



F2E

Parkverdichtung - Standorteignung bewerten mit wake2e

F2E GmbH & Co. KG

Inhalt

- Zu Beginn: Standorteignung / Standsicherheit
 - Eine Einordnung
 - Ein historischer Rückblick
- Ein genauerer Blick: Das Bewertungsverfahren - was machen wir zurzeit
 - Vergleich mit Windbedingungen
 - Das vereinfachte Verfahren nach DIBt
 - Das Verfahren nach IEC
- Parkverdichtung
 - Was passiert bei engen Abständen
 - Der near-wake-Bereich
 - Beispiele
- Schlussfolgerungen
 - Was müssen wir ändern
 - Was haben wir in in wake2e für enge Abstände geändert



Standicherheit <-> Standorteignung

- Das **Gutachten zur Standorteignung** (früher Turbulenzgutachten) stellt eine ergänzende Unterlage zu den erforderlichen bautechnischen Unterlagen dar, um die Anforderungen an die Standicherheit des Turms und des Fundamentes einer Windenergieanlage zu erfüllen.
 - Seine Erfordernis ergibt sich aus der **MVV Technische Baubestimmungen** des DIBt.
- Der **Stand sicherheitsnachweis** für Turm und Gründung bestätigt die Statik der WEA.
 - Seine Erfordernis ergibt sich aus der **Richtlinie für Windenergieanlagen** des DIBt.

