

► Verkehr & Mobilität

Aus welchen Rohstoffen besteht ein Auto?

Welche Ressourcen sind erneuerbar, welche nicht?

Wie wird ein Altfahrzeug recycelt?

Die Entsorgung von Altautos ist ab dem Jahre 2015 europaweit einheitlich. Der vorgeschriebene Verwertungsanteil liegt bei 95 % bzw. 85 % für die stoffliche Verwertung und Wiederverwertung

Diese Einheit gibt am Beispiel Altfahrzeug bzw. Personenkraftwagen (PKW) einen Überblick über darin verwendete erneuerbare bzw. nicht erneuerbare Rohstoffe, deren Wiederverwertbarkeit und eventuelle Recyclingproblematik.



Ort

Klassenraum

Schulstufe

8. bis 13. Schulstufe

Gruppengröße

Klassengröße

Zeitdauer

1 Schulstunde

Lernziele

- Unterschiedliche Material- bzw. Rohstoffgruppen erkennen und einteilen lernen
- Erkennen, dass die Begriffe erneuerbar, reuseable und recycelbar klar zu trennen sind
- Sich über umstrittene Thematiken eine persönliche Meinung bilden und diese in einer Diskussion zum Ausdruck bringen

Sachinformation

Altfahrzeugverwertung

Laut Altfahrzeugeverordnung sind seit 2006 Fahrzeughersteller und -importeure gesetzlich verpflichtet, Altfahrzeuge zurückzunehmen und der ordnungsgemäßen Verwertung zuzuführen.

Mindestens 85 % des durchschnittlichen Gewichts eines Altfahrzeugs müssen wiederverwendet werden, davon 80 % durch stoffliche (werk- oder rohstoffliche) Aufbereitung oder direkte Wiederverwendung und 5 % durch thermische Verwertung. Bis zum Jahre 2015 sind diese Verwertungsziele auf 95 % (einschließlich energetischer Verwertung) bzw. 85 % (stoffliche Verwertung und Wiederverwendung) zu steigern, nur noch 5 % dürfen dann als Restmüll deponiert werden.

Erneuerbar ist nicht recycelbar

Es wird beobachtet, dass es durch Medien und in öffentlichen Diskussionen zu einer Vermischung der Begriffe erneuerbar und recycelbar kommt. Diese Begriffe sind klar zu trennen und folgend definiert:

- **Erneuerbare Ressourcen** haben die Eigenschaft sich in einem für den Menschen planbaren, relevanten Zeitraum zu regenerieren.
- **Nicht-erneuerbare Ressourcen** sind in geologischen oder astronomischen Zeiträumen entstanden und können sich in menschlichen Zeiträumen nicht regenerieren. Eine Verwendung dieser Rohstoffe entspricht nicht dem Prinzip der Nachhaltigkeit, sofern sie nicht recycelt werden.
- **Recycelbare Ressourcen** sind Ressourcen, aus denen wieder Materialien oder Erzeugnisse ohne Qualitätsverlust hergestellt werden können. Diese werden dann Sekundärrohstoffe oder Sekundärerzeugnisse genannt.

Man unterscheidet drei Arten der Wiederverwendung bzw. -verwertung von Werkstoffen:

- **Stoffliches Recycling (werkstofflich, physikalisch):** Der chemische Aufbau des Werkstoffes bleibt erhalten. Der Stoff kann fast ohne Verluste wieder verwendet werden.
- **Rohstoffliches Recycling (chemisch):** Werkstoffverbindungen werden wieder in ihre Ausgangsstoffe zerlegt und stehen dann wieder als Rohstoffe für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.

- **Thermisches Recycling (energetisch):** Der Werkstoff wird verbrannt und die frei werdende Energie wird zu Heizzwecken verwendet.

Ist thermisches Verwerten wirklich Recycling?

