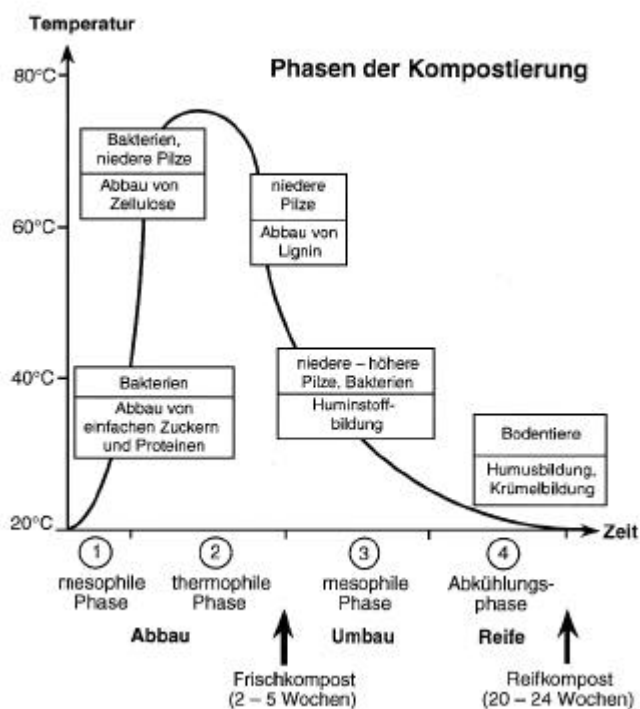


Bakterien und Pilze machen Kompost

Es geht schon eine besondere Faszination von dem Geschehen aus, das wir bei der Verrottung der hochorganisierten organischen Substanz beobachten können: aus der ganzen bunten Vielfalt der Reststoffe, die wir in die Kompostierung einbringen, wird in kurzer Zeit eine einheitliche, braune bis schwarzbraune, erdähnliche Masse, in der wir, ausser den mehr oder weniger groben Holzteilchen, nicht mehr erkennen können, was es ursprünglich war. In diesem Zusammenhang wird oft von „Zerfall“, „Zersetzung“ gesprochen; man denkt, das zu kompostierende Material zerfalle oder es zersetze sich, ähnlich den nicht-organischen Stoffen, die im Lauf der Zeit unter Einwirkung physikalisch-chemischer Kräfte zerfallen und sich zersetzen. Solche Vorgänge sind bei der Verrottung der organischen, aus dem Lebendigen stammenden Stoffe, sicher auch im Spiel, aber weitaus überwiegend sind es *Lebensprozesse*, die an der Humusbildung beteiligt sind.

Stauend betrachten wir das Gewimmel von Klein- und Kleinstieren, die einen Kompost über kurz oder lang besiedeln. Sie alle finden dort einen reich gedeckten Tisch und tun das, was sie in der freien Natur auch tun: zerkauen, zerkleinern, durchmischen und verwerten der auf dem Erdboden liegenden, absterbenden oder abgestorbenen Bestandteile der einstmaligen lebendigen, organischen Substanz. Für die meisten dieser Organismen ist dies die einzige Nahrung und sie müssten glatt verhungern, wäre diese Bodendecke oder Streuschicht nicht vorhanden. Nun liegt es in der Natur der Sache begründet, dass Tiere - alle Tiere! - Unverdauliches als Exkremente (Kot) ausscheiden. Aber so winzig diese Exkremente auch sein mögen, „Humus“ sind sie nicht. Allein die Mikroben sind im Stand dieses schon mal verdaute Material endgültig zu humifizieren. Kommt hinzu, dass die Kleintiere allein kaum fähig wären, mit der ganzen, sich in der Streuschicht ansammelnden Masse fertig zu werden, geschweige denn in einem Kompost. Die Masse der Mikroben (im Boden und im Kompost) überwiegt jene der Kleintiere denn auch um ein Vielfaches.

Mikroorganismen – unermüdliche „Arbeitstiere“



Bei der Kompostierung sind eine riesige Zahl und grosse Vielfalt von Bakterien, Pilzen und Aktinomyzeten beteiligt. Bei ihrer Stoffwechsellätigkeit zerlegen sie die hochorganisierte organische Substanz, d.h. pflanzliche und tierische Organe und Zellen, bauen aus den Bruchstücken mikrobielle Biomasse und Humus auf und produzieren dabei Kohlendioxid, Wasser und Energie (Wärme). Dabei herrschen jeweils verschiedene Mikrobengemeinschaften in den drei Kompostierphasen vor. Wir unterscheiden eine gemässigte Temperaturphase: mesophil, bis ca. 40°C; eine Hochtemperaturphase: thermophil, bis ca. 65°C sowie eine Abkühlungs- und Reifephase: unterhalb 40°C bis Aussentemperatur. (s. Abb.; die Aktinomyzeten sind bei den Bakterien untergebracht.)

