

Im Kreis

Verwertung, Verwandlung, Neubildung

Bei Stoffkreisläufen denken wir heute vor allem an das Recycling von Wertstoffen. Genau genommen stellt das aber nur einen sehr kleinen Aspekt eines ökologischen Prinzips dar, das wir in der Natur überall erkennen können: Alle Elemente, seien sie organischer oder anorganischer Natur, befinden sich in einem ständigen Veränderungsprozess, wobei Verfall und Zerstörung immer auch als Ausgangspunkte für die Entstehung von etwas Neuem gesehen werden können. Nichts ist von Dauer. Auch der härteste Stein ist einmal auf eine bestimmte Weise entstanden und wird irgendwann wieder »verschwinden« sein. Und eine solche »Lebensgeschichte« ist auch für Kinder sehr faszinierend, weiß Herbert Österreicher.

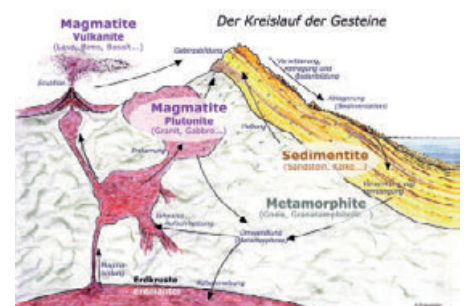
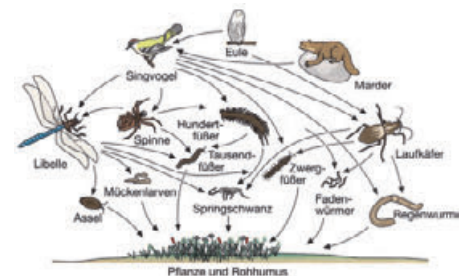
Kreisläufe des Lebens und der Materie

Es lässt sich nicht sagen, wann Menschen das erste Mal bewusst geworden ist, dass alle Bestandteile unserer Welt in beständiger Bewegung und den unterschiedlichsten Umwandlungsprozessen unterworfen sind. Doch bestand bereits in den frühen Hochkulturen eine Vorstellung von solchen Veränderungen. Wir können das etwa an den Bemühungen der Menschen im alten Ägypten erkennen, wo man durch das Einbalsamieren Verstorbener die allgegenwärtigen **Verfalls- und Auflösungsprozesse** verhindern wollte. Parallel dazu wussten die Menschen damals aber schon sehr gut die jährlich wiederkehrenden Hochwasser des Nils zu nutzen, und insbesondere die erstaunlichen astronomischen Kenntnisse ihrer Priesterschaft verwei-



sen auf ein hoch entwickeltes **Bewusstsein von Kreislaufprozessen**.

In unserem pädagogischen Alltag kommen solche Prozesse meist im Zusammenhang mit dem **periodischen Wechsel der Jahreszeiten** zur Sprache. Hier wollen wir den Schwerpunkt aber auf allgemeinere und gleichzeitig speziellere Fragen der Veränderung von Materialien und Strukturen legen. Um das mit Kindern zu diskutieren, bieten sich vor allem zwei Vorgehensweisen an: Das ist zum einen der Prozess der **Kompositionierung organischen Materials** und zum anderen die Sammlung und eventuell eigene **Wiederverwertung so genannter Wertstoffe** wie Metall, Glas, Papier und anderer Materialien unseres Alltags. In beiden Fällen können wir Kindern auf sehr anschauliche und praktisch gut umsetzbare Weise zeigen, wie sich Dinge und Stoffe im Lauf der Zeit verändern, um – meist nach einer Phase des Zerfalls und der Zerkleinerung in



eine Vielzahl kleiner und kleinster Teile – in einem neuen Zusammenhang wieder »zum Leben erweckt« zu werden.

