



### 3.4 Die Rotte

*Das Gelingen der Kompostierung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst: Der Zusammensetzung der Rohstoffe, der Mischung und vom Sauerstoff- und Feuchtigkeitsgehalt. Die Rotte muss durch Zerkleinern, Mischen (Umsetzen), feucht Halten und Zudecken gesteuert werden. Der Rotteverlauf wird durch die Temperatur, den Volumenverlust und die Belebung mit typischen Kompostorganismen angezeigt.*

Autorin:  
Annemarie Müller-Kopp

#### 3.4.1 Aufbereitung der Rohstoffe für eine optimale Rotte

Rohstoffe aufbereiten bedeutet eine möglichst ausgewogene Nahrung für Mikroben zuzubereiten. Die Verrottung beginnt immer auf der mikrobiellen Ebene, ist also ein zelluläres Geschehen. Damit die Mikroorganismen die ersten Arbeiten des Abbaus in Angriff nehmen können, müssen sie alle zum Leben notwendigen Nährstoffe, eine angenehme Feuchtigkeit, viel Angriffsfläche und gute Sauerstoffverhältnisse vorfinden.

##### Zerkleinern

Kompostrohstoffe müssen zerkleinert werden – je kleiner desto besser. Die winzigen, einzelligen Mikroben haben keine Zähne und müssen ihre Nahrung für den Energie- und Baustoffwechsel aus den Resten, die wir ihnen zur Verdauung übergeben, zuerst befreien. Da nun alles, was lebt, sich gegen biologischen Abbau zuwehren weiss (Schutzhüllen, Abwehrstoffe) können die Mikroben das Material nur an verletzten Stellen (offene Wunden) durch Ausscheiden von Verdauungsenzymen angreifen. Zudem lässt sich zerkleinertes Material leichter mischen und umsetzen. Die Rotte verläuft wesentlich schneller.

Zerkleinern, mischen, feucht halten und zudecken, dann gelingt Kompost

##### Unterschiedliche Rohstoffe im richtigen Verhältnis mischen

Eine ausgewogene Mischung des Materials ist eine weitere Grundvoraussetzung für eine gute Rotte. Beim dezentralen Kompostieren soll bereits beim Füllen des Sammelbehälters darauf geachtet werden, dass nährstoffreiches und strukturreiches Material gemischt oder schichtweise eingefüllt wird. Hierzu sollen z.B. Laub und Holzhäcksel ganzjährig griffbereit gelagert werden. In der Praxis hat sich bewährt, den Küchenreststoffen, die 1-2 mal pro Woche in den Sammelbehälter geleert werden, gleich 2 Handvoll Häcksel beizumischen. Das ergibt ungefähr das folgende Mischverhältnis: 2 Teile grünes, frisches, weiches, saftiges und 1 Teil verholztes, dürres, grobes Material (z.B. Häcksel/Laub). Die wissenschaftliche Erklärung dafür liefert das sog. C:N-Verhältnis. Auch bei der Kompostierung auf professionellen Anlagen ist die richtige Mischung wichtig für eine optimale Rotte.

Die richtige Mischung:  
2 Teile Grün und 1 Teil Braun  
(Häcksel, Laub)



Ein günstiges  
C:N-Verhältnis ist 30:1

### C/N-Verhältnis

Für die Umsetzungsprozesse benötigen die Rotte-Organismen neben Sauerstoff, Wasser und Mineralien, Nährstoffe. Vereinfacht gesagt Stickstoffverbindungen (N), um körpereigenes Eiweiss für Wachstum und Vermehrung aufzubauen, sowie energiereiche Kohlenstoffverbindungen (C), um die Lebensprozesse in Gang zu halten. Dabei wird die von den grünen Pflanzen in den Grundbausteinen des Lebens gespeicherte Sonnenenergie z.T. als Wärme wieder frei.

Für eine zügige Verrottung und gute Kompostqualität ist grundsätzlich mehr Kohlenstoff als Stickstoff nötig. Ein günstiges C/N-Verhältnis liegt im Bereich von 30:1 (auf 30 Teile Kohlenstoff fällt ein Teil Stickstoff). Ist das Verhältnis grösser als 40:1, herrscht Stickstoffmangel, die Mikroorganismen können sich nicht richtig entwickeln. Das führt zu einer Verlangsamung der Rotte und in der Folge zu nährstoffarmem Reifkompost. Ist zu wenig Kohlenstoff vorhanden (weniger als 15:1) geht der Stickstoff als Ammoniak an die Atmosphäre verloren, was am typischen Geruch festgestellt werden kann. In der Praxis kann das C/N-Verhältnis einer Mischung jedoch nicht genau berechnet werden. Deshalb ist die oben erwähnte Faustregel sehr hilfreich.

