

# Technische Beschreibung

## Hinterkantenkamm (TES)

- Herausgeber** ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland  
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109  
E-Mail: 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>	D0310012-3		
<b>Vermerk</b>	Originaldokument		
<b>Datum</b>	<b>Sprache</b>	<b>DCC</b>	<b>Werk / Abteilung</b>
2020-03-30	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

## Beschreibung des Hinterkantenkamms

### Einleitung

Auf der Saug- und Druckseite des Rotorblatts herrschen unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten. Dadurch kommt es an der Hinterkante zu Turbulenzen und der Geräuschpegel im Betrieb der Windenergieanlage steigt an.

Um diesen Geräuschpegel zu senken, wird ein Zackenprofil an der Hinterkante montiert. Dieses Profil wird als Hinterkantenkamm (engl. Trailing Edge Serration, kurz TES) bezeichnet.

Die Abbildungen in diesem Dokument zeigen den Einsatz eines Hinterkantenkamms beispielhaft an Rotorblättern mit gebogener Blattspitze. Die Form der Blattspitze hat keinen Einfluss auf die Anordnung und Funktion des Hinterkantenkamms.

### Entstehung von Strömungslärm

Die bedeutendste Ursache für den Strömungslärm ist die sich an der Oberfläche der Rotorblätter ausbildende turbulente Grenzschicht, in der sich Turbulenzballen bilden. Treffen die Turbulenzballen auf die Hinterkante, produzieren sie entsprechend ihrer Größe Druckschwankungen, die als breitbandige aerodynamische Geräusche abstrahlen.

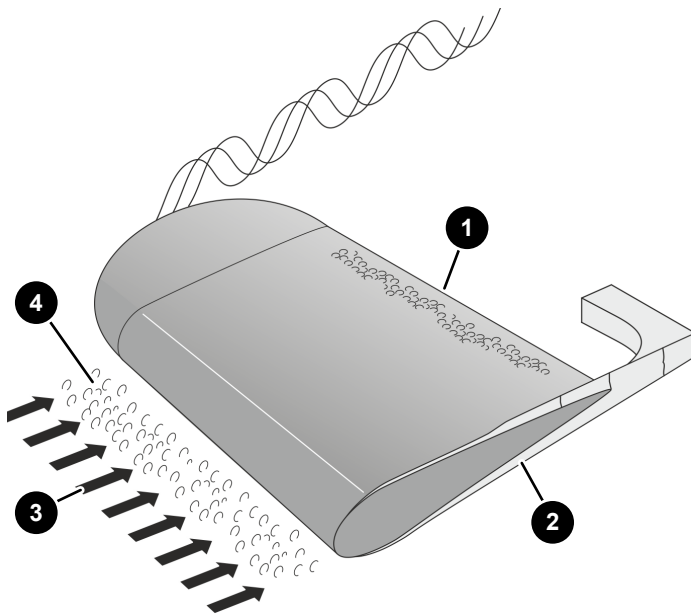
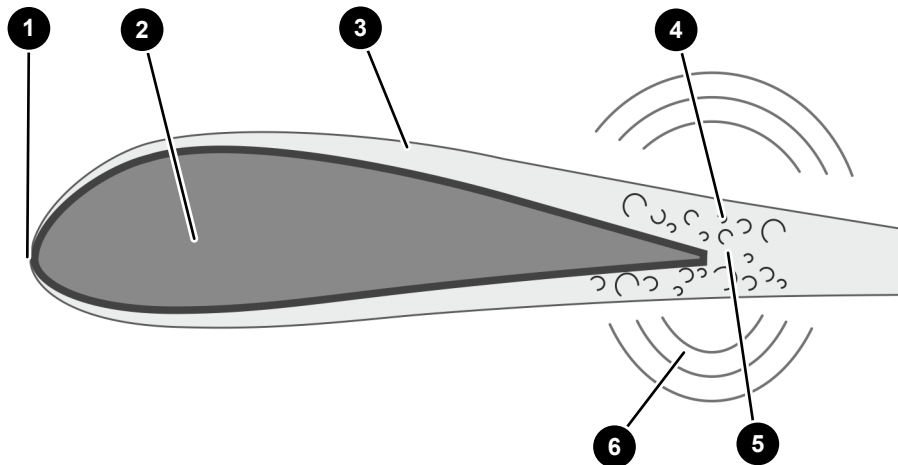


Abb. 1: Strömung am Rotorblatt

1	Turbulenzballen an der Hinterkante	2	Wirbelschleppe
3	Grenzschicht	4	Anströmung
5	Turbulenzballen in der Anströmung		

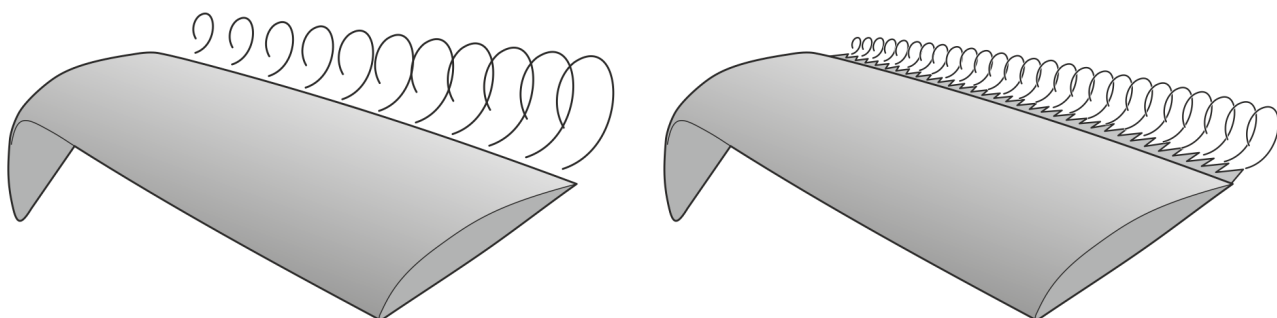


**Abb. 2: Mechanismus des Hinterkantengeräuschs**

1	Vorderkante	2	Querschnitt des Rotorblatts
3	Grenzschicht	4	Turbulenzballen
5	Hinterkante	6	Emission der Hinterkante

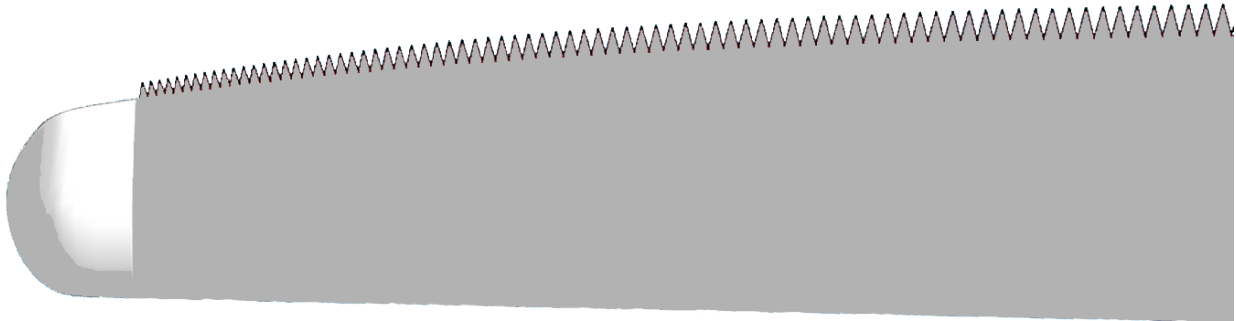
### Funktionsweise des Hinterkantenkamms

Eine gezackte Verlängerung der Hinterkante reduziert die akustische Emission, indem die Turbulenzballen an den Flanken der Zacken in kleinere Turbulenzballen aufgebrochen werden. Die Stärke der Druckschwankungen wird reduziert, was zu einer verminderten akustischen Abstrahlung führt. Da die Intensität der Schallabstrahlung erheblich von der lokalen Strömungsgeschwindigkeit abhängig ist, werden Hinterkantenkämme nur im äußeren Rotorblattbereich angebracht, wo die Rotationsgeschwindigkeit am größten ist.



**Abb. 3: Turbulenzen ohne Hinterkantenkamm (links) und mit Hinterkantenkamm (rechts)**

Da sich die Strömungsbedingungen entlang des Rotorblatts verändern, muss auch die Zackengröße in Abstand und Länge funktional an die lokalen Strömungsbedingungen angepasst werden. Die patentierte kontinuierliche Verteilung der Zackengröße entlang der Rotorblätter von ENERCON Windenergieanlagen führt zu einer optimalen Schallreduktion.



**Abb. 4: Hinterkantenkamm**

#### **Auswirkungen auf die Leistungs-, $c_t$ - und $c_p$ -Kennlinie**

Der Hinterkantenkamm hat keinen Einfluss auf die Leistungskennlinie oder auf die  $c_t$ - und  $c_p$ -Kennlinien. Der Hinterkantenkamm dient ausschließlich der Schallreduktion.