450	450	1.500
Cyanide ges.	mg/kg	-	-	-	-	3	3	10
TOC	M%	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	1,5	1,5	5
EOX	mg/kg	1	1	1	1	3	3	10
KW (C ₁₂ -C ₂₂)	mg/kg	100	100	100	200	300	300	1.000
KW (C ₁₀ -C ₂₀)	mg/kg	-	-	-	400	600	600	2.000
BTEX	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1
LHKW	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1
PCB ₇	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
PCB ₇	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-
PAK ₁₆	mg/kg	3	3	3	3	3	9	30
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3

Parameter	Einheit	Materialwerte Ebv (2021) - Feststoff								
		BM-0 (Sand)	BM-0 (Schluff)	BM-0 (Ton)	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	
min. FBT	Vol.-%	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 50	bis 50	bis 50	bis 50	
Arsen	mg/kg	10	20	20	20	40	40	40	150	
Blei	mg/kg	40	70	100	140	140	140	140	700	
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1	2	2	2	10	
Chrom ges.	mg/kg	30	60	100	120	120	120	120	600	
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	80	80	80	320	
Nickel	mg/kg	15	50	70	100	100	100	100	350	
Quecksilber	mg/kg	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5	
Thallium	mg/kg	0,5	1,0	1,0	1,0	2	2	2	7	
Zink	mg/kg	60	150	200	300	300	300	300	1.200	
Cyanide ges.	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOC	M%	1	1	1	1	5	5	5	5	
EOX	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	
KW (C ₁₂ -C ₂₂)	mg/kg	-	-	-	300	300	300	300	1.000	
KW (C ₁₀ -C ₂₀)	mg/kg	-	-	-	600	600	600	600	2.000	
BTEX	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	
LHKW	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	
PCB ₇	mg/kg	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	
PCB ₇	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1	-	-	-	-	
PAK ₁₆	mg/kg	3	3	3	6	6	6	9	30	
Benzo(a)pyren	mg/kg	1	1	1	1	-	-	-	-	

Einstufung von RC-/Ersatzbaustoffen: Regeln der Ersatzbaustoffverordnung

Seit 01.08.2023 neue Mantelverordnung bundesweit!
(ehem. LAGA TR Boden/Bauschutt Z0- Z2 → EBV BM0/BG-F0)

Neue Einstufungswerte für die chemische Eignung von Böden/Recyclingstoffen

Neue Vorgaben für die Eignung von RC/Ersatzbaustoffen für einzelne Bauvorhaben



Einbauweise		Recycling-Baustoff der Klasse 3 (RC-3)					
		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht					
		außerhalb von Wasserschutzbereichen un- günstig			innerhalb von Wasserschutzbereichen günstig		
	Sand	Lehm, Schluff, Ton	WSG III A HSG III	WSG III B HSG IV	Wasser- vorranggebiete		
	1	2	3	4	5	6	
1	Decke bitumen- oder hydraulisch gebunden, Tragschicht bitumengebunden	+	+	+	+	+	+
2	Unterbau unter Fundament- oder Bodenplatten, Bodenverfestigung unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln unter gebundener Deckschicht	+	+	+	+	+	+
4	Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter gebundener Deckschicht	+	+	+	-	+	+
5	Asphalttragschicht (teilwasserdurchlässig) unter Pflasterdecken und Plattenbelägen, Tragschicht hydraulisch gebunden (Dränbeton) unter Pflaster und Platten	+	+	+	-	+	+
6	Bettung, Frostschutz- oder Tragschicht unter Pflaster oder Platten jeweils mit wasserundurchlässiger Fugenabdichtung	+	+	+	+	+	+
7	Schottertragschicht (ToB) unter gebundener Deckschicht	-	-	-	-	-	-
8	Frostschuttschicht (ToB), Baugrundverbesserung und Unterbau bis 1 m ab Planum jeweils unter gebundener Deckschicht	-	-	-	-	-	-
9	Dämme oder Wälle gemäß Bauweisen A - D nach MTSE sowie Hinterfüllung von Bauwerken im Böschungsbereich in analoger Bauweise	+	+	+	-	+	+
10	Damm oder Wall gemäß Bauweise E nach MTSE	-	-	-	-	-	-
11	Bettungssand unter Pflaster oder unter Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
12	Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
13	ToB, Baugrundverbesserung, Bodenverfestigung, Unterbau bis 1 m Dicke ab Planum sowie Verfüllung von Baugruben und Leitungsgräben unter Deckschicht ohne Bindemittel	-	-	-	-	-	-
14	Bauweisen 13 unter Plattenbelägen	-	-	-	-	-	-
15	Bauweisen 13 unter Pflaster	-	-	-	-	-	-
16	Hinterfüllung von Bauwerken oder Böschungsbereich von Dämmen unter durchwurzelbarer Bodenschicht sowie Hinterfüllung analog zu Bauweise E des MTSE	-	-	-	-	-	-
17	Dämme und Schutzwälle ohne Maßnahmen nach MTSE unter durchwurzelbarer Bodenschicht	-	-	-	-	-	-

Einstufung von RC-/Ersatzbaustoffen: Regeln der Ersatzbaustoffverordnung

Neue Regeln für das Erstellen von RC!

