

VIA VISION

VOLKSWAGEN GROUP • NACHRICHTEN AUS DER MOBILEN ZUKUNFT

NR 09

November 2012

Editorial – Dr. Ulrich Hackenberg	2
Drucksache – Vom Pedaltritt zum Stillstand	2
Zupackend – Bremsen leisten harte Arbeit	4
Hitzebeständig – Spezielles Material für Bremsen	5
Schnelle Helfer – Bremsassistenten sorgen für Sicherheit	6
Wiedergewinnung – Bremsenergie nutzbar machen	8
Impressum	8

Bremsen

Die Kunst der Entschleunigung

0,3 Sekunden

Reaktionszeit braucht ein Autofahrer bis er auf das Bremspedal tritt – mindestens.

100 Prozent

aller Neuwagen in Deutschland verfügen über ABS.



Editorial



Dr. Ulrich Hackenberg, Mitglied des Markenvorstands Volkswagen, Geschäftsbereich Forschung und Entwicklung.

Ein Auto ohne Bremsen ist genauso undenkbar wie eines ohne Motor. VIAVISION erklärt in dieser Ausgabe, wie Bremsen funktionieren, welche Eigenschaften die verwendeten Materialien haben müssen – und wie sich durch das Entschleunigen sogar Energie gewinnen lässt!

Ich wünsche allen Lesern viel Spaß bei der Lektüre.

Drucksache

Vom Pedaltritt zum Stillstand

Beim Fahrrad ist der Bremsvorgang leicht zu erkennen: Per Handbremse wird ein Stahlseil angezogen, das links und rechts Gummiblöcke gegen den Reifen presst. Beim Auto ist das Prinzip ähnlich, nur kommen hier Bremsbeläge und stählerne Brems scheiben oder -trommeln zum Einsatz. Statt des Stahlseils sorgt eine Hydraulikflüssigkeit, die in einem geschlossenen Bremskreis zirkuliert, für den nötigen Druck. Weil das Bremsen eine der wichtigsten Sicherheitsfunktionen ist, hat jedes Auto für den Notfall einen zweiten Bremskreis, damit immer mindestens zwei Räder bremsfähig sind. Die stärkste Bremsleistung liegt bei den Vorderrädern, weil sich beim Bremsen das Gewicht der Karosserie nach vorne verlagert.

18 Stundenkilometer pro Sekunde beträgt die Geschwindigkeitsverminderung, die eine Pkw-Bremsanlage mindestens erzielen muss. Quelle: Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (Stand 2012)

0,3 Sekunden Reaktionszeit braucht ein Autofahrer bis er auf das Bremspedal tritt – mindestens. Quelle: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010)

Bremsweg:
(in Metern)



Trockene Fahrbahn



Regennasse Fahrbahn



Schneebedeckte Fahrbahn

Auf den Untergrund kommt es an: Ist die Straße nass oder verschneit, verlängert sich der Bremsweg bei gleicher Geschwindigkeit. Auf schneebedeckter Straße ist er sogar doppelt so lang wie auf trockener Fahrbahn. Der Grund: Die Reifenhaftung auf der Fahrbahn, die das Auto zusätzlich abbremst, ist geringer, wenn eine Schicht aus Wasser oder Schnee dazwischen liegt. Auch schwere Ladung, hohe Geschwindigkeit und schlechter Reifenzustand sorgen für eine Verlängerung des Bremswegs.

