

# Technisches Datenblatt

## Betriebsmodus 0 s

**ENERCON Windenergieanlage E-147 EP5 E2 / 5000 kW mit  
TES (Trailing Edge Serrations)**

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: [info@enercon.de](mailto:info@enercon.de) ▪ Internet: <http://www.enercon.de>  
Geschäftsführer: Hans-Dieter Kettwig, Jost Backhaus, Dr. Thomas Cobet, Momme Janssen, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle  
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411  
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis**

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken**

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt**

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

**Dokumentinformation**

|                    |                  |            |                                                    |
|--------------------|------------------|------------|----------------------------------------------------|
| <b>Dokument-ID</b> | D0802432-4       |            |                                                    |
| <b>Vermerk</b>     | Originaldokument |            |                                                    |
| <b>Datum</b>       | <b>Sprache</b>   | <b>DCC</b> | <b>Werk / Abteilung</b>                            |
| 2020-05-20         | de               | DA         | WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion |

**Mitgeltende Dokumente**

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

|                     |                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dokument-ID</b>  | <b>Titel</b>                                                                                                      |
| IEC 61400-12-1:2017 | Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines |
| IEC 61400-11:2012   | Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques                                                    |
| -                   | Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen                                                   |

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                 |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Verfügbare Betriebsmodi .....</b>                            | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Allgemeines .....</b>                                        | <b>7</b>  |
| 2.1      | Leistungsverhalten .....                                        | 7         |
| 2.2      | Schallleistungspegel .....                                      | 7         |
| 2.3      | Betriebsparameter .....                                         | 7         |
| 2.4      | Standorteigenschaften .....                                     | 8         |
| 2.5      | Turbulenzintensität .....                                       | 9         |
| <b>3</b> | <b>Betriebsmodus 0 s .....</b>                                  | <b>11</b> |
| 3.1      | Berechnete Leistungs-, cp- und ct-Werte Betriebsmodus 0 s ..... | 11        |
| 3.2      | Berechnete Schallleistungspegel Betriebsmodus 0 s .....         | 14        |

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungen

|            |                     |
|------------|---------------------|
| <b>MST</b> | Modularer Stahlturm |
| <b>NH</b>  | Nabenhöhe           |

### Größen, Einheiten, Formeln

|                              |                                     |
|------------------------------|-------------------------------------|
| <b><math>L_{WA}</math></b>   | Schallleistungspegel                |
| <b><math>v_H</math></b>      | Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe    |
| <b><math>v_s</math></b>      | Standardisierte Windgeschwindigkeit |
| <b><math>\sigma_P</math></b> | Serienproduktstreuung               |
| <b><math>\sigma_R</math></b> | Messunsicherheit                    |

## 1 Verfügbare Betriebsmodi

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, welche Betriebsmodi für welche Turmvarianten bzw. Nabenhöhen verfügbar sind.

Tab. 1: Verfügbare Betriebsmodi

| Betriebs-<br>modus | Turmvariante bzw. Nabenhöhe (NH) |                              |
|--------------------|----------------------------------|------------------------------|
|                    | E-147 EP5-E2-MST-126-FB-C-01     | E-147 EP5-E2-MST-155-FB-C-01 |
|                    | NH 126 m                         | NH 155 m                     |
| 0 s                | x                                | x                            |

x = verfügbar

- = nicht verfügbar

## 2 Allgemeines

Zu den in diesem Dokument angegebenen technischen Eigenschaften der Windenergieanlage ist zwingend das Beiblatt zu diesem Dokument zu beachten. Eine Übersicht über die Beiblätter steht dem Vertrieb zur Verfügung (D0950052 „Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern“).

### 2.1 Leistungsverhalten

Die in diesem Dokument angegebenen Leistungswerte, Leistungsbeiwerte ( $c_p$ -Werte) und Schubbeiwerte ( $c_t$ -Werte) sind prognostizierte Werte, deren Erreichen ENERCON nach dem aktuellen Entwicklungsstand dieses Windenergieanlagentyps für hinreichend wahrscheinlich hält. Das Leistungsverhalten der Windenergieanlage wird ausschließlich unter den im Dokument „Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen“ beschriebenen Bedingungen gewährleistet.

