

## ABS für eBikes und Pedelecs

### Das eBike mit ABS sicher stoppen

Die Kehrseite des ungebrochenen Booms der Pedelecs sind steigende Unfallzahlen. Laut Statistischem Bundesamt ([Destatis Pressemitteilung Nr. N 043 vom 12. Juli 2022](#)) **verunglückten 2021 über 17 000 Nutzer/-innen von Pedelecs, über 130 Personen kamen dabei ums Leben.**

Derzeit ist die Frage noch schwierig abzuschätzen, in wie vielen Fällen schwerer Unfallverletzungen die Qualität des Bremsens eine entscheidende Rolle gespielt haben könnte. Experten gehen allerdings davon aus, dass unter idealen Rahmenbedingungen **29% der Pedelec-Unfälle mit einem eBike-ABS vermeidbar** wären. Zu den günstigen Randbedingungen gehört auch eine passende Nutzung der Bremsen und des ABS.

Gleichgültig ob ein Fahrrad mit oder ohne Elektrounterstützung bewegt wird: Jeder Fahrer und jede FahrerIn muss sich bei der Nutzung eines Fahrrades darüber im Klaren sein, dass das effektive und sichere Abbremsen ihres Einspurfahrzeugs mit unterschiedlichen Risiken verbunden ist und regelmäßige Übung erfordert, um schädliche Ängste und Vorbehalte abzubauen und ein realistisches Bild von den Möglichkeiten zu erlernen.

Zum einen haben viele Pedelec-Nutzer Befürchtungen, bei dem Einsatz besonders der Vorderradbremse die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren. **Deswegen wird das Potenzial der Stopper nur unzureichend genutzt.** Zu groß erscheint das Risiko, dass das Vorderrad blockiert, seitlich wegrutscht und damit ein Sturz unvermeidbar ist. Auf der anderen Seite werden **in Schrecksituationen die Bremsen vielfach reflexartig zu kräftig** und damit schwer kontrollierbar bedient, wodurch die konkreten Möglichkeiten einer gefahrlosen Verzögerung überbeansprucht werden. Außerdem wächst bei solchen kräftigen Bremsmanövern die vielfach **unterschätzte Überschlagsgefahr.** In allen Fällen ist ein Sturz mit erhöhtem Verletzungsrisiko nicht auszuschließen. Dies gilt in besonderer Weise bei regem und dichtem Straßenverkehr, da in diesen Situationen die Wahrscheinlichkeit, mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kollidieren, zusätzlich deutlich steigt.

### Wie gut funktioniert ein **Antiblockiersystem** für Pedelecs und E-Bikes?

Das **Antiblockiersystem** (ABS) gilt auch bei Zweirädern als „**die Mutter**“ aller Assistenzsysteme, da es bei Notbremsungen den Stillstand des stabilisierenden Vorderrades und in der Folge Stürze und entsprechende **Unfälle verhindern kann.** Deswegen ist es **naheliegend**, auch Fahrräder und hier speziell eBikes wie **Pedelecs**, die über eine eigene Energieversorgung verfügen, **mit diesem Assistenzsystem auszurüsten.**

Die Firma Bosch hat auf der EUROBIKE 2022 die zweite Generation eines ABS für elektrisch unterstützte Fahrräder vorgestellt. Die erste Generation dieses eBike-ABS hat der ADAC 2021 an einem Trekkingrad getestet. Dabei zeigte sich, dass dieses erste eBike-ABS nicht frei war von Schwächen. Besonders der Bremsdruckaufbau bzw. die initiale Bremswirkung wurde kritisiert. Dieses Manko wird mit der neuen Version eliminiert. Zudem wurden die Elektronikkomponenten kompakter gestaltet und wenig auffällig



Bild 1: Das ABS verrät sich durch die Impulsringe an den Bremscheiben. Bild: ADAC/ V. Schwenk

am linken Gabelholm angebracht. Der Hersteller spricht von einem um fast 80% geringeren Gehäusevolumen und einem um über 50% reduziertem Gewicht im Vergleich zur alten Version.