Quellen: Universität Innsbruck, Institut für Mathematik (Stand 2012); Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010)

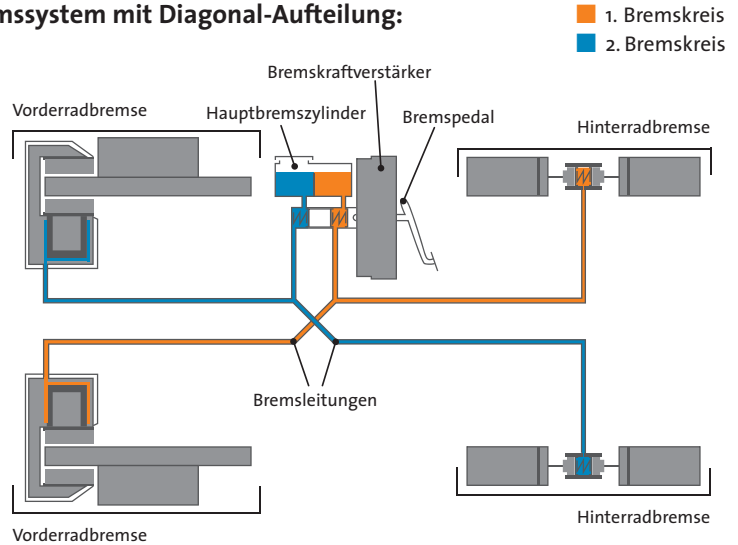
* Bei einer Geschwindigkeit von 120 Stundenkilometern.

Bremsablauf

Der Bremsvorgang beginnt mit dem Tritt des Fahrers auf das Bremspedal. Die Stärke des Drucks regelt, wieviel Bremsflüssigkeit vom Hauptbremszylinder in die Bremsleitungen gelangt. Dieser Druck wird durch den Bremskraftverstärker erhöht: In den meisten Pkw-Bremsanlagen geschieht dies mithilfe von Unterdruck in den Kammern des Bremskraftverstärkers, sodass der Druck auf den Hauptzylinder größer ist als die aufgewendete Fußkraft. Es ist gesetzlich vorgeschrieben, dass Fahrzeuge mit zwei Bremskreisen ausgestattet sind, für den Fall, dass ein Bremskreis ausfällt.

Quellen: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010); Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (Stand 2012)

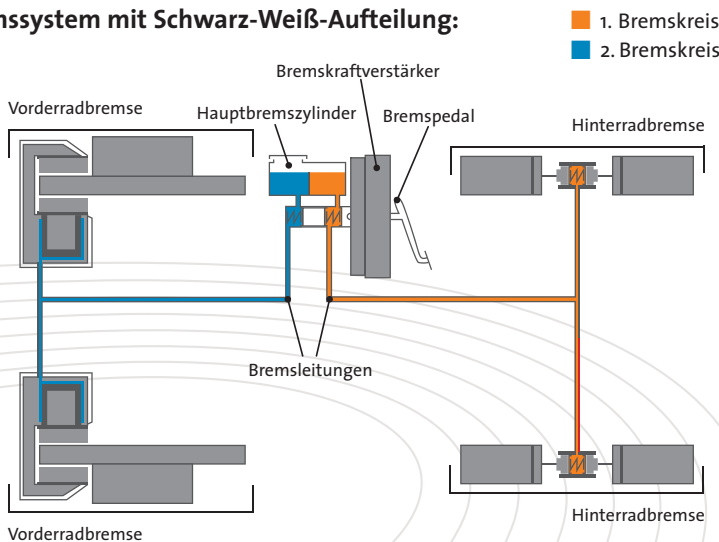
Bremssystem mit Diagonal-Aufteilung:



Beim diagonalen Bremskreissystem werden jeweils die zwei einander schräg gegenüberliegenden Räder gebremst. Der Vorteil daran: Beide Bremskreise sind gleichwertig. Allerdings führt das Überkreuz-Abbremsen zu größeren Giermomenten. Das heißt, der Wagen kann seitlich ausschwenken und ist schwerer in der Spur zu halten.

Quelle: Continental (Stand 2012)

Bremssystem mit Schwarz-Weiß-Aufteilung:



Bei Bremssystemen nach dem Schwarz-Weiß-Prinzip gehören jeweils die beiden vorderen und die beiden hinteren Räder zu einem eigenständigen Bremskreis. Bei dieser Aufteilung treten nur geringe Giermomente auf – das Fahrzeug kann leichter stabil gehalten werden. Nachteil: Fällt der vordere Bremskreis aus, nimmt die Bremsleistung stärker ab.

