



## Unterrichtseinheit: Was haben Bremsen mit Umweltschutz zu tun?

# Warum ist Bremsen umweltschädlich?

### AUFGABE 1 ☆

Diskutiert in Kleingruppen die Frage: Inwiefern besteht ein Zusammenhang zwischen Bremsen und Umweltschutz? Findet drei Argumente beziehungsweise Beispiele und beschreib sie in Stichworten.

#### Zusammenhang zwischen Bremsen und Umweltschutz:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### AUFGABE 2 ☆☆☆

Recherchiert in Zweier-Teams: Welche Bauteile der Scheibenbremse werden durch die beim Bremsen entstehende Reibung am ehesten abgenutzt? Aus welchen Materialien bestehen die sich abnutzenden Bauteile?

### AUFGABE 3 ☆ ☆ / ☆☆☆

Der nachfolgende Zeitungsartikel „Warum Bremsen der Umwelt schadet“ (Auszug aus: DerStandard) gibt einen Überblick über die durch Bremsen verursachten Umweltbelastungen.

- a. Notiere die Kernaussagen des Artikels und fasse diese in Stichpunkten zusammen.
- b. Welche Belastungen könnten deiner Ansicht nach durch technische Neuentwicklungen gemindert werden?

## DerStandard

### Warum Bremsen der Umwelt schadet

Bisher stand das Abgas im Fokus der Umweltdiskussionen. [Anm. Christine Peter: Dazugekommen ist im November 2022 erstmals auch die Feinstaubbildung beim Bremsen, die die [Norm Euro 7 der EU-Kommission](#) auf maximal sieben Milligramm Bremsstaub pro Kilometer bei Fahrzeugen ab 2025 regulieren soll<sup>1</sup>.]

Rudolf Skarics

(...) Ein einziger Reifen verliert rund ein Kilogramm an Masse, bis sein Profil auf Mindestdtiefe abgefahren ist. Vier Reifen müssen je nach Fahrweise und Fahrzeug alle 10.000 bis 40.000 Kilometer gewechselt werden, weil sie abgefahren sind. Das heißt, ein Auto zerreibt zwischen 20 kg und 80 kg Gummi in seinem Leben, löst ihn sozusagen in Luft auf. Was nicht als feiner Staub von Lebewesen eingeatmet wird oder sonst irgendwo für immer picken bleibt, landet zu einem erheblichen Teil

<sup>1</sup> Vgl. Kfz-Betrieb Vogel





als Mikroplastik im Grundwasser. Schwieriger zu quantifizieren und auch qualifizieren ist der Straßenabrieb. Je nach Fahrbahnbeschaffenheit (Asphalt, Beton) ist er mehr oder weniger gesundheitsschädlich. (...)

In Expertenkreisen ist man sich schon lange klar darüber, dass Bremsstaub eine nicht zu unterschätzende Rolle bei den Schadstoffemissionen spielt. Deshalb hat man Asbest 1990 generell verboten, ein beliebter und vor allem sehr billiger Zusatz, um Bremsbeläge hitzefest zu machen. Es besteht aber trotzdem immer noch der dringende Verdacht, dass die Partikel hochtoxisch sind. Es gibt zwar für die Materialzusammensetzung von Bremsscheiben und Bremsbelägen länderspezifisch grobe Richtlinien. Die Zusammensetzung im Detail ist aber von Hersteller zu Hersteller verschieden. Peter Fischer, Vorstand des Instituts für Fahrzeugtechnik an der TU Graz: „Wir kennen die möglichen Ausgangselemente: Eingebettet in eine Kohlenstoffmatrix handelt es sich dabei zum Beispiel um Barium, Kupfer, Zirkonium, Chrom, Zinn, Eisen oder Magnesium. In alten Bremssystemen hatte man sogar noch Blei gefunden. Man kann sich also vorstellen, dass bei heißen Temperaturen – Bremsen können bis zu 700 °C erreichen und wortwörtlich glühen – heftige chemische Reaktionen stattfinden. Es entstehen Kleinstpartikel, die direkt in die Umgebung geschleudert werden.“ (...)

[Anm. Christine Peter: Bremsstaub zu messen, gestaltet sich allerdings als schwierig, denn man benötigt zwei verschiedene Messpositionen an Vorder- und Hinterachse. Dabei können Partikel durch die Rotation von Rad, Felgen, Bremsscheiben et cetera verloren gehen, was die Messung weiterhin erschwert. Geprüft wird unter anderem mit dem einheitlichen Prüfzyklus Worldwide harmonized Light-duty Test Procedure (WLTP) auf Basis realer Fahrzeugdaten, um die Messergebnisse auf den tatsächlichen Fahrbetrieb zu übertragen<sup>2</sup>. Allerdings sind auch diese Prüfverfahren weiterhin zu überarbeiten – Messunsicherheiten gebe es daher immer noch<sup>3</sup>.]