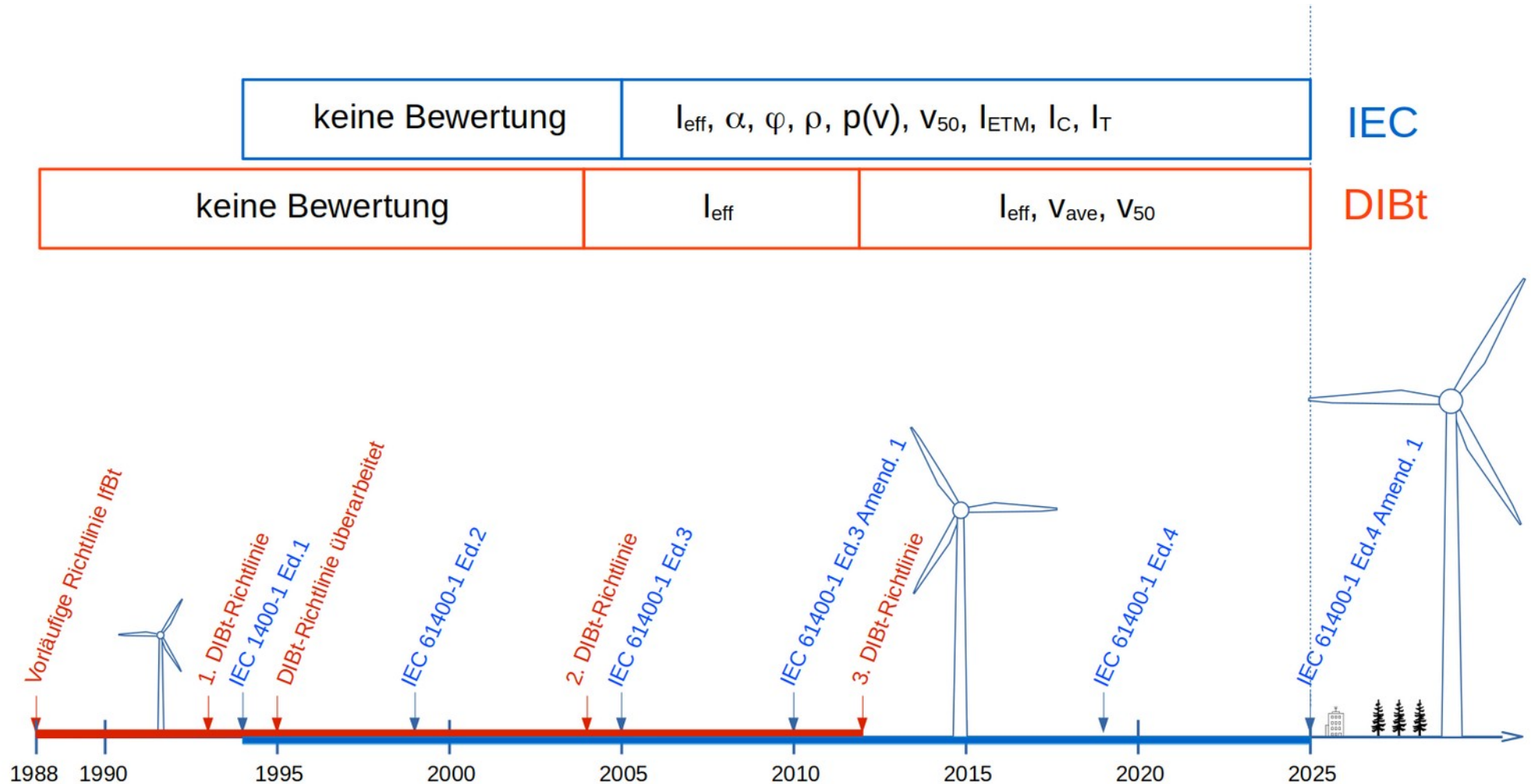


Standortsicherheit <-> Standortteignung

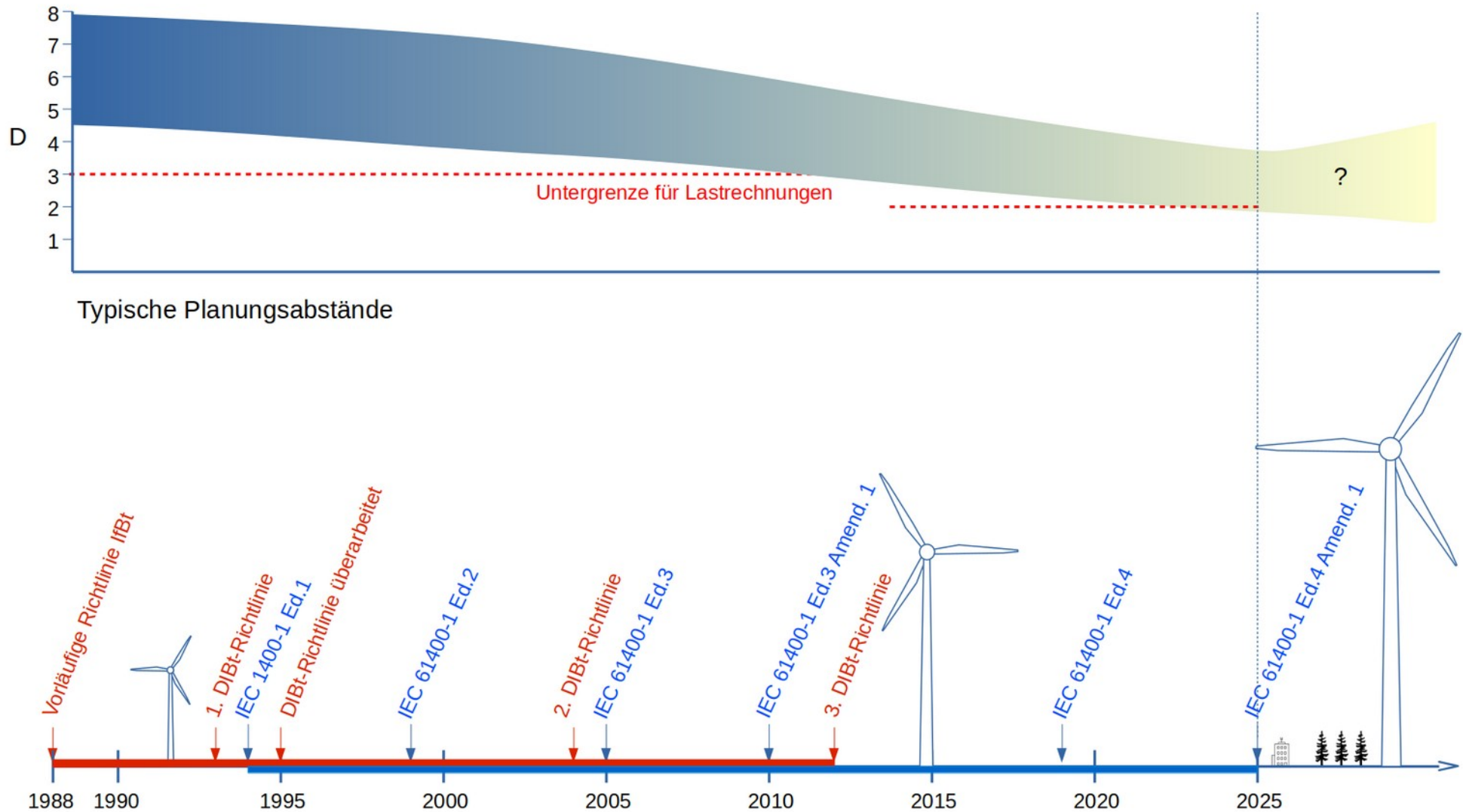
- Die **Standortsicherheitsnachweise** für Turm und Gründung erfolgen gemäß der **Richtlinie für Windenergieanlagen** des DIBt. Die Bewertung der Maschine ist nicht Gegenstand der Richtlinie.
 - Die Typenprüfung (Prüfbescheid zur Typenprüfung des Turmes oder übergeordneter Prüfbescheid zur Typenprüfung mit dem dort aufgeführte Prüfbericht zu Turm und Fundament) entbindet die Bauaufsichtsbehörde von der nochmaligen Prüfung der WEA in statischer Hinsicht.
- Der Nachweis der **Standortteignung** der WEA erfolgt nach Abschnitt 7.3.3 der **Richtlinie für Windenergieanlagen** des DIBt: „Einflüsse benachbarter baulicher Anlagen, Geländerauigkeit und Topografie auf die Standortteignung“.
 - Nach dem vereinfachten Verfahren der DIBt für topografisch nicht komplexe Standorte.
 - Nach dem Verfahren der internationalen Richtlinie IEC 61400-1 für topografisch komplexe Standorte.