Die technische Definition lautet so, aber die Meinungen der Fachleute, ob Verbrennen wirklich Recycling ist, gehen auseinander. Die eine Seite vertritt die Meinung, dass die Energiegewinnung durch das Verbrennen der Materialien eine Art Wiederverwertung ist (eine Energieform wird in eine andere umgewandelt), immer unter der Bedingung, dass die Energie in Form von Strom oder Wärme genutzt wird. Die andere Seite ist der Meinung, dass Recycling per Definition die Umwandlung von Materialien in neue Rohstoffe ist, aus denen dann wieder Produkte hergestellt werden können; d. h. also, dass es sich bei Verbrennung nicht um Recycling handelt. Was ist Ihre Meinung dazu?

Werkstoffanteile im PKW

Stahl-/Eisenwerkstoffe	62,25%
Polymerwerkstoffe	18,70%
Leichtmetalle	8,00%
Betriebsstoffe	5,00%
Sonstiges	3,10%
Buntmetalle	2,00%
Prozesspolymere	0,80%
Elektronik	0,16%
Sondermetalle	0,16%

Einzelschritte des Fahrzeugrecyclings

Zuerst werden die pyrotechnischen Bauteile, wie zB Airbags, Gurtstraffer, Sicherheitsbatterieklemme, gezündet. Anschließend werden alle Flüssigkeiten (Benzin, Motor- und Getriebeöl, Stoßdämpferöl, Bremsflüssigkeit, Kühlflüssigkeit, Kältemittel aus der Klimaanlage) abgelassen oder abgesaugt. Sie werden in getrennten Behältern gesammelt und in speziellen Betrieben aufbereitet oder verwertet. Ölfilter, Batterien und Ersatzteile werden entfernt.

Komponenten, die aus dem Fahrzeug ausgebaut werden, sogenannte Austauschteile, können nach einer technischen Überholung wieder in ihrer ursprünglichen Funktion verwendet werden.

Das textile Innenleben und der Stahl werden entfernt. Alle recycelbaren Materialien werden möglichst sortenrein getrennt. Die Reifen werden demontiert und alle Gummiteile werden granuliert. Dieses Granulat dient später diversen Anwendungen: als Untergrundbefestigung im Straßenbau oder als Schallschutzmaterial. Wird es gelöst, kann es als elastischer Belag zB auf Spielplätzen und Sportanlagen verwendet werden. Auch in ihrer Ursprungsform dienen vor allem Autoreifen oft als Spielgeräte auf Spielplätzen, als Aufprallschutz an Go-Kart-Bahnen oder als Beschwerungsmaterial in der Landwirtschaft. Große Glas- und Kunststoffteile werden demontiert.

Die Restkarosserie wird gepresst und geschreddert. Das geschredderte Material wird mit Magnet- und Induktivabscheidern in Eisen- und Nichteisenmetalle getrennt. Je feiner der Zerkleinerungsgrad ist, desto genauer ist die Trennung möglich. Die Fraktion aus nichtmetallischen Resten, die Schredderleichtfraktion, wird rohstofflich oder thermisch verwertet. Der noch übrige Gewichtsanteil des PKWs von 5 % wird deponiert, das entspricht einer 80-l-Haushaltsrestmülltonne.

Die **Metalle** aus den Altfahrzeugen werden zu 98 % zurückgewonnen und wieder verwendet. Sie haben den höchsten Anteil am werkstofflichen Recycling.

- Aufgrund der magnetischen Eigenschaften des Stoffs lassen sich die **Eisenanteile** eines Autos leicht von den anderen Bestandteilen trennen. Dieser Schrott wird beim Frischen (entziehen



Abb. 1: Innenleben eines Autos, Viktor Mildemberger/pixelio.de

von Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor durch Oxidation) von Roheisen verwendet.