Nach abgeschlossener Rotte verengt sich das C/N-Verhältnis, bei Reifkompost ist ein Wert im Bereich von 15:1 zu erwarten.

Tab. 20: Das C:N-Verhältnis von ausgewählten Kompostrohstoffen

Rohstoffe	C:N-Verhältnis (N=1)	Rohstoffe	C:N-Verhältnis (N=1)
Hühnermist	10	Laub	30-60
Gemüseabfälle	13	Getreidestroh	60-100
Rasenschnitt	12-25	Baumschnitt	100-150
Rindermist	20	Rinde	100-130
Gartenabraum	20-60		

### Und nochmals mischen

Nicht nur die richtige Mischung der Rohstoffe, sondern auch das Durcheinermischen von weichen und harten, wasserhaltigen und trockenen, sperrigen Teilen ist von grosser Bedeutung für eine erfolgreiche Rotte. Beim dezentralen Kompostieren erfolgt das Mischen entweder laufend im Sammelbehälter, bei welchem eine Kompostgabel stets griffbereit ist, oder beim Leeren und Aufsetzen des Behälterinhalts zur Miete und immer beim Umsetzen. Auf professionellen Kompostieranlagen erfolgt das Umsetzen maschinell mit Wendemaschinen. Das Mischen bringt zudem den für die Mikroben lebensnotwendigen Sauerstoff ins Rottegut.

Weich zu hart und  
feucht zu trocken

Abb. 51: Faustprobe:



Material optimal



Material zu trocken



Material zu nass

### Feucht halten

Für eine optimale Entwicklung benötigen die Mikrobenorganismen eine ausreichende Feuchtigkeit. Auf einer trockenen Oberfläche sind Mikroben völlig inaktiv. Der Wassergehalt im Kompostiergut sollte im Durchschnitt zwischen 50% und 65% (Gewichtsanteil) betragen. In der warmen Jahreszeit muss die Feuchtigkeit im Kompost häufiger kontrolliert werden als im Winter. Bei zu hohem Wassergehalt wird der Sauerstoff aus den Hohlräumen verdrängt, es kommt zu Fehlentwicklungen: Fäulnis, Rottestillstand.

In der Praxis kann die richtige Feuchtigkeit mit der Faustprobe bestimmt werden (siehe Abbildung). Eine Handvoll Rottegut wird kräftig mit der Faust zusammengepresst. Ist das Material zu trocken, fällt es beim Öffnen der Faust wieder auseinander. Ist das Material zu nass, rinnt beim Zusammenpressen Wasser zwischen den Fingern heraus. Bei optimaler Feuchte bleibt nach dem Öffnen der Faust die Probe als kompaktes Bällchen in der offenen Hand. Das Material fühlt sich an wie ein ausgetrockneter Schwamm.

### Locker aufsetzen

Die Kompostlebewesen benötigen für ein optimales Wirken eine genügende und kontinuierliche Zufuhr von Sauerstoff. Das Rottegut soll deshalb locker aufgesetzt werden, damit sich viele Poren mit Luft füllen können.



## Zudecken

Kompostorganismen sind Bodenlebewesen und deshalb lichtscheu und lichtempfindlich. Der Kompost muss vor Licht und Vernässung geschützt werden. Der Kompostbehälter erhält einen Deckel; bei der Mietenkompostierung gewährleistet Kompostvlies diesen Schutz. Das Zudecken verhindert auch Nährstoffverluste als Folge der Auswaschung und schützt ausserdem gegen Austrocknen durch Wind.

Jedem Kompost sein Vlies oder Deckel

### 3.4.2 Der Ablauf der Rotte

Im Folgenden wird der Ablauf der Rotte beim dezentralen Kompostieren beschrieben. Ist eine Menge von einigen hundert Litern bis ca. 1m<sup>3</sup> Kompostgut aufbereitet, läuft der Rotteprozess in den nachfolgend aufgeführten Phasen ab, wobei die Übergänge fließend sind und die einzelnen Stadien nicht immer genau voneinander getrennt werden können.