Historie: Standorteignung



Historie - WEA-Abstände und Normen



Inhalt

- Zu Beginn: Standorteignung / Standsicherheit
 - Eine Einordnung
 - Ein historischer Rückblick
- Ein genauerer Blick: Das Bewertungsverfahren - was machen wir zurzeit
 - Vergleich mit Windbedingungen
 - Das vereinfachte Verfahren nach DIBt
 - Das Verfahren nach IEC
- Parkverdichtung
 - Was passiert bei engen Abständen
 - Der near-wake-Bereich
 - Beispiele
- Schlussfolgerungen
 - Was müssen wir ändern
 - Was haben wir in in wake2e für enge Abstände geändert



Nachzuweisende Windbedingungen IEC

Windparameter			Last
I_{eff}	Effektive Turbulenzintensität	[-]	Fatigue
α	Höhenexponent der vertikalen Windscherung	[-]	
φ	Schräganströmung - Neigung zur Horizontalen	[°]	
ρ	mittlere Luftdichte	[kg/m ³]	
$p(v)$	Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit	[-]	
v_{50}	50-Jahres-Extremwert der Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel)	[m/s]	Ultimate
I_{ETM}	50-Jahres-Extremwert der Umgebungsturbulenzintensität	[-]	
I_{C}	repräsentative Umgebungsturbulenzintensität	[-]	
I_{T}	maximale Nachlauf-Turbulenzintensität	[-]	



Vereinfachtes Verfahren DIBt

Windparameter			Last
I_{eff}	Effektive Turbulenzintensität	[-]	Fatigue
α	Höhenexponent der vertikalen Windscherung	[-]	
φ	Schräganströmung – Neigung zur Horizontalen	[°]	
ρ	mittlere Luftdichte	[kg/m ³]	
$p(v)$	Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit	[-]	
V_{ave}	mittlere Jahreswindgeschwindigkeit	[m/s]	
V_{50}	50-Jahres-Extremwert der Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel)	[m/s]	Ultimate
I_{ETM}	50-Jahres-Extremwert der Umgebungsturbulenzintensität	[-]	
I_C	repräsentative Umgebungsturbulenzintensität	[-]	
I_T	maximale Nachlauf-Turbulenzintensität	[-]	



Nachweis ohne Lastrechnung

- Alle Windbedingungen sind eingehalten:

	Windparameter		Last	Ergebnis	Kommentar
I_{eff}	Effektive TI	[-]	Fatigue	✓	
α	Höhenexponent	[-]		✓	
φ	Schräganströmung	[°]		✓	
ρ	mittlere Luftdichte	[kg/m ³]		✓	
$p(v)$	Häufigkeitsverteilung Wind	[-]		✓	
V_{ave}	mittlere Windgeschwindigkeit	[m/s]		✓	
V_{50}	50-Jahres-Wind	[m/s]	Ultimate	✓	
I_{ETM}	50-Jahres-TI _{ambient}	[-]		✓	wenn I_{eff} ok, dann i.d.R. auch ok
I_C	repräsentative TI _{ambient}	[-]		✓	wenn I_{eff} ok, dann auch ok
I_T	maximale Nachlauf-TI	[-]		✓	wenn I_{eff} ok, dann i.d.R. auch ok