- Das **Aluminium** aus der Schredderfraktion der Nichteisenmetalle wird wieder eingeschmolzen. Die dafür notwendige Energie beträgt nur 5 % des Energiebedarfs, den man zur Gewinnung der gleichen Aluminiummenge aus Bauxit benötigt. Die Qualität des recycelten Aluminiums entspricht zwar nicht mehr dem neu gewonnenen, es kann aber nach jeder Nutzungsphase durch Verdünnung mit Aluminium aus Primärproduktion wieder auf die gewünschte Qualität gebracht werden. Die Gewinnung von Aluminium aus Bauxit ist also nur in dem Umfang nötig, wie der weltweite Aluminiumbedarf steigt.
- 25 kg **Kupfer** sind in einem Mittelklasseauto heute durchschnittlich verbaut. Der größte Anteil steckt dabei in der Autoelektronik: etwa 1000 Kabel mit einer Gesamtlänge von ungefähr 1 km, sowie etwa 3000 kupferne Steckverbindungen. Kupfer ist weltweit der dritt-wichtigste metallische Rohstoff und der Bedarf wächst ständig, was in den letzten Jahren zu einer erheblichen Verteuerung dieses Rohstoffes geführt hat. Da Kupfer im Gegensatz zu Aluminium zu 100 % wieder verwendbar ist, wird inzwischen der Kupferbedarf zu über 50 % durch Sekundärkupfer, recyceltes Kupfer, gedeckt. Das sorgfältige Altfahrzeug-Recycling trägt dazu einen erheblichen Teil bei.

Die **Nichtmetalle** sind schwieriger aufzubereiten. Die Schredder-Leichtfraktion wird wiederum in Gruppen getrennt.





Abb. 2: Altreifen, lichtkunst.73/pixelio.de

- **Polymer-Werkstoffe** sind thermoplastische und duroplastische Kunststoffe sowie Elastomere. Sie werden hauptsächlich zur Energiegewinnung verbrannt, aber auch als Ersatz für Kohle und Schweröl im Hochofenprozess eingesetzt.
- **PVC** wird gesondert abgetrennt, da bei der Verbrennung chlorhaltige Bestandteile in Form von giftigen Gasen entstehen. Es wird in einem eigenen Verfahren zu einem PVC-Recyclat aufbereitet und ist damit wieder gebrauchsfertig.
- Die in der Tabelle angeführten **Prozesspolymere** sind übrigens überwiegend Lacke und Klebstoffe, die sich später im Schredder-Sand befinden.
- **Leichte, poröse und faserige Werkstoffe** zB von Textilfasern und Sitzschäumen sammelt man in den Schredder-Flusen. Diese werden in Klärwerken zur Klärschlammwässerung weiterverwendet.
- **Schredder-Sand** ist eine Mischung aus Glas, Rost, Eisen- und Kupferresten, blei- und zinkhaltigen Stäuben sowie Lackresten. Die Kupfer-, Blei- und Zinkanteile werden in den metallischen Kreislauf zurückgeführt, die übrigen Bestandteile dieser Fraktion werden als Reduktionsmittel und Schlackebildner in der Nichteisen-Metallurgie verwendet.

verändert nach: Nachwuchsförderung im Deutschen Kraftfahrzeuggewerbe, eine Initiative der Mitgliedsfirmen von VDA und VDIK sowie des Deutschen KFZ-Gewerbes - Zentralverband (Hrsg.): Chemie am Auto. www.chemie-am-auto.de (22.04.2014)

Didaktische Umsetzung

Anfänglich werden anhand eines Modellautos oder wahlweise mit Bildern aus dem Internet die Materialien erarbeitet, die in einem PKW verbaut sind. Gemeinsam werden diese Materialien nach umweltrelevanten Eigenschaften unterschiedlich geordnet. Um den Unterschied von „erneuerbar“, „reuseable“ und „recyclbar“ gut zu veranschaulichen, werden Flipcharts gestaltet. In einer geleiteten Diskussion werden die Ergebnisse und Problematiken beim Recycling diskutiert.