### 2.2 Schalleistungspegel

Die Zuordnung der Schalleistungspegel ( $L_{WA}$ ) zur standardisierten Windgeschwindigkeit ( $v_s$ ) in 10 m Höhe gilt nur unter Voraussetzung eines logarithmischen Windprofils mit Rauigkeitslänge 0,05 m. Die Zuordnung der Schalleistungspegel zur Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe ( $v_H$ ) gilt für alle Nabenhöhen (NH). Die Windgeschwindigkeit wird bei Messungen aus der Leistungsabgabe und der Leistungskennlinie bestimmt.

Aufgrund der Messunsicherheiten ( $\sigma_R$ ) bei Schallvermessungen und der Serienproduktstreuungen ( $\sigma_P$ ) gelten die in diesem Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von  $\sigma_R = 0,5 \text{ dB(A)}$  und  $\sigma_P = 1,2 \text{ dB(A)}$ . Es gilt der 90-prozentige Vertrauensbereich:

$$L_{e,max} = L_W + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

Ist während einer Vermessung die Differenz zwischen Gesamtgeräusch und Fremdgeräusch kleiner als 6 dB(A), so muss von einer höheren Unsicherheit ausgegangen werden. Richtlinie ist die IEC 61400-11:2012.

Die Schalleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 8 angegebenen Bedingungen berechnet. Es wird eine vorherrschende Turbulenzintensitätsverteilung von 6 % bis 12 % angenommen.

Eine projekt- und/oder standortspezifische Garantie über die Einhaltung des Schalleistungspegels wird durch dieses Datenblatt nicht übernommen.

### 2.3 Betriebsparameter

Einstellungen der Blindleistungserzeugung der Windenergieanlage sowie Steuerungen und Regelungen von Windparks haben einen Einfluss auf das Leistungsverhalten. Die in diesem Dokument angegebenen berechneten Leistungs-,  $c_p$ - und  $c_t$ -Kennlinien gelten unter der Voraussetzung eines uneingeschränkten Betriebs.

## 2.4 Standorteigenschaften

Die Leistungs-,  $c_p$ - und  $c_t$ -Kennlinien sowie Schallleistungspegel sind für die in Tab. 2, S. 8 angegebenen Bedingungen bei unbeschädigter Blattvorderkante und sauberen Rotorblättern berechnet. Die Berechnungen beruhen auf der Erfahrung mit Windenergieanlagen an den unterschiedlichsten Standorten.

Tab. 2: Standortbedingungen

| Parameter                                                       | Wert (10-Minuten-Mittel)  |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Standardluftdichte                                              | 1,225 kg/m <sup>3</sup>   |
| relative Luftfeuchte                                            | 70 %                      |
| Temperatur                                                      | 15°                       |
| Turbulenzintensität                                             | gemäß Kap. 2.5, S. 9      |
| Höhenexponent                                                   | 0,0 bis 0,3               |
| maximale Windrichtungsdifferenz zwischen unterem und oberem Tip | 10°                       |
| maximale Schräganströmung                                       | ±2°                       |
| Terrain                                                         | gemäß IEC 61400-12-1:2017 |
| Schnee/Eis                                                      | nein                      |
| Regen                                                           | nein                      |

Im Übrigen gelten die Rahmenbedingungen gemäß IEC 61400-12-1:2017.

## 2.5 Turbulenzintensität

Den Gültigkeitsbereich der Leistungs-,  $c_p$ - und  $c_t$ -Kennlinien, hinsichtlich möglicher am Standort vorherrschender Turbulenzintensitäten, definiert die nachfolgende Tabelle. Weitere Einschränkungen sind Tab. 2, S. 8 zu entnehmen.