Quelle: Continental (Stand 2012)



Negative Beschleunigung

Physikalisch gesehen ist Bremsen eine Art von Beschleunigung – nämlich negative Beschleunigung. Hintergrund: Bei der Beschleunigung handelt es sich um eine Geschwindigkeitsänderung pro Zeiteinheit, egal ob das Fahrzeug schneller oder langsamer wird. Gibt der Autofahrer Gas beschleunigt er beispielsweise um +20 Stundenkilometer. Tritt er auf die Bremse, beschleunigt er um -20 Stundenkilometer.

Quelle: Technische Universität Dresden, Institut für Theoretische Physik (Stand 2011)

Feststellbremse

Die Feststellbremse sorgt dafür, dass das abgestellte Fahrzeug nicht wegrollt. In den meisten Fällen handelt es sich um eine Handbremse, es gibt aber auch Feststellbremsen, die mit dem Fuß oder per Knopfdruck bedient werden. Laut EG-Richtlinie muss die Feststellbremse in der Lage sein, ein beladenes Fahrzeug bei 18 Prozent Gefälle oder Steigung rein mechanisch im Stillstand zu halten. Dabei muss sie unabhängig von der Betriebsbremsanlage funktionieren, darf aber deren Bestandteile – zum Beispiel die Trommelbremsen an den Hinterrädern – verwenden.

Quellen: Europäische Gemeinschaft, Richtlinie 98/12/EG (Stand 2001); Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010)

Elektrische Handbremse

Der Fahrer aktiviert per Knopfdruck die Handbremse, die Bremsbeläge legen sich dabei elektrisch an die hinteren Bremssscheiben an; das Lösen beim Anfahren erfolgt automatisch. Das System kommt in den Volkswagen-Modellen Golf, Tiguan, Passat und Touareg zum Einsatz.

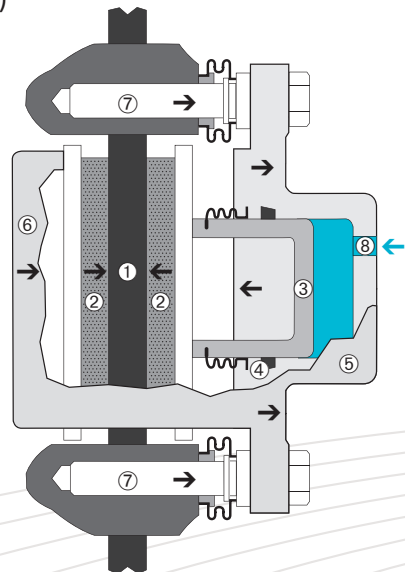
Quelle: Volkswagen

Zupackend Bremsen leisten harte Arbeit

Was der Motor an Bewegungsenergie erzeugt, muss die Bremse wieder zurücknehmen können. Die Leistung der vier Radbremsen muss also mindestens so groß sein wie die des Motors. Der hydraulische Druck, der mithilfe von Flüssigkeit erzeugt wird, wirkt letztlich auf Bremsbeläge, die durch Reibung gegen eine Bremssscheibe oder -trommel das Auto zum Halten bringen. Bei Neufahrzeugen werden an der Vorderachse ausschließlich Scheibenbremsen verbaut, an den Hinterrädern kommen manchmal noch Trommelbremsen zum Einsatz. Der Vorteil der Scheibenbremsen: Sie werden vom Fahrtwind umströmt und können nicht so leicht überhitzen.