So, wie sich in der Welt der Dinge die Art und Weise von Veränderungen

und Umwandlungen sowie deren Zwischenschritte und Ergebnisse stark von Material zu Material unterscheiden, gibt es auch in der belebten Welt eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Prozesse der Veränderung, Entwicklung und Verwandlung. Besonders eindrucksvoll sind **Wachstums- und Reifungsprozesse**, die



Umwandlungen und Gestaltänderungen

Änderungen und Verwandlungen der Gestalt eines Organismus oder eines bestimmten Materials haben Menschen schon immer fasziniert. Daher finden wir in Mythen, Märchen und Sagen al-



das Aussehen und die Lebensform eines Organismus so stark verändern können, dass wir manchmal kaum glauben können, es mit ein und demselben Lebewesen zu tun zu haben. Wunderbare Beispiele dafür sind die Verwandlung (Metamorphose) einer Raupe in einen Schmetterling oder die einer Kaulquappe in einen Frosch. Vergleichbares gilt für die Keimung einer Pflanze aus einem Samenkorn oder die Verwandlung einer Blüte in eine Frucht. Mit dem **Absterben** beziehungsweise dem **Tod eines Lebewesens** schließt sich der Kreis, denn der betreffende Körper zerfällt in seine einzelnen Bestandteile, die nicht selten wiederum den **Ausgangspunkt für neue Wachstumsprozesse** darstellen. Oder wie John Cage es einmal augenzwinkernd formulierte: »Nehmen wir an, ich sterbe. Dennoch werde ich als Lebensraum für kleinere Tiere fortleben. Es wird mich einfach immer geben.«¹

ler Kulturen eine Vielzahl solcher Erzählungen. Es geht nicht selten um die **Verwandlung eines Menschen in ein bestimmtes Tier**, aber auch von **Versteinerungen** wird erzählt. Nicht immer kommt es zu einer Rückverwandlung ...

Dazu mögen auch Beobachtungen der Gestaltänderung bei bestimmten Tieren beigetragen haben, die im Lauf ihrer Entwicklung eine auffallende und lange Zeit rätselhaft erscheinende Verwandlung durchmachen. Die Vorstellung der Verwandlung eines Froschs in einen Prinzen mag uns heute befremden, aber die Metamorphose einer Kaulquappe zum fertigen Frosch war in früheren Zeiten vielleicht kaum weniger seltsam.

Alle natürlichen Entwicklungen und Veränderungen schließen selbstverständlich auch den Tod der einzelnen Organismen ein. Aus diesem Grund spielen auch das Thema »Fressen und Gefressenwerden« und Prozesse der **Umwandlung organischer Substanz** eine wichti-

Kompostierung (Verrottung) = Abbau organischen Materials, insbesondere Pflanzenresten, unter Einfluss von Sauerstoff und mit Hilfe von Bodenlebewesen zu Humus, Mineralverbindungen (**Mineralisation**) und anderen Stoffen. Der so gewonnene Kompost eignet sich als Dünger sowie zur Bodenverbesserung (Humusanreicherung). Dem gegenüber führt der Abbau des Materials bei Sauerstoffmangel zu **Fäulnis**.

Metamorphose = Umgestaltung. Ein in vielen Disziplinen verwendeter Fachbegriff, zum Beispiel in der Zoologie: Umwandlung einer tierischen Larve wie einer Schmetterlingsraupe in einen fertigen Schmetterling; in der Botanik: allgemein als evolutionäre Anpassung von Pflanzen an ihren Lebensraum, aber auch die spezielle Entwicklung der Grundorgane einer Pflanze (Wurzel, Sprossachse, Blatt) zu den typischen Formen der jeweiligen Pflanzenart; in der Geologie: Umwandlung eines Gesteins unter bestimmten Druck- und Temperaturbedingungen in eine andere Gesteinsart; in der Musik: Verwandlung eines musikalischen Themas; in der Mythologie: Gestaltwechsels eines Wesens oder Objekts wie etwa als Folge einer Verwünschung in Märchen und Sagen.

Recycling = Sammelbegriff für die Wiederverwertung bereits genutzter Rohstoffe, je nach Material und technischen Möglichkeiten als direkte Wiederverwendung, Umarbeitung und Verarbeitung zu neuen Produkten oder zur Energiegewinnung. Dabei wird häufig nicht die Qualität der Ausgangsprodukte erreicht (= Downcycling). Nur in einem geringeren Umfang entstehen dabei hochwertigere Produkte (= Upcycling).

ge Rolle. Ameisen gehören dabei zu jenen Tieren, die nicht nur allgegenwärtig zu sein scheinen, sondern die auch eine besonders wichtige Rolle bei der Verwertung und Umwandlung verschie-

dener organischer Stoffe spielen. Nahrungsbeschaffung und Transportwesen dieser außerordentlich gut organisierten Insekten werden auch von Kindern immer wieder mit großem Erstaunen verfolgt, und es lohnt sich, die Aktivitäten an einer Straße von Waldameisen oder an einem Nest von Wegameisen einmal genauer zu beobachten. Dabei lässt sich auch erkennen, dass die Ernährungsweisen gerade von Kleintieren häufig vielfältig und verschachtelt sind. Nicht immer ist das größere Tier auch das stärkere. Statt einer **Nahrungskette**, die einzelnen Tieren eine vergleichsweise eindeutige Position innerhalb der ökologischen Lebenszusammenhänge zuweist, zeigt ein **Nahrungsnetz**, dass es vor allem bei Kleinlebewesen auch stark von Alter und Entwicklungsstufe des einzelnen Tieres abhängt, wann es Jagdbeute und wann es Jäger ist.

Ein nicht nur für Kinder besonders spannender Aspekt von Umwandlungen ist die **Bildung neuer Gesteine** aus anderen, älteren Gesteinen oder Elementen. In vielen Fällen können wir die Vorgeschichte eines Gesteins sogar an gut sichtbaren äußeren Merkmalen erkennen. So erinnert etwa die Körnigkeit eines Sandsteins an frühere Sandablagerungen, oder die pflanzlichen oder tierischen Spuren (Fossilien) in einem bestimmten Kalkgestein verweisen auf Kalkschlamm, der sich nach und nach zu hartem Gestein verfestigt hat. **Metamorphe Gesteine** oder **Metamorphite** wie Marmor, Quarzit oder Gneis tragen die Geschichte ihres Umwandlungsprozesses sogar im Namen, denn sie zeigen nicht nur Veränderungen in ihrem äußeren Erscheinungsbild, sondern wurden auch in ihrer inneren Struktur grundlegend verändert. Darüber hinaus gibt es auch Gesteinsneubildungen, bei denen der Mensch eine gewisse Rolle spielt. Ein beeindruckendes Beispiel bietet der **Wachsende Felsen von Usterling** in Niederbayern. Es handelt sich um eine bis zu etwa fünf Meter hohe Mauer aus Kalktuffstein, auf deren Krone kalkhaltiges Quellwasser in einer schmalen Rin-



Materialliste

- Blätter von Bäumen und Sträuchern, die unterschiedlich stark zersetzt sind: von noch grünen, frischen und unbeschädigten Blättern bis hin zu fast schon ganz zerfallenen und verrotteten Blättern des Vorjahres
- etwa sieben bis zehn gleich große, flache Dosen oder Schalen
- Lupen

ne über 25 Meter bis zum derzeitigen Ende der Mauer fließt, dabei Calciumcarbonat abgelagert und damit die seltene Mauer sowohl in die Höhe als auch nach vorne weiterwachsen lässt. Dieses Naturdenkmal dürfte mindestens 800 Jahre alt sein, und seine besondere Form und Stabilität verdankt es der Arbeit von Mönchen eines nahen Klosters, die über Jahrhunderte die Rinne, in der das Quellwasser fließt, pflegten, indem sie es regelmäßig von Laub und Erde befreiten. Heute hat eine örtliche Naturschutzwacht diese Aufgabe übernommen.

Doch wie alt ein Gestein auch sein mag und sich eine bestimmte Ge-

steinsformation herausbildet – von Beginn an finden bereits **Erosionsprozesse** statt, und das abgetragene Material (kleinere Gesteinsstücke, Sand und Staub etc.) steht für eine **neue Runde der Gesteinsbildung bereit**.

In der Fabrik der Bodentierchen

Die **Verrottung organischen Materials** und der unter Sauerstoffeinwirkung und der Tätigkeit einer Vielzahl unterschiedlicher Kleinlebewesen entstehende **Kompost** zeigen auf besonders anschauliche Weise, wie sich Stoffe verändern. In nur wenigen Monaten entsteht aus allerlei Pflanzenresten neue, fruchtbare Erde. Dieser Prozess gehört zu den ökologisch wichtigsten Abläufen im Naturhaushalt und ist nicht zuletzt für uns Menschen und unsere Nahrungsgrundlagen von entscheidender Bedeutung. In nahezu jeder Außenanlage einer Kindertagesstätte lässt sich dieser Vorgang zumindest im Kleinen miterleben, sei es ganz einfach mittels Komposthaufen (Kompostmiete) bis hin zu diversen Behältern wie den sogenannten Schnellkompostern. Der Aufwand ist gering, und man erhält als Ergebnis nicht nur eigene, gute Aussaat- und Pflanzenerde, sondern Kinder lernen damit ganz nebenbei eine Menge über die Verwertung bestimmter Reststoffe, das Leben von Bodentieren und – Stoffkreisläufe.

In den ersten Wochen des Kompostierungsprozesses ist die **Abbaurate** der organischen Substanz am größten. Mit zunehmender Rottezeit verlangsamt sich der Abbau und es kommt innerhalb des Materials vermehrt zu **Umbauprozessen**, in deren Verlauf das Ausgangsmaterial schließlich vererdet. Pflanzlicher Abfall kann innerhalb von drei Monaten abhängig von Kompostmaterial, Jahreszeit (Temperatur!) und Feuchtigkeit zu etwa 50 Prozent abgebaut werden, das Volumen des Materials verringert sich in dieser Zeit also auf etwa die Hälfte. Bei einem höheren Anteil an Holzigen Pflanzenresten dauert der Ab-

bau auch bei vorzerkleinertem Material entsprechend länger. Da wir es meist mit einer Mischung aus Gartenmaterial (Gehölz- und Rasenschnitt etc.) und Küchenabfällen (nur ungekochte Pflanzenteile, Obst- und Gemüsereste, Eierschalen etc.) zu tun haben und die Verrottung im Winterhalbjahr deutlich langsamer abläuft als im Sommer, sollte man bei der Kompostierung im eigenen Garten von insgesamt etwa einem Jahr ausgehen.

Mittels einer kleinen **Versuchsreihe** können Kinder den Prozess der Kompostierung vielleicht noch besser verstehen. Dabei werden die **unterschiedlichen Stadien der Zersetzung** in gewisser Weise nebeneinander gestellt.

So kann es gemacht werden

Die Kinder sammeln in Gruppen **Blätter verschiedener Bäume** oder **einer einzelnen Baumart** (z.B. Ahorn, Rosskastanie, Linde), wobei sie bereits beim Sammeln grob sortieren:

1. unbeschädigt und grün,
2. unbeschädigt, aber verfärbt,
3. verfärbt, angeknabbert und durchlöchert,
4. rissig und schon sehr welk,
5. nur noch in Teilen als ehemaliges Blatt zu erkennen bzw. stark angerottet.

Die gesammelten Blätter werden dann gemeinsam nachsortiert, wobei man noch wesentlich feiner unterscheiden kann und das Laub nach **unterschiedlichen Zersetzungsgraden** in die bereit gestellten Schalen oder Dosen ordnet. Die so entstandene Laubzersetzungsreihe kann dann über einen gewissen Zeitraum beobachtet werden, wobei die Gefäße aber aufgrund der in den Blättern enthaltenen Feuchtigkeit nicht abgedeckt werden sollten (ansonsten starke Schimmelbildung!). Außerdem stellt man das Material am besten im Freien bzw. auf einem geeigneten Platz im Garten auf, da sich besonders im stärker zersetzten Laub zahlreiche **Kleintiere und Mikroorganismen** befinden.



Das kann man erkennen

Auch gesund und unbeschädigt erscheinende Blätter zeigen fast immer winzige Löcher, Risse und Flecken, wenn man sie genau oder durch die Lupe betrachtet.

Viele Blätter besitzen zwischen den Blattadern hellere, durchsichtig wirkende Felder (»Fenster«).

Blätter, die schon länger am Boden liegen, fühlen sich oft dünner und leichter an.

Manche Blätter besitzen an ihrer Unterseite eigenartige kleine Auswüchse. Oft handelt es sich dabei um Pflanzengallen, die von bestimmten Insekten verursacht werden.

Die herbstliche Laubfärbung ist von Gehölz zu Gehölz zum Teil sehr unterschiedlich und charakteristisch: Birken und Pappeln zeigen sich dann hell goldgelb, Ahorn je nach Art gelb, orange oder rötlich leuchtend, Eichen braun

(nur die nordamerikanische Roteiche wird feuerrot). Einige Gehölze wie Erle, Esche und Holunder verfärben sich allerdings nicht und werfen im Lauf des Herbstes ihr grün gebliebenes Laub ab.

Das macht Kinder neugierig und aktiv

- Welchen Wert hat das Falllaub für Wildtiere und andere Pflanzen?
- Können wir zwischen unterschiedlich rasch verrottenden Laubarten unterscheiden?
- Was können wir erkennen, wenn wir frische und unterschiedlich stark verrottete Blätter durch ein Mikroskop betrachten?
- Was passiert eigentlich mit den vielen Blättern, die in einem Laubwald jeden Herbst auf den Boden fallen und von niemandem weggeräumt werden?
- Um wie viel kleiner ist ein Haufen Falllaub, wenn man ihn den Winter über liegen lässt? Können wir die Abnahme des Volumens auf eine bestimmte Weise messen?

Tipp: Es lässt sich gut beobachten, dass sich bestimmte Laubarten wie jenes von Rosskastanie, Walnuss oder Magnolie nur sehr schwer und langsam zersetzen, während die Blätter von Ahorn, Esche oder Ulme aufgrund ihrer raschen Verrottung auch einen guten und nährhaften Humus ergeben.

Unerwünschter Abfall: Müll

Ergänzend zum Sammeln und der Nutzbarkeit organischer Abfälle sollten Kinder unbedingt auch mit dem Umgang und der **Wiederverwertung sogenannter Wertstoffe** wie Papier, Metall, Glas und vielen anderen Materialien unseres Alltags vertraut werden. Der Unterschied zum Kompostierprozess ist offensichtlich: Während wir es im ersten Fall mit natürlichen Prozessen zu tun haben, die auch ohne menschliches Zutun hervorragend funktionieren – »Die

Natur kennt keinen Müll« – müssen wir uns bei Kunststoffabfällen und anderen Resten unserer Arbeits- und Lebensweise intensiv nach Lösungen bemühen, um nicht im wachsenden Müll zu ersticken. Wir sollten unser Wirtschaften möglichst nach dem **Vorbild der Natur** organisieren – so, wie in natürlichen Stoffkreisläufen jede Substanz und jedes Element immer auch Ausgangspunkt für ein neues Wachstum oder eine weitere Entwicklung darstellt.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt übrigens, dass insbesondere Metalle schon in frühesten Zeiten auf sehr intensive Weise mehrfach verwendet wurden. Auch der Handel mit Altmetallen war schon vor sehr langer Zeit ein lukrativer Wirtschaftszweig und existiert nicht erst, wie fälschlicherweise oft angenommen, seit der Industrialisierung. Untersuchungen **antiker Lagerstätten von Kupfererzen** haben beispielsweise gezeigt, dass sehr viel mehr Metallgegenstände im Umlauf waren, als man aus dem Erz der historischen Lagerstätten hätte herstellen können. Der Mengenunterschied ließ sich schließlich nur damit erklären, dass die Menschen früher gebrauchte und abgenutzte Gegenstände offenbar in großem Umfang gesammelt und als Ausgangsmaterial für neue Produkte genutzt haben.

