



Forum 12

*Fundamente | Türme |
Infrastruktur von WEA*

29. Windenergietage 2021 | Potsdam | 10.- 12.11.2021 |

Sparfundamente – weniger Beton, weniger CO₂, mehr Risiko?

29. Windenergietage 2021 | Potsdam | 10.- 12.11.2021 |

Dipl.Ing.(FH) Timo Poetschke |

Sachverständiger für WEA Fundamente, Gründungen und Tragwerke |

Mitglied im Verband deutscher Betoningenieure |

8.2 Group die Sachverständigen der Erneuerbaren Energien

Erstes 8.2 Büro 1995 gegründet |

Aktuell 34 unabhängige 8.2 Niederlassungen in Europa, Asien, Südamerika |

Einsätze weltweit in den folgenden Bereichen

- **Windenergie** – Onshore, Offshore - Beratung bei Projektplanung (TDD), Fertigungs- und Bauüberwachung (Infrastruktur, Fundamente , Türme, WEA-Errichtung), Inbetriebnahmegutachten und Beratung zur WEA Abnahme, Wiederkehrende Prüfung (WKP), ZOP, Technische Prüfungen - Schadensgutachten, online Monitoring (CMS), Gutachten für den Weiterbetrieb von WEA nach 20 Jahren |
- **Photovoltaik** – Ertragsgutachten, TDD, Technische Prüfungen - Schadensgutachten, Betriebsoptimierung, Gebäudeintegration PV (GIPV) |
- **Netzintegration** – Anlagenzertifikate für WEA, PV, BHKW, Turbinen, ORC Anlagen und Konformitätsprüfung nach Inbetriebnahme |
- **QHSE** – QHSE Beratung, Brandschutz, QHSE Prüfungen, e-Learning |

Sachverständiger für WEA Fundamente, Gründungen und Tragstrukturen

Dipl.Ing.(FH) Timo Poetschke

Mitglied im Verband deutscher Betoningenieure |

aktiv: im FGW - AK Gründung und Tragstrukturen der TR7 B3 | im BWE - AK Tragstrukturen |

Bauingenieur, Betriebswirt HWK, Qualitätsmanagementbeauftragter (DGQ) |

Erfahrungen in der Windbranche

- 6 Jahre Manager Civil Engineering - Enron Wind/ GE Wind Energy |
- 2.5 Jahre Technischer Leiter - Instandsetzungsfirma Solido Bautenschutz |
- 10.5 Jahre unabhängiger Sachverständiger / Geschäftsführer – 8.2 Ing.Büro Münster |

Sachverständiger für WEA Fundamente, Gründungen und Tragstrukturen

Dipl.Ing.(FH) Timo Poetschke

Mitglied im Verband deutscher Betoningenieure |

aktiv: im FGW - AK Gründung und Tragstrukturen der TR7 B3 | im BWE - AK Tragstrukturen |

Bauingenieur, Betriebswirt HWK, Qualitätsmanagementbeauftragter (DGQ) |

Tätigkeitsbereiche in der Windbranche

- Bauüberwachung – Infrastruktur, Fundamente, Türme, WEA-Errichtung |
- Gutachten bei Schäden an Fundamenten, Vergussfugen, Türmen von WEA |
- Erstellung von Instandsetzungskonzepten und Überwachung von Instandsetzungsarbeiten an WEA Fundamenten und Türmen |
- Bewegungsmessungen an Türmen mit gelöster Einspannung im Fundament |