Soll ein RC-Schotter vor Ort gebrochen werden, ist nach neuer Mantelverordnung ein **Eignungsnachweis** nötig:

- Erstprüfung, Probenahme RC, Einstufung der Analyseergebnisse (incl. Aufwändiges Säuleneluat im zertifizierten Labor)
- Betriebsbeurteilung (Personal, Funktionstest, Emission etc.)
- Prüfzeugnis



Probleme:

- Nachweis muss von RapStra zertifiziertem Büro durchgeführt werden (sind rar)
- Laboranalysen sind aufwändiger (mehrere Wochen) durch die Erstellung von Eluaten (vorher nicht benötigt)
- Neue Prüfwerte sind strenger (z.B. PAK)
- Mit Behörden sind nur in Ausnahmen Einzelfallabstimmungen möglich
- Aktuell noch keine klare Handhabe

Ertüchtigung von Bestandswegen in Windparks für Schwerlastverkehr

Kranstellflächen für den Rückbau



Verdichtungsanforderungen an eingebaute Tragschichten



GEOlogik Wilbers & Oeder GmbH Feldstiege 98 · 48161 Münster Tel.: 02533-93433-0 · Fax: -90				Anlage: 2.1	
Plattendruckversuch nach DIN 18134 - 300				Bericht: St. 04	
Projekt-Nr.:	21-4406	Messstelle:	LFDstat 1	Nr.: 1	
Bauvorhaben:	Windpark (WEA)	Messhorizont:	OK-ST5		
Lagerort:	KSF4	Lage:	OK-KFS		
Prüfer:	ju	Bodenart:	Schotter		
Datum:	27.07.2023	Wassergehalt:	nass		
Uhrzeit:	12:40	Wetter:	17°C		
Normalspannung	Last	Ablesewert	Setzung der Lastplatte	Randbedingungen der Versuchdurchführung:	
σ_n [MN/m ²]	F [kN]	s_w [0,01 mm]	s [mm]	Setzungsmessrichtung mit axial verschiebbarem Testarm	
0,010	0,71	0	0,00	Hebelverhältnis: 1,25	
0,080	5,65	16	0,36	Durchm. Lastplatte [mm]: 300	
0,160	11,31	34	0,88	Plattenunterlage: Sand	
0,250	17,67	50	1,00	Erstbelastung	
0,330	23,33	61	1,22	$\sigma_{cr,1}$ [MN/m ²]: 0,500	
0,420	29,69	75	1,50	a_0 [mm]: 0,036	
0,600	39,34	85	1,70	a: [mm/(MN/m ²)]: 4,283	
				a ₂ [mm/(MN/m ²)]: -1,820	
Entl.	0,250	17,67	78	1,56	Zweitbelastung
	0,125	8,84	72	1,44	$\sigma_{cr,2}$ [MN/m ²]: 0,500
	0,010	0,71	50	1,00	a_0 [mm]: 0,065
	0,080	5,65	62	1,24	a: [mm/(MN/m ²)]: 2,927
	0,160	11,31	70	1,40	a ₂ [mm/(MN/m ²)]: -3,072
	0,250	17,67	78	1,62	
	0,330	23,33	80	1,60	
	0,420	29,69	85	1,70	
Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung					
Verformungsmodul	E_{cr} [MN/m ²]	$E_{cr,2}$ [MN/m ²]	$E_{cr}/E_{cr,2}$		
Messergebnis:	67,7	159,3	2,36		
Prüfkriterium:	Gem. Angabe der Bauleitung				
	s > 120,0 < 2,30				
Beurteilung:	Ev2-Werte erreicht. Verhältnis leicht erhöht.				
Bemerkung:	Ev2 passt. Verhältnis aufgrund von nasser Oberfläche leicht erhöht.				

Lastplattendruckversuch



Quelle: GEOlogik

Ertüchtigung von Bestandswegen in Windparks für Schwerlastverkehr

Windpark Lövenich - Zuwegungen



Quelle: GEOlogik

Einbau von RC/Ersatzbaustoffen:

- Fachgerechter Umgang mit Oberböden (Schützenswertes Gut)
- Empfehlungen für das Verbessern des Erdplanums (z.B. 17 kg/m² 50/50 Kalkzementmischbinder, Geogitter, Bodenfließ)
- Lagenweise verdichteter Tragschichtaufbau (2x25 cm)
- Vorgabe für Schwerlastverkehr:
 - $E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$
 - Verhältniswerte $E_{v1}/E_{v2} = 2,5$