Nachweis ohne Lastrechnung

- Betriebsmoden-Management:

	Windparameter		Last	Ergebnis		Maßnahme
I_{eff}	Effektive TI	[-]	Fatigue	✗	✗	Abschaltung/Drosselung sektoriell und windgeschwindigkeitsabhängig
α	Höhenexponent	[-]		✗	✗	Abschaltung/Drosselung sektoriell und windgeschwindigkeitsabhängig
φ	Schräganströmung	[°]		✗	✗	Abschaltung/Drosselung sektoriell
ρ	mittlere Luftdichte	[kg/m ³]		✗	✗	In Deutschland nicht relevant
$p(v)$	Häufigkeitsverteilung Wind	[-]		✗	✗	Abschaltung/Drosselung windgeschwindigkeitsabhängig
V_{ave}	mittlere Windgeschwindigkeit	[m/s]		✗	✗	Abschaltung/Drosselung windgeschwindigkeitsabhängig
V_{50}	50-Jahres-Wind	[m/s]	Ultimate	✓	✓	
I_{ETM}	50-Jahres- $TI_{ambient}$	[-]		✗	✗	Über Maßnahmen zu I_{eff} i.d.R. abgedeckt
I_C	repräsentative $TI_{ambient}$	[-]		✗	✗	Über Maßnahmen zu I_{eff} i.d.R. abgedeckt
I_T	maximale Nachlauf-TI	[-]		✗	✗	Über Maßnahmen zu I_{eff} i.d.R. abgedeckt