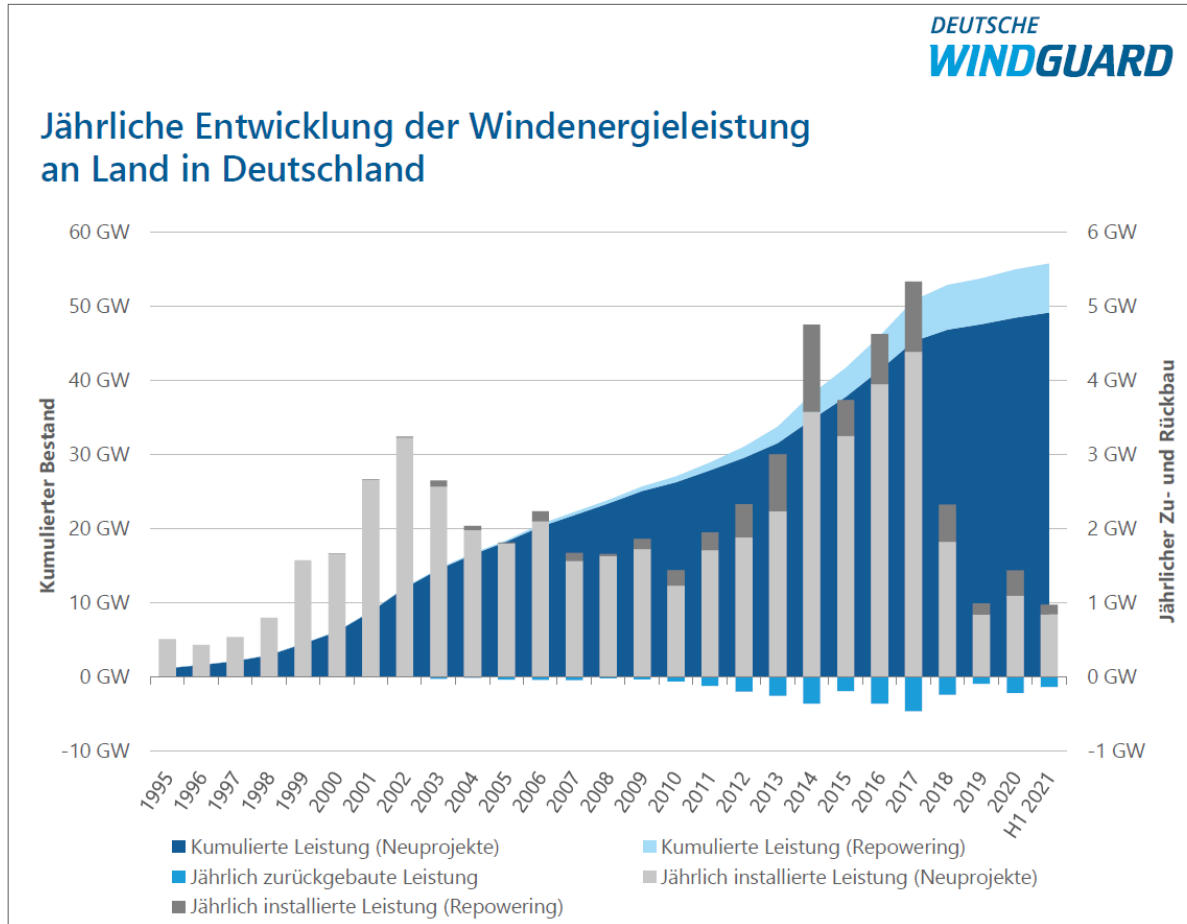
o. Vortragsinhalt

Themen im Vortrag

- 1. Überblick WEA Neubausituation in Deutschland |
- 2. Sparfundamente |
- 3. Gegenüberstellung |
- 4. Bauüberwachung / Wartung |
- 5. Fazit |

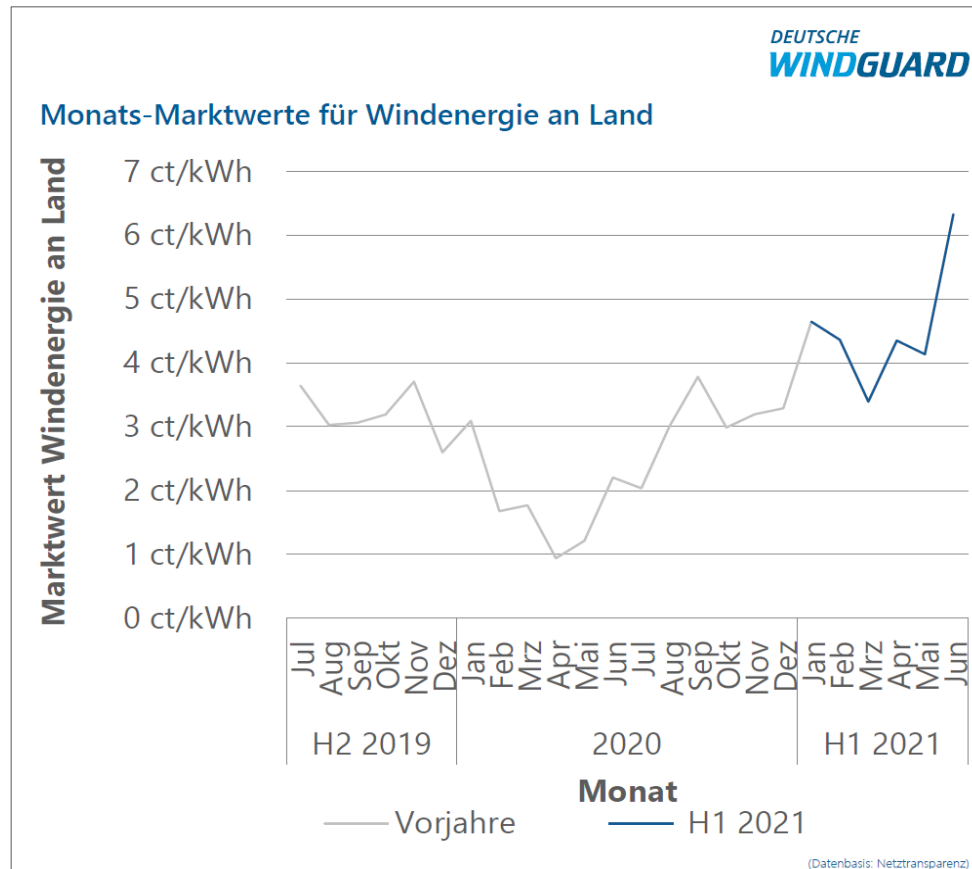
1. Überblick - WEA Neubausituation in Deutschland