#### 1. Abbauphase (Hygienisierung)

1. – 3. Woche: Die Mikroorganismen (mesophile = an mittlere Temperaturen angepasste) greifen zuerst lösliche Verbindungen wie Aminosäuren und lösliche Eiweisse, Zucker, und Fettsäuren an. Durch die guten Bedingungen vermehren sie sich explosionsartig. Durch ihre Stoffwechselfätigkeit entsteht Wärme (Selbsterhitzung). Da das Rottegut ein schlechter Wärmeleiter ist und die Hitze nicht entweichen kann, kommt es zu einem Hitzestau. Mit dem Thermometer lässt sich eine Temperatur bis ca. 70°C messen.

Die Abbauphase verläuft sehr rasch und intensiv

In dieser Phase findet die Hygienisierung (biochemische und thermische Entseuchung) des Kompostgutes statt. Daran sind neben der Temperatur wärme liebende sog. thermophile Mikroorganismen (Bakterien, Strahlenpilze und Pilze) und auch deren Stoffwechselprodukte beteiligt. Unkrautsamen werden weitgehend keimunfähig. Schädlinge werden abgetötet. Antibiotika (z.B. aus Hühnermist) und Rückstände der meisten Pflanzenschutzmittel werden abgebaut.

Jetzt findet die Hygienisierung statt

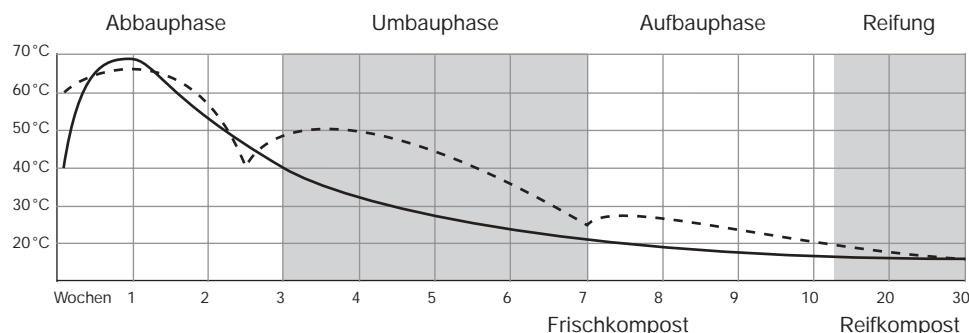
Allmählich ist das Rottegut soweit in Grundbausteine zerlegt, dass die abbauenden Mikroorganismen ihre Tätigkeit einstellen und absterben. Sie dienen jetzt weiteren Mikroorganismen und Pilzen als Nahrung. Die Temperatur sinkt. Das Rottegut hat sich braun bis schwarzbraun verfärbt, die saftigen, „grünen“ Rohstoffe sind nicht mehr erkennbar.

#### 2. Umbauphase (Pilze)

3. – 7. Woche: Die weiteren Umsetzungsarbeiten gehen langsamer vor sich. Neben Bakterien sind verstärkt Pilze aktiv (mesophile Mischflora). Sie haben sich auf den Aufschluss von schwer verdaulichen Stoffen wie Zellulose und Holzstoffe (Lignine) spezialisiert. Letztere sind für die Humusbildung von besonderer Bedeutung. Die Temperatur pendelt sich bei 30-45°C ein.

Danach werden schwerverdauliche Stoffe angegriffen

Abb. 52: Die Rotte-Temperaturkurve:



--- umgesetzte Miete  
— nicht umgesetzte Miete

#### 3. Aufbauphase (Kleintiere)

8. – 12. Woche: Die Huminstoffbildung setzt ein. Neben Mikroorganismen besiedeln viele Kleintiere wie Milben, Springschwänze und Nematoden das Rottegut.

Die Krümelbildung setzt ein



Sie dämmen das Pilzwachstum ein. Kompostwürmer (*Eisenia foetida*) treten auf. Diese vermengen mineralische und organische Teile und sind für die Bildung stabiler Krümel mitverantwortlich, es entstehen die sog. Ton-Humus-Komplexe.