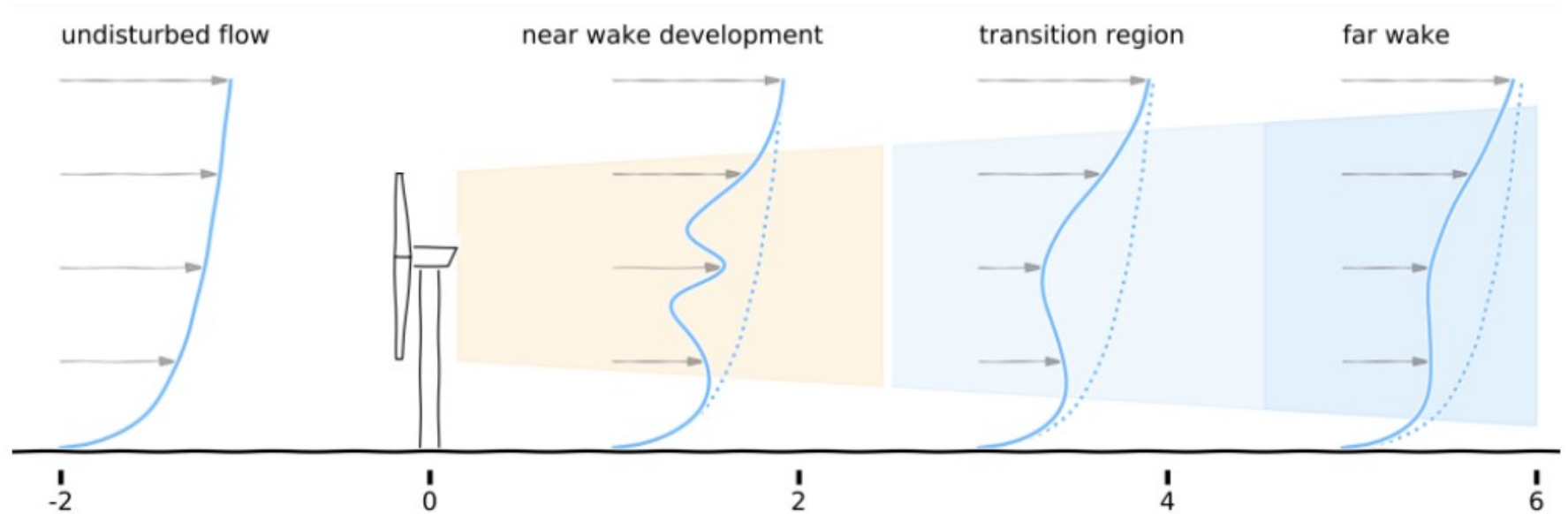


Inhalt

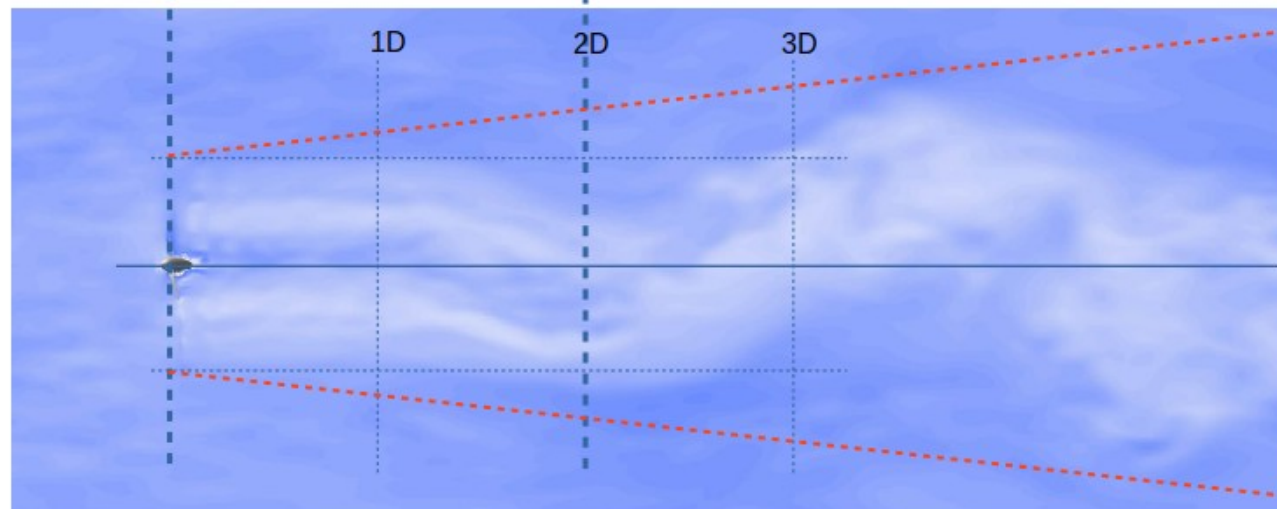
- Zu Beginn: Standorteignung / Standsicherheit
 - Eine Einordnung
 - Ein historischer Rückblick
- Ein genauerer Blick: Das Bewertungsverfahren - was machen wir zurzeit
 - Vergleich mit Windbedingungen
 - Das vereinfachte Verfahren nach DIBt
 - Das Verfahren nach IEC
- **Parkverdichtung**
 - Was passiert bei engen Abständen
 - Der near-wake-Bereich
 - Beispiele
- Schlussfolgerungen
 - Was müssen wir ändern
 - Was haben wir in in wake2e für enge Abstände geändert