**Tab. 3: Turbulenzintensität**

| Windgeschwindigkeit in m/s | Untere Grenze Turbulenzintensität in % | Obere Grenze Turbulenzintensität in % |
|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 0,50                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 1,00                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 1,50                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 2,00                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 2,50                       | 20,00                                  | 40,00                                 |
| 3,00                       | 18,32                                  | 34,02                                 |
| 3,50                       | 16,45                                  | 30,55                                 |
| 4,00                       | 15,05                                  | 27,95                                 |
| 4,50                       | 13,96                                  | 25,93                                 |
| 5,00                       | 13,09                                  | 24,31                                 |
| 5,50                       | 12,38                                  | 22,99                                 |
| 6,00                       | 11,78                                  | 21,88                                 |
| 6,50                       | 11,28                                  | 20,95                                 |
| 7,00                       | 10,85                                  | 20,15                                 |
| 7,50                       | 10,48                                  | 19,46                                 |
| 8,00                       | 10,15                                  | 18,85                                 |
| 8,50                       | 9,86                                   | 18,31                                 |
| 9,00                       | 9,61                                   | 17,84                                 |
| 9,50                       | 9,38                                   | 17,41                                 |
| 10,00                      | 9,17                                   | 17,03                                 |
| 10,50                      | 8,98                                   | 16,68                                 |
| 11,00                      | 8,81                                   | 16,37                                 |
| 11,50                      | 8,66                                   | 16,08                                 |
| 12,00                      | 8,52                                   | 15,82                                 |
| 12,50                      | 8,39                                   | 15,57                                 |
| 13,00                      | 8,27                                   | 15,35                                 |
| 13,50                      | 8,15                                   | 15,14                                 |
| 14,00                      | 8,05                                   | 14,95                                 |
| 14,50                      | 7,95                                   | 14,77                                 |
| 15,00                      | 7,86                                   | 14,60                                 |

| Windgeschwindigkeit in m/s | Untere Grenze Turbulenzintensität in % | Obere Grenze Turbulenzintensität in % |
|----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 15,50                      | 7,78                                   | 14,45                                 |
| 16,00                      | 7,70                                   | 14,30                                 |
| 16,50                      | 7,63                                   | 14,16                                 |
| 17,00                      | 7,56                                   | 14,03                                 |
| 17,50                      | 7,49                                   | 13,91                                 |
| 18,00                      | 7,43                                   | 13,79                                 |
| 18,50                      | 7,37                                   | 13,69                                 |
| 19,00                      | 7,31                                   | 13,58                                 |
| 19,50                      | 7,26                                   | 13,48                                 |
| 20,00                      | 7,21                                   | 13,39                                 |
| 20,50                      | 7,16                                   | 13,30                                 |
| 21,00                      | 7,12                                   | 13,22                                 |
| 21,50                      | 7,07                                   | 13,14                                 |
| 22,00                      | 7,03                                   | 13,06                                 |
| 22,50                      | 6,99                                   | 12,99                                 |
| 23,00                      | 6,95                                   | 12,92                                 |
| 23,50                      | 6,92                                   | 12,85                                 |
| 24,00                      | 6,88                                   | 12,78                                 |
| 24,50                      | 6,85                                   | 12,72                                 |
| 25,00                      | 6,82                                   | 12,66                                 |

### 3 Betriebsmodus 0 s

#### 3.1 Berechnete Leistungs-, $c_p$ - und $c_t$ -Werte Betriebsmodus 0 s

Tab. 4: Berechnete Leistungs-,  $c_p$ - und  $c_t$ -Werte E-147 EP5 E2 / 5000 kW Betriebsmodus 0 s

| Windgeschwindigkeit $v$ in m/s | Leistung $P$ in kW | $c_p$ -Wert | $c_t$ -Wert |
|--------------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| 0,00                           | 0                  | 0,00        | 0,00        |
| 0,50                           | 0                  | 0,00        | 0,00        |
| 1,00                           | 0                  | 0,00        | 0,00        |
| 1,50                           | 0                  | 0,00        | 0,00        |
| 2,00                           | 0                  | 0,00        | 0,00        |
| 2,50                           | 27                 | 0,17        | 0,96        |
| 3,00                           | 76                 | 0,27        | 0,86        |
| 3,50                           | 152                | 0,34        | 0,84        |
| 4,00                           | 257                | 0,38        | 0,83        |
| 4,50                           | 391                | 0,41        | 0,83        |
| 5,00                           | 557                | 0,43        | 0,82        |
| 5,50                           | 758                | 0,44        | 0,82        |
| 6,00                           | 997                | 0,44        | 0,82        |
| 6,50                           | 1276               | 0,45        | 0,81        |
| 7,00                           | 1594               | 0,45        | 0,79        |
| 7,50                           | 1948               | 0,44        | 0,77        |
| 8,00                           | 2332               | 0,44        | 0,75        |
| 8,50                           | 2735               | 0,43        | 0,71        |
| 9,00                           | 3144               | 0,41        | 0,67        |
| 9,50                           | 3543               | 0,40        | 0,63        |
| 10,00                          | 3912               | 0,38        | 0,58        |
| 10,50                          | 4236               | 0,35        | 0,53        |
| 11,00                          | 4501               | 0,32        | 0,48        |
| 11,50                          | 4702               | 0,30        | 0,43        |
| 12,00                          | 4843               | 0,27        | 0,39        |
| 12,50                          | 4934               | 0,24        | 0,34        |
| 13,00                          | 4989               | 0,22        | 0,31        |
| 13,50                          | 5000               | 0,20        | 0,27        |
| 14,00                          | 5000               | 0,17        | 0,24        |
| 14,50                          | 5000               | 0,16        | 0,22        |
| 15,00                          | 5000               | 0,14        | 0,20        |