#### 4. Stabilisierungs- und Reifephase

Huminstoffe geben dem Kompost die dunkelbraune Farbe

Humusbildung und Mineralisierung werden abgeschlossen. Die Kompostwürmer verlassen den Komposthaufen. Ein neues Produkt wurde geschaffen, der Reifkompost. Huminstoffe geben ihm seine dunkelbraune Farbe. Die lockere und krümelige Struktur deutet auf den Abschluss des Rotteprozesses hin. Ausser Holz- und verholzten Stängelstückchen sind von Auge keine Bestandteile des ursprünglichen Rottegemischs mehr sichtbar. Diese Teile können nach dem Sieben erneut einem Rotteprozess ausgesetzt werden.

Der Ablauf der Rotte auf professionellen Kompostieranlagen ist in etwa der gleiche (LBL, 1998). Der Kompost wird jedoch meistens nach der Abbauphase nach rund 2 Monaten verwendet. Nur für Spezialprodukte wie Kultursubstrate wird der Kompost länger aufbereitet.

Abb. 53: Abbau-, Umbau- und Aufbauphase:



#### 3.4.3 Ablauf der Rotte ohne Hitzeentwicklung

Die Rotte ohne Hitzeentwicklung gelingt auch

In den meisten Hausgärten fällt nur wenig Material gleichzeitig an. Der sogenannte «wachsende Kompost», bei dem kontinuierlich kleinere Mengen (meist nur mehrere Liter) angesetzt werden, vermag nur wenig Hitze zu entwickeln, da das Volumen zu klein und damit die Mikroorganismenaktivität zu gering ist. Die Rotteprozesse setzen bei genügendem Sauerstoff- und Feuchtigkeitsgehalt trotzdem ein. Alle unter 3.3.3 beschriebenen Phasen finden im Behälter auf kleinem Raum gleichzeitig statt. Die Pflege dieses Komposts unterscheidet sich nicht von den anderen. Bei der «Kaltkompostierung» ist zu berücksichtigen, dass die Hygienisierung nicht optimal ist. Es muss z.B. damit gerechnet werden, dass Unkrautsamen überleben.

#### 3.4.4 Kontrollfaktoren der Rotte

##### Temperatur messen

Die Überwachung des Rotteverlaufs hilft etwaige Störungen der Rotteprozesse schnell zu erkennen

Durch die Beobachtung des Temperaturverlaufs kann man Rückschlüsse auf die Belebung des Rottegutes ziehen. Zur Messung benötigt man einen speziellen Einstichthermometer mit extra langem Einstichstab (mind. 30 cm). Dabei wird an den Randzonen eine erheblich tiefere Temperatur als in der Kernzone feststellbar sein.

##### Feuchtigkeit prüfen

Die Kontrollgrößen heissen Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoff

Während der Abbauphase und im Sommer durch die hohen Aussentemperaturen verdunstet viel Wasser. Mit der Faustprobe (s. 3.4.1) lassen sich jederzeit zu grosse Verluste wie auch Vernässung feststellen.

##### Sauerstoffversorgung beurteilen

Säuerlich oder faulig riechender Kompost zeigt Sauerstoffmangel an

Mit wenigen Ausnahmen (obligatorische Anaerobier) brauchen alle Lebewesen, also auch zahlreiche Organismen im Kompost Sauerstoff für die Energiegewinnung (Zellatmung). Als Nebenprodukte entstehen  $\text{CO}_2$  und Wasser. Messungen mit entsprechenden Geräten zeigen sofort nach begonnener Rotte einen Abfall des Sauerstoffgehaltes und umgekehrt die Erhöhung des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes im Rottegut an. Da sich der Komposthaufen langsam setzt, ist ein Nachfliessen von Sauerstoff nicht mehr möglich. Im Rottegut herrscht Sauerstoffmangel. Die sog. aeroben Bakterien ersticken. Anaerobe Bakterien, die ohne Sauerstoff leben können, treten an ihren Platz. Sie gewinnen ihre Energie in Gärprozessen. Stinkende Nebenprodukte der Gärung treten auf.