**Die Scheibenbremse:
(Beispiel Faustsattelbremse)**

- ① Bremssscheibe
- ② Bremsbelag
- ③ Kolben
- ④ Kolbendichtring
- ⑤ Gehäusedeckel
- ⑥ Gehäuseboden
- ⑦ Führungsbolzen
- ⑧ Anschluss vom Hauptzylinder



Eine Scheibenbremse in Faustsattelbauweise entschleunigt das Auto, indem zwei Bremsbeläge links und rechts an eine Bremssscheibe gepresst werden. Diese ist mit dem Rad verbunden und dreht sich gemeinsam mit ihm. Wenn der Fahrer auf das Bremspedal tritt, wird die Flüssigkeit aus dem Hauptbremszylinder durch die Bremsleitungen und -schläuche (siehe Seite 3) in den Zylinder der Scheibenbremse gepresst. Dessen Kolben drückt daraufhin auf der einen Seite gegen den Bremsbelag und dieser gegen die Bremssscheibe. Der andere Bremsbelag wird gegen die Scheibe gepresst, indem der Kolben sich gegen den verschiebbaren Gehäusedeckel bewegt, wodurch der Gehäuseboden auf den Führungsbolzen mitsamt Bremsbelag in Richtung Bremssscheibe gleitet. In Pkws kommt am häufigsten die platzsparende Faustsattelbremse zum Einsatz. Daneben gibt es die ähnlich aufgebaute Schwimmrahmenbremse und die Festsattelbremse, bei der auf beiden Seiten der Bremssscheibe Zylinder liegen.

Quellen: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010); Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Fahrzeugsystemtechnik (Stand 2012)

Hitzebeständig

Spezielles Material für Bremsen

Unabhängig von Straßenbelag und Fahrzeuggewicht ist allen Bremsvorgängen eines gemeinsam: Sie erzeugen Wärme. Die dabei entstehenden Temperaturen können mehrere Hundert Grad Celsius betragen. Scheiben, Beläge und Flüssigkeiten – die Bestandteile der Bremsanlage – müssen auch unter diesen extremen Bedingungen zuverlässig und dauerhaft funktionieren.

3,5 Millimeter sollte ein Bremsbelag mindestens dick sein, sonst muss er gewechselt werden.

Quelle: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010)

2 Jahre darf die Bremsflüssigkeit im Auto maximal alt sein. Danach hätte sie so viel Wasser aufgenommen, dass sie beim Bremsen kochen könnte.

Quelle: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010)



Foto: Frettie

Bremsflüssigkeit

Anforderungen: Die Bremsflüssigkeit darf vor allen Dingen eines nicht: Blasen bilden. Beim Zusammendrücken von Flüssigkeiten zerplatzen zunächst etwaige Bläschen, erst dann baut sich der Kompressionsdruck auf. Das heißt, der Tritt aufs Bremspedal, der die Flüssigkeit in den Leitungen so weit komprimiert, dass durch den hydraulischen Druck der Bremsprozess in Gang gesetzt wird, müsste deutlich länger ausfallen, um das Auto zum Stehen zu bringen.

Material: Für die Bremsflüssigkeit werden ausschließlich Flüssigkeiten verwendet, deren Siedepunkt über 230 Grad Celsius liegt und die eindringendes Wasser absorbieren können. Üblich sind Flüssigkeiten auf Glykollbasis.

Quellen: Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010); ADAC; United States Department of Transportation (beide Stand 2012)



Foto: gourmecana – Fotolia.com

Bremsbelag

Anforderungen: Das eigentliche Abbremsen findet zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe statt. Das Material der Beläge muss also so beschaffen sein, dass es ausreichend mechanische Reibung mit der Bremsscheibe erzeugt, sich durch die entstehenden Temperaturen aber nicht entflammt und durch die Reibung nicht zu stark verschleißt.

Material: Bremsbeläge bestehen aus Metallen wie Stahlwolle, Füllstoffen wie Aluminiumoxid, Gleitmitteln wie Graphit und organischen Bestandteilen wie Bindeharz. Die genaue Zusammensetzung variiert je nach Hersteller.