Inhalte	Methoden
10 Minuten	
Hinführung zum Thema	
<p><i>Welche Werkstoffe stecken in einem PKW?</i></p> 	<p><u>Material</u> Modellautos, evtl. Bilder aus dem Internet Beilage „Bildkarten - Werkstoffe im PKW“</p> <p>Ein Modellauto oder Anregungsbilder aus dem Internet dienen als Anschauungsobjekte. In die Mitte eines Sitzkreises wird ein Modellauto bzw. werden die Bilder aufgestellt/aufgelegt.</p> <p>Die SchülerInnen werden gefragt, welche Materialien sie in einem PKW vermuten. Die Antworten werden an der Tafel gesammelt, im Anschluss daran genauer besprochen und fehlende Materialien ergänzt.</p> <p>Es folgt ein kurzer Fachinput durch die Lehrperson zu den Materialien, zu denen die Bildkarten gezeigt werden.</p>
25 Minuten	
Erneuerbar, nicht erneuerbar, recyclbar?	
<p><i>Einteilung der Materialien in erneuerbar, nicht erneuerbar sowie wiederverwertbar bzw. recyclbar.</i></p> 	<p><u>Material</u> Beilage „Fact-Sheet - Altfahrzeugverwertung“ Beilage „Arbeitsblatt - Ressourcen im Auto“</p> <p>Die SchülerInnen erhalten das Arbeitsblatt und beantworten die Frage 1 in Einzelarbeit, die im Anschluss daran besprochen wird.</p> <p>Nun erklärt die Lehrperson die Begriffe „Erneuerbare Ressourcen“ und „Nicht erneuerbare Ressourcen“. Anschließend ordnen die SchülerInnen die auf der Tafel stehenden Rohstoffe zu und füllen Punkt 2 am Arbeitsblatt aus.</p> <p>Das Fact-Sheet wird ausgeteilt und die SchülerInnen versuchen damit in PartnerInnenarbeit Frage 3 am Arbeitsblatt zu lösen. Die Ergebnisse werden gemeinsam besprochen, wobei die SchülerInnen zuerst aufgefordert werden, die Begriffe „Reuse“, „Stoffliches Recycling“, „Rohstoffliches Recycling“ und „Thermisches Recycling“ mit eigenen Worten zu erklären.</p> <p>Zum Schluss wird in einem LehrerIn/SchülerInnen-Gespräch die Frage diskutiert, ob thermisches Verwerten Recycling ist.</p>

Abschluss und Festigung	20 Minuten
<p><i>Die Werkstoffe werden den Begriffskärtchen zugeordnet.</i></p> 	<p><u>Material</u></p> <p>Beilage „Begriffskärtchen - Recycling und Wiederverwendung“, Moderationskärtchen, Flipchart-Bögen</p> <p>Die auf der Tafel gesammelten Rohstoffe werden einzeln auf die Moderationskärtchen übertragen und den Begriffen „Reuse“, „Stoffliches Recycling“, „Rohstoffliches Recycling“ und „Thermisches Recycling“ zugeordnet und anschließend für jeden Begriff ein Flipchart-Bogen gestaltet.</p>

Beilagen

- ▶ Fact-Sheet - Altfahrzeugverwertung
- ▶ Bildkarten - Werkstoffe im PKW
- ▶ Arbeitsblatt - Ressourcen im Auto
- ▶ Begriffskärtchen - Recycling und Wiederverwendung

Weiterführende Themen

- ▶ Recycling
- ▶ Ökologischer Fußabdruck
- ▶ Mobilitätsverhalten
- ▶ Urban Mining

Weiterführende Informationen

Links

- Die geltende Fassung der Altfahrzeugeverordnung sowie die Erläuterungen und die Novellen dazu.
http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/abfall-ressourcen/abfall-altlastenrecht/awg-verordnungen/altf_vo.html
- Ein interaktiver Führer in die Welt der Chemie. Informationen zu Metallen, Glas, Kunststoffen, Lacken & Klebstoffen, Recycling, Kraftstoffen, alternative Kraftstoffen, elektronischen Energiespeichern, Abgasen und CO₂.
<http://www.chemie-am-auto.de>

Literatur

- VCÖ (Hrsg.): Klimaschutz, Rohstoffkrise und Verkehr. VCÖ-Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“. Wien 2012



Noch Fragen zum Thema?