Als **Besonderheit** kann gelten, dass die **zweite Generation des Pedelec-ABS an die vielfältigen Fahrradtypen und -nutzungen angepasst** wurde. Von e-Lastenrädern bis zu Mountainbikes (eMTB) für den Downhill-Sport reichen die spezifischen Auslegungen des Assistenzsystems. Bosch nennt in Summe drei bzw. vier unterschiedliche ABS-Modi, die allerdings nicht für alle Pedelec-Typen angeboten werden. **Für eMTB wird neben dem universellen Modus Allroad der sportliche Modus Trail bereitgestellt.** Zudem kann bei diesem Fahrradtyp als einzigem das ABS komplett deaktiviert werden. Für **Lasten- und Trekkingräder** sind die ähnlich ausgelegten **ABS-Modi Cargo und Touring** vorgesehen. In diesen Fällen ist das ABS immer aktiviert, wenn das Antriebssystem eingeschaltet ist.

Durch die baulichen Änderungen können auch die Hydraulikleitungen verkürzt werden. Unter anderem dadurch sind auch schnellere und damit feinere ABS-Reaktionen möglich. Das neue ABS regelt deutlich feiner als die alte Version.

Neben der Firma Bosch gibt es einen **weiteren Anbieter von ABS für Pedelecs**, die italienische Marke **BluBrake**. Er bietet aktuell die zweite Generation seines Produkts an, das sich **mittels künstlicher Intelligenz (KI)** an die **Bremsennutzung des Fahrenden** anpassen soll.

Dessen ungeachtet wollte der ADAC wissen, **welchen Nutzen ein ABS für Pedelecs bringt** und ob sich die Mehrkosten von mehreren Hundert Euro lohnen.

**Doppelte Sicherheitsfunktion: Radblockade und Überschlag verhindern.**

Neben der reinen Verhinderung der Radblockade z.B. auf Untergründen mit verringertem Reibwert erfüllen gute ABS für Zweiräder eine weitere, wichtige Funktion: **Sie verhindern weitgehend das Abheben des Hinterrades und im Extremfall einen Überschlag des Fahrzeugs.** Bedingt durch den kurzen Radstand und den hohen Schwerpunkt ist eine Bremsung mit einem Zweirad in klassischer Bauform immer mit einer ausgeprägten und sich selbst verstärkenden Dynamik verbunden. Bei leichten Fahrrädern hebt das Gewicht des Fahrers/der Fahrerin den Schwerpunkt besonders weit nach oben. Damit stellt die Überschlagsgefahr bei starken Bremsungen auf griffigen Untergründen das allgemeine Limit für die Verzögerung von klassischen Fahrrädern dar. Deutlich günstiger sind die Bedingungen bei Liegerädern mit niedrigem Schwerpunkt und Lasträdern mit langen Radständen.

Die beschriebene Funktion der Überschlagverhinderung ist von der reinen Blockierverhinderung unabhängig und muss seitens des Herstellers eigens als Feature adaptiert sein. Hierzu ist wie bei dem Einkanal-ABS von Bosch ein Sensor für die Hinterraddrehbewegung erforderlich, selbst wenn die Hinterradbremse von dem Regelsystem nicht angesteuert wird. Seitens des ABS-Herstellers wird allerdings angestrebt, in zukünftigen ABS-Versionen so wie bei modernen Motorrädern durch Verwendung von Beschleunigungssensoren (z.B. Drehratensensoren), die die Abhebetendenz des Fahrzeughecks erkennen, auf die Überwachung der Hinterradbewegung verzichten zu können. Getestet wurde das neue Pedelec-ABS der Marke



Bild 2: Getestet wurde das ABS an einem eMTB (links) und einem Trekking-Pedelec (rechts), bereitgestellt von Bosch (Bild: Viktor Schwenk)

Bosch an zwei Pedelecs, die **vom Hersteller zur Verfügung gestellt** wurden. Eines der Fahrzeuge war ein eMTB, das andere ein Trekkingrad (siehe Bild 2).