Da meistens technische Messgeräte nicht zur Verfügung stehen, bietet sich unsere Nase als guten Ersatz an. In einer Handvoll Rottegut wird der Geruch eingehend geprüft. Dabei deutet erdig-frisch und aromatisch auf genügend Sauerstoff, säuerlich, stechend, faulig-stinkend auf zu wenig Sauerstoff hin. Hat der Komposthaufen an Grösse verloren und ist zusammengesunken, kann dies ebenfalls auf Sauerstoffmangel hinweisen.

### 3.4.5 Folgeerscheinungen der Rotteprozesse

#### Das Volumen vermindert sich

Während der Rotte wird Material abgebaut, der Komposthaufen verliert an Volumen, er sinkt zusammen. Damit verschwinden auch Hohlräume, was die Sauerstoffzufuhr und den Wasserdampfabzug (Verdunstung) erschwert. Der Volumenverlust ist z.T. beträchtlich und kann je nach Ausgangsmaterial bis zu 60% betragen.

Von 1m<sup>3</sup> bleibt nur noch rund die Hälfte

Auch der Anteil Trockensubstanz wird um ein Drittel bis zur Hälfte vermindert. Von 1 m<sup>3</sup> Gartenabfällen bleiben nach sechs Monaten ungefähr 0.7 m<sup>3</sup>, nach weiteren drei bis vier Monaten noch etwa 0.6 m<sup>3</sup> übrig.

#### Sauerstoffmangel führt zu Fäulnis

Durch das Setzen des Komposthaufens und das Wirken der Mikroorganismen entstehen Zonen, die nicht mehr durchlüftet d.h. anaerob sind. Anaerobe Prozesse führen nicht zum vollständigen Abbau. Die Kunst der Rotteführung besteht darin, die Prozesse so zu steuern, dass immer genügend Sauerstoff (und Feuchtigkeit) im Rottegut den aeroben Abbau gewährleisten.

Fäulnis und Rotte zeigen typische Unterschiede

Tab. 21: Unterschied zwischen Rotte und Fäulnis

Merkmale	Rotte	Fäulnis
Beteiligte Lebewesen	Sauerstoffabhängige Organismen (Aerobier)	Ohne Sauerstoff lebende Organismen (Anaerobier)
Milieu	Mit Sauerstoff versorgt	Abwesenheit von Sauerstoff
Energie	Durch Oxidation wird viel Energie freigesetzt, Ausnutzung: 70-80%	Geringe Ausbeute an freier Energie: Ausnutzung: 50-60%
Wichtigste Stoffwechselprodukte	Kohlendioxid, Wasser, Neubildung organischer Stoffe (Huminstoffe), Spurenelemente, Pflanzennährstoffe, Krümel	Niedermolekulare Säuren, Wasserstoffverbindungen wie Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Propan, Butan Methan, Ammoniak, praktisch keine Humusbildung
Stabilität der organischen Stoffe	hoch	gering
Trockensubstanzverlust	hoch	niedrig

### 3.4.6 Rottelenkung in der Praxis

In der Mitte des Rottekörpers herrschen zu Beginn optimale Rottebedingungen. Abbauprozesse, Hitzeentwicklung und Wasserverlust (Austrocknung) sind dort intensiver als in den Aussenzonen, d.h. auch wenn das Rottegut beim Aufsetzen gut gemischt wurde, ist es schon nach wenigen Tagen sehr uneinheitlich. Ausserdem verschwinden durch das bereits erwähnte Zusammenfallen (Setzen) des Haufens Hohlräume, was zu Sauerstoffmangel führt.

Nicht überall ist die Rotte gleich intensiv

#### Kompost umsetzen

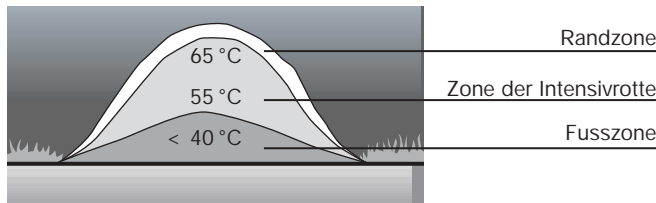
Der Haufen wird nun umgesetzt, d.h. beim privaten Kompostieren mit der Gabel gründlich gelockert und gemischt oder auf professionellen Kompostieranlagen maschinell. Jedes Umsetzen erzeugt vermehrte Bakterientätigkeit und damit ein Ansteigen der Temperatur und eine Beschleunigung der Rotte (s. auch Abb. 52). Umsetzen wirkt sich positiv auf die Homogenität des Reifkompostes aus. Beim Umsetzen sollten Feuchtigkeit und Geruch geprüft werden.

Je öfter umgesetzt wird, desto schneller kann Reifkompost gewonnen werden

Man setzt das erste Mal um, nachdem die Temperatur auf unter 50° gesunken ist,

und/oder ein Absinken des Haufens festgestellt wird. Zur Beschleunigung der Rotte und zur Verbesserung der Qualität können noch mehrere Umsetzungen folgen.

Abb. 54: Temperaturverteilung in der Kompostmiete:



### Unbefriedigender Rotteverlauf

Mit der richtigen Massnahme kann korrigiert werden

Verläuft die Rotte nicht wunschgemäss, heisst die Massnahme in jedem Fall umsetzen. Welche Korrekturmassnahmen bei welcher Störung zusätzlich ergriffen werden müssen, zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 22: Die richtige Massnahme, wenn Störungen auftreten

Störung	Beobachtung	Massnahmen
Kompost ist zu trocken	Das Material ist schimmelig, die einzelnen Abfälle sind noch immer erkennbar, lässt sich nicht zu Ballen formen, viele Asseln und Ameisennester -> Feuchtigkeit fehlt	Durch Hitze ist wahrscheinlich zu viel Wasser verdampft, Material umsetzen und bewässern oder frischen Rasenschnitt und Rüstabfälle begeben
Kompost ist zu nass, stinkt	Der Kompost ist pappig und schmierig. Beim Zusammendrücken einer Handvoll Kompost tritt Wasser aus. Er riecht unangenehm -> zu nass	Im Kompost hat es zu wenig Sauerstoff, deshalb umsetzen, mit Steinmehl überpudern und trockenes Material beimischen, z.B. Stroh, Häcksel, eher trockener angerotteter Kompost.
Kompost wird nicht heiss	Im Kompost hat es zu wenig frisches Grüngut oder er ist zu trocken oder die Mischung ist zu einseitig, ev. ist die Miete zu niedrig	Frischen Rasenschnitt beimischen, s. auch unter zu trocken, Volumen des Rottekörpers vergrössern
Kompost ist zu heiss	Verliert durch Verdunstung viel Wasser, mikrobielle Tätigkeit wird eingestellt	Umsetzen, Reifkompost oder Erde zugeben, bewirkt Kühlung
Verrottung sehr langsam	Zu lange nicht umgesetzt, der holzige Anteil im Kompost ist zu gross, die Kompostbestandteile sind nicht zerkleinert	Umschaufeln und Rasenschnitt, Küchenabfälle dazugeben, ev. wässern, grobe Bestandteile zerkleinern
Schwärme von kleinen Fliegen	Die Fruchtfliegen lieben zuckerhaltige, frische Abfälle auf der Oberfläche des Kompostes	Frische Abfälle leicht untermischen oder mit angerottetem Kompost oder Erde bedecken, Durchzug im Kompostbehälter schaffen, Steinmehl darüber pudern

### 3.4.7 Der Rotteprozess im Überblick

Humussubstanzen entstehen vorwiegend aus Zellulose und Holzstoffen

Ähnlich den Vorgängen in der obersten Bodenschicht werden die organischen Substanzen in einfache Grundbausteine zerlegt. Durch Umbauvorgänge werden im Laufe der Rotte hochmolekulare Verbindungen aufgebaut.

Substanzen wie Aminosäuren, Eiweisse, Kohlenhydrate und Fettsäuren sind für die Mikroorganismen schnell verfügbar und können leicht abgebaut und als Nahrung verwendet werden. Energie wird durch Oxidationsvorgänge von Kohlenstoffverbindungen gewonnen. Als Nebenprodukte entstehen dabei Kohlendioxid und Wasser. Ein Teil der Energie geht als Wärme verloren. Schwer abbaubare Substanzen wie Zellulose und Lignine (Holzstoffe) und Mineralstoffe dienen zusammen mit Stickstoffverbindungen in erster Linie zur Bildung von Humussubstanz. Die in der Humussubstanz fest gebundenen Nährstoffe werden in der Folge allmählich mineralisiert (freigesetzt) und für die Pflanzen zugänglich gemacht.



Abb. 55: Umsetzungsvorgänge bei der Kompostierung:

