



Gruppenpuzzle | Einstieg in Recycling

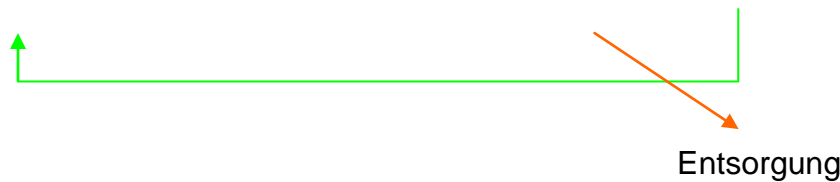
Recycling

Begriffserklärung:

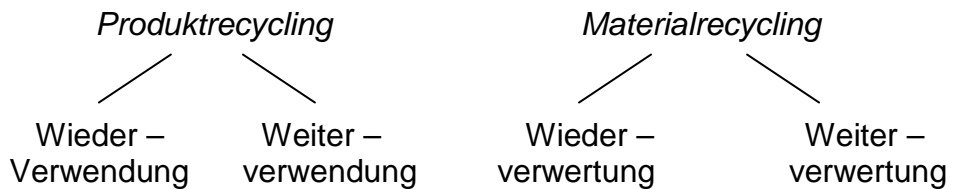
Unter Recycling versteht man das Rückführen von Altstoffen in den Materialkreislauf.

Materialkreislauf:

Rohstoffe ⇒ Werkstoffe ⇒ Produktion ⇒ Nutzung ⇒ Recycling



Unterteilung:



Beispiele:	Pfandflasche	Senfglas	Altglaseinsatz	Herstellung von
	Austauschmotor	als Trinkglas		Kartonagen aus Papierabfällen

Begründung:

- Rohstoffe sparen
- Kosten sparen
- Öko-Richtlinien
- Energieersparnis
- Ressourcenschonend
- Image



Anforderungen an Konstruktion

- Demontagegerecht → lösbar, zugänglich
- Werkstoffvielfalt reduzieren
- Einsatz von Recyclaten
- Stoffe kennzeichnen
- Dokumentation

Gruppenpuzzle | Recycling von Elektronikschrott

1. Begriffsklärung Recycling, Downcycling, Upcycling

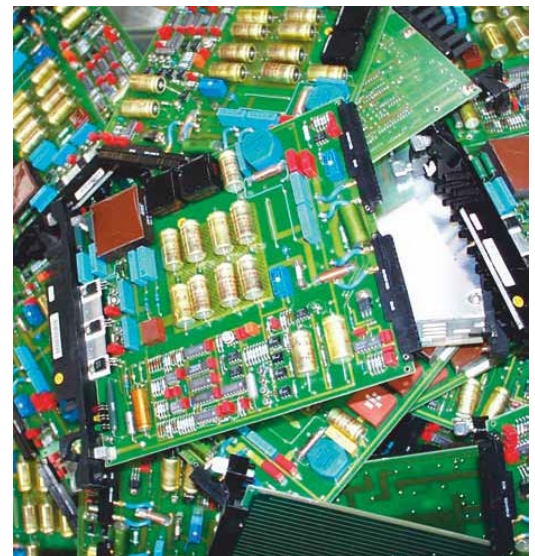
Unter "Recycling" versteht man die Rückführung der bei Produktion und Verbrauch anfallenden Nebenprodukte und Reststoffe in den Produktions-Verbrauchs-Kreislauf. Der Begriff „Recycling“ stammt ursprünglich aus dem Englischen und tauchte erstmals Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebrauch auf. Es wurde aus zwei Wörtern zusammengesetzt: Re und Zyklus. Sie stammen aus dem Lateinischen und bedeuten „zurück“ und „Kreis“. Recycling bedeutet also „zurück in den Kreislauf bringen“.

Der Duden erklärt Recycling als „Wiederverwendung bereits genutzter Rohstoffe“. Allgemein werden unter Recycling alle Verfahren verstanden, mit deren Hilfe Altmaterial und Reststoffe so aufbereitet werden, dass sie wieder im Produktionsprozess eingesetzt werden können. Im Einzelfall kann es sich dabei um Wiederverwendung, Wiederverwertung, Umarbeitung und Energiegewinnung handeln.

Ein möglicher Nachteil des Recyclings, z. B. bei Kunststoffen, ist, dass – bei vertretbarem Aufwand – das Material häufig nicht mehr die ursprüngliche Qualität bzw. Verarbeitbarkeit erreicht, wie sie bei der Primärherstellung vorgelegen hatte. Diese Abwertung wird auch als Downcycling bezeichnet, während beim Upcycling aus Abfallstoffen eines Prozesses hochwertigere Produkte hergestellt werden können.

Potential der Elektronikschrotte

Ausgediente Geräte der Elektronik stellen durch die spezielle Zusammensetzung der Schrotte besondere Anforderungen an die Recyclingverfahren. Eine Tonne Platinschrott kann beispielsweise etwa ein kg Gold, sechs kg Silber, zwölf kg Aluminium, 20 kg Zinn und bis zu 200 kg Kupfer enthalten. Darüber hinaus sind ein erheblicher Teil des Gesamtgewichts Kunststoffe, auf denen die Leiterbahnen und elektronischen Bauteile angeordnet sind. Vor allem der hohe Kunststoffanteil muss beim thermischen Recycling berücksichtigt werden. Bei einem nicht sachgerechten Recycling besteht die Gefahr der Freisetzung von Schadstoffen, was allerdings durch die in Deutschland eingesetzten modernen Recyclingverfahren für Elektronikschrotte ausgeschlossen ist.



Definition Elektronikschrotte

Unter Elektronikschrott oder Elektroschrott versteht man Elektro- und Elektronikgeräte oder deren Bauteile, die nicht mehr verwendet werden, da sie entweder ihre vorgesehene Aufgabe nicht mehr erfüllen oder durch bessere Geräte ersetzt wurden.

Im Rahmen der Elektronikentsorgung müssen gebrauchte Geräte in Deutschland von den Geräteherstellern zur Entsorgung und Beseitigung zurückgenommen werden.

Gefahr und Chance

Einerseits besteht Elektronikschrott aus wertvollen Materialien, die als sekundäre Rohstoffe zurück gewonnen werden können. Andererseits enthält er eine Vielzahl Schwermetalle (Blei, Arsen, Kadmium, Quecksilber), Halogenverbindungen und weitere hochgiftige und umweltgefährdende Stoffe.

Hinzu kommt, dass Elektronik-Geräte einen immer kürzeren Produktlebenszyklus haben und in immer größerer Zahl eingesetzt werden: Deutschlands 38 Millionen Haushalte produzieren in jedem Jahr 1,1 Millionen Tonnen Elektronikschrott (geschätzt für 2005, Quelle ZVEI).



Einige industrialisierte Länder, darunter die USA und Australien, exportieren ihren Elektronikschrott bevorzugt in Schwellen- und Entwicklungsländer. Es wird geschätzt, dass 50 bis 80 % des Elektroschrottes aus Industrieländern exportiert wird. Dort wird der Elektronikschrott mit einfachsten Mitteln (Feuer, Hammer und Zange, Säurebad etc.) und großer Belastung von Mensch und Umwelt wiederverwertet.

Unter den Menschen, die dieses Recycling betreiben, sind oftmals auch Kinder. Gleichzeitig ist in diesen Ländern das Recycling von Elektronikschrott wirtschaftlich interessant. Zur Unterbindung des grenzüberschreitenden Verkehrs von gefährlichem Abfall unterzeichneten viele Länder das Abkommen der Basler Konvention. Die Unterzeichnerländer verpflichten sich darin unter anderem, auch Elektronikschrott im Entstehungsland zu recyceln.

Gesetzliche Regelungen in der EU

In der EU wird der Umgang mit Elektronikschrott durch die WEEE-Richtlinie geregelt, die in Deutschland im Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) umgesetzt worden ist.

Die EU-Mitgliedstaaten mussten bis 13. August 2005 ein funktionierendes E-Schrott-Recycling-System in Betrieb genommen haben und ab Dezember 2006 mindestens 4 kg pro Person und Jahr recyceln.

Die neuen EU-Mitgliedstaaten erhalten einen Aufschub von 2 Jahren, Slowenien 1

Jahr. Ein Elektronikschrott-Recycling-System beinhaltet die Pflicht der Hersteller, ihren Elektronikschrott wieder zurückzunehmen und fachgerecht zu entsorgen. Je nach Land sind verschiedene Modelle vorgesehen oder bereits implementiert. Grundsätzlich geht es um die Sammlung, Wiederverwendung und Wiederverwertung der Geräte, wobei die Hersteller – und damit letztlich der Endverbraucher – das System finanzieren müssen.

Eine weitere EU-Richtlinie, RoHS (Restriction of Hazardous Substances), verlangt zudem, dass bestimmte gefährliche Stoffe in der Produktion nicht mehr eingesetzt, andere wie Quecksilber, Cadmium, Chrom und Blei vermieden werden.

Recycling-Möglichkeiten

Die umweltverträglichste Form des Recyclings von Elektronikschrott ist die Wiederverwendung der Geräte oder einzelner Komponenten unter Umständen nach einer. Wenn das nicht sinnvoll oder möglich ist, bietet sich die stoffliche Verwertung der enthaltenen Metalle oder Kunststoffe an. Dabei muss – je nach Komplexität und Schadstoffgehalt (elektronische Bauteile) – das Gerät oder die Baugruppe manuell demontiert werden, bevor eine maschinelle Verarbeitung (z. B. Shredder) vorgenommen werden kann.



Auch wirtschaftliche Aspekte sind neben den Umweltgesichtspunkten von Bedeutung: Steigende Preise an der Metallbörse machen das Recycling von Elektroschrott kommerziell attraktiv. Neben sekundären Rohstoffen wie Metallen aller Art fallen vor allem Kunststoffe an, die heute meist in Ergänzung zu den sonst benötigten Brennstoffen in Müllverbrennungsanlagen verbrannt werden. Die drittgrößte Fraktion ist das bleihaltige Glas aus Bildröhren, welches wieder zu Bildröhrenglas verarbeitet wird. Allerdings wird die Bildröhre in vielen Märkten durch Flachbildschirme verdrängt, weshalb das Recycling von Bildröhrenglas neue Wege beschreiten wird. Die gefährlichen Stoffe machen, einen technisch optimalen Recyclingprozess vorausgesetzt, weniger als 1 % des Gesamtgewichtes aus. Je nach Schadstoff bleibt die Sondermüllverbrennung oder die Einlagerung in sicheren Deponien.

Entsorgung von LED- und Energiesparlampen

Defekte oder ausgediente LED- und Energiesparlampen (Kompaktleuchtstofflampen) sind Sondermüll, denn sie enthalten Quecksilber sowie weitere problematische Stoffe in Lampe, Starter und Elektronik und fallen damit ebenfalls unter das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG). Sie dürfen nicht in den Hausmüll oder in den Glascontainer gegeben werden. Die fachgerechte Entsorgung getrennt vom Hausmüll oder hausmüllähnlichem Gewerbeabfall dient nicht allein dem Umweltschutz, sondern zugleich dem Gesundheitsschutz der mit dem Müll in Berührung kommenden Personen. Aus gebrochenen Röhren verdampft Quecksilber bei Zimmertemperatur.

Die Rohstoffe wie Kupfer, Aluminium und Zinn sowie die Leuchtstoffe können zu



mehr als 90 Prozent wiederverwertet werden. Für Quecksilber gilt das in der Regel nur, wenn der Glaskolben unbeschädigt ist. Blei, Chrom und Cadmium sind nicht mehr zugelassen und sollten daher nur noch in älteren Lampen (Herstellung vor Juli 2006) zu finden sein.

Aufgrund des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes und der dazugehörigen EU-Verordnung WEEE sind EU-weit die Hersteller, nicht aber die Händler von Leuchtstofflampen verpflichtet, diese zurückzunehmen; in Deutschland gilt das seit dem 24. März 2006.

Ursachen für die Verschrottung

Früher war die Hauptursache für Verschrottung ein technischer, aufwendiger Defekt des Gerätes. In der heutigen Zeit treten häufig weitere Ursachen für Verschrottung in den Vordergrund, teils ungewollt, teils gewollt:

- technischer Defekt
- fehlende oder überbewertete Verschleiß- bzw. Ersatzteile:
 - Verschleißteile, die regelmäßig ausgetauscht werden müssen (z.B. Akkus, Tinte, Toner) sind nicht mehr verfügbar. An sich funktionstüchtige Geräte müssen deshalb verschrottet werden.
 - Die Preise für Ersatzteile sind gegenüber ihren primären Produktionskosten überhöht. Teils mit Absicht (Neukauf kurbelt Markt an), teils wegen hoher Diversität an Ersatzteilen und entsprechendem Aufwand der Lagerhaltung.
 - Reparaturkosten sind im Verhältnis zu Produktionskosten durch ihre kaum mögliche Automatisierung deutlich gestiegen. Es lohnt nicht mehr, an sich kleine Defekte zu reparieren.
- moralischer Verschleiß:
 - Neuere Geräte haben ein besseres Verhältnis von Nutzen und Verkaufspreis. Ältere Geräte verlieren dadurch an Wert.
- verschlechterte Interoperabilität in weiter entwickeltem Umfeld:
 - Computer
 - Analoges Fernsehen
- überholte Mode des Designs:
 - Die modische Gestaltung von Geräten und ständige Weiterentwicklung der Formensprache lässt ältere Entwicklung auch visuell als veraltet erscheinen.

Quellen

- VDI Richtlinie 2343 – Recycling von elektr(on)ischen Geräten, Berlin: Beuth Verlag
- Leitfaden Monitoring des Umweltbundesamtes zur Handhabung des Monitorings der Elektrogeräteentsorgung durch Betreiber von Erstbehandlungsanlagen
- <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektronikschrott&oldid=101104862>

- Alle Informationen zum Elektro- und Elektronikgerätegesetz,



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

- Kupfer und Recycling, Deutsches Kupferinstitut, Auskunfts- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer- und Kupferlegierungen
- Exemplarische Untersuchung zum Stand der praktischen Umsetzung des integrierten Umweltschutzes in der Metallindustrie und Entwicklung von generellen Anforderungen, Rentz, O., 1999
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Recycling>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Kreislaufwirtschafts-_und_Abfallgesetz
- http://de.wikipedia.org/wiki/Downcycling#Downcycling_und_Upcycling



Gruppenpuzzle | Recycling von Aluminium und Kupfer

Begriffsklärung Recycling, Downcycling, Upcycling

Unter "Recycling" versteht man die Rückführung der bei Produktion und Verbrauch anfallenden Nebenprodukte und Reststoffe in den Produktions-Verbrauchs-Kreislauf. Der Begriff „Recycling“ stammt ursprünglich aus dem Englischen und tauchte erstmals Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebrauch auf. Es wurde aus zwei Wörtern zusammengesetzt: Re und Zyklus. Sie stammen aus dem Lateinischen und bedeuten „zurück“ und „Kreis“. Recycling bedeutet also „zurück in den Kreislauf bringen“.

Der Duden erklärt Recycling als „Wiederverwendung bereits genutzter Rohstoffe“. Allgemein werden unter Recycling alle Verfahren verstanden, mit deren Hilfe Altmaterial und Reststoffe so aufbereitet werden, dass sie wieder im Produktionsprozess eingesetzt werden können. Im Einzelfall kann es sich dabei um Wiederverwendung, Wiederverwertung, Umarbeitung und Energiegewinnung handeln.

Ein möglicher Nachteil des Recyclings, z. B. bei Kunststoffen, ist, dass – bei vertretbarem Aufwand – das Material häufig nicht mehr die ursprüngliche Qualität bzw. Verarbeitbarkeit erreicht, wie sie bei der Primärherstellung vorgelegen hatte. Diese Abwertung wird auch als Downcycling bezeichnet, während beim Upcycling aus Abfallstoffen eines Prozesses hochwertigere Produkte hergestellt werden können.

Die Aufbereitung von Aluminium und Kupfer als wesentliche technische Werkstoffe ist beispielhaft für einen Kreislauf, der Materialien ohne Qualitätsverlust wieder der Produktion zuführt. Im Gegensatz zu vielen anderen Werkstoffen können sie immer wieder zu neuen, hochwertigen Produkten verarbeitet werden.

Das gilt auch für Kupferlegierungen wie Messing, Bronze oder Neusilber. Denn Kupfer ist kein Verbrauchs-, sondern ein Gebrauchsmaterial. Und Kupferrecycling wird immer wichtiger: Auf diese Weise werden nicht nur wertvolle Rohstoffe geschont, sondern auch große Mengen an Energie gespart; der Energieeinsatz für die Gewinnung von Kupfer aus Recyclingmaterialien ist um bis zu 90 Prozent geringer als der für die Kupfergewinnung aus Erzen. Entscheidend hierbei ist vor allem, dass keine Energie für Abbau, Transport und Aufbereitung der Erze aufgewendet werden muss. Grundsätzlich gilt: je höher der Kupfergehalt eines Schrottes ist, desto größer ist seine gespeicherte Energie und desto weniger Prozessstufen muss er durchlaufen. Zum Vergleich: ein Kupfererz gilt heute mit unter ein Prozent Kupferanteil als wirtschaftlich abbaubar. Ein Kupferschrott hat bereits einen Kupfergehalt von nahezu 100 Prozent. Daneben ist Kupferschrott sehr energiereich und spart entsprechend externe Energie. Tatsächlich benötigt die Kupferproduktion aus Sekundärstoffen nur 20 Prozent der Energie, die für die Gewinnung von Primärkupfer aus Erz und Konzentraten benötigt wird.