Auch durch eine Vermehrung der Elektroautos, die ja häufig durch Rekuperieren verzögern, wird diese Problematik nicht automatisch aus der Welt geschafft. Auf die Spitzenbeanspruchung der Bremsen hat das Rekuperieren wenig Einfluss. Das heißt, die Phasen, in denen besonders giftiger Bremsstaub entsteht, können beim Elektroauto genauso auftreten und durch das höhere Gewicht der Elektroautos sogar noch dramatischer verlaufen.

*Primärquelle:*

Rudolf Skarics: *Warum Bremsen der Umwelt schadet*, in: *DerStandard*, 18. Juni 2021. Online: <https://www.derstandard.de/story/2000127204571/warum-bremsen-der-umwelt-schadet> (abgerufen am 25.10.2022).

*Sekundärquellen:*

ADAC: *Euro-7-Abgasnorm: Die geplante Reform im ADAC Check* (11.11.2022). Online: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/abgasnormen/euro-7/> (abgerufen am 18.12.2022).

Kfz-Betrieb Vogel: *„Was die Euro-7-Grenzwerte für die Bremstechnologie bedeuten“* (16.11.2022). Online: <https://www.kfz-betrieb.vogel.de/euro-7-setzt-limits-fuer-bremsenabrieb-a-3e5debc2f304f511929ec57ee4e3abc/> (abgerufen am 18.12.2022).

<sup>2</sup> Vgl. Kfz-Betrieb Vogel

<sup>3</sup> Vgl. ADAC



## LÖSUNGEN

### AUFGABE 1 ☆

Mögliche Antworten sind:

- Beim Bremsen kommt es zu Materialabnutzung und -abrieb, unter anderem der Bremscheiben und der Reifen.
- Statt scharfem Bremsen kann durch vorausschauendes Fahren (zum Beispiel beim Wahrnehmen von Stau, Hindernissen, roten Ampeln et cetera langsam ausrollen lassen) Bremsen minimiert oder sogar ganz umgangen werden.
- Je höher der Materialverschleiß durch häufiges, starkes Bremsen, desto höher der Bedarf an Roh- und Baustoffen für neue Bremssteile.
- Je höher das Tempo, desto mehr muss gebremst werden. Es ist daher ökonomischer (und ökologisch nachhaltiger), das Fahrtempo moderat – und so den Bremsaufwand geringer – zu halten.

### AUFGABE 2 ☆☆☆

Abgenutzt werden in erster Linie die Bremsbeläge, da sie die Reibwirkung verursachen und so das eigentliche Bremsen auslösen. Bremsbeläge werden international in vier sogenannte Reibmittelkategorien eingeteilt. Sie können aus Metallen bestehen (zum Beispiel Kupfer, Messing, Eisen oder Grauguss). Weiterhin kommen mineralische oder organische Fasern (Glas, Gummi, Karbon) zum Einsatz. Relativ neu ist die Verwendung von sogenannten organischen Reibstoffen. Diese enthalten organische oder mineralische Fasern sowie Füllstoffe und temperaturresistente Kunst- beziehungsweise Naturharze. Ebenfalls noch neu ist die Verwendung von keramischen Belägen. Die früher übliche Verwendung von Blei und Asbest gehört der Vergangenheit an.

### AUFGABE 3 ☆☆☆ / ☆☆☆

a.

- Zwischen 20 und 80 kg Gummi zerreibt ein Auto in seinem Leben. Diese Masse endet als Feinstaub in der Luft oder als Mikroplastik im Grundwasser.
- Dazu kommt der (schwer zu quantifizierende) Straßenabrieb von Beton und Asphalt.
- Expertinnen und Experten vermuten, dass der Bremsstaub in der Gesamtheit aller autobedingten Schadstoffemissionen eine entscheidende Rolle spielt.
- Die Materialien der Bremsbeläge sind von Hersteller zu Hersteller verschieden und es gibt nur sehr grobe länderspezifische Richtlinien. Einige Partikel, die durch den Abrieb der Bremsbeläge und Bremscheiben freigesetzt werden, gelten als hochtoxisch. Aber: Die Norm-Euro-7 der EU-Kommission sieht erstmals ab 2025 eine Reduktion des Bremsstaubs von Fahrzeugen auf sieben Milligramm pro Kilometer vor – das betrifft auch Elektrofahrzeuge. Technisch schwierig ist jedoch das Messen von Bremsstaub und die Übertragung von Messwerten auf reale Fahrbedingungen.
- Auch E-Autos, die häufig per Rekuperation (also ohne eigentlichen Bremseneinsatz) bremsen, mindern das Problem nicht. Denn starke Bremsvorgänge vollziehen auch E-Autos per normaler Bremsbetätigung. Durch das hohe Gewicht von E-Autos fallen diese Bremsaktionen in Sachen Schadstoffausstoß mitunter sogar noch stärker ins Gewicht.

b.

- Neue Materialentwicklungen könnten die Toxizität der ausgestoßenen Partikel mildern.
- Vorausschauende Fahrassistenzsysteme könnten Bremsgründe idealerweise im Voraus erkennen und so Vollbremsungen unnötig werden lassen.
- Entwicklung von reibungsfreien beziehungsweise abrieb- und emissionsfreien Bremssystemen könnten Abhilfe schaffen.