Near Wake: < 2 Rotordurchmesser

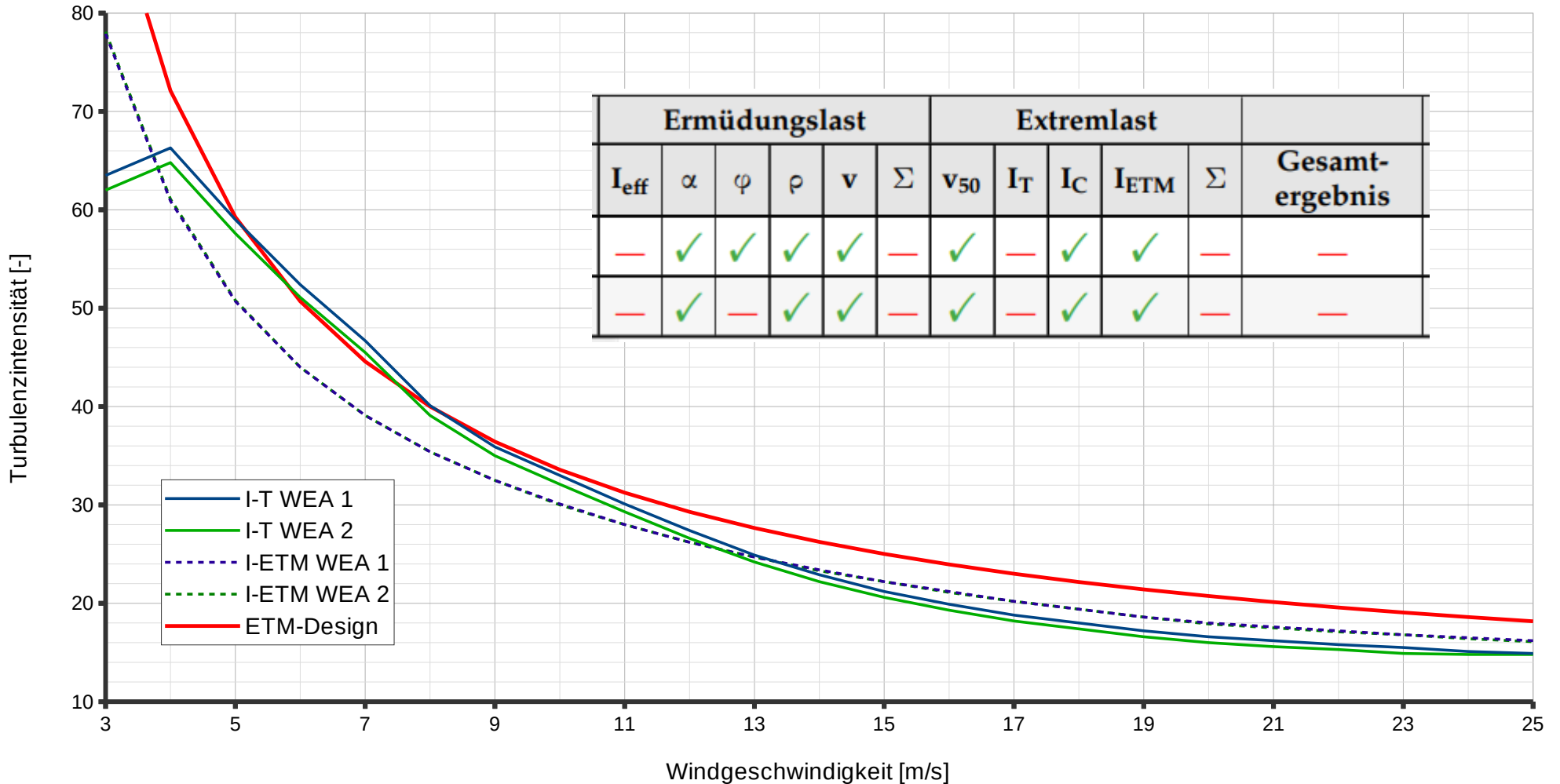


Quelle: Davide Trabucchi, Lidar Measurements and Engineering Modelling of Wind Turbine Wakes