Aluminiumrecycling

Unter Aluminiumrecycling wird das Sammeln und Wiederverwerten von Aluminiumteilen verstanden.

Aluminium ist ein Metall, dessen Eigenschaften auch nach seiner Nutzung in einem Produkt nicht beeinträchtigt werden, so dass Aluminium beliebig oft ohne Qualitätsverlust wiederverwertet werden kann. Der hohe Metallwert bleibt erhalten und bildet einen ausreichenden wirtschaftlichen Anreiz, das Metall auch tatsächlich am Ende seiner Nutzungsphase zu erfassen, aufzubereiten, zu schmelzen und erneut in gleicher bzw. vergleichbarer Weise zu nutzen.



Aluminium, das bei seiner Verarbeitung in Form von Metallresten (beispielsweise Späne) oder in Form von gelöstem Aluminium beim Eloxieren, oder am Ende eines Produktlebens anfällt, wird zum Sekundärrohstoff, für den es einen weltweiten Markt gibt. Aluminium in Form von stückigem Schrott, Spänen, Skimmings etc. wird erfasst, aufbereitet und in einem 650 °C heißen chloridhaltigen Salzbad eingeschmolzen. Dabei verhindert das Salz die Oxidation des Aluminiums und bindet die Verunreinigungen (Salzschlacke).

Mit der Verwertung von Aluminium befassen sich Metallhändler, Aufbereiter und Aluminiumschmelzhütten, die als Produzenten von Guss- und Knetlegierungen am Ende des Verwertungsprozesses stehen. Zur Aluminium-Recyclingwirtschaft gehören aber auch die Unternehmen, die Aluminium haltige Salzschlacken und Filterstäube aufbereiten (über 2 Millionen Tonnen pro Jahr).

Insgesamt werden jährlich 800.000 Tonnen Recycling-Aluminium eingesetzt, gegenüber 500.000 Tonnen Primär-Aluminium. In der EU werden insgesamt pro Jahr etwa 2,6 Millionen Tonnen Aluminium verarbeitet, mit ähnlichen Recyclingraten.

Bei Aluminium ist die Recycling-Effizienz demnach sehr gut, denn es ist wesentlich schwieriger, Primär-Aluminium durch Aufschluss von Bauxit (Aluminiumerz) und Synthese zu Aluminiumoxid mit anschließender Schmelzflusselektrolyse zu gewinnen, als reines Aluminium einzuschmelzen (Schmelzpunkt 660 °C). Des Weiteren wird bei der Aluminiumgewinnung aus Bauxit im erheblichen Maße elektrische Energie benötigt, während beim Recycling (Einschmelzen) auch Primärenergieträger verwendet werden können, womit die Effizienz des Prozesses weiter gesteigert wird. Insgesamt beträgt der Energieverbrauch für Recycling-Aluminium nur 5 bis 10 % vom Wert für Primäraluminium. Somit ist Aluminium-Recycling sowohl ökonomisch als auch ökologisch sehr sinnvoll.

Kupferrecycling

Kupferrecycling ist die industrielle Wiederverwertung von Altkupfer. Recyceltes Kupfer besitzt dieselbe Qualität wie der Primärrohstoff. Für die bei der Kupferproduktion anfallenden kupferhaltigen Reststoffe bestehen geschlossene Verwertungswege. Begleitmetalle in den Sekundärrohstoffen werden getrennt und zu Produkten verarbeitet. Die Ablagerung von Stoffen auf Deponien wird damit weitgehend vermieden.



Für ein kreislaufwirtschaftsgerechtes Kupferrecycling sorgen in Westeuropa Unternehmen mit umweltneutralen Prozesstechnologien und Recyclingwegen. Der Metallhandel erfasst die Altmetalle, bereitet sie auf und beliefert die Kupferhütten mit klassifizierten, sortengerechten Rohstoffen. Es existieren auch direkte Recyclingwege zwischen der Industrie und den Recyclinghütten.

Die Wiederverwertung von Kupfer kann als größte und nachhaltigste Kupfermine der Welt betrachtet werden. Dabei beginnt die Verwendung von altem, nicht mehr gebrauchtem Kupfer nicht erst mit dem Aufkommen des modernen Recyclinggedankens Ende des 20. Jahrhunderts, sondern zieht sich als roter Faden durch die über 7.000 Jahre andauernde enge Verbindung des Menschen mit dem roten Metall. Heute wird mehr als die Hälfte des jährlichen Kupferbedarfs in Deutschland aus Recyclingmaterial gedeckt.

Bereits in der Antike wurde Kupfer als wertvolles und beständiges Gebrauchsmaterial angesehen, so dass das Recycling von Kupfer und Kupferlegierungen, vornehmlich Zinnbronzen, schon damals selbstverständlich war.

Der Werkstoff Kupfer kann aus Altmaterialien ohne Qualitätseinbußen beliebig oft recycelt werden, denn die elektrolytische Raffination ermöglicht es am Ende des Recyclingprozesses, unedle und edle Verunreinigungen aus Kupfer restlos zu entfernen. Kupfer ist das bedeutendste Industriemetall, das wie die Edelmetalle Gold oder Silber immer wieder in seine Ursprungsform rückführbar ist. Recycling erhält nicht nur die Rohstoffe, sondern hilft auch, Energie zu sparen, und somit die Umwelt zu schonen. Denn bei der Wiederverwertung von Kupfer entfällt zum einen der Energieaufwand, der mit dem Erzabbau, der Aufbereitung und dem Transport zu den Verarbeitungsstätten verbunden ist. Zum anderen beträgt der Energieeinsatz für das Einschmelzen des Altmetalls nur einen Bruchteil dessen, was für die Metallgewinnung aus Konzentraten erforderlich ist.

Kupfer begegnet uns in vielen Bereichen des täglichen Lebens, vor allem aber ist es ein bedeutender Werkstoff für die Elektrotechnik. Es spielt u. a. eine herausragende Rolle in der Informations- und Kommunikationstechnologie. Kupfer wird in Starkstromkabeln ebenso eingesetzt wie in der Gebäudetechnik oder Handys.

Es ist im Einsatz in Wärmetauschern wie z.B. den Kühlern von Computerchips, Klimaanlage, Solarkollektoren und zur Heizungsinstallation. Auch im Transportwesen werden Kupfer und Kupferlegierungen in Autos, Zügen, Schiffen und Flugzeugen verwendet.

Eigenschaft des Kupfers	Verwendung des Kupfers
Hohe elektrische Leitfähigkeit (59,5 MS/m)	Elektrotechnik, z.B. als Wicklungen elektrischer Maschinen, Spulen, Generatoren, Transformatoren, in Schaltgeräten, Kabel- und Leitungsanlagen, der Nachrichtentechnik, Funk- und Fernsehtechnik, Elektronik und der Elektronischen Datenverarbeitung
Hohe thermische Leitfähigkeit (398 W/(m*K) bei 0°C)	Durchlauferhitzer, Kühler, Kälte- und Klimatechnik
Gute Verformbarkeit (Elastizitätsmodul: 120 GPa bei 20°C, Torsionsmodul: 45 GPa bei 20°C)	Rohre z.B. in der Kalt- und Warmwasserinstallation, Fassaden und Bedachungen, Kunsthandwerk
Gute Korrosionsbeständigkeit	Chemische Industrie, Erdölindustrie, Brauerei- und Getränketechnik, Dächer und Dachrinnen, Off-Shore-Anwendungen
Antimikrobielle Eigenschaften, d.h. Kupfer hemmt das Wachstum schädlicher Bakterien und verhindert so ihre Verbreitung	Krankenhaus- und Pflegeeinrichtungen, Münzen, Geländer, Türklinken, Lichtschalter, Trinkwasserrohre
Ansprechende Farbe bzw. Färbemöglichkeiten	Architektur, Dach und Fassade, Kunstwerke
Günstige Legierungsfähigkeit	Werkstoffe für Einsatzgebiete mit besonderen Ansprüchen z.B. an Farbe oder Verformbarkeit

Tab. 1: Verwendung von metallischem Kupfer

Gebrauchsfähiges Kupfer stammt aus zwei Quellen: aus der Primärproduktion durch Extraktion und Weiterbehandlung des Erzes sowie aus der Sekundärproduktion durch Direktschmelze von Neuschrotten und dem Recycling von End-of-Life-Produkten und kupferhaltigen Produktionsrückständen. Insgesamt beträgt der Anteil des recycelten Kupfers etwas mehr als ein Drittel der gesamten Weltproduktion.

In Deutschland stammen mehr als 50 Prozent des hierzulande hergestellten Kupfers aus Recyclingmaterial. Dieser Wert wird als die klassische Recyclingrate bezeichnet. Grundsätzlich kann Kupfer in seinen Anwendungen ohne jeglichen Qualitätsverlust immer wieder recycelt werden. Man könnte also erwarten, dass nahezu 100 Prozent des in Deutschland benötigten Kupfers aus Altkupfer erzeugt werden können. Aufgrund der mitunter langen Lebenszyklen der Kupferprodukte gelangen diese jedoch oft erst nach einer großen Zeitspanne der Produktnutzung wieder in den Kupferkreislauf zurück. Zwei Beispiele: ein Auto wird heute etwa zehn Jahre alt, d.h. das Kupfer darin kann auch erst nach etwa zehn Jahren recycelt werden. Ein Dach aus Kupfer wird frühestens nach 60 bis 80 Jahren erneuert. Der Bedarf an Kupfer für die Erzeugung neuer Produkte ist jedoch heute höher als vor zehn Jahren und weitaus größer als vor 80 Jahren. Es ist offensichtlich, dass zur Erzeugung der heute benötigten Menge an Kupfer auch weiterhin ein Teil des Kupfers aus Erzen gewonnen werden muss.

Nimmt man eine durchschnittliche Lebensdauer aller Kupferprodukte von ca. 33 Jahren an und bezieht die Altkupfermenge auf die Kupferproduktion im selben Zeitraum, so steigt der Anteil an Kupfer aus Schrotten auf etwa 80 Prozent. Dieser Wert ist die echte Recyclingrate.

Quellen

- Recycling von Kupferwerkstoffen, Deutsches Kupferinstitut - Auskunfts- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer- und Kupferlegierungen
- <http://www.aluminium-recycling.com/de/recycling/produkte.php>
- <http://www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBchemieprozesse/Aluminiumrecycling.php>
- <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Aluminiumrecycling&oldid=100482796>



Gruppenpuzzle | Recycling von Kunststoffen

Begriffsklärung Recycling, Downcycling, Upcycling

Unter "Recycling" versteht man die Rückführung der bei Produktion und Verbrauch anfallenden Nebenprodukte und Reststoffe in den Produktions-Verbrauchs-Kreislauf. Der Begriff „Recycling“ stammt ursprünglich aus dem Englischen und tauchte erstmals Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebrauch auf. Es wurde aus zwei Wörtern zusammengesetzt: Re und Zyklus. Sie stammen aus dem Lateinischen und bedeuten „zurück“ und „Kreis“. Recycling bedeutet also „zurück in den Kreislauf bringen“.

Der Duden erklärt Recycling als „Wiederverwendung bereits genutzter Rohstoffe“. Allgemein werden unter Recycling alle Verfahren verstanden, mit deren Hilfe Altmaterial und Reststoffe so aufbereitet werden, dass sie wieder im Produktionsprozess eingesetzt werden können. Im Einzelfall kann es sich dabei um Wiederverwendung, Wiederverwertung, Umarbeitung und Energiegewinnung handeln.

Ein möglicher Nachteil des Recyclings, z. B. bei Kunststoffen, ist, dass – bei vertretbarem Aufwand – das Material häufig nicht mehr die ursprüngliche Qualität bzw. Verarbeitbarkeit erreicht, wie sie bei der Primärherstellung vorgelegen hatte. Diese Abwertung wird auch als Downcycling bezeichnet, während beim Upcycling aus Abfallstoffen eines Prozesses hochwertigere Produkte hergestellt werden können.

Unter Downcycling wird also verstanden, wenn hochwertige Produkte nach einer Wiederaufbereitung eine niedrigere Funktion erhalten. Manche Stoffe wie Glas werden bei der Wiederaufbereitung nicht schlechter, da sie sortenrein gesammelt werden können. Bei anderen Materialien wie beispielsweise Kunststoffen ist das nicht der Fall. Aus hochwertigen Plastikartikeln kann nicht wieder das gleiche Produkt hergestellt werden, da nicht sortenrein gesammelt werden kann. Also werden möglichst ähnliche Kunststoffe erhitzt und zu Parkbänken und Zaunpfählen zusammengeklebt. Man spricht in diesem Fall von Downcycling. Ebenfalls Downcycling ist es zum Beispiel, Hochbaustoffe in Tief- und Straßenbau oder als Verfüllmaterial verwendet werden.

Ein möglicher Nachteil von beispielsweise Kunststoff ist, dass – bei vertretbarem Aufwand – das Material nicht mehr die ursprüngliche Qualität bzw. Verarbeitbarkeit erreicht wie bei der Primärherstellung vor dem Recyclingprozess.

Notwendigkeit des Recyclings

Beim Recycling wird zwischen der wiederholten Benutzung unterschieden, wie sie z.B. bei Pfandflaschen verbreitet ist, der Wiederverwendung in der Produktion (beispielsweise Flaschen zu Altglas), der Weiterverwertung in anderen Produktionsprozessen (Herstellung von Stahl aus Schrott) und schließlich der



Weiterverwendung in neuen Anwendungsbereichen (Verwendung von Altpapier als Dämmmaterial).

Um die großen Müllberge zu verringern und um die immer knapper werdenden Rohstoffe und Energiequellen zu schonen, ist es wichtig, benutzte Materialien wieder zu verwerten. Am günstigsten ist es allerdings, Müll zu vermeiden. So wird die Umwelt am wenigsten belastet.

Kunststoffe zersetzen sich auch in Millionen von Jahren nicht vollständig, deshalb werden auch unsere Nachfahren noch Probleme mit diesem Müll haben.

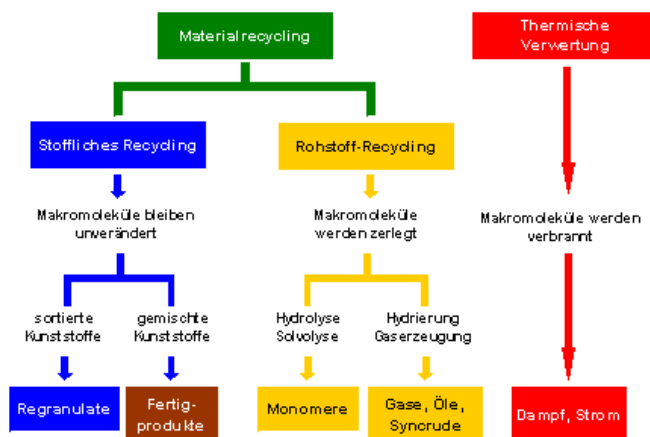
Ein großer Teil der produzierten Kunststoffe fällt schon nach relativ kurzer Zeit als Abfall zur Entsorgung oder Wiederverwertung an. Entsorgt werden kann der Kunststoffabfall auf Deponien und in Verbrennungsanlagen. Kunststoffabfall auf Deponien zu lagern ist allerdings die schlechteste Lösung, denn das Material wird dann jeder weiteren Nutzung entzogen.

In den Verbrennungsanlagen dient der Kunststoffabfall als Ersatz für Primärbrennstoffe (Kohle, Erdöl, Gas). Die entstehende Verbrennungswärme wird genutzt als Fernwärme, zur Dampfproduktion oder zur Stromerzeugung.

Wiederverwertung von Kunststoffen

Das Wiederverwerten (Recycling) kann in zwei Bereiche unterteilt werden:

- materielles oder werkstoffliches Recycling
- rohstoffliches (chemisches) Recycling.



Werkstoffliches Recycling: Die Kunststoffabfälle werden zunächst zu Granulat zerkleinert, danach eingeschmolzen und zu neuen Formen verarbeitet. Dieses Verfahren findet bei Flaschenkästen, Kunststoff-Flaschen (z.B. die PET-Flaschen) und Folien Anwendung. Nachteil: Ein Gemisch aus vielen kleinteiligen Abfällen lässt sich nur noch schwer und unter Zusatz von neuem Material verarbeiten.



Rohstoffliches Recycling: Die Makromoleküle der Kunststoffe werden in einer Pyrolyse in kurzkettige Moleküle aufgespalten. Durch Erhitzen bei 600-900°C unter Sauerstoffabschluss ist gewährleistet, dass keine Verbrennung stattfindet. Bei der Pyrolyse von Polyethen und Polypropen entstehen Monomere wie Methan, Ethan, Ethen, Propen und Benzol. Die Auftrennung der einzelnen Produkte erhält man durch eine nachfolgende Destillation. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass die Abfälle nicht sortiert werden müssen. Allerdings erzeugen die notwendige Trennung der Produkte und die Neuherstellung der Kunststoffe hohe Kosten - für den erneuten Herstellungsprozess werden 50 % des Erdöls als Energie verbraucht.

Thermische Verwertung: Die Kunststoffabfälle werden unter Nutzung der dabei entstehenden Wärmeenergie verbrannt. Diese Verwertung ist kostengünstig, es können aber giftige Produkte entstehen, so dass eine Abgasreinigungsanlage notwendig ist.

Vielfach wird die Wiederverwertung der Idee des Kreislaufes aber nicht gerecht, denn die Rohstoffe, die aus dem Kunststoffabfall gewonnen werden, haben eine deutlich geringere Qualität als das Ausgangsmaterial. Dies nennt man dann Downcycling.

Allerdings bemüht sich die Forschung, Verfahren zu entwickeln, um auch "Problemabfälle" (Kunststoffe mit Farbe oder Zusätzen oder Verunreinigungen) kostengünstig und qualitativ gut zu recyceln. Im Autobau ermöglicht eine neuartige Technologie Kunststoffe aus Autowracks so zu trennen und so aufzubereiten, dass immer wieder dieselben Teile daraus hergestellt werden können (Stoßstangen, Instrumententräger, Ventilatoren, Fahrzeugteppiche).

Probleme beim Kunststoffrecycling

Ein großes Problem beim Kunststoffrecycling sind die vielen unterschiedlichen Kunststoffe – sie liegen nicht sortenrein vor - und die vielen Zusatzstoffe (Additive). Im Moment werden Kunststoffe getrennt, so dass ziemlich „reine“ Kunststoffabfallströme entstehen, die separat in verschiedenen Abfallströmen weiter verarbeitet werden können. Für viele Kunststoffe wie u.a. Polyethylen (PE) ist das an und für sich kein Problem, da das Totalvolumen für weitere Verarbeitung ausreichend ist, bei anderen lohnt sich die Weiterverarbeitung wegen der geringen Menge allerdings nicht.

Die meisten Kunststoffe werden aus Erdöl hergestellt. Doch dieser fossile Rohstoff, der als Zersetzungsprodukt aus ehemaligen Lebewesen entstanden ist, steht nicht unbegrenzt zur Verfügung. Daher erscheint es sinnvoll, wenn Kunststoffe im Recycling wiederverwertet werden. Viele Kunststoffe wie Polyethen sind gegen Umwelteinflüsse äußerst widerstandsfähig und bauen sich in der Natur nur schlecht ab. Die Kunststoffe lagern für Jahrtausende auf Mülldeponien, und manche Kunststoffe erzeugen beim Verbrennen sehr giftige Reaktionsprodukte (z.B. das PVC). Ein weiteres Problem stellen giftige Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte dar, denen die Arbeiter bei der Produktion ausgesetzt sind. Auch diese Stoffe müssen entsorgt werden und können zu Umweltschädigungen führen.



Ausblick

Die Kunststoffwissenschaft beschäftigt sich seit Jahren mit dem Thema biologisch abbaubarer Kunststoffe. Damit sind Kunststoffe gemeint, deren Molekülgerüst durch Umwelteinflüsse wie Sonnenlicht, Feuchte oder Mikroorganismen zerlegt und vollständig abgebaut werden kann. Biologisch vollständig abbaubare Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe können ökonomisch und ökologisch sinnvoll kompostiert oder z.B. vergoren (Biogas) werden. Es entstehen Kohlendioxid, Wasser und Biomasse, deren Nährstoffe z.B. über den Kompost wieder in den Nährstoffkreislauf eingebracht werden können. Der Einsatz biologisch abbaubarer Kunststoffe ist allerdings mit Sicherheit nicht in allen Anwendungsbereichen möglich.

Grundlage/Quellen:

- Kreislaufwirtschaft - Abfall nutzen – Ressourcen schonen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Alle Informationen zum Elektro- und Elektronikgerätegesetz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Recycling stoppt Treibhausgase - Der Beitrag der Kreislauf- und Wasserwirtschaft zum Klimaschutz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Vorlesungsskript "Aufbereitungstechnik und Recycling", Institut für Verfahrenstechnik, Universität Magdeburg
- Kupfer und Recycling, Deutsches Kupferinstitut, Auskunfts- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer- und Kupferlegierungen
- Exemplarische Untersuchung zum Stand der praktischen Umsetzung des integrierten Umweltschutzes in der Metallindustrie und Entwicklung von generellen Anforderungen, Rentz, O., 1999
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Recycling>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Kreislaufwirtschafts-_und_Abfallgesetz
- http://de.wikipedia.org/wiki/Downcycling#Downcycling_und_Upcycling



Gruppenpuzzle | Grundlagen und Begriffe des Recyclings

1. Begriffsklärung Recycling, Downcycling, Upcycling

Unter "Recycling" versteht man die Rückführung der bei Produktion und Verbrauch anfallenden Nebenprodukte und Reststoffe in den Produktions-Verbrauchs-Kreislauf. Der Begriff „Recycling“ stammt ursprünglich aus dem Englischen für („Wiederverwertung“ oder „Wiederaufbereitung“) und tauchte erstmals Mitte der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts im deutschen Sprachgebrauch auf. Es wurde aus zwei Wörtern zusammengesetzt: Re und Zyklus. Sie stammen aus dem Lateinischen und bedeuten „zurück“ und „Kreis“. Recycling bedeutet also „zurück in den Kreislauf bringen“.

Der Duden erklärt Recycling als „Wiederverwendung bereits genutzter Rohstoffe“. Allgemein werden unter Recycling alle Verfahren verstanden, mit deren Hilfe Altmaterial und Reststoffe so aufbereitet werden, dass sie wieder im Produktionsprozess eingesetzt werden können. Im Einzelfall kann es sich dabei um Wiederverwendung, Wiederverwertung, Umarbeitung und Energiegewinnung handeln.

Mit Rezyklierung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem aus gebrauchten, defekten, unmodernen oder sonst wie nicht mehr benötigten Produkten (meist Abfall) ein Sekundärrohstoff wird. Der Begriff ist in Deutschland nicht gesetzlich geregelt. Recycling „[ist] jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind;“. Die ähnlichste, momentan im deutschen Gesetz zu findende Definition zum Recycling ist die zu „stofflicher Verwertung“ im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz.

Ein möglicher Nachteil des Recyclings, z. B. bei Kunststoffen, ist, dass – bei vertretbarem Aufwand – das Material häufig nicht mehr die ursprüngliche Qualität bzw. Verarbeitbarkeit erreicht, wie sie bei der Primärherstellung vorgelegen hatte. Diese Abwertung wird auch als Downcycling bezeichnet, während beim Upcycling aus Abfallstoffen eines Prozesses hochwertigere Produkte hergestellt werden können.

Einteilung, Arten

- a) Wiederverwendung: Wiederholter Einsatz eines Rückstandes für den ursprünglichen Verwendungszweck (z.B. Mehrwegflaschen).
- b) Weiterverwendung: Rückstandseinsatz für andere Zwecke (z.B. Granulat aus Altreifen zur Produktion von Bodenbelägen).
- c) Weiterverwertung: Herstellung von Sekundärstoffen zum Wiedereinsatz in den Produktionsprozess, dem sie entstammen (z.B. Altglas zur Herstellung von Behälterglas).



Recycling stofflicher Rückstände ist stets Rückführung von in Produktion oder Konsum eingesetzter Materie. Genutzte Energie lässt sich nicht nochmals nutzen; ungenutzt aus einem thermodynamischen System (z.B. Abhitze aus Industrieöfen) abfließende Energie kann dem System wieder zugeführt werden.

Abfallvermeidung

Ziel vieler Anstrengungen ist es, darauf hinzuweisen, wie wichtig es ist, Abfall zu vermeiden – sowohl beim Konsum als auch in der Produktion. In Deutschland informieren zahlreiche Veranstaltungen darüber, wie sich Müll vermeiden lässt. Sie werden gemeinsam vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie vom Naturschutzbund Deutschland (NABU) koordiniert und unterstützt.

Etwa 455 Kilogramm Haushaltsmüll produziert im Schnitt jeder Einzelne in Deutschland pro Jahr. 2009 kamen so laut Berechnungen des Statistischen Bundesamtes insgesamt 37,2 Millionen Tonnen Abfall zusammen. Mehr als im Vorjahr: 2008 hatte die Müllabfuhr noch 36,7 Millionen Tonnen Abfall eingesammelt. Die Recyclingquote lag im Jahr 2009 bei 63 Prozent.

Um sich die Abfallmenge vorzustellen, hier ein Vergleich: Ein schwerer Lastzug in Deutschland darf bis zu 40 Tonnen transportieren und misst maximal 18,75 Meter. Würde man den deutschen Müllberg von rund 37,2 Millionen Tonnen auf Lastzüge verteilen, bräuchte man 930.500 Lkws. Aneinandergereiht würden sie gut einmal die Welt umspannen.

Die weltweite Warenproduktion steigt und damit auch der Ressourcenverbrauch. Gründe dafür sind die wachsende Weltbevölkerung und der dadurch bedingte zunehmende Konsum. Dieser wächst zum Beispiel besonders in Schwellenländern wie Brasilien oder China. Hier kann sich eine größer werdende, aufstrebende Mittelschicht einen Lebensstil wie in den Industrieländern leisten, verbunden mit mehr Konsum und Verbrauch. Hinzu kommt, dass sich der technische Fortschritt immer schneller vollzieht. Geräte wie Computer oder Mobiltelefone werden in immer kürzeren Abständen durch neue ersetzt.

Abfallhierarchie: Vermeiden, verwerten, umweltfreundlich beseitigen

Doch wie lassen sich die Abfallmengen reduzieren? Indem man Müll vermeidet, besser verwertet und nur das beseitigt, was sich nicht mehr verwerten lässt. Das sind die Grundsätze der sogenannten Abfallhierarchie. Diese Leitsätze beschreiben, wie heute in Europa mit Müll verfahren werden soll. Sie legen in insgesamt fünf Stufen fest, was in welcher Reihenfolge mit dem Abfall passieren soll.

1. Abfallvermeidung: Der beste Abfall ist der, der gar nicht entsteht, weil auch die Wiederaufbereitung und das Recycling von Abfall Energie kosten. Hierzu gehört unter anderem auch das Verbot von umweltgefährdenden Stoffen wie z. B. PCB, FCKW etc.
2. Wiederverwendung: Hierzu zählen Mehrwegsysteme, zum Beispiel im Bereich Getränke, Altpapier; ebenso hilft das Weitergeben, Verschenken oder Verkaufen bei der Abfallvermeidung (Second-Hand-Kleidung, Altfahrzeuge usw.)



3. Recycling: Recycling heißt, einen Rohstoff wieder in den Kreislauf zurückzubringen. Die Rückgewinnung von Rohstoffen kostet Energie, und teilweise werden zur Herstellung der neuen Produkte auch neue Rohstoffe benötigt – daher steht das Recycling erst an dritter Stelle der Abfallhierarchie. Beispiele für Recycling sind Umweltschutzpapier, das aus Altpapier hergestellt wird, oder Fleecepullover aus Kunststoffen, die zuvor Flaschen waren.
4. "Energetische Verwertung": Hiermit ist vor allem die Verbrennung von Müll gemeint, bei der Strom und Wärme erzeugt werden.
5. Abfallbeseitigung, z. B. durch Deponieren: Erst wenn keine der vier anderen Strategien angewendet werden kann, darf Abfall beseitigt werden. Übrig bleibende Stoffe, wie zum Beispiel giftige Stäube aus Filteranlagen, müssen als Sondermüll in gut gesicherten Dauerlagern untergebracht werden. Diese müssen mit Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstet sein, um zu verhindern, dass giftiges Sickerwasser Boden und Grundwasser verseucht.

Entgegen dem häufig etwas unklaren allgemeinen Sprachgebrauch beinhaltet der Begriff Recycling demnach nur den Punkt 3) dieser Liste. Recycling wird gemäß EU-Richtlinie definiert als jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.

Während es bis in die 1970er-Jahre vor allem darum ging, den Abfall aus den Städten abzutransportieren, und Abfälle als wertlose Reste angesehen wurden, wuchs ab Mitte der 1980er-Jahre in Deutschland das Bewusstsein, dass Abfälle wichtige Rohstoffe sind, die genutzt werden können.

Abfall vermeiden heißt, weniger Rohstoffe zu verbrauchen und Umweltbelastungen zu verringern.

Abfall verwerten heißt, dass Rohstoffe und Energie in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden.

Verankert sind diese Leitlinien im bisherigen Kreislaufwirtschaftsgesetz, das seit 1996 in Deutschland den Umgang mit Abfall sowie die Sicherung seiner umweltverträglichen Beseitigung regelt. Zentraler Bestandteil des Gesetzes war und ist auch die Festlegung einer Recyclingquote, was zur Einführung diverser Entsorgungssysteme und entsprechender Tonnen bei den einzelnen Haushalten führte. Außerdem gilt seit 2006 für Hausmüll ein Deponierverbot in Deutschland.

Mülltrennung: Unternehmen und Verbraucher sind in der Pflicht

Eine wichtige Voraussetzung dafür, dass dieser Kreislauf funktioniert, ist die Mülltrennung. Hier tragen die Unternehmen eine große Verantwortung. Nur wenn sie ihre Produkte so herstellen, dass sie sich gut in ihre einzelnen Bestandteile zerlegen lassen und keine gefährlichen Inhaltsstoffe enthalten, ist es möglich, die unterschiedlichen Materialien wieder voneinander zu trennen. Im Kreislaufwirtschaftsgesetz ist deshalb das Prinzip der Produktverantwortung verankert worden.



Es nimmt Industrie und Handel in die Pflicht, abfallarme Verfahren in der Herstellung einzusetzen. Sie müssen dafür sorgen, dass sich die Erzeugnisse nach dem Verbrauch für Wiederverwertung und Recycling in ihre Bestandteile zerlegen oder letztlich umweltfreundlich entsorgen lassen. Gleichzeitig sind die Unternehmen und auch der Handel verpflichtet, Verpackungen zurückzunehmen. Dies kann indirekt als Anreiz dienen, Produkte von Anfang an verpackungsärmer zu gestalten.

Hier spielen Verbraucherinnen und Verbraucher eine wichtige Rolle: Sie haben es in der Hand, dass die Dinge, die weiterverwendet werden können, nicht im Müll landen. Ob Küchenabfälle, Verpackungen oder Elektroschrott – Abfälle lassen sich besser recyceln, wenn die Materialien zuvor sorgfältig voneinander getrennt und in die entsprechenden Tonnen entsorgt wurden.

Ziel der Kreislaufwirtschaft: Rohstoffe recyceln

In Deutschland werden derzeit in den privaten Haushalten hauptsächlich Altglas, Altpapier, Biomüll und Verpackungen getrennt gesammelt und der Verwertung zugeführt. Da die Kommunen als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger für die Abfallwirtschaft zuständig sind, variiert die Trennung von Bundesland zu Bundesland, manchmal von Kommune zu Kommune: So gibt es zum Beispiel bis heute nicht in jedem Haushalt eine Biomülltonne.

Das soll sich künftig ändern: Mit der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, die der Bundestag am 28. Oktober 2011 beschlossen hat und dem Bundesrat derzeit zur Beratung und Entscheidung vorliegt, sollen die Kommunen ab 2015 in die Pflicht genommen werden, Biomüll getrennt von Papier-, Metall-, Kunststoff- und Glasabfällen zu sammeln. Bis 2020 sollen 65 Prozent aller Siedlungsabfälle recycelt und 70 Prozent aller Bau- und Abbruchabfälle stofflich verwertet werden. Damit ist Müll aus privaten Haushalten und vergleichbaren Einrichtungen gemeint sowie hausmüllartige Abfälle aus Gewerbe und Industrie.

Abfallvermeidung und Ressourcenschonung beginnt bei der Produktion

Doch der beste Abfall ist der, der gar nicht erst entsteht. Bei der Abfallvermeidung ist jede und jeder Einzelne, aber auch Handel und Industrie gefragt. Hier geht es um die Produktion selbst: Erzeugnisse können umwelt- und ressourcenfreundlicher entstehen. Verpackungsmaterialien können reduziert werden – beispielsweise ist für sogenannte Blisterverpackungen um elektronische Kleinteile viel Kunststoffeinsatz nötig. Für den Produktschutz werden sie nicht gebraucht, sie dienen vorrangig dazu, Packungen größer zu machen und damit Diebstahl zu vermindern. Und es geht um das Produkt selbst: Die Unternehmen können auf eine lange Lebensdauer ihrer Erzeugnisse setzen und dass diese leicht(er) zu reparieren sowie die Einzelteile gut zu recyceln sind.