Die Startphase im Rottematerial wird von einer Vielfalt hauptsächlich

mesophiler Bakterien beherrscht. Sie bauen leicht verdauliche, lösliche Stoffe wie Eiweisse, Zuckerarten, Glycerin ab und produzieren dabei Wärme. Ist die Rottemasse zu gering leisten

die mesophilen Bakterien, zu denen sich später mesophile Pilze und Aktinomyzeten gesellen, die Hauptarbeit, Solche Komposte verharren in der Phase gemässiger Temperatur – nie über 40°C – und gehen irgendwann in die Abkühlungs- und Reifephase über.

Die Hochtemperaturphase beginnt um 50°C und setzt ideale Rottebedingungen voraus: ausreichend gut zerkleinertes bunt gemischtes Rottegut, genügend Sauerstoff (Struktur), ausreichende Feuchtigkeit. Die mesophilen Mikroben sterben ab oder bilden Sporen (Überlebenszellen). Die Arbeit wird von thermophilen – wärmeliebenden, wärmetoleranten – Bakterien, Pilzen und Aktinomyzeten übernommen; sie beschleunigen den Abbau weiterer energiereicher Bestandteile der organischen Substanz: Eiweisssubstanzen (Proteine), Gerüst- und Baumaterial der Pflanzen (Zellulose, Hemizellulosen, Pektine). Bei mangelnder Aufsicht können sich grosse Kompostmieten weit über 65°C erhitzen, was zum Absterben der meisten Rottemikroben führt: Fehlentwicklung.

Die zweite mesophile Phase, auch als Umbauphase bezeichnet, setzt ein, wenn der grösste Teil der energiereichen Kompost-Rohstoffe abgebaut ist. Der Rottekörper kühlt aus und ab ca. 45°C dominieren wieder mesophile Bakterien, Pilze und Aktinomyzeten, die entweder die Hitzephase überlebt haben oder in den kühleren Randzonen immer vorhanden waren. Ausserdem können nun auch höhere Pilze (Hutpilze), wie z.B. der Schopftintling auftreten. Immer noch wird Zellulose und Holzstoff abgebaut und aus den zahlreichen molekularen Bruchstücken der organischen Substanz werden durch mikrobielle Aktivität Huminstoffe gebildet.

Die Abkühlungs- und Reifephase, auch Aufbauphase genannt, ist gekennzeichnet durch das Einwandern der ganzen Vielfalt an Bodentierchen und des Kompostwurms. Ihnen fällt sie Aufgabe zu, die organischen Bestandteile mit den mineralischen Bestandteilen innig zu vermengen: Krümelbildung.

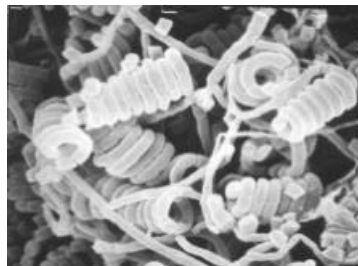
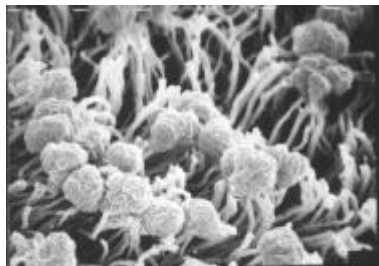
Kurze Charakterisierung der Rottemikroben

Bakterien	Aktinomyzeten	Pilze
<p>Kleinste, bekannte einzellige Lebewesen; Grössenordnung: Tausendstelmillimeter. Kugel-, stäbchen- oder schraubenförmig; beweglich dank geisselförmiger Organellen. Fortpflanzung durch Zellteilung. Machen im Kompostierungsprozess bis zu 80% der Mikroben-Biomasse aus. Typisches Beispiel: <i>Bacillus subtilis</i> (Heubacillus); stäbchenförmig, 2-3 µm lang, aerob, hitzeresistent, sporenbildend. Ständiger Bewohner des Erdbodens, sowie trockener und verrottender Pflanzenreste. Alle <i>Bacillus</i>-Arten wachsen aerob und bilden das Enzym Katalase (Spaltung des Zellgifts Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff)</p>	<p>Unbewegliche, koloniebildende Bakterien. Die Kolonien sind oft strahlenförmig und wurden ursprünglich als Pilze aufgefasst (aktis, grch.= Strahl; mykes, grch.= Pilz). Sehr wirkungsvolle Abbauer von Zellulose und Holzstoff. Gedeihen im Gegensatz zu Pilzen nur in ausreichend feuchter Umgebung. Beispiel: <i>Thermospora curvata</i>; in Grüngutkomposten sehr häufiger, thermophiler Aktinomyzeten; produziert verschiedenste Enzyme, was ihn zu universellen Abbauleistungen befähigt. Vertreter der Gattung <i>Streptomyces</i> bilden das Antibiotikum Streptomycin, wichtig gegen parasitäre Mikroben (Krankheitserreger); „Reinigung“ des Erdreichs und des Komposts .</p>	<p>Überaus vielfältige Gruppe niederer Pflanzen, die sich entweder von toter organischer Substanz (saprophytisch) oder von lebenden Zellen (parasitisch) oder symbiotisch (Flechten, Mykorrhiza) ernähren. Darunter viele, die landläufig als „Schimmelpilze“ bezeichnet werden. Bestehen wie alle Pilze aus den drei Bestandteilen Myzel („Wurzelgeflecht“) Fruchtkörper („Sporenträger“) und Sporen („Samen“, auch Konidien genannt). Man findet sie im Erdreich, auf abgestorbenen Pflanzen oder auch auf Nahrungsmitteln und selbstverständlich im Kompost. Die Zahl der existierenden Arten wird auf 250.000 geschätzt, genauer beschrieben sind ca. 75.000 Schimmelpilze. Häufigste Arten sind <i>Aspergillus</i>, <i>Mucor</i>, <i>Penicillium</i>, <i>Cladosporium</i> und <i>Alternaria</i>. Die umgangssprachliche Bezeichnung „Schimmel“-Pilze rührt von dem weissen oder gefärbten, pelzigen Belag (Fruchtkörper), mit dem der Pilz die Oberflächen überzieht.</p>