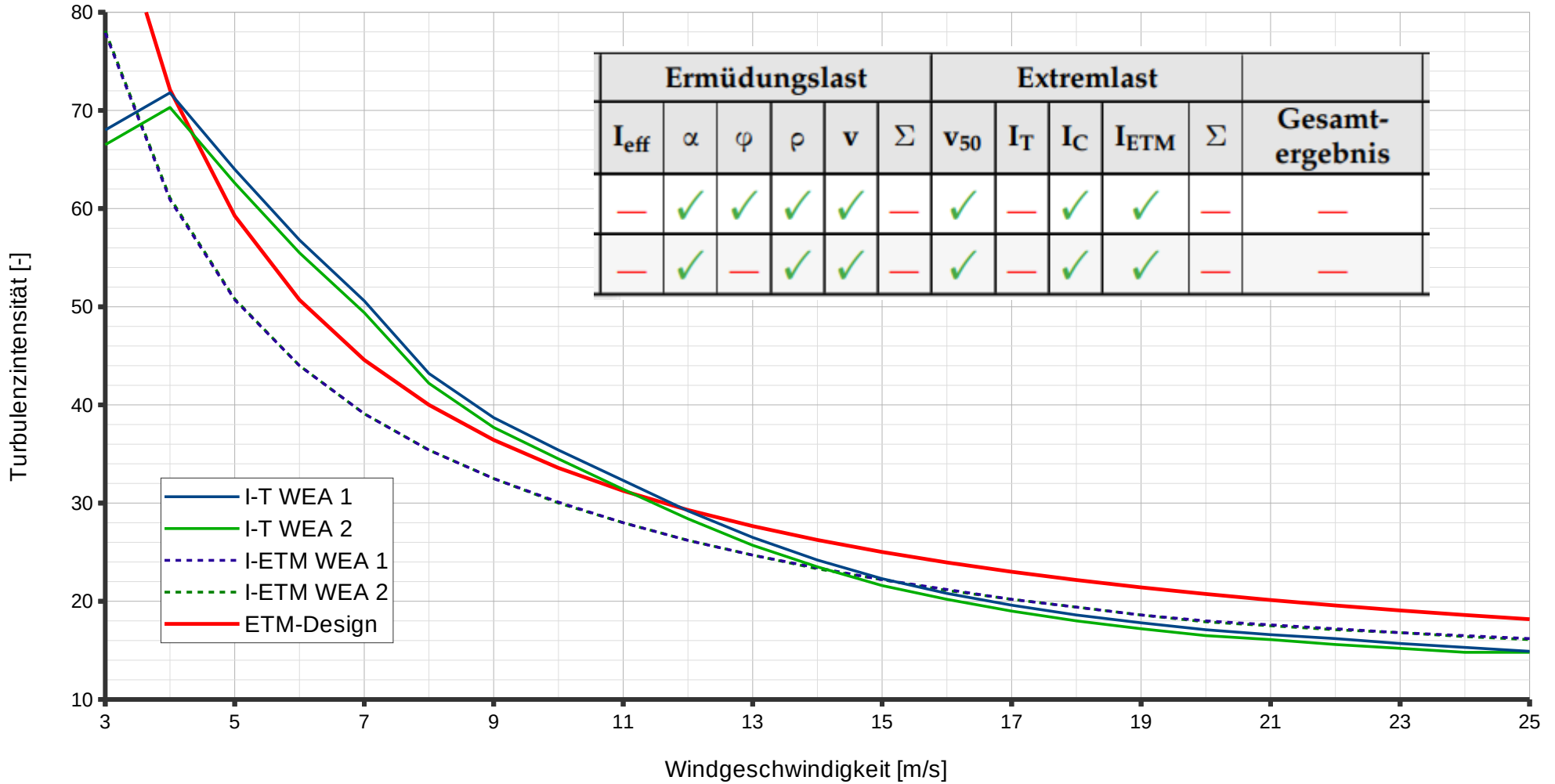
Beispielstandort: 2 WEA (~ 2.0 D)