Mag.^a Denise Gaal
Bereiche Chemie, Rohstoffe, Schall & Lärm
Telefon: 0043-(0)316-835404-7
E-Mail: denise.gaal@ubz-stmk.at



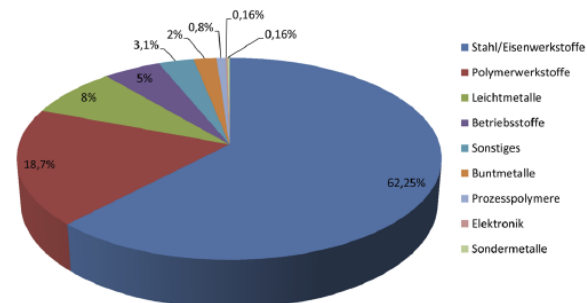
www.ubz-stmk.at

Fact-Sheet Altfahrzeugverwertung

Werkstoffanteile im PKW

Stahl-/Eisenwerkstoffe	62,25%
Polymerwerkstoffe	18,70%
Leichtmetalle	8,00%
Betriebsstoffe	5,00%
Sonstiges	3,10%
Buntmetalle	2,00%
Prozesspolymere	0,80%
Elektronik	0,16%
Sondermetalle	0,16%

Werkstoffanteile PKW



Erneuerbar ist nicht recycelbar

- **Erneuerbare Ressourcen** haben die Eigenschaft, sich in einem für den Menschen planbaren, relevanten Zeitraum zu regenerieren.
- **Nicht-erneuerbare Ressourcen** sind in geologischen oder astronomischen Zeiträumen entstanden und können sich in menschlichen Zeiträumen nicht regenerieren. Eine Verwendung dieser Rohstoffe entspricht nicht dem Prinzip der Nachhaltigkeit, sofern sie nicht recycelt werden.
- **Recycelbare Ressourcen** sind Ressourcen, aus denen wieder Materialien oder Erzeugnisse ohne Qualitätsverlust hergestellt werden können. Diese werden dann Sekundärrohstoffe oder Sekundärerzeugnisse genannt.

Man unterscheidet drei Arten der Wiederverwendung bzw. -verwertung von Werkstoffen

- **Stoffliches Recycling (werkstofflich, physikalisch):**
Der chemische Aufbau des Werkstoffes bleibt erhalten. Der Stoff kann fast ohne Verluste wieder verwendet werden.
- **Rohstoffliches Recycling (chemisch):**
Werkstoffverbindungen werden wieder in ihre Ausgangsstoffe zerlegt und stehen dann wieder als Rohstoffe für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.
- **Thermisches Recycling (energetisch):**
Der Werkstoff wird verbrannt und die frei werdende Energie wird zu Heizzwecken verwendet.

Ist thermisches Verwerten wirklich Recycling?

Die technische Definition lautet so, aber die Meinungen der Fachleute, ob Verbrennen wirklich Recycling ist, gehen auseinander. Die eine Seite vertritt die Meinung, dass die Energiegewinnung durch das Verbrennen der Materialien eine Art Wiederverwertung ist (eine Energieform wird in eine andere umgewandelt), immer unter der Bedingung, dass die Energie in Form von Strom oder Wärme genutzt wird. Die andere Seite ist der Meinung, dass Recycling per Definition die Umwandlung von Materialien in neue Rohstoffe ist, aus denen dann wieder Produkte hergestellt werden können; d. h. also, dass es sich bei Verbrennung nicht um Recycling handelt. Was ist Ihre Meinung dazu?

Ressourcen im Auto

1.) Orientiere dich anhand der Bilder.



Welche Materialien sind in einem Auto verbaut? (Eisen, Kunststoff ...)

Aus welchen Rohstoffen sind die Materialien hergestellt?

2.) Ordne die Rohstoffe zu:

erneuerbar	nicht erneuerbar

3.) Teile die Rohstoffe den Kategorien zu:

Reuse:

Stoffliches Recycling:

Rohstoffliches Recycling:

Thermisches Recycling:

4.) Diskussion

Erneuerbar ist nicht gleich reuse- oder recycelfähig! Recycling ist auch nicht gleich Recycling! Vielleicht hast du dir dazu schon Gedanken gemacht und dir eine Meinung gebildet. Diskutiere mit deinen KlassenkameradInnen darüber.