Gerade in der heutigen Zeit, in der zahlreiche Rohstoffe immer knapper werden und der Umweltschutz eine zunehmend wichtige Rolle in unserem täglichen Leben einnimmt, sind die **Recycling-Verfahren für Altmetalle** wichtiger denn je. Damit wird nicht nur an vielen Orten der Welt die Umweltbelastung verringert, sondern die Wiederverwertungsverfahren für Metalle sind in etlichen Fällen heute schon kostengünstiger als eine Neugewinnung.

Beim Metall-Recycling wird zunächst zwischen **eisenhaltigen Metallen** und **Nicht-Eisenmetallen** unterschieden. Altmetall, welches hauptsächlich aus Eisen besteht, wird in den meisten Fällen für die Stahlproduktion verwendet. Andere Altmetalle wie Kupfer werden in er-



ster Linie für die Produktion von Kabeln eingesetzt. Gold und Silber finden nicht selten Anwendung in der Produktion von Leiterplatten und Elektrogeräten.

Bei all dem spielt auch eine Rolle, dass Altmetalle – im Gegensatz etwa zu Papier – ohne besonderen Qualitätsverlust immer wieder erneut wiederaufbereitet werden können. Auch das macht die Wiederverwertungsverfahren für Altmetalle so ungemein wertvoll. Selbst das Altmetall, welches sich im Elektroschrott aus Haushaltsgeräten oder

ähnlichen Produkten befindet, kann in der Regel gut wiederverwertet werden.

Einmalig unter allen Werkstoffen und einmalig sogar unter den Metallen ist die **unendliche Wiederverwertbarkeit von Kupfer**. Dieses Buntmetall lässt sich großtechnisch beliebig oft immer wieder auf die sehr hohe Reinheit von mehr als 99,99 Prozent recyceln. Dieses Recycling ist zudem sehr energiesparend: Das Wiederverwenden von Kupferwerkstoffen verbraucht nur 15 Prozent der Energie, die für die Gewinnung aus dem Bergbau aufgewendet werden muss.

Trotz solcher prinzipiell guten Aussichten sollten wir nie aus dem Blick verlieren, dass das Recycling von Abfällen immer nur die zweitbeste Lösung darstellt. Besser ist allemal die **Vermeidung von Abfall**, und das können wir auch in der pädagogischen Arbeit mit Kindern thematisieren:

- Wie viele Dinge brauchen wir wirklich zu einem guten Leben?
- Was wissen wir über die Materialien, aus denen ein bestimmtes Produkt besteht – ihre Gewinnung und Verarbeitung, ihre Lebensdauer und ihre Recyclingmöglichkeiten?
- Wie wichtig ist uns eine hohe Lebensdauer eines Produkts? Oder anders formuliert: Können wir uns nicht häufiger als üblich für länger halt- und gegebenenfalls reparierbare Produkte anstelle von Kurzzeit- und Wegwerfartikeln entscheiden?
- Wie können wir Verpackungsmüll reduzieren?

Es liegt an uns allen, dafür zu sorgen, dass unsere Welt auch künftigen Generationen gute oder in manchen Bereichen vielleicht auch bessere Lebensbedingungen bietet. Eine entsprechende Arbeit mit Kindern sowie unsere Vorbildfunktion haben dabei eine besonders große Bedeutung.

1 John Cage (1912-1992) war ein US-amerikanischer Komponist und gilt aufgrund seiner außergewöhnlichen Werke als einer der weltweit einflussreichsten Komponisten des 20. Jahrhunderts.

Herbert Österreicher ist Diplom-Ingenieur und Magister Artium. Er plant und gestaltet Außenanlagen und Gärten von Kindereinrichtungen. Darüber hinaus führt er Seminare und Exkursionen zu verschiedenen Bereichen der Umweltbildung durch und ist als Autor für Fachzeitschriften und Verlage tätig. Weitere Informationen finden Sie unter:

www.kinderfreiland.de