Diese Anforderungen werden unter dem Begriff Ökodesign zusammengefasst. In Europa gibt es eine Ökodesign-Richtlinie, die sich auf sogenannte energieverbrauchsrelevante Produkte bezieht wie Kühlschränke, Haushaltslampen oder Elektromotoren. Ziel der Richtlinie ist, dass Überlegungen zum Umwelt- und Ressourcenschutz sowie auch zur Abfallvermeidung bereits bei der Entwicklung von Produkten bedacht werden und in die Produktion einfließen.



Produkte, die diese Anforderungen erfüllen, werden mit dem blauen Engel ausgezeichnet.

Beim Einkauf im Supermarkt oder bei größeren Anschaffungen wiederum sind wir als Verbraucher gefragt – Abfallvermeidung beginnt im Kopf: Einkaufskorb statt Plastik- oder Papiertüte, lose Waren statt aufwändig verpackter Produkte, echte Mehrweg- statt Einweg- oder Einwegpfandflaschen oder gar Getränkedosen.

Auch sollten Konsumenten darauf achten, öfter umweltschonende Produkte zu kaufen, bei deren Herstellung keine oder nur wenige Schadstoffe und damit giftige Abfälle eingesetzt wurden. Das Umweltzeichen "Der Blaue Engel" ist zum Beispiel ein Hinweis auf ein umweltfreundliches Produkt. Vor dem Einkauf sollte auch die Überlegung stehen, was tatsächlich gebraucht wird – das betrifft auch die Lebensmittel.

Nach Angaben der Europäischen Kommission werden pro Person in der EU jedes Jahr schätzungsweise rund 179 Kilogramm Lebensmittel weggeworfen. Neben dem cleveren Einkauf sind auch Leihen, Tauschen, der Kauf von Gebrauchsgütern oder die Reparatur von Produkten gute Ideen, um Abfall zu vermeiden. Traditionell bieten sich dafür Flohmärkte an; in den letzten Jahren sind in vielen Städten außerdem Kleidertauschpartys, Tauschringe, Bücherboxen und ähnliches entstanden.



Grundlage/Quellen:

- Kreislaufwirtschaft - Abfall nutzen – Ressourcen schonen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Alle Informationen zum Elektro- und Elektronikgerätegesetz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Recycling stoppt Treibhausgase - Der Beitrag der Kreislauf- und Wasserwirtschaft zum Klimaschutz, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
- Vorlesungsskript "Aufbereitungstechnik und Recycling", Institut für Verfahrenstechnik, Universität Magdeburg
- Kupfer und Recycling, Deutsches Kupferinstitut, Auskunfts- und Beratungsstelle für die Verwendung von Kupfer- und Kupferlegierungen
- Exemplarische Untersuchung zum Stand der praktischen Umsetzung des integrierten Umweltschutzes in der Metallindustrie und Entwicklung von generellen Anforderungen, Rentz, O., 1999



- <http://de.wikipedia.org/wiki/Recycling>
- http://de.wikipedia.org/wiki/Kreislaufwirtschafts-_und_Abfallgesetz
- http://de.wikipedia.org/wiki/Downcycling#Downcycling_und_Upcycling



Gruppenpuzzle | Methodische Analyse

Eine Sonderform des kooperativen Lernens bildet das Gruppenpuzzle.

In der *Einführungsphase* gibt die Lehrperson einen Überblick zur Gesamtthematik. Danach werden die Schülerinnen und Schüler in Gruppen (4-6 Lernende) eingeteilt. Jedes Gruppenmitglied übernimmt für ein Teilgebiet des Stoffes die Verantwortung. Das eigentliche arbeitsteilige Lernen findet in der nächsten *Erarbeitungsphase* statt: Dazu treffen sich die Lernenden aus den Gruppen, die dasselbe Teilgebiet gewählt haben, in so genannten Expertengruppen. Sie bearbeiten den Stoff gemeinsam und bereiten sich auf eine spätere Präsentation vor.

In der *Vermittlungsphase* gehen die Experten in ihre Stammgruppen zurück und geben ihr neu erworbenes Wissen weiter. Im Austausch dafür erhalten sie jenes Wissen, das ihre Kolleginnen in ihren Expertengruppen erarbeitet haben. In dieser Phase werden die einzelnen Wissensteile zu einem Ganzen zusammengesetzt. In der abschließenden Phase der *Evaluation und Integration* bearbeiten die Lernenden individuell, in Kleingruppen oder der gesamten Klasse Aufgaben, bei denen alle Wissensteile integriert werden müssen.

Entwicklung

Das Gruppenpuzzle wurde in den 1970-er Jahren von dem US-amerikanischen Psychologen Elliot Aronson mit dem Ziel entwickelt, neben der Schulleistung auch prosoziale Verhaltensweisen und den Selbstwert der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Seitdem wurde die „Methode“ vielfach erprobt und weiterentwickelt. Sie ist vor allem dann geeignet, wenn umfangreiche Informationen vermittelt werden sollen. Sie ist nur dann anwendbar, wenn sich das Wissensgebiet in Teilgebiete oder Teilfragen aufteilen lässt.

Bei dieser Form des kooperativen Lernens werden Schülerinnen und Schüler in Gruppen eingeteilt, die sich alle einem Oberthema widmen. Innerhalb einer Gruppe bearbeitet jeder Schüler ein anderes Teilgebiet dieses Oberthemas. Indem er seine Ergebnisse mit den anderen Gruppenmitgliedern teilt, ergibt sich das vollständige „Puzzle“. Der eigentliche Arbeitsauftrag kann also nur durch die Gruppe gemeinsam – durch das Zusammensetzen aller Teilbeiträge – erfüllt werden.

Ablauf

Beim Gruppenpuzzle können vier Phasen unterschieden werden:

1. *Plenum und Einteilung in Basis- oder Stammgruppen.*

Je nach Zahl der Teilthemen (3-4) werden emotionale Stammgruppen gebildet. Den Lernenden wird die Gruppenpuzzle-Methode erläutert, sie erhalten eine kurze Einführung in den Lernstoff.



Jedes Mitglied einer Stammgruppe wählt einen anderen Ausschnitt aus dem Gesamthema, den es dann später (in Phase 3) den anderen Gruppenmitgliedern vermitteln soll.

Innerhalb der Gruppe bekommt also jeder Schüler eine eigene Teilaufgabe bzw. Teilinformationen, die er zunächst alleine bearbeitet. In dieser Phase haben die Schüler keinen Zugriff auf das Material der anderen Gruppenmitglieder.

2. Erarbeitung des Lernstoffs in Expertengruppen

Mitglieder aus den verschiedenen Stammgruppen, die dasselbe Teilthema bearbeiten, treffen sich in den so genannten Expertengruppen, um sich für die Vermittlung des Lernstoffes in ihren Stammgruppen vorzubereiten. Dazu erstellen die Lernenden z.B. ein Infoblatt mit Texten und Visualisierungen.

Das heißt: Unabhängig von der ursprünglichen Zuteilung kommen nun diejenigen Schüler zusammen, die sich mit demselben Teilthema beschäftigt haben. Sie diskutieren ihre Ergebnisse und überlegen gemeinsam, wie diese den anderen Teamkameraden am besten vermittelt werden können. Dieser Schritt soll die Qualität der Ergebnispräsentation innerhalb der Gruppen sichern und auch schüchternen oder schwächeren Schülern die Gelegenheit geben, ihre Präsentation abzustimmen und zu üben.

Nach den Expertenrunden kehren die Schüler in ihre ursprüngliche Gruppe zurück und stellen der Reihe nach die Ergebnisse zu ihrem Teilgebiet vor. Die anderen Gruppenmitglieder stellen bei Bedarf Fragen an die Experten. In der Runde diskutieren sie gemeinsam die Ergebnisse.

3. Vermittlung des Lernstoffs in den Stammgruppen

Die Expertinnen und Experten kehren in ihre Stammgruppen zurück, um sich dort ihr Wissen gegenseitig zu vermitteln. Dabei können Notierhilfe, Infoblatt, Sortierkärtchen und eine Expertenfragerunde als Stütze des individuellen Lernprozesses dienen.

4. Evaluation

Spätestens in dieser Phase sollte eine Reflexion darüber stattfinden, wie in den Gruppen zusammengearbeitet wurde und was man verbessern könnte. Daneben muss auch der Lernerfolg evaluiert werden. Dazu kann man beispielsweise Tests einsetzen, die Strukturlegetechnik verwenden oder die Stammgruppe ihr Ergebnis präsentieren lassen.