Ergänzende, weiterführende Angaben sind in den Tabellen der folgenden Seiten zu finden.

Mikroorganismen im Kompost und ihre biochemische Funktion

Gruppe	Aktivität	Abbau, Umwandlung von	Vertreter (Pilze)
Kohlenstoffkreislauf			
B - Act - P	amylolytisch	Stärke	
B - Act - P	pectinolytisch	Pectine	
B - Act - P	hemicellulolytisch	Hemicellulosen	
Act - P	cellulolytisch, aerob	Zellulose	Fungi imperfecti, Ascomyceten, Xylaria, Basidiomyceten
B - Act - P	cellulolytisch, anaerob		
P - Act	lignolytisch	Lignine	Basidiomyceten, Fungi imperfecti (z.B. Trichoderma, Geotrichum, Fusarium, Alternaria)
Act - P	chitinolytisch	Chitin	Myxobakterien
Stickstoffkreislauf			
B	Stickstoff-Fixierung, aerob und anaerob	Bindung von N ₂ (gasfg.) an N-haltige Zellbestandteile	
B	proteolytisch	Proteine, Polypeptide, Aminosäuren	
B	ammonifizierend	Ammoniak aus Aminosäuren, Harn, Nucleinsäuren	
B	nitrifizierend	Ammoniak in Nitrit NO ₂ ⁺ , dann in Nitrat NO ₃ ⁺	
B	denitrifizierend	Nitrat in Nitrit und N ₂ (gasfg.)	
Schwefelkreislauf			
B	Mineralisierung	org. Schwefelverbindungen in Sulfat	
B = Bakterien und Cyanophyta (Blualgen) P = Pilze Act = Actinomyceten			



Elektronenmikroskopische Bilder von Aktinomyceten. (Aufnahmen: Aventis/J. Wink)

Biologischer Abbau pflanzl. Gewebe

Gewebeart	Vorkommen i.d. Pflanze	Zellstruktur	Eignung zu raschem biologischem Abbau
A. Parenchyme	Blätter, Stängel	Einfach mit Vacuolen, zahlreiche Plastiden	Gut bis sehr gut
Assimilationsparenchyme (chlorophyllhaltige Zellen)			
Reserveparenchyme (reservestoffhaltige Zellen): Glycoside, Lipide, Proteide	Rinde, Mark, vertikale und horizontale Leitungsgewebe, Körner, Tuberkeln		
B. Reproduktion	Blüten, Blattorgane, Stängel	Spezifisch (Gameten ohne harte Zellwände)	Gut
C. Sekretion	Parenchyme, Epidermis...	Lebende Zellen mit intrazellulären Sekretionsapparaten	Gut für einfache Stoffe
Nach Aussen: Harze, Wachse, "Gummi", Nektar			
Im Innern: Essenzen, Harze, Tanine, Milchsaft, Schleimstoffe, div. Sekrete im Pflanzensaft	intrazellulär		Schlecht für widerstandsfähige Komponenten: Gerbstoffe, Milchsäfte, Harze
D. Leitgewebe	Wurzeln, Stängel (ein und zweijährige Pfl.), Blattstiele und -adern	In Leitungsbündel umgewandelte Zellen	Schlecht: Hemicellulosen, Lignine und Zellulose, Pektine, Gerbstoffe
Leitbündel im Holz Xylem			
Leitbündel im Bast und im Mark Phloem			
E. Stütz-Festigungsgewebe oder	Holz- Stängelfasern Blattstiele	In Fasern umgewandelte Zellen - Collenchym - Sclerenchym	Schlecht: Gerbstoffe (Tannine), Cellulose, Lignine
Schutzgewebe (Kork)	Rinde, Borke	Zellen des Phelloderms	Schlecht: Suberin, Wachse, Gerbstoffe

Basel, im November 2004-11-18

Dr. Hans Balmer, Berater für Humupflege und Kompostierung