

WINDKLASSENVERGLEICH DIBt ↔ IEC

Um eine Vorauswahl für ein WEA-Modell treffen zu können, ist es sehr wichtig zu wissen in welcher DIBt-Windzone (für Deutschland) oder IEC-Windklasse (international) der geplante Windparkstandort einzuordnen ist. Beide Systeme verwenden vier verschiedene Wind-Zonen / -Klassen. Als Bezugswerte für die Zonen-/ Klassenermittlung wird neben der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe (v_{mittel}) ein Extremwert der Windgeschwindigkeit verwendet, der jedoch statistisch nur einmal im 10min-Mittel alle 50 Jahre auftritt ($v_{50\text{-Jahres-Wind}}$).

Das war es auch schon was die beiden Systeme gemeinsam haben, denn DIBt und IEC bewerten genau *entgegengesetzt*. Ein Binnenlandstandort mit 6,41m/s in 100m Höhe ist Windzone 1 nach DIBt und Windklasse IV nach IEC. Unten finden sie eine tabellarische Übersicht beider Systeme:

DIBt	für Deutschland - aufsteigende Klassifizierung				
WindZone:	1	2	3	4	
Referenzwind $v_{b,0}$ oder v_{ref} :	22,5m/s	25,0m/s	27,5m/s	30,0m/s	Basiswindgeschwindigkeit
$lv(z)$	11%	11%	11%	11%	Vereinfachter DIBt Ansatz GK 1 & GK 2
$v(z)$ [m/s]	34,19	37,99	41,79	45,58	
$v1(z)$ [m/s]	27,35	30,39	33,43	36,47	
v_{mittel} [m/s]	6,15	6,84	7,52	8,21	
$lv(z)$	11%	11%	11%	11%	GK 1 DIN EN 191-1-4/NA
$v(z)$ [m/s]	35,00	38,89	42,78	46,67	
$v1(z)$ [m/s]	28,00	31,11	34,22	37,33	
v_{mittel} [m/s]	6,30	7,00	7,70	8,40	
vp [m/s]	45,08	50,09	55,10	60,11	GK 2 DIN EN 191-1-4/NA
$lv(z)$	13%	13%	13%	13%	
$v(z)$ [m/s]	32,52	36,14	39,75	43,36	
$v1(z)$ [m/s]	26,02	28,91	31,80	34,69	
v_{mittel} [m/s]	5,85	6,50	7,15	7,81	GK 3 DIN EN 191-1-4/NA
vp [m/s]	43,01	47,79	52,57	57,34	
$lv(z)$	17%	17%	17%	17%	
$v(z)$ [m/s]	28,75	31,95	35,14	38,34	
$v1(z)$ [m/s]	23,00	25,56	28,11	30,67	GK 4 DIN EN 191-1-4/NA
v_{mittel} [m/s]	5,18	5,75	6,33	6,90	
vp [m/s]	40,83	45,37	49,90	54,44	
$lv(z)$	22%	22%	22%	22%	
$v(z)$ [m/s]	25,14	27,93	30,73	33,52	
$v1(z)$ [m/s]	20,11	22,35	24,58	26,82	
v_{mittel} [m/s]	4,53	5,03	5,53	6,03	
vp [m/s]	37,44	41,60	45,76	49,92	

Für 100m Nabenhöhe

$lv(z)$: mittlere (Umgebungs-)Turbulenzintensität als 10-Minuten-Mittel in Nabenhöhe.

$v(z)$: mittlere Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel), abhängig von der Topographie des Standortes.

$v1(z)$: 1-Jahres-Wind $v1$: mittlere Windgeschwindigkeit, die statistisch im Mittel jährlich einmal erreicht oder überschritten wird.

v_{mittel} oder v_{ave} : Jahresmittel der Windgeschwindigkeit über mehrere Jahre auf Nabenhöhe.

V_p : Böenwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe, die einmal alle 50 Jahre auftritt.

WindZone:	1	2	3	4	
Referenzwind $V_{b,0}$ oder V_{ref} :	22,5m/s	25,0m/s	27,5m/s	30,0m/s	Basiswindge- schwindigkeit
$I_v(z)$	11%	11%	11%	11%	Vereinfachter DIBt Ansatz GK 1 & GK 2
$v(z)$ [m/s]	34,95	38,83	42,72	46,60	
$v_1(z)$ [m/s]	27,96	31,07	34,17	37,28	
v_{mittel} [m/s]	6,29	6,99	7,69	8,39	
$I_v(z)$	10%	10%	10%	10%	GK 1 DIN EN 191-1-4/NA
$v(z)$ [m/s]	35,77	39,75	43,72	47,70	
$v_1(z)$ [m/s]	28,62	31,80	34,98	38,16	
v_{mittel} [m/s]	6,44	7,15	7,87	8,59	
v_p [m/s]	45,87	50,97	56,06	61,16	
$I_v(z)$	13%	13%	13%	13%	GK 2 DIN EN 191-1-4/NA
$v(z)$ [m/s]	33,49	37,21	40,93	44,65	
$v_1(z)$ [m/s]	26,79	29,76	32,74	35,72	
v_{mittel} [m/s]	6,03	6,70	7,37	8,04	
v_p [m/s]	43,96	48,84	53,73	58,61	
$I_v(z)$	16%	16%	16%	16%	GK 3 DIN EN 191-1-4/NA
$v(z)$ [m/s]	29,93	33,25	36,58	39,91	
$v_1(z)$ [m/s]	23,94	26,60	29,26	31,92	
v_{mittel} [m/s]	5,39	5,99	6,58	7,18	
v_p [m/s]	42,00	46,67	51,33	56,00	
$I_v(z)$	20%	20%	20%	20%	GK 4 DIN EN 191-1-4/NA
$v(z)$ [m/s]	26,55	29,50	32,45	35,40	
$v_1(z)$ [m/s]	21,24	23,60	25,96	28,32	
v_{mittel} [m/s]	4,78	5,31	5,84	6,37	
v_p [m/s]	38,83	43,15	47,46	51,78	

Legende:

$I_v(z)$: mittlere (Umgebungs-)Turbulenzintensität als 10-Minuten-Mittel in Nabenhöhe.

$V(z)$: mittlere Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel), abhängig von der Topographie des Standortes.

$V_1(z)$: 1-Jahres-Wind v_1 : mittlere Windgeschwindigkeit, die statistisch im Mittel jährlich einmal erreicht oder überschritten wird .

V_{mittel} oder V_{ave} : Jahresmittel der Windgeschwindigkeit über mehrere Jahre auf Nabenhöhe.

V_p : Böenwindgeschwindigkeit in Nabenhöhe, die einmal alle 50 Jahre auftritt.

GK: Geländeklasse. In der neuen DIBt2012 werden Geländerauigkeiten in vier Geländeklassen unterteilt (1-flach, 4- sehr rau)

Für 120m Nabenhöhe

WindZone:	1	2	3	4	
Referenzwind $v_{b,0}$ oder v_{ref} :	22,5m/s	25,0m/s	27,5m/s	30,0m/s	Basiswindgeschwindigkeit
$I_{v(z)}$	11%	11%	11%	11%	Vereinfachter DIBt Ansatz GK 1 & GK 2
$v_{(z)}$ [m/s]	35,61	39,57	43,52	47,48	
$v_{1(z)}$ [m/s]	28,49	31,65	34,82	37,98	
v_{mittel} [m/s]	6,41	7,12	7,83	8,55	
$I_{v(z)}$	10%	10%	10%	10%	GK 1 DIN EN 191-1-4/NA
$v_{(z)}$ [m/s]	36,44	40,49	44,54	48,59	
$v_{1(z)}$ [m/s]	29,15	32,39	35,63	38,87	
v_{mittel} [m/s]	6,56	7,29	8,02	8,75	
v_p [m/s]	46,55	51,72	56,89	62,06	GK 2 DIN EN 191-1-4/NA
$I_{v(z)}$	12%	12%	12%	12%	
$v_{(z)}$ [m/s]	34,32	38,13	41,95	45,76	
$v_{1(z)}$ [m/s]	27,46	30,51	33,56	36,61	
v_{mittel} [m/s]	6,18	6,86	7,55	8,24	GK 3 DIN EN 191-1-4/NA
v_p [m/s]	44,78	49,76	54,73	59,71	
$I_{v(z)}$	16%	16%	16%	16%	
$v_{(z)}$ [m/s]	30,96	34,40	37,84	41,28	
$v_{1(z)}$ [m/s]	24,77	27,52	30,27	33,03	GK 4 DIN EN 191-1-4/NA
v_{mittel} [m/s]	5,57	6,19	6,81	7,43	
v_p [m/s]	43,02	47,80	52,58	57,36	
$I_{v(z)}$	19%	19%	19%	19%	
$v_{(z)}$ [m/s]	27,81	30,90	33,99	37,08	
$v_{1(z)}$ [m/s]	22,25	24,72	27,19	29,66	
v_{mittel} [m/s]	5,01	5,56	6,12	6,67	
v_p [m/s]	40,05	44,50	48,95	53,40	

Für 140m Nabenhöhe

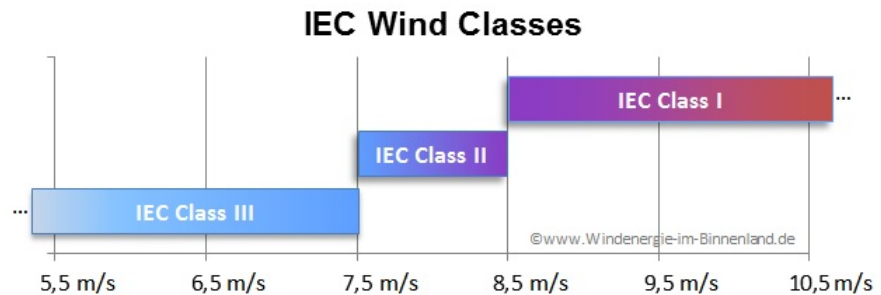
IEC	weltweite Anwendung - absteigende Klassifizierung											
	Wind Class IV			Wind Class III			Wind Class II			Wind Class I		
	auf Nabenhöhe:			auf Nabenhöhe:			auf Nabenhöhe:			auf Nabenhöhe:		
V_{mittel}	6,0 m/s			7,5 m/s			8,5 m/s			10,0 m/s		
$V_{50\text{-Jahres-Wind}}$	30,0 m/s			37,5 m/s			42,5 m/s			50,0 m/s		
$V_{1\text{-Jahres-Bö}}$	31,5 m/s			39,4 m/s			44,6 m/s			52,5 m/s		
$V_{50\text{-Jahres-Bö}}$	42,0 m/s			52,5 m/s			59,5 m/s			70,0 m/s		
Turbulenzklasse:	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
TI15 (bei 15m/s)	18%	16%	14%	18%	16%	14%	18%	16%	14%	18%	16%	14%

Bemerkung:

alle Windgeschwindigkeiten in Meter/Sekunde [m/s]. Alle Höhenangaben gemessen über Grund. Die IEC Wind Class IV ist veraltet und wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt!

Welches v_{mittel} gehört in welche Windklasse?

Rechts sehen Sie eine schöne Darstellung, die besser zeigt, welche Windgeschwindigkeit zu welcher IEC-Windklasse gehört.



Turbulenzintensität

Im Folgenden wird beschrieben was die Turbulenzklassen A, B, C und S bedeuten und warum die Turbulenzintensität so wichtig für die Auswahl einer geeigneten Windenergieanlage ist...

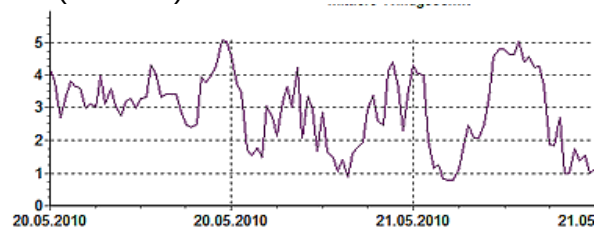
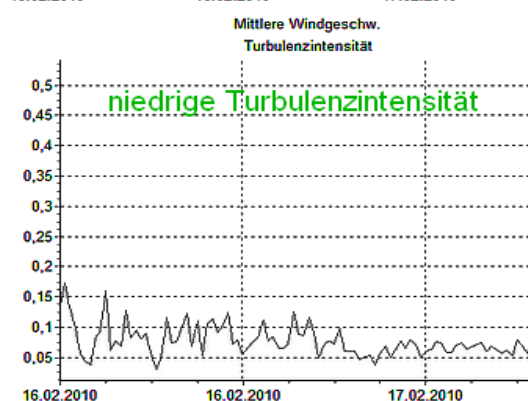
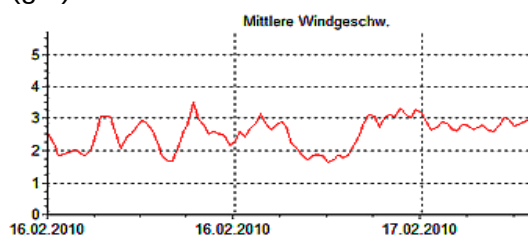
Als **Turbulenz** bezeichnet man allgemein den Strömungszustand der Luft, der durch die Bildung und den Zerfall von **Wirbeln** gekennzeichnet ist. Windturbulenzen werden von der Oberflächenrauigkeit, der Orografie (Geländeform), benachbarten WEA's und bestimmten Wetterlagen verursacht.

Die **Turbulenzintensität TI** gibt an, wie stark die Windgeschwindigkeit in einem bestimmten Zeitintervall schwankt und wird in % angegeben. Die Kenntnis der effektiven Turbulenz eines Standortes ist von grosser Bedeutung für die **Last-** und **Standortsicherheitsberechnungen** von WEA. Denn je höher die Turbulenz ist, umso stabiler muss die Mechanik der WEA ausgelegt werden. Die meisten Hersteller legen ihre Anlagen für eine effektive Turbulenz von 6-12% bis maximal 20% aus. Die IEC 61400-1 Ed.3 definiert folgende Turbulenzklassen für Windenergieanlagen:

Turbulenzklasse:	A	B	C	S
TI15 (bei 15m/s):	18%	16%	14%	Sonderklasse, definiert vom WEA-Hersteller

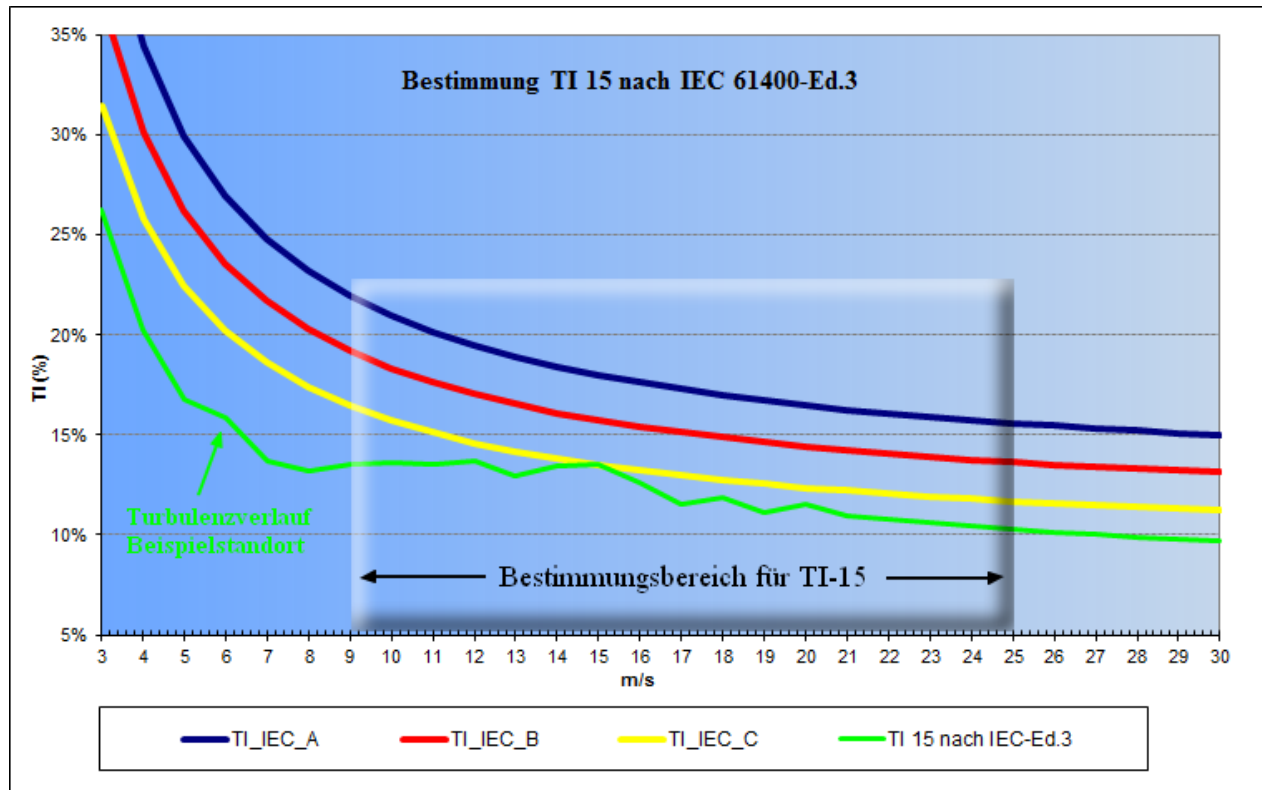
Tabelle 1: Turbulenzklassen nach IEC 61400-1 Ed.3

Die Turbulenzintensität TI ist ein Maß dafür, wie stark die Windgeschwindigkeit in einem bestimmten Zeitintervall schwankt. Mit zunehmender Nabenhöhe oder bei höheren Windgeschwindigkeiten nimmt der Einfluss der Umgebungsrauigkeit ab und die Turbulenzintensität wird geringer. Unten sehen Sie zwei Windgeschwindigkeitsverläufe mit den dazugehörigen Turbulenzintensitätsverläufen. Links mit geringer Turbulenzintensität von 8% (gut) und rechts einen mit hoher Turbulenz von 20% (schlecht):



Und wie wird der TI-15 jetzt ermittelt?

Zur Bestimmung des TI-15 Wertes eines Messmaststandortes, werden nach IEC 61400-Ed3 die gesammelten Winddaten im Bereich 9 bis 25m/s verwendet. Für den Turbulenzverlauf des Beispielstandorts auf der folgenden Seite (grüne Linie) ergibt sich daraus der Wert der natürlichen Umgebungsturbulenz TI15 zu 13,1% :



welche Messhöhe soll verwendet werden und wie verändert sich die Turbulenzintensität mit der Höhe?

Verwenden Sie zur Bestimmung der Turbulenzintensität auf der geplanten Nabenhöhe einfach die Daten des höchsten Messmast-Anemometers. Wenn Sie unbedingt die TI auf Nabenhöhe bestimmen wollte, rechnen Sie die 10min Mittelwerte auf Nabenhöhe hoch und lassen dabei deren Standardabweichung konstant. Dies führt zu einem Absinken des TI-Wertes mit ansteigender Höhe.

Zum Abschluss ein paar Begriffserklärungen aus Turbulenzgutachten:

TI Turbulenzintensität:

Verhältnis der Standardabweichung der Windgeschwindigkeit zum Mittelwert der Windgeschwindigkeit, bezogen auf Zeitintervalle von üblicherweise zehn Minuten.

TI_{UG} Umgebungsturbulenz(intensität):

natürliche Turbulenzintensität am Standort ohne den Einfluss von Windenergieanlagen.

TI_{char} charakteristische Turbulenzintensität: (DIBt 2004 und IEC 61400-1 Edition 2)
Mittelwert der Umgebungsturbulenzintensität zuzüglich der einfachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität. $TI_{cha} = TI_{mittel} + I_{\sigma}$

TI_{rep} repräsentative Turbulenzintensität: (DIBt 2012, IEC 61400-1 Edition 3)
Mittelwert der Umgebungsturbulenzintensität zuzüglich der 1,28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität. $TI_{rep} = TI_{mittel} + 1,28 I_{\sigma}$

*Im Bereich der Windkraftnutzung gibt es neben den oben beschriebenen **natürlichen Umgebungsturbulenzen** noch eine künstlich erzeugte Turbulenz im Windpark. Sie wird auch **Wake-Turbulenz** genannt und wird durch die Windenergieanlagen im Windpark selbst hervorgerufen. Die Summe aus Umgebungsturbulenz und Wake-Turbulenz ergibt schließlich die **effektive Turbulenz**, mit der alle Berechnungen für Ermüdungs- und Extremlastanalysen im Rahmen der Standsicherheitsanalysen durchgeführt werden.*

TI_{eff} effektive Turbulenzintensität:

Summe aus Umgebungsturbulenzintensität und Windparkturbulenz (verursacht durch turbulente Nachlaufströmungen der Nachbar-WEA's). TI_{eff} kann direkt mit den WEA-Auslegungswerten der Hersteller für die maximal zulässige Turbulenzintensität verglichen werden.

-> Die natürliche Turbulenzintensität ist also die Basisgröße um den geplanten Windenergie-Standort einer der IEC-Klassen einzuordnen, wie sie in der IEC 61400-1 definiert sind.

-> sind zusätzlich noch die Werte für v_{mittel} und $v_{50\text{-Jahres-Wind}}$ bekannt, dann kann man jetzt endlich eine passende Windenergieanlage auswählen, die dann perfekt zu den Windbedingungen vor Ort passt.