Betreuung

Während des gesamten Lernens stehen Lernberater/innen unterstützend zur Verfügung, um Fragen zu klären oder bei Problemen in der Zusammenarbeit Hilfestellung zu leisten.



Gruppengröße

Eine Gruppe umfasst 3-5 Personen. Die Anzahl der Teilthemen bestimmt die Größe der Stammgruppen. Es ist aber auch möglich, dass ein einzelnes Thema in einer Stammgruppe doppelt vergeben wird, wenn die Anzahl der Lernenden nicht aufgeht. Falls die Expertengruppen zu groß werden, sollten sie geteilt werden.

Bewertung

Den Schülern sollte von Beginn an klar sein, dass nur durch die Zusammenarbeit im Team ein gutes Leistungsergebnis erzielt werden kann. Die Aufgabenstellung muss so angelegt sein, dass sie weder im Alleingang noch unter Vernachlässigung einer oder mehrerer Teilbeiträge zu lösen ist. So kann sichergestellt werden, dass die Mitglieder einer Arbeitsgruppe ein gemeinsames (Gruppen)-Ziel übernehmen und zusammenarbeiten, um dieses zu erreichen.

Die Effektivität des Gruppenpuzzles beruht darauf, dass sich die Lernenden aktiv austauschen müssen, da sie nur über einen Teil der Gesamtinformation verfügen. Auch leistungsschwächere Lernende machen die Erfahrung, wichtige Beiträge zur Gruppenarbeit erbringen zu können. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass das Gruppenpuzzle soziale Beziehungen, prosoziale Verhaltensweisen, den Selbstwert der Lernenden und die Leistung fördert. Dies trifft jedoch nicht zu bei Aufgaben, die das Üben oder Anwenden von Fertigkeiten verlangen. Dann nämlich reicht die Arbeit in den Expertengruppen nicht aus. Das Gruppenpuzzle ist jedoch eine geeignete Methode, wenn es um die Erarbeitung neuer Wissensbereiche geht. Da die Lernenden im Allgemeinen wenige Erfahrungen mit effektiver Gruppenarbeit mitbringen, ist es wichtig, die Gruppenprozesse genau zu beobachten, durch geeignete Maßnahmen zu unterstützen und schließlich kritisch zu reflektieren.

Schülerinnen und Schüler, die bisher eher individuelle und kompetitive Arbeitsformen kennen gelernt haben, haben mit der kooperativen Methode des Gruppenpuzzles möglicherweise zunächst Schwierigkeiten. Der Lehrer sollte sich Zeit nehmen, um die Methode ausführlich zu erklären und einzuführen. Zudem kann es notwendig sein, zu Beginn der Arbeit mit der Gruppenpuzzle-Methode noch deutliche Hilfestellungen zu geben und häufiger zu intervenieren, bis die Arbeitsabläufe sich eingespielt haben.

Anwendung und Nutzen

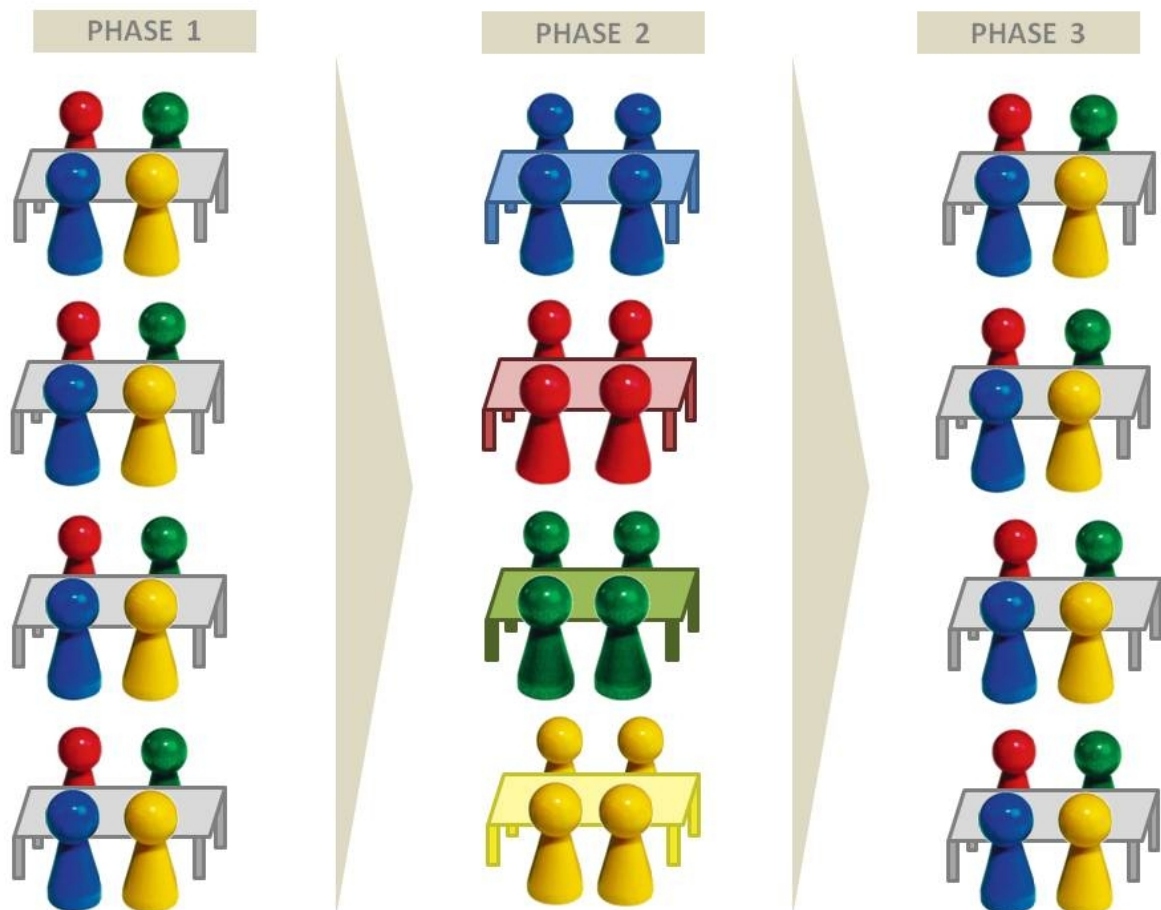
Das Gruppenpuzzle ist wenig effektiv, wenn es als isolierte Unterrichtsform angewendet wird. Sie ist besonders dann erfolgreich, wenn sie in ein umfassendes Unterrichtsarrangement kollektiver und individueller Lernphasen (Sandwichprinzip) integriert wird.

Durch die Vorträge in der Gruppe werden Präsentationsfähigkeiten trainiert. Die Gruppenarbeit fördert zudem kommunikative Fähigkeiten. Nicht zu vernachlässigen sind die positiven Effekte auf die Klassengemeinschaft:

Die Schülerinnen und Schüler innerhalb der Gruppe identifizieren sich mit einem gemeinsamen Ziel und kooperieren, um dieses zu erreichen. Durch die gegenseitige Unterstützung treten das Konkurrieren um die Anerkennung des Lehrers sowie die Ausgrenzung Einzelner in den Hintergrund. Da jeder Schüler unverzichtbarer Experte für sein Teilthema ist, wird er als gleichrangiges, wichtiges Mitglied der Arbeitsgruppe wahrgenommen. Dies fördert, vor allem bei Kooperation und Unterstützung seitens der Teamkameraden, auch bei schwächeren Schülern das Vertrauen in die eigene schulische Leistung und die Lernmotivation.

Absicht und Ziel

- Aktive Aneignung und Auseinandersetzung mit dem Lernstoff
- Wechselseitiges Erklären erhöht die Wirksamkeit des Lernens
- Förderung von Eigenverantwortung und Verantwortung für andere
- Schulung von Ausdrucksfähigkeit und Kommunikation





Grundlage/Quellen:

- Aronson, Blaney, Stephan, Silkes & Snapp, The Jigsaw Classroom 1978
- Ausubel, Psychologie des Unterrichts, Band 1&2, Beltz, Weinheim, 1974
- Peterßen, Kleines Methoden-Lexikon 1999
- Konrad & Traub, Kooperatives Lernen 2001
- Herold & Landherr, Selbstorganisiertes Lernen 2001; A. Huber, Kooperatives Lernen – kein Problem 2004
- Bernard, Rieke: Gruppenpuzzle, in: Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen, hg. von Boller, Sebastian / Lau, Ramona, Weinheim und Basel 2010, S. 74-84.