## Zusammenfassung:

- Die **2. Generation des Bosch-ABS für Pedelecs** zeigt im Vergleich zur Vorgängerversion **deutliche Verbesserungen**. Diese betreffen in erster Linie das Ansprechverhalten und die Präzision des Druckpunktes der Bremse.
- Die Komponenten des neuen ABS sind deutlich kompakter und leichter i.Vgl. zur Vorgängerversion.
- Für die verschiedenen Fahrradtypen und Einsatzzwecke wurden angepasste Modi entwickelt. Besonders für e-Mountainbikes (eMTB) sind zwei unterschiedliche ABS-Abstimmungen vorgesehen. Zudem ist das ABS bei diesen Fahrradtypen abschaltbar. **Die Anpassung des ABS an die spezifischen Anforderungen für eMTB stellt die bedeutsamste Innovation des neuen ABS dar.**
- Die ABS-Eigenschaften und -Modi für eMTB werden durchgängig als Sicherheitsgewinn gewertet. Dies gilt auf Schotter für die Verhinderung einer Radblockade und eines Überschlags selbst an Gefällstrecken ebenso wie auf griffigem Asphalt.
- Der eMTB-Modus Trail ist spürbar sportlicher als der Modus Allroad. Auf Asphalt liefert er eine um fast  $1 \text{ m/s}^2$  höhere Verzögerung (20%). Die Unterschiede zwischen den beiden Modi auf Schotter sind deutlich geringer. Hier stellen die Reifeneigenschaften den limitierenden Faktor dar.
- Die Bremsstabilität des eMTB ist gut, die Abhebetendenz des Hinterrades wird wirksam begrenzt. Lediglich bei dem sportlich ausgelegten Modus Trail hebt das Hinterrad gelegentlich leicht ab.
- Die **ABS-Eigenschaften des Trekkingrades (Modus Touring) erfüllen** auf allen Untergründen **die Erwartungen**. Die Fahrstabilität überzeugt. Im Vergleich zu Bremsungen ohne ABS auf Asphalt verlängert das ABS die Bremswege nur minimal, gleichzeitig wird die Überschlagentendenz deutlich reduziert. **Dies stellt einen gelungenen Kompromiss zwischen den sich widersprechenden Anforderungen** (kurzer Bremsweg vs. geringer Überschlagentendenz) dar.
- Das aktuelle ABS kann Fahrern/Fahrerinnen aller Pedelec-Typen uneingeschränkt empfohlen werden, sofern das im nächsten Punkt beschriebene Bremsverhalten bei bewässerter Bremse für die Serienfertigung ausgeschlossen werden kann. Der höchste Effekt auf das Unfallgeschehen ist bei Alltagsfahrrädern zu erwarten, wenn der Umgang mit der Bremse bewusst und regelmäßig trainiert und die Bremse folglich auch in Extremsituationen angemessen bedient wird.
- Bei dem getesteten eMTB wurde nach der Benetzung der Bremsanlage mit Wasser bei aktivem ABS ein ausgeprägtes Rubbeln der Bremsbeläge und eine Reduzierung der Bremsverzögerung festgestellt. Mit abgeschaltetem ABS war unter den gleichen Bedingungen eine um 14% höheren Verzögerung (kürzerer Bremsweg) erzielbar. Dem Hersteller wurde diese Auffälligkeit mitgeteilt. Er hat das Testfahrzeug überprüft und sieht spezifische Eigenschaften (Mängel) an dem Testfahrrad als Ursache für den beschriebenen Effekt.
- **In besonderer Weise sinnvoll erscheint das Pedelec-ABS für Fahrräder mit langem Radstand, niedrigem Schwerpunkt und/oder hohem Gewicht.** Diese Fahrzeuge haben eine nur geringe Überschlagentendenz bei Geradeausbremsungen. Hier kann die Bremswirkung bis an die Blockiergrenze ausgenutzt werden, ohne dass vorher die Gefahr des Überschlags die Bremskraft beschränkt.
- Nach Aussagen von Bosch sind die ABS-Systeme mit den Modi Touring und Cargo auch geeignet für schnelle, sogenannte **S-Pedelec** (Überstützung bis 45 km/h, Zulassung als Kleinkrafträder). Die Modi Allroad und Trail sollen keine Verwendung finden in eMTB mit Unterstützungen bis 45 km/h, weil der Hersteller für diesen Fahrzeugtyp auch keine Antriebssysteme anbietet.