Aktuell liegt der WEA Zubau seit 3 Jahren etwa auf dem Niveau vor der Einführung des EEG



1. Überblick - WEA Neubausituation in Deutschland

Um in den Ausschreibungen oder am Strommarkt erfolgreich zu sein, werden immer effizientere WEA mit geringeren Investitions- und Betriebskosten pro kWh benötigt.



Quelle: [Halbjahr 2021 - Deutsche WindGuard GmbH](#)

1. Überblick - WEA Neubausituation in Deutschland

Um in den Ausschreibungen oder am Strommarkt erfolgreich zu sein, werden immer effizientere WEA mit geringeren Investitions- und Betriebskosten pro kW/h benötigt.

- *Zum Erreichen dieses Ziels wird von den WEA-Herstellern eine hohe Innovationsleistung gefordert. - Gleichzeitig werden in Deutschland nur geringe WEA-Stückzahlen installiert |*

1. Überblick - WEA Neubausituation in Deutschland

Um in den Ausschreibungen oder am Strommarkt erfolgreich zu sein werden immer effizientere WEA mit geringeren Investitions- und Betriebskosten pro kW/h benötigt.

- Zum Erreichen dieses Ziels wird von den WEA-Herstellern eine hohe Innovationsleistung gefordert. - Gleichzeitig werden in Deutschland nur geringe WEA-Stückzahlen installiert |*
- Innovationskosten der WEA-Hersteller können unter diesen Bedingungen nicht aus dem laufenden Betrieb gedeckt werden |*

1. Überblick - WEA Neubausituation in Deutschland

Um in den Ausschreibungen oder am Strommarkt erfolgreich zu sein werden immer effizientere WEA mit geringeren Investitions- und Betriebskosten pro kW/h benötigt.

- *Zum Erreichen dieses Ziels wird von den WEA-Herstellern eine hohe Innovationsleistung gefordert. - Gleichzeitig werden in Deutschland nur geringe WEA-Stückzahlen installiert |*
- *Innovationskosten der WEA-Hersteller können unter diesen Bedingungen nicht aus dem laufenden Betrieb gedeckt werden |*
- **Sparen ist angesagt** → Qualitätseinbußen sind eine übliche Folge einer derartigen Situation |

2. Sparfundamente

Wenn es gelingt das benötigte Betonvolumen von WEA-Fundamenten durch Stoffe zu ersetzen die vor Ort am WEA-Standort kostenfrei zur Verfügung stehen, dann ist das innovativ und trägt zur Senkung der Investitionskosten bei.

2. Sparfundamente

Wenn es gelingt das benötigte Betonvolumen von WEA-Fundamenten durch Stoffe zu ersetzen die vor Ort am WEA-Standort kostenfrei zur Verfügung stehen, dann ist das innovativ und trägt zur Senkung der Investitionskosten bei.

Die Substitution von Beton hat den weiteren Vorteil, dass der energie- und CO₂ intensiv herzustellende Betonbestandteil - Zement - eingespart wird, was vorteilhaft für den Klimaschutz ist.

Energieeinsatz für Materialtransport wird ebenfalls reduziert.

2. Sparfundamente

Wenn es gelingt das benötigte Betonvolumen von WEA-Fundamenten durch Stoffe zu ersetzen die vor Ort am WEA-Standort kostenfrei zur Verfügung stehen, dann ist das innovativ und trägt zur Senkung der Investitionskosten bei.

Die Substitution von Beton hat den weiteren Vorteil, dass der energie- und CO₂ intensiv herzustellende Betonbestandteil - Zement - eingespart wird, was vorteilhaft für den Klimaschutz ist.

Energieeinsatz für Materialtransport wird ebenfalls reduziert.

