

► Natur/Lebensräume

Sehen alle Blätter am Boden gleich aus?

Was passiert mit den heruntergefallenen Blättern im Laufe der Zeit?

Welche Lebewesen sind für die Aufarbeitung der Laubstreu hauptverantwortlich?

Kann man an den Fraßbildern am Blatt erkennen, welche Tiere sie verursacht haben?

Im Ökosystem Wald kann man den Vorgang der Laubstreuersetzung und damit diesen Aspekt der Bodenbildung besonders gut beobachten. Doch Blatt ist nicht gleich Blatt. Während die Blätter einiger Baumarten innerhalb eines Jahres zersetzt sind, dauert es bei anderen mitunter mehrere Jahre.

Die SchülerInnen lernen unterschiedlich geformte Blätter von Laubbaumarten kennen. Mithilfe von Lupen werden spielerisch verschiedene Fraßbilder an Blättern voneinander unterschieden und im Groben ihren Verursachern zugeordnet.



Zerfressenes Laubblatt, Quelle: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Referat Bodenkunde

Ort

Laub- oder Mischwald

Schulstufe

3. bis 4. Schulstufe

Gruppengröße

Klassengröße

Zeitdauer

2 Schulstunden

Lernziele

- Über die Bedeutung der Laubstreuersetzung Bescheid wissen
- Das Wahrnehmungsvermögen für Strukturen in der Umwelt sensibilisieren
- Durch exaktes Beobachten der Blätter einige Fraßtypen erkennen
- Sich im Umgang mit der Handlupe üben

Sachinformation

Das Abwerfen der Blätter im Herbst erfolgt bei unseren Laubbaumarten aus einer Art Überlebensstrategie heraus. Grund dafür sind das Abkühlen des Bodens und die Abnahme der Saugleistung der Wurzeln. Diese nimmt im Winter schließlich bis zum Nullpunkt ab. Da die Bäume im Frühjahr und Sommer über ihre Blätter viel Wasser verdunsten, müssen diese im Winter wegen der fehlenden Möglichkeit der Wasseraufnahme abgestoßen werden.

Der Abwurf des Laubes und die vorangehende herbstliche Verfärbung der Blätter vollzieht sich bei allen wichtigen Waldbaumarten relativ gleichzeitig und in einer recht kurzen Zeitspanne. Bei uns in der Steiermark ist dieses Schauspiel in etwa zwischen dem 10. Oktober und 10. November zu beobachten, je nach Höhenlage des betreffenden Ortes. Zumeist hat sich das Blätterdach des Waldes gegen Ende Oktober bereits sehr deutlich gelichtet.

Bevor die Blätter abfallen, verfärben sie sich. Dies beruht darauf, dass die Pflanzen wertvolle organische Verbindungen wie zum Beispiel die grünen Chlorophylle abbauen und im Stamm bis zum Frühjahr speichern. Hingegen werden Carotinoide nicht abgebaut, sie verleihen den Herbstblättern der laubabwerfenden Bäume ihre charakteristische bunte Farbe.

Parallel zur Blattfärbung erfolgt auch an der Verbindung zwischen Blattstiel und Zweig ein Umbau. Am Grunde des Blattstiels wird ein Trenngewebe gebildet, welches die Wasserversorgung des Blattes unterbindet und gleichzeitig eine Sollbruch-

stelle schafft. Bereits ein leichter Wind genügt, um das Blatt vom Ast zu lösen und abfallen zu lassen. Mittels Korkgewebe wird die Blattansatzstelle nach außen hin gegen Krankheitserreger wie Bakterien oder Pilze geschützt. Der herbstliche Laubfall wird somit nicht in erster Linie durch Frost und starke Winde verursacht, sondern ist das Resultat eines aktiven Prozesses zur Vorbereitung auf die kalte und für die Wasserversorgung äußerst ungünstige Winterzeit.

Welche Vorteile bringt der herbstliche Laubfall mit sich?

Der Laubfall bedeutet nicht nur einen wirksamen Verdunstungsschutz, zugleich ist er eine Art Entschlackungskur. Mit den abgeworfenen Blättern stößt der Baum die im Laufe des Sommers angereicherten Stoffwechsel-Endprodukte und Umweltgifte ab.

Ein im Winter offenes Kronendach hat für Baum und Untergrund noch weitere Vorteile:

- Verbesserte Standsicherheit, denn belaubte Bäume würden unter der Schneelast leicht zusammenbrechen.
- Durch das offene Laubdach steht für die ersten Bodenblüher (Lerchensporn, Milzkraut, Bärlauch und Scharbockskraut) genügend Licht zur Verfügung.
- Ebenso finden austreibende Knospen im Frühjahr ausreichend Licht für ihre Entwicklung.

Wer aufmerksam durch einen winterlichen Laubwald spaziert, dem fällt auf, dass manche Baum-