## ADAC-Bremstests auf Asphalt und Schotter mit und ohne ABS, Vergleich der verschiedenen ABS Modi

Mit den beiden e-Bikes wurden folgende Bremsungen durchgeführt:

Auf Schotter:

- Trekkingrad: waagerechte Streckenverlauf, Modus Touring
- MTB: waagerechter Streckenverlauf, Modi Allroad u. Trail  
Gefällstrecke ca. 13%, (7,5°), Modi Allroad, Trail u. Off

Auf Asphalt:

- Trekkingrad:  
waagerechter Streckenverlauf, Modus Touring, ABS Off (System abgeschaltet)  
Reibwertsprung (Bremsung auf Untergrund mit wechselnder Griffigkeit), Modus Touring
- MTB:  
waagerechter Streckenverlauf, Modi Allroad, Trail, ABS Off  
Reibwertsprung (Bremsung auf Untergrund mit wechselnder Griffigkeit), Modi Allroad, Trail, ABS Off  
Bremsung mit Wasser benetzte vordere Brems Scheibe: Modi Trail u. Off

Mit den beiden Fahrrädern wurden in Summe 176 verwertbare Einzelbremsungen durchgeführt, die sich wie folgt aufteilen.

Untergrund	eMTB	E-Trekkingrad
Schotter	46	10
Asphalt (inkl. Reibwertsprung)	80	40

### Ergebnisse der einzelnen Bremstests

Ermittelte Verzögerungen in der Übersicht (größere Werte sind besser)				
Fahrradtyp	Streckeneigen-schaft	ABS-Modus	Verzögerung [m/s <sup>2</sup> ]	Bemerkung/Besonderheit
<b>fester Untergrund/Asphalt</b>				
<b>eMTB</b>	waagerecht/ sauber	Allroad	4,7	
		Trail	5,6	Abhebetendenz am Hinterrad
		ABS aus	5,2	deutl. Abhebetendenz am Hinterrad
		Trail	5,7	Bremsscheibe trocken
	waagerecht/ Reibwertsprung	Trail	4,4	Bremsscheibe nass
		ABS aus	5,1	Bremsscheibe nass
		Allroad	4,1	
		Trail	4,7	
<b>Trekkingrad</b>	waagerecht	Touring	5,2	
	waagerecht	ABS aus	5,5	Abhebetendenz Hinterrad
	waagerecht/ Reibwertsprung	Touring	4,5	
<b>Schotter</b>				
<b>eMTB</b>	waagerecht	Allroad	4,2	
		Trail	4,2	
	Gefälle (13%)	Allroad	3,0	Off-Road-Reifen
		Trail	2,8	
<b>Trekkingrad</b>	waagerecht	ABS aus	3,4	
		Touring	4,5	

Hinweis zur Bewertung/Einordnung der resultierenden Verzögerungen auf trockenem Asphalt:  
 Mit modernen Pkw sind mittlere Vollbremsverzögerungen von 10 bis 12 m/s<sup>2</sup> möglich, mit Motorrädern 8,5 bis 10 m/s<sup>2</sup>. Bedingt durch den kurzen Radstand und den hohen Schwerpunkt erreichen stark gebremste Fahrräder und Pedelecs bei Verzögerungen von ca. 6 bis 6,5 m/s<sup>2</sup> die Grenze zum Überschlag. Nur bei Lastenrädern mit langem Radstand sind unter idealen Bedingungen Verzögerungen von 1 g also 9,8 m/s<sup>2</sup> denkbar.

## ADAC Empfehlungen

- Die Gründe für das auffällige Bremsverhalten (Bremsenrubbeln) bei bewässerter Bremse in Kombination mit dem ABS sollten ermittelt und beseitigt werden.