| Windgeschwindigkeit v in m/s | Leistung P in kW | c <sub>p</sub> -Wert | c <sub>t</sub> -Wert |
|------------------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| 15,50                        | 5000             | 0,13                 | 0,18                 |
| 16,00                        | 5000             | 0,12                 | 0,16                 |
| 16,50                        | 5000             | 0,11                 | 0,15                 |
| 17,00                        | 5000             | 0,10                 | 0,13                 |
| 17,50                        | 5000             | 0,09                 | 0,12                 |
| 18,00                        | 5000             | 0,08                 | 0,11                 |
| 18,50                        | 5000             | 0,08                 | 0,11                 |
| 19,00                        | 5000             | 0,07                 | 0,10                 |
| 19,50                        | 5000             | 0,06                 | 0,09                 |
| 20,00                        | 5000             | 0,06                 | 0,08                 |
| 20,50                        | 5000             | 0,06                 | 0,08                 |
| 21,00                        | 5000             | 0,05                 | 0,07                 |
| 21,50                        | 5000             | 0,05                 | 0,07                 |
| 22,00                        | 5000             | 0,05                 | 0,07                 |
| 22,50                        | 5000             | 0,04                 | 0,06                 |
| 23,00                        | 5000             | 0,04                 | 0,06                 |
| 23,50                        | 5000             | 0,04                 | 0,05                 |
| 24,00                        | 5000             | 0,03                 | 0,05                 |
| 24,50                        | 5000             | 0,03                 | 0,05                 |
| 25,00                        | 5000             | 0,03                 | 0,05                 |

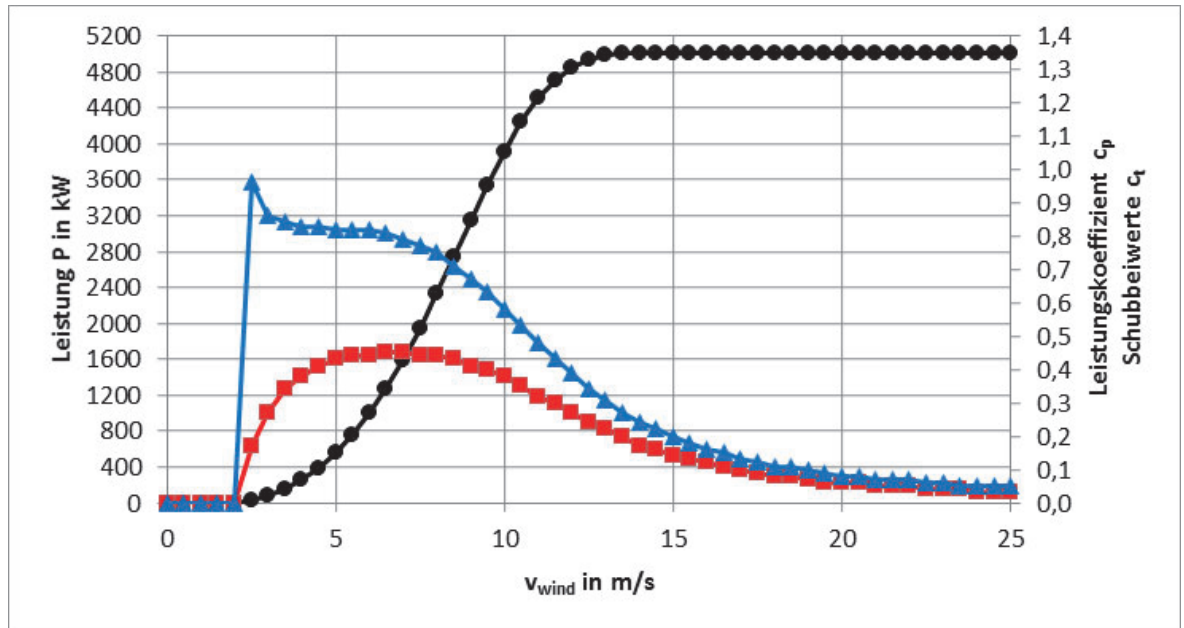


Abb. 1: Leistungs-,  $c_p$ - und  $c_t$ -Kennlinien E-147 EP5 E2 / 5000 kW Betriebsmodus 0 s