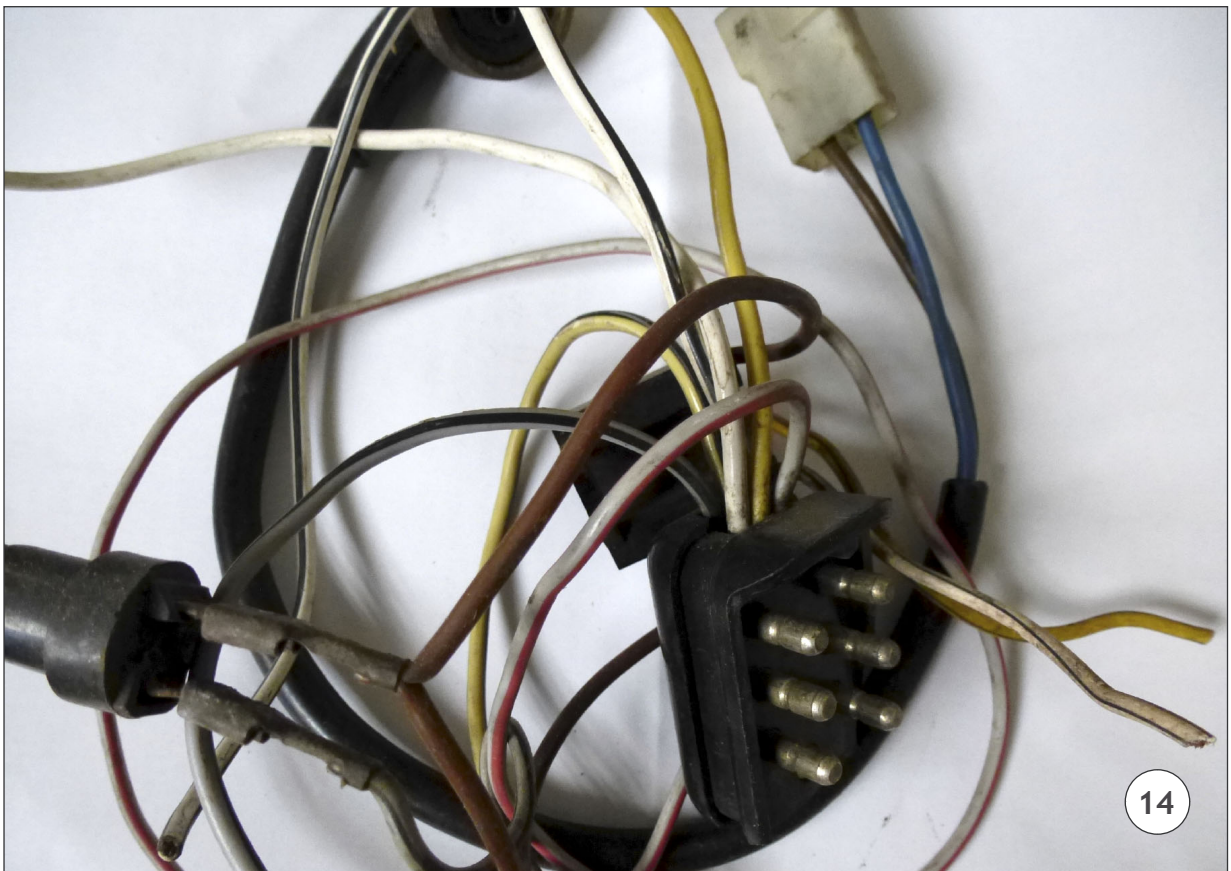


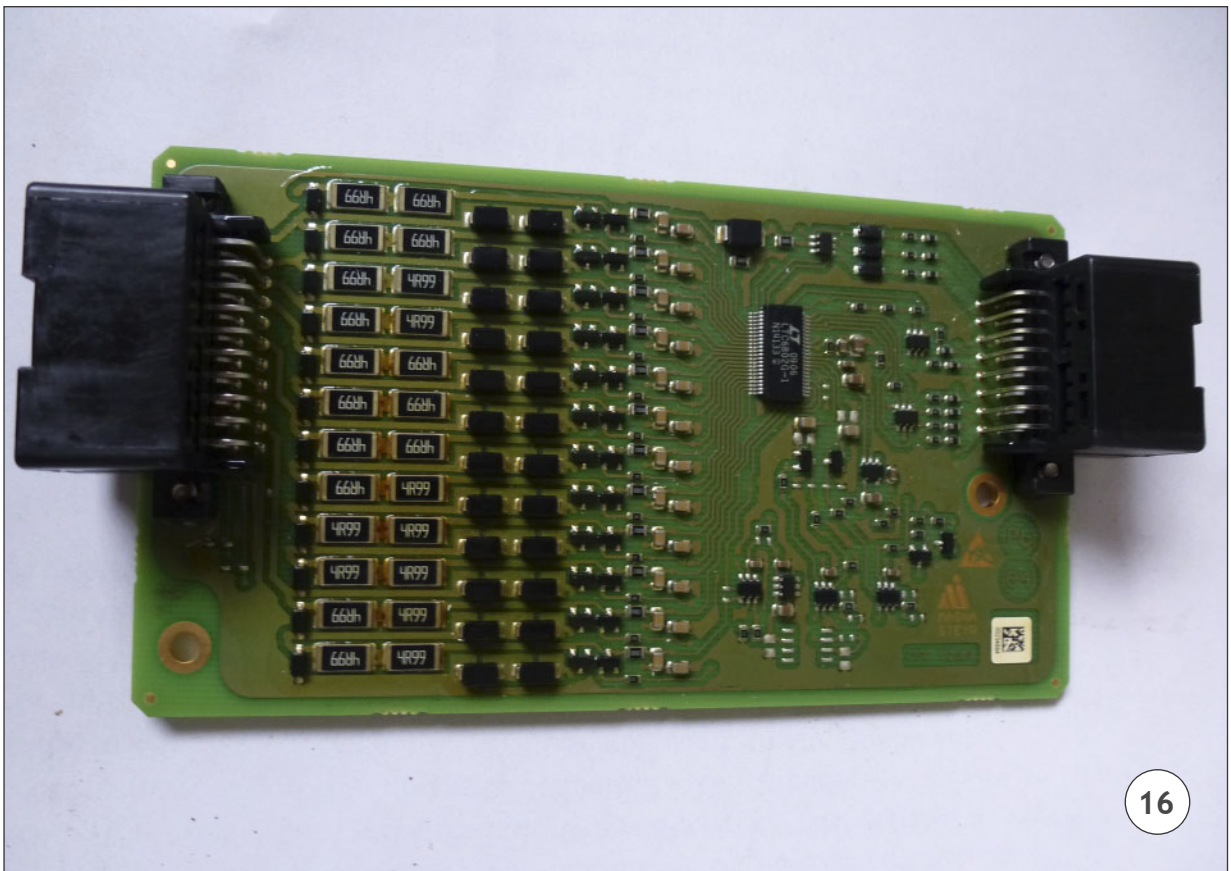


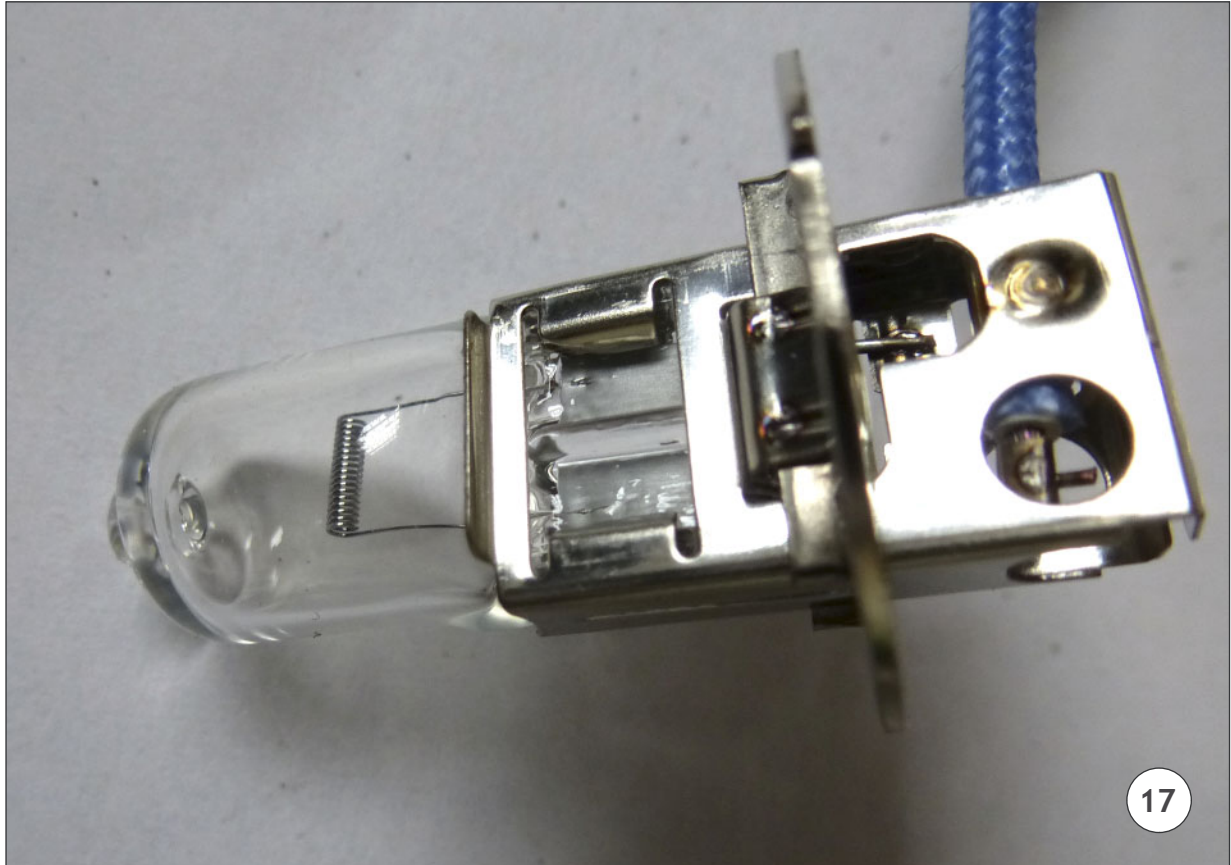












Bilderklärungen

- Bild 01: Stahl-/Eisenwerkstoffe > Motorblock
- Bild 02: Stahl-/Eisenwerkstoffe > Bremsscheiben
- Bild 03: Polymerwerkstoffe > Kunststoffe im Innenraum
- Bild 04: Polymerwerkstoffe > Autoscheinwerfer
- Bild 05: Polymerwerkstoffe > textiles Dämmmaterial
- Bild 06: Polymerwerkstoffe > textiles Innenleben
- Bild 07: Leichtmetalle > Auspuffkrümmer
- Bild 08: Leichtmetalle > Aluminiumschiene
- Bild 09: Betriebsstoffe > Treibstoff
- Bild 10: Betriebsstoffe > Motoröl, Bremsflüssigkeit
- Bild 11: Sonstige Werkstoffe > Glas und Spiegel
- Bild 12: Buntmetalle > verzinkte Schrauben
- Bild 13: Buntmetalle > Verriegelungsbügel aus Blech
- Bild 14: Buntmetalle > Kupferkabeln
- Bild 15: Prozesspolymere > Autolack
- Bild 16: Elektronik > Platine
- Bild 17: Sondermetalle > Wolframdraht

Stoffliches Recycling

werkstofflich, physikalisch

Rohstoffliches Recycling

chemisch

Reuse

Thermisches Recycling

energetisch