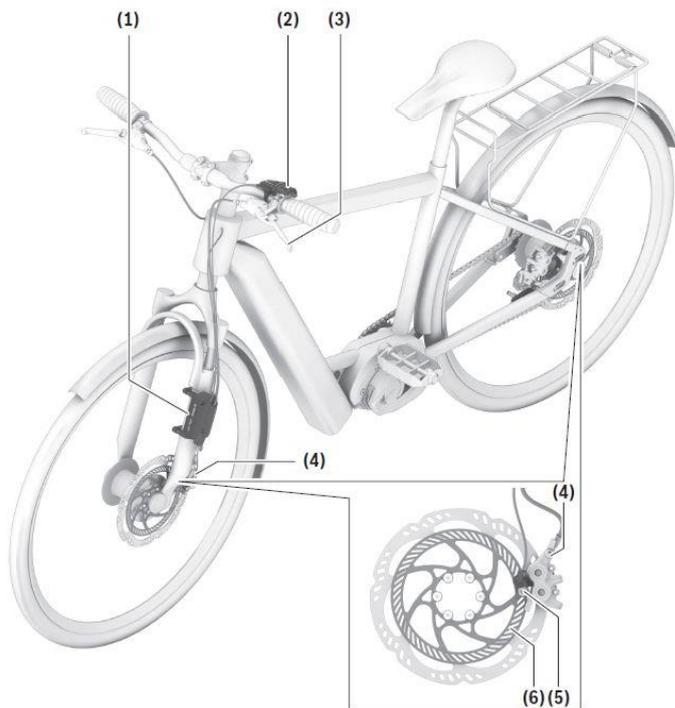
## Tipps für den Verbraucher

- Angesichts der statistisch belegten erhöhten Risiken des Pedelec-Fahrens sollte ein neues Pedelec-Modell in jedem Fall über ein ABS verfügen.
- Vor der Kaufentscheidung für ein bestimmtes Pedelec-Modell mit ABS: Lassen Sie sich unbedingt das System vom Händler erklären und führen Sie eine ausgiebige Probefahrt mit Bremsversuchen (nur im geschützten Bereich abseits öffentlicher Straßen) durch. Hierbei möglichst immer beide Bremsen einsetzen.
- Achten Sie darauf, das ABS der 2. Generation auszuwählen, da dieses wie beschrieben deutlich effektiver arbeitet.
- Nach dem Kauf: Machen Sie sich mit dem ABS eingehend vertraut. Die Bedienungsanleitung ist Pflichtlektüre. Hier werden die Möglichkeiten aber auch die Grenzen des ABS detailliert beschrieben.
- Unabhängig davon, ob ein Pedelec mit oder ohne ABS ausgewählt wird, in jedem Fall das sichere Bremsen üben. Hierfür im Zweifel einen Coach oder ein Sicherheitstraining aufsuchen.
- Wenn geplant ist viel und in Gruppen auf unbefestigten Wegen zu fahren, kann das ABS seine Vorteile in Notsituationen ausspielen.
- Ergänzender Hinweis: Alle ABS benötigen hydraulisch arbeitende Scheibenbremsen. Für rein mechanisch arbeitende Bremsen oder auch Felgenbremsen ist die hier eingesetzten ABS-Regelung zumindest derzeit nicht geeignet. Außerdem ist zumindest bislang nur die Serienausstattung vorgesehen, eine Nachrüstung an bereits im Betrieb befindlichen Fahrräder ist nicht möglich.
- Insbesondere für engagierte Nutzer von eMTB empfiehlt sich das neue ABS mit den für Schotter und lockeren Untergrund angepassten Modi als Pflichtausstattung. Trotzdem müssen immer die Grenzen des Systems entsprechende den Hinweisen der Bedienungsanleitung beachtet werden.

## Technische Daten:

<b>Name</b>	<b>BAS3311</b>
<b>ABS Typ</b>	Einkanal-ABS, Vorderrad, ohne Rückförderpumpe, mit Speicherkammer
<b>Sensoren</b>	Raddrehzahlsensoren an Vorder- und Hinterrad
<b>Feature</b>	Verhindert Radblockaden und verringert Überschlaggefahr, je nach Fahrradmodell vier verschiedene Modi
<b>Gewicht</b>	215 g
<b>Preis</b>	je nach Auslegung u. Fahrradtyp ca. 300 bis 500 Euro (Aufpreis)

## System-Darstellung



- (1) ABS Steuergerät
- (2) Bedieneinheit mit ABS-Kontrollleuchte
- (3) Bremshebel Vorderrad
- (4) Bremssattel
- (5) Radgeschwindigkeits-Sensor
- (6) Sensorscheibe

Grafik: Bosch

## Herausgeber/Impressum

ADAC e.V.  
Test und Technik  
81360 München  
E-Mail [tet@adac.de](mailto:tet@adac.de)  
[www.adac.de](http://www.adac.de)