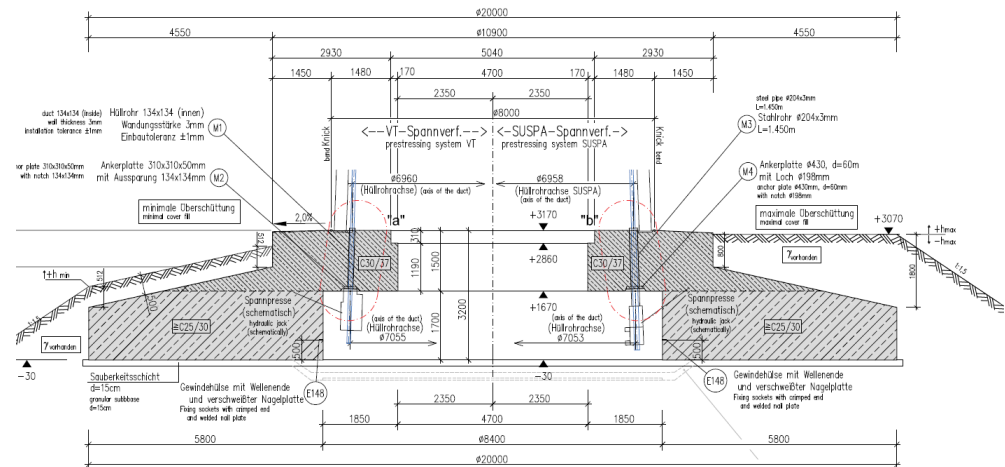
→ eine win – win – Situation

2. Sparfundamente

A) Klassisches typengeprüftes Schwerkraftfundament – Flachgründung für Hybridturm NH 139m ca. 650m³ Beton

Auch dieses Fundament enthält substituierten Beton, ca. 113 – 298m³ Erdauflast werden zum Austausch von Beton (ca. 82m³) als statisch relevanter Bestandteil des Fundamentes aufgebracht.

Der Bodenaushub braucht nicht abgefahren und entsorgt werden – das Material wird vor Ort wieder eingesetzt.

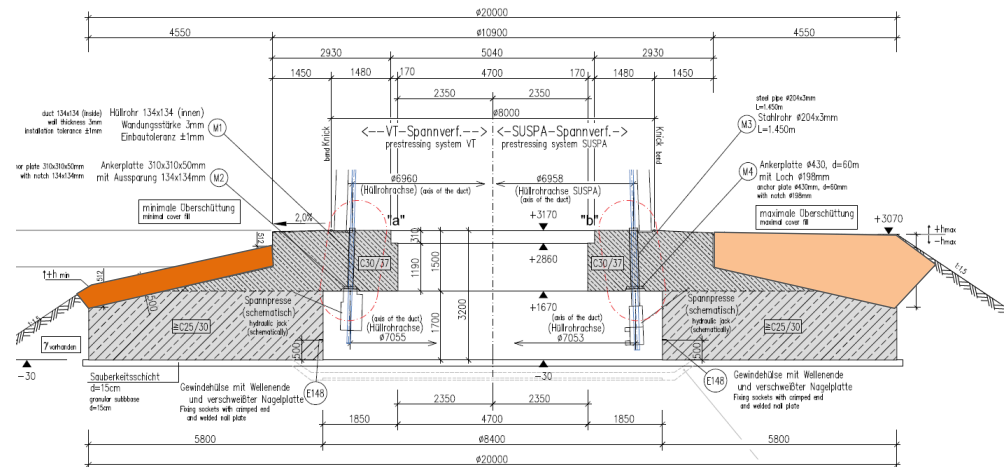


2. Sparfundamente

A) Klassisches typengeprüftes Schwerkraftfundament – Flachgründung für Hybridturm NH 139m ca. 650m³ Beton

Auch dieses Fundament enthält substituierten Beton, ca. 113 – 298m³ Erdauflast werden zum Austausch von Beton (ca. 82m³) als statisch relevanter Bestandteil des Fundamentes aufgebracht.

Der Bodenaushub braucht nicht abgefahren und entsorgt werden – das Material wird vor Ort wieder eingesetzt.

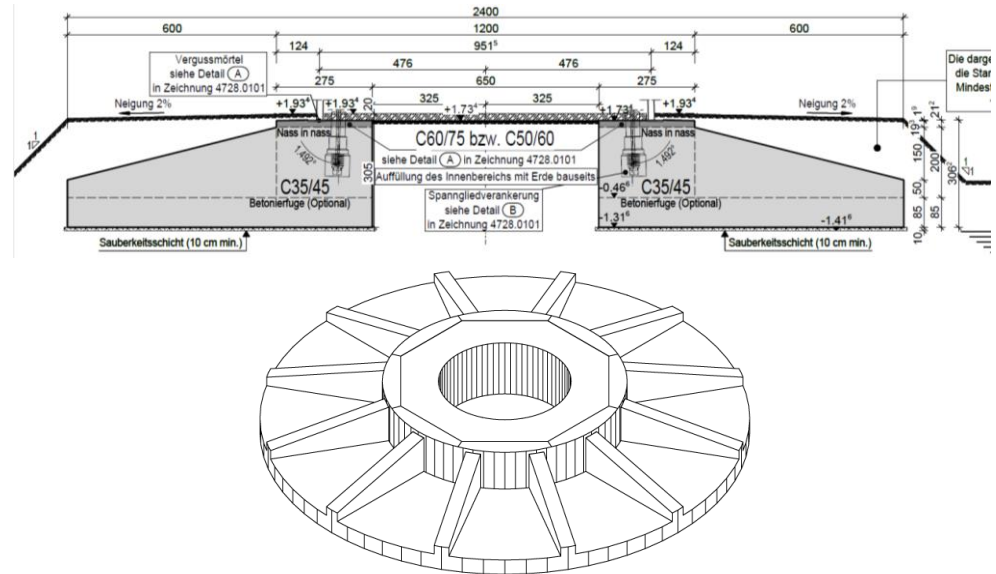


2. Sparfundamente

B) Einzel- oder typengeprüftes Rippenfundament – Flachgründung für Hybridturm NH 164m ca. 600m³ Beton

Auch dieses Fundament enthält substituierten Beton, ca. 690m³ Erdauflast werden zum Austausch von Beton (ca.500m³) als statisch relevanter Bestandteil des Fundamentes aufgebracht.

Der Bodenaushub von Fundament und Zuwegung braucht nicht abgefahren und entsorgt werden – das Material wird, wenn es geeignet ist, vor Ort wieder eingesetzt.

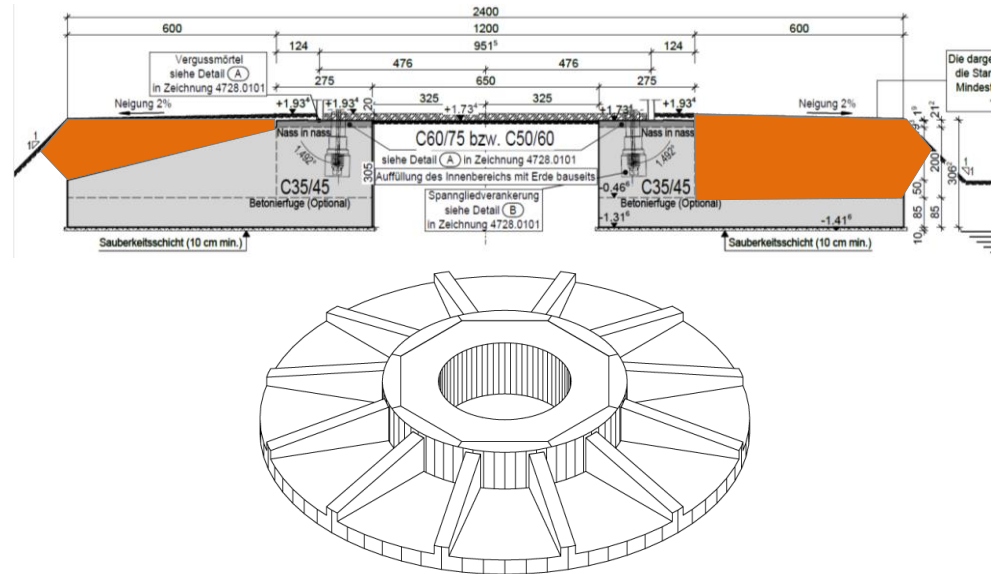


2. Sparfundamente

B) Einzel- oder typengeprüftes Rippenfundament – Flachgründung für Hybridturm NH 164m ca. 600m³ Beton

Auch dieses Fundament enthält substituierten Beton, ca. 690m³ Erdauflast werden zum Austausch von Beton (ca.500m³) als statisch relevanter Bestandteil des Fundamentes aufgebracht.

Der Bodenaushub von Fundament und Zuwegung braucht nicht abgefahren und entsorgt werden – das Material wird, wenn es geeignet ist, vor Ort wieder eingesetzt.



3. Gegenüberstellung

	Schwerkraftfundament	Rippenfundament
Volumen der statisch erforderlichen Erdauflast (Anteil am statisch erforderlichen Gesamtvolumen)	gering (ca. 11%)	hoch (ca. 45%)
Relevanz der Erdauflast für Standsicherheit der WEA	bei Extremereignissen	bei Betriebslasten
Standsicherheitsproblem bei lokalem Versagen eines Teilsystems des Fundamenttragwerkes	geringe Wahrscheinlichkeit	hohe Wahrscheinlichkeit

3. Gegenüberstellung

	Schwerkraftfundament	Rippenfundament
Volumen der statisch erforderlichen Erdauflast (Anteil am statisch erforderlichen Gesamtvolumen)	gering (ca. 11%)	hoch (ca. 45%)
Relevanz der Erdauflast für Standsicherheit der WEA	bei Extremereignissen	bei Betriebslasten
Standsicherheitsproblem bei lokalem Versagen eines Teilsystems des Fundamenttragwerkes	geringe Wahrscheinlichkeit	hohe Wahrscheinlichkeit
<i>kritische Punkte in der Konstruktion:</i>		
Nachweis Wichte der Erdauflast	vor WEA Errichtung notwendig	vor WEA Errichtung notwendig
Erhaltung des Volumens der erforderlichen Erdauflast	notwendige über die Betriebsdauer der WEA regelmäßige visuelle Kontrolle Kontrolle der Drainagen	notwendige über die Betriebsdauer der WEA regelmäßige visuelle Kontrolle Kontrolle der Drainagen
wasserführende Trennrisse im Fundament	dauerhaftigkeitsproblematisch Schäden mit Vorankündigung	dauerhaftigkeitsproblematisch Schäden ohne Vorankündigung
Betonierfugen in der Fundamentstruktur	dauerhaftigkeitsproblematisch Schäden mit Vorankündigung	dauerhaftigkeitsproblematisch Schäden ohne Vorankündigung zusätzliche Abdichtung der Betonierfugen von außen empfohlen

4. Bauüberwachung/ Wartung

Kritische Punkte in der Konstruktion, die beachtet werden müssen:

Nachweis der Wichte der Erdauflast

Erhaltung des benötigten Volumens an Erdauflast

Wartung der eingebauten Drainagen zur gezielten Wasserableitung und Erosionsvermeidung.

→ ...stellen sicher, dass ausreichend Masse ein Kippen der WEA vermeidet



4. Bauüberwachung/ Wartung

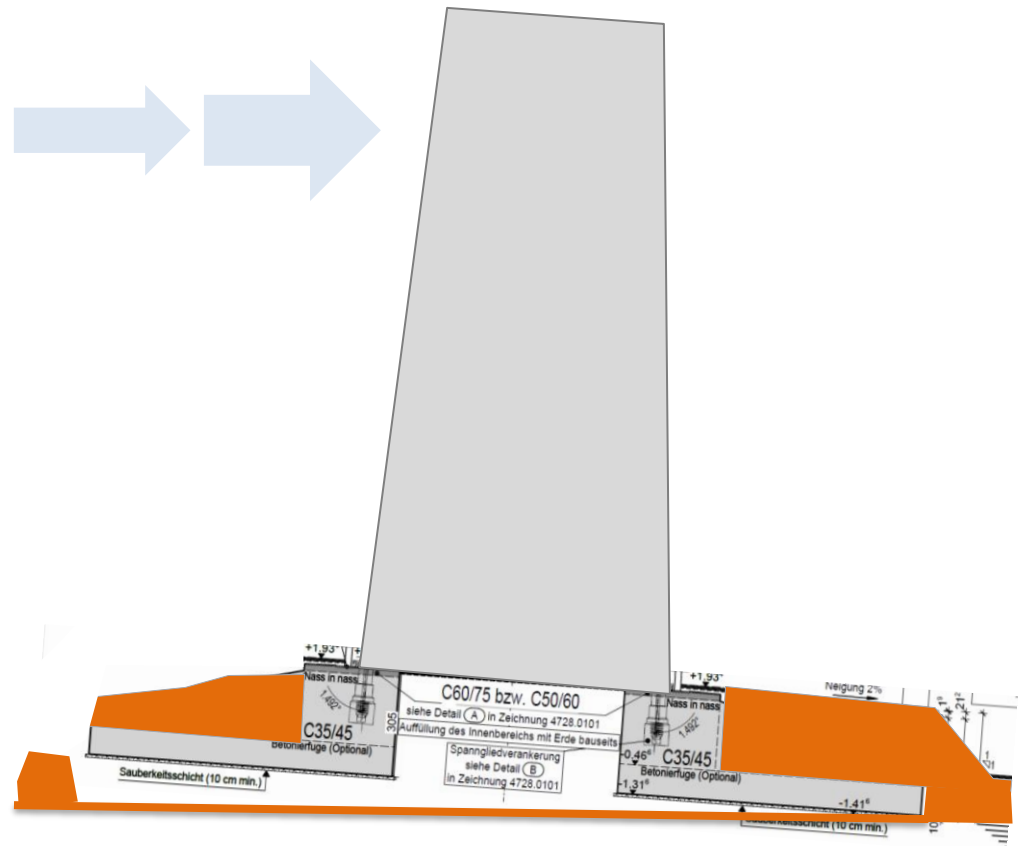
Kritische Punkte in der Konstruktion, die beachtet werden müssen:

Nachweis der Wichte der Erdauflast

Erhaltung des benötigten Volumens an Erdauflast

Wartung der eingebauten Drainagen zur gezielten Wasserableitung und Erosionsvermeidung.

→ *...stellen sicher, dass ausreichend Masse ein Kippen der WEA verhindert*

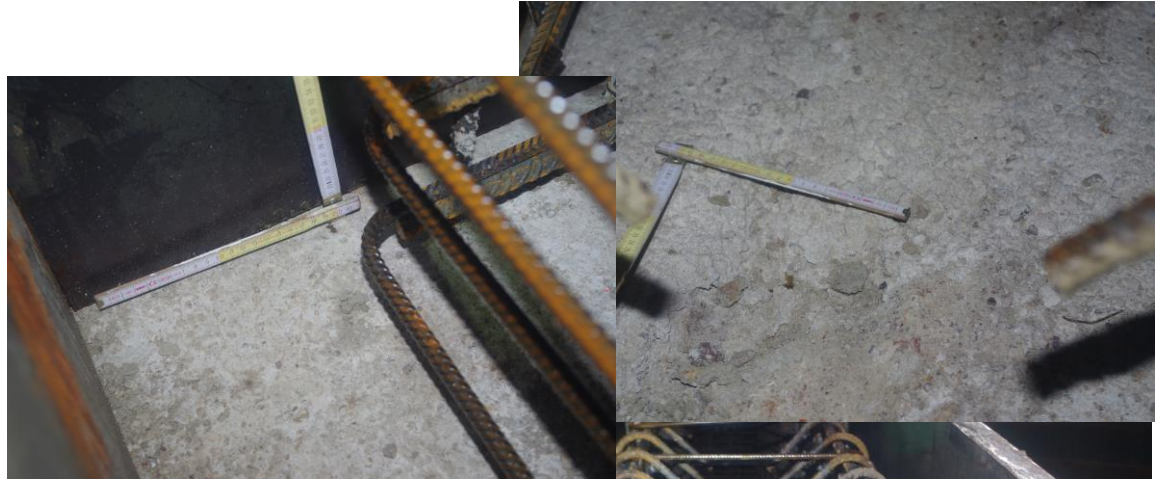


4. Bauüberwachung/ Wartung

Kritische Punkte in der Konstruktion, die beachtet werden müssen:

wasserführende Trennrisse

Betonierfugen mit unzureichend aufgerauter Betonoberfläche und nicht entfernter Zementschlämme können durch unterschiedliches Schwindalter keine ausreichende Verbindung der Betonierabschnitte herstellen



Betonierfugen mit Wassereintritt + Bewehrungskorrosion + Querschnittsreduzierung der Bewehrung

→ ...können zu einem Standsicherheitsproblem ohne Vorankündigung führen.



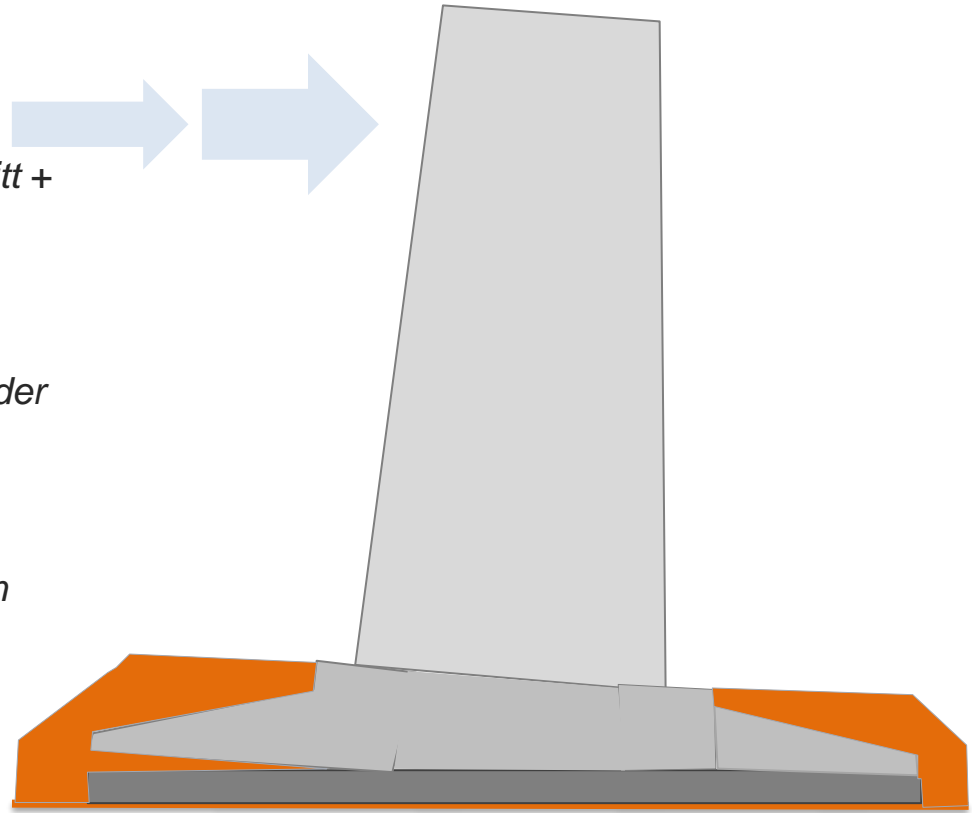
4. Bauüberwachung/ Wartung

Kritische Punkte in der Konstruktion, die beachtet werden müssen:

wasserführende Trennrisse

*Trennrisse/ Betonierfugen mit Wassereintritt +
Auslaugen des Betons im Rissbereich +
Bewehrungskorrosion*

- ...können zu Querschnittsreduzierung der Bewehrung führen.*
- Die Fundamentplatte als 1. Betonierabschnitt verbleibt mit der Erdauflast in Position während die abgetrennten Wände sich aus der Erdauflast herausziehen.*
- ... es folgt ein Standsicherheitsproblem ohne Vorankündigung !*



4. Bauüberwachung/ Wartung

Kritische Punkte in der Konstruktion, die beachtet werden müssen:

wasserführende Trennrissen und Betonierfugen die orthogonal zur Riss- und Fugenfläche dynamisch auf Zug belastet werden - sollen zur Vermeidung einer unkontrollierten Bewehrungskorrosion mit nachfolgender Querschnittsreduzierung geschützt werden

→ ...das Abdichten von wasserführenden Rissen und Betonierfugen durch eine dauerhafte Beschichtung wird empfohlen

→ Die Bauwerksicherheit wird dadurch konstruktiv erhöht - in einem Bereich der nach Aufbringen der Erdauflast bis zum Repowering der WEA nicht mehr zu kontrollieren ist.

2. Betonierabschnitt - **Rippenwand**

empfohlene dauerhafte Abdichtung der Betonierfuge

1. Betonierabschnitt - **Platte**

empfohlene dauerhafte Abdichtung der Betonierfuge



5. Fazit

- *WEA Hersteller müssen infolge der aktuellen Marktsituation WEA mit höheren Energieerträgen zu gleichzeitig geringeren Investitions- und Betriebskosten anbieten.*
- *Das Sparen und Verschlanken der Konstruktionen führt erfahrungsgemäß zu einer Zunahme von Qualitätsproblemen.*

5. Fazit

- *WEA Hersteller müssen infolge der aktuellen Marktsituation WEA mit höheren Energieerträgen zu gleichzeitig geringeren Investitions- und Betriebskosten anbieten.*
- *Das Sparen und Verschlanken der Konstruktionen führt erfahrungsgemäß zu einer Zunahme von Qualitätsproblemen.*
- *Der Ersatz von Beton durch Erdauflast bei WEA Fundamenten kann helfen Kosten, Energie und CO₂ - Emissionen in nennenswertem Maße einzusparen.*

5. Fazit

- *WEA Hersteller müssen infolge der aktuellen Marktsituation WEA mit höheren Energieerträgen zu gleichzeitig geringeren Investitions- und Betriebskosten anbieten.*
- *Das Sparen und Verschlanen der Konstruktionen führt erfahrungsgemäß zu einer Zunahme von Qualitätsproblemen.*
- *Der Ersatz von Beton durch Erdauflast bei WEA Fundamenten kann helfen Kosten, Energie und CO₂ - Emissionen in nennenswertem Maße einzusparen.*
- *Es besteht bei aktuellen Fundamentkonstruktionen die Gefahr, dass durch Herstellungsmängel und fehlende Konstruktionssicherheiten im Betrieb der WEA ein Versagen ohne Vorankündigung bei mit Betonierabschnitten hergestellten Rippenfundamenten passiert.*

5. Fazit

- *WEA Hersteller müssen infolge der aktuellen Marktsituation WEA mit höheren Energieerträgen zu gleichzeitig geringeren Investitions- und Betriebskosten anbieten.*
- *Das Sparen und Verschlanen der Konstruktionen führt erfahrungsgemäß zu einer Zunahme von Qualitätsproblemen.*
- *Der Ersatz von Beton durch Erdauflast bei WEA Fundamenten kann helfen Kosten, Energie und CO₂ - Emissionen in nennenswertem Maße einzusparen.*
- *Es besteht bei aktuellen Fundamentkonstruktionen die Gefahr, dass durch Herstellungsmängel und fehlende Konstruktionssicherheiten im Betrieb der WEA ein Versagen ohne Vorankündigung bei mit Betonierabschnitten hergestellten Rippenfundamenten passiert.*
- ***Es wird empfohlen die Fugen der Betonierabschnitte mit einer dauerhaften Beschichtung abzudichten, so dass eine Vermeidung der Reduzierung von Bewehrungsquerschnitten im nicht kontrollierbaren Bereich dauerhaft sichergestellt wird.***

5. Fazit

Sparen ja – aber bitte ohne unkalkulierbare Risiken für den Betrieb der WEA.

8.2 Group für jedes Problem die passenden Experten

Mit Fragen können Sie sich gern an mich wenden.

mobil: +49 173 798 2211

e-mail: [timo.poetschke @8p2.de](mailto:timo.poetschke@8p2.de)

8.2 | The Experts in Renewable Energy

8.2 Ingenieurgesellschaft Timo
Poetschke – Münster mbH
Dyckburgstr. 111
48155 Münster

Member of 8.2 Group