Waldstandort - low complex



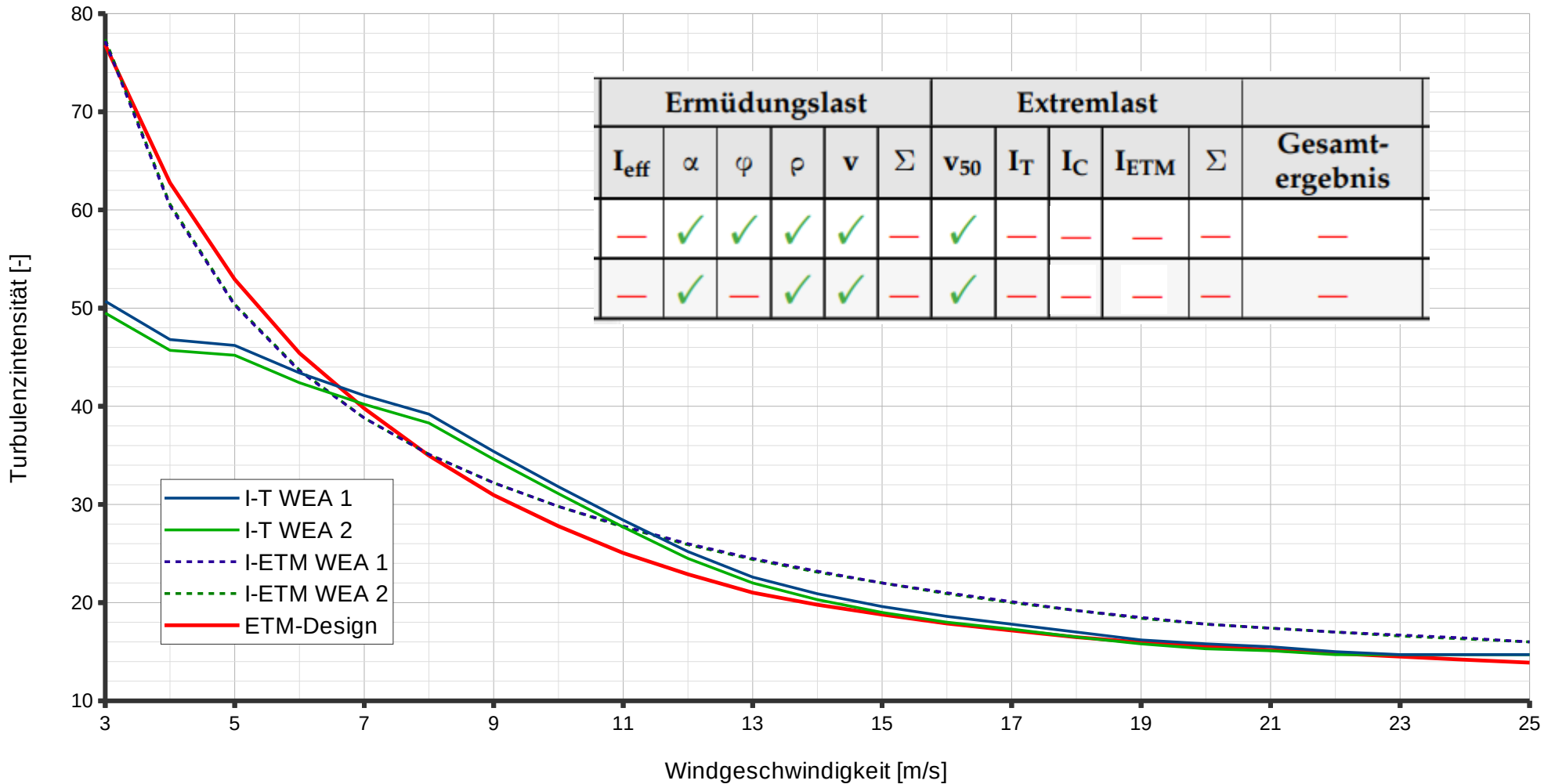
Beispiel: 2 WEA (~ 1.8 D)

Waldstandort - low complex



Beispiel: 2 WEA (~ 2.0 D)

Waldstandort - low complex - **anderer WEA-Typ**



Inhalt

- Zu Beginn: Standorteignung / Standsicherheit
 - Eine Einordnung
 - Ein historischer Rückblick
- Ein genauerer Blick: Das Bewertungsverfahren - was machen wir zurzeit
 - Vergleich mit Windbedingungen
 - Das vereinfachte Verfahren nach DIBt
 - Das Verfahren nach IEC
- Parkverdichtung
 - Was passiert bei engen Abständen
 - Der near-wake-Bereich
 - Beispiele
- **Schlussfolgerungen**
 - Was müssen wir ändern
 - Was haben wir in in wake2e für enge Abstände geändert



Was können wir folgern

- Bei sehr engen Abständen können Windparameter kritisch werden, die bislang in Deutschland typischerweise nicht bewertet wurden.
 - Das vereinfachte Verfahren der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen stößt hier bei nicht komplexen Standorten an seine Grenzen.
 - Das Verfahren der internationalen Richtlinie IEC 61400-1 muss an komplexen Standorten in Deutschland komplett umgesetzt werden.
- Für Lastrechnungen bei sehr engen Abständen sollten alle Windparameter an den Hersteller übergeben werden.
 - Einige Hersteller fordern dies zurzeit bereits ein.
 - Einige Hersteller fordern dies zurzeit noch nicht ein.



wake2e: enge Abstände / Parkverdichtung

- Um bei extremer Parkverdichtung eine sichere Planung zu gewährleisten, haben wir in wake2e Folgendes umgesetzt:
 - An komplexen Standorten werden alle Parameter der internationalen Richtlinie IEC 61400-1 bewertet.
 - An bestehenden WEA wird die maximale Nachlaufturbulenzintensität I_T negativ beeinflusst. Sie wird daher für sehr enge Abstände $< 2 D$ zusätzlich mit bewertet.
 - Den Herstellern können für alle WEA für die Lastrechnung alle notwendigen Parameter (und mehr) detailliert und aufgeschlüsselt zur Verfügung gestellt werden.



F2E - Fluid & Energy Engineering



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



F2E