Quellen: ADAC (Stand 2012); Konrad Reif, „Bremsen und Bremsregelsysteme“ (Stand 2010); Wirtschaftskommission für Europa ECE (Stand 1999)

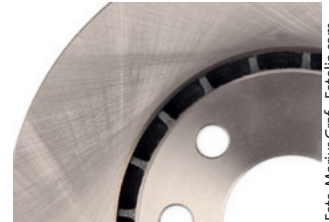


Foto: Manius Graf – Fotolia.com

Bremsscheibe

Anforderungen: Zwischen Bremsscheibe und Belag entstehen beim Bremsen Temperaturen von bis zu 500 Grad Celsius. Das für die Scheiben verwendete Material muss darum wärmefest sein, das heißt, es darf sich unter Hitze einwirkung nicht verformen.

Material: Üblicherweise bestehen Bremsscheiben aus Grauguss oder Stahl. Bei sehr schnellen Fahrzeugen finden auch Verbundstoffe wie Carbon (kohlenstofffaser-verstärkter Kunststoff) oder Carbon-Keramik Anwendung, die deutlich weniger wiegen und Temperaturen von 1.000 Grad Celsius standhalten.

Quellen: ADAC; SGL CARBON (beide Stand 2012)

Schnelle Helfer

Bremsassistenten sorgen für Sicherheit

Elektronische

Differenzialsperre XDS

Technisch handelt es sich bei XDS um eine Funktionserweiterung der ESP-integrierten elektronischen Differenzialsperre (EDS). Sobald die Elektronik erkennt, dass durch eine starke Entlastung des kurveninneren Vorderrads ein Traktionsverlust droht, wird an diesem Rad gezielt ein Bremsdruck aufgebaut und dadurch ausreichender Kontakt zur Fahrbahn sichergestellt.

Quelle: Volkswagen

Multikollisionsbremse

Registrieren die Airbagsensoren einen Zusammenstoß, tritt automatisch die Multikollisionsbremse in Aktion und bremst das Fahrzeug auf eine Restgeschwindigkeit von zehn Stundenkilometern ab. So wird verhindert, dass das Fahrzeug unkontrolliert weiterrollt. Abgeschaltet wird das Kontrollsystem erst dann wieder, wenn der Fahrer erkennbar das Gaspedal betätigt oder selbst eine Bremsung einleitet. Eine Multikollisionsbremse kommt serienmäßig im neuen Golf zum Einsatz.

Quelle: Volkswagen

Menschen machen Fehler. Das kann gerade im Straßenverkehr verheerende Folgen haben. An der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine sorgen Bremsassistenten dafür, dass der Bremsvorgang früher beginnt, sicherer abläuft und genauso stark oder leicht ist wie gerade nötig. Darüber hinaus können sie weitere Aufgaben übernehmen: Sie scannen die Umgebung mit Sensoren, helfen, ein schleuderndes Fahrzeug unter Kontrolle zu halten, lenken die Aufmerksamkeit des Fahrers auf Gefahrenquellen und können sogar eine Notbremsung auslösen.

88 Prozent aller Fahrzeuge in Deutschland waren im Jahr 2011 mit ABS ausgestattet. Bei den Neuwagen lag die Rate bei 100 Prozent.

Quelle: DAT Report 2012

Antiblockiersystem (ABS)

Früher wurde in Fahrschulen noch das sogenannte „Stotterbremsen“ gelehrt. Darunter versteht man das wiederholte Loslassen des Bremspedals während des Bremsprozesses. So blockieren die Räder nicht, und das Auto bleibt lenkbar. Genau das macht in Fahrzeugen neuerer Generation das ABS: Radsensoren überwachen permanent die Drehzahl aller Räder. Auf Grundlage dieser Daten wird im Bedarfsfall ein sogenanntes Hydroaggregat zugeschaltet, das über Magnetventile den Bremsdruck am jeweiligen Rad so reduziert, dass dieses frei läuft und lenkbar bleibt.

Quellen: Universität Münster, Institut für Informatik (Stand 2005); Bosch (Stand 2012)



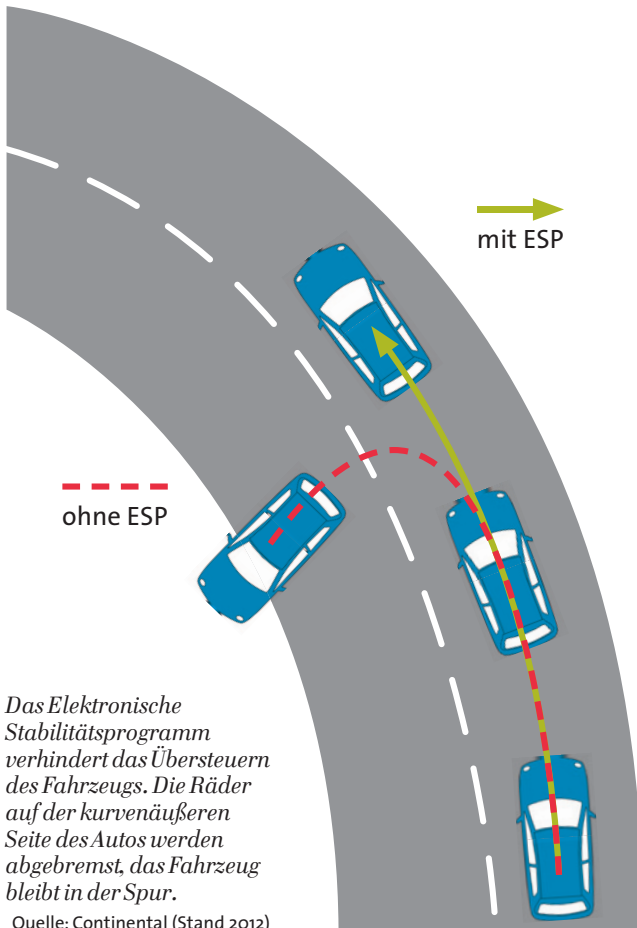
Bremsassistent

In Notfallsituationen bremsen Fahrer oftmals nicht ausreichend fest oder nehmen den Druck aufs Bremspedal zu schnell zurück. An dieser Stelle setzt die Funktion des Bremsassistenten an: Sobald das System erkennt, dass der Fahrer eine Notbremsung veranlasst hat, verstärkt es den Bremsvorgang, bis der maximale Bremsdruck erreicht ist. Der Bremsassistent bremst so lange, bis der Fahrer das Pedal nicht mehr berührt. Ob es sich tatsächlich um eine Notbremsung handelt, erkennt der Bremsassistent anhand der anfänglichen Pedalbewegung oder des Bremsdrucks. Bei einer Notbremsung aus 100 Stundenkilometern heraus verkürzt sich der Bremsweg mit Bremsassistent um bis zu 20 Prozent.

Quellen: Hermann Winner et al., „Handbuch Fahrerassistenzsysteme“ (Stand 2012); Verband der Automobilindustrie, Jahresbericht 2012



ESP im Einsatz:



2014 müssen alle Neufahrzeuge in der EU mit ESP ausgestattet sein. Quelle: Verband der Automobilindustrie, Jahresbericht 2012

City-Notbremsfunktion

Je nach Modell überwacht ein Laser- oder Radarsensor einen Bereich von etwa zehn Metern vor dem Fahrzeug. Droht eine Kollision, ohne dass der Fahrer reagiert, wird im Bremssystem so viel Druck aufgebaut, dass die Bremsen sofort ansprechen, wenn der Fahrer das Bremspedal betätigt. Geht der Fahrer vom Gas, leitet das System bereits eine autonome Bremsung ein. Betätigt er die Bremse nur schwach, garantiert das Einsetzen des Bremsassistenten die volle Verzögerung. Im Idealfall werden Auffahrunfälle so gänzlich vermieden. Die City-Notbremsfunktion gehört zu den Notbremsassistentensystemen, die bei Volkswagen in den Modellen up!, Golf und Passat zum Einsatz kommen.

Quellen: Volkswagen; Verband der Automobilindustrie, Jahresbericht 2012

Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)

Das ESP ist im Wesentlichen eine Erweiterung des Anti-Blockiersystems. Während ABS jedoch nur beim Bremsen eingreift, kann ESP auch beim Rollen oder Beschleunigen einzelne Räder abbremsen, um ein Schleudern des Wagens zu verhindern. Außerdem kann ESP aktiv in den Lenkprozess eingreifen und den Lenkwinkel verändern. Dafür braucht es eine Vielzahl von Sensoren: Radsensoren überprüfen die Drehzahl der Räder; ein Lenkwinkelsensor meldet dem Bordcomputer, wohin der Fahrer steuert; der Gierratensensor erfasst die Drehbewegungen des Autos nach links und rechts; ein weiterer Sensor erfasst die Querschleunigung des Fahrzeugs, wenn es zum Beispiel bei Glätte seitlich rutscht. Alle gesammelten Daten gehen an ein Steuergerät, das unabhängig vom Druck aufs Bremspedal jede Radbremse einzeln steuern kann.

Quelle: ADAC (Stand 2011)



Wiedergewinnung

Bremsenergie nutzbar machen

Bremsen und dabei Sprit sparen? Das geht. Um den Wagen in Bewegung zu bringen, muss Treibstoff aufgewendet werden, der im Motor in Bewegungsenergie umgewandelt wird. Beim Bremsen wird diese Energie in Wärme verwandelt, die normalerweise ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Um wenigstens einen Teil davon weiter zu nutzen, bedienen sich die Hersteller der Rekuperation. Der Begriff kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Wiedergewinnung.

Verbrennungsmotor

Beim normalen Verbrennungsmotor wird über die Lichtmaschine als Generator elektrische Energie erzeugt, mit der dann die Autobatterie aufgeladen wird. Das kostet zusätzlichen Kraftstoff, nämlich ungefähr 0,1 Liter pro 100 Watt Strom. Als rekuperativ wird dieser Vorgang bezeichnet, wenn er beim Bremsen oder der Nutzung der Motorbremse geschieht – auf diese Weise wird also Sprit gespart.

Quellen: ADAC Technik Zentrum (Stand 2012); HELLA (Stand 2011)

10%

Kraftstoff werden durch Rekuperation bei Verbrennungsmotoren maximal eingespart.

Quelle: Universität Paderborn, Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik (Stand 2011)

Elektroauto

In Hybrid- oder Elektrofahrzeugen sorgt die elektromotorische Bremse für Energierückgewinnung: Der Elektromotor wird durch den Tritt aufs Bremspedal auf Stromerzeugung umgeschaltet, dadurch dreht er schwerer und bremst das Fahrzeug bereits ab, bevor die mechanischen Bremsen überhaupt verwendet werden. Dabei wird elektrische Energie gewonnen, die in die Batterie des Fahrzeugs eingespeist wird und zum Beispiel beim Anfahren, dem Vorgang mit dem höchsten Energieverbrauch, wieder genutzt werden kann.

Quellen: ADAC Technik Zentrum (Stand 2012); HELLA (Stand 2011)

20%

Sprit und Strom können in Hybrid- und Elektrofahrzeugen durch Rekuperation maximal eingespart werden.

Quelle: ADAC Technik Zentrum (Stand 2012)

Impressum

www.viavision.org

Herausgeber

Volkswagen Aktiengesellschaft
Konzern Kommunikation
Brieffach 1972, 38436 Wolfsburg
Telefon: 05361/9-77604, Fax: 05361/9-74629

Verantwortlich (V.i.S.d.P.)

Stephan Grühsem, Leiter Konzern Kommunikation;
Peter Thul, Leiter Kommunikation Marke & Produkt

Redaktion

Susanne van den Bergh,
Stefanie Huland, Kathi Preppner,
Carina Reez, Lena Wilde
Kontakt: redaktion@viavision.org

Verlag

Verlag Rommerskirchen GmbH & Co. KG
Mainzer Straße 16-18, Rolandshof,
53424 Remagen, Telefon: 02228/931-0
www.rommerskirchen.com

Druckerei

L.N. Schaffrath GmbH
Marktweg 42-50, 47608 Geldern