|       |                    |
|-------|--------------------|
| ◆◆◆   | Leistung $P$ in kW |
| ▲▲▲   | $c_t$ -Wert        |
| ■ ■ ■ | $c_p$ -Wert        |

### 3.2 Berechnete Schallleistungspegel Betriebsmodus 0 s

Im Betriebsmodus 0 s wird die Windenergieanlage leistungsoptimiert mit optimaler Ertragsausbeute betrieben. Der höchste zu erwartende Schallleistungspegel liegt bei 106,4 dB(A) im Bereich der Nennleistung. Alle angegebenen Schallleistungspegel gelten unter der Berücksichtigung, der in Kap. 2.2, S. 7 beschriebenen Unsicherheiten. Nach Erreichen der Nennleistung steigt der Schallleistungspegel nicht weiter an.

Tab. 5: Technische Daten

| Parameter                 | Wert | Einheit |
|---------------------------|------|---------|
| Nennleistung ( $P_n$ )    | 5000 | kW      |
| Nennwindgeschwindigkeit   | 13,5 | m/s     |
| minimale Betriebsdrehzahl | 3,2  | U/min   |
| Solldrehzahl              | 10,4 | U/min   |

Tab. 6: Berechneter Schallleistungspegel in dB(A) bezogen auf die standardisierte Windgeschwindigkeit  $v_s$  in 10 m Höhe

| $v_s$ in 10 m Höhe | Schallleistungspegel in dB(A) |          |
|--------------------|-------------------------------|----------|
|                    | NH 126 m                      | NH 155 m |
| 3 m/s              | 93,1                          | 93,6     |
| 3,5 m/s            | 96,2                          | 96,7     |
| 4 m/s              | 99,0                          | 99,5     |
| 4,5 m/s            | 101,5                         | 102,0    |
| 5 m/s              | 103,8                         | 104,2    |
| 5,5 m/s            | 104,6                         | 104,7    |
| 6 m/s              | 105,0                         | 105,2    |
| 6,5 m/s            | 105,4                         | 105,5    |
| 7 m/s              | 105,8                         | 105,8    |
| 7,5 m/s            | 105,9                         | 106,0    |
| 8 m/s              | 106,1                         | 106,3    |
| 8,5 m/s            | 106,4                         | 106,4    |
| 9 m/s              | 106,4                         | 106,4    |
| 9,5 m/s            | 106,4                         | 106,4    |
| 10 m/s             | 106,4                         | 106,4    |
| 10,5 m/s           | 106,4                         | 106,4    |
| 11 m/s             | 106,4                         | 106,4    |
| 11,5 m/s           | 106,4                         | 106,4    |
| 12 m/s             | 106,4                         | 106,4    |
| 95 % $P_n$         | 106,4                         | 106,4    |

**Tab. 7: Berechneter Schallleistungspegel in dB(A) bezogen auf die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe  $v_H$**

| $v_H$    | Schallleistungspegel in dB(A) |
|----------|-------------------------------|
| 5 m/s    | 95,5                          |
| 5,5 m/s  | 97,5                          |
| 6 m/s    | 99,3                          |
| 6,5 m/s  | 101,0                         |
| 7 m/s    | 102,6                         |
| 7,5 m/s  | 104,1                         |
| 8 m/s    | 104,5                         |
| 8,5 m/s  | 104,8                         |
| 9 m/s    | 105,1                         |
| 9,5 m/s  | 105,4                         |
| 10 m/s   | 105,6                         |
| 10,5 m/s | 105,8                         |
| 11 m/s   | 105,9                         |
| 11,5 m/s | 106,0                         |
| 12 m/s   | 106,2                         |
| 12,5 m/s | 106,4                         |
| 13 m/s   | 106,4                         |
| 13,5 m/s | 106,4                         |
| 14 m/s   | 106,4                         |
| 14,5 m/s | 106,4                         |
| 15 m/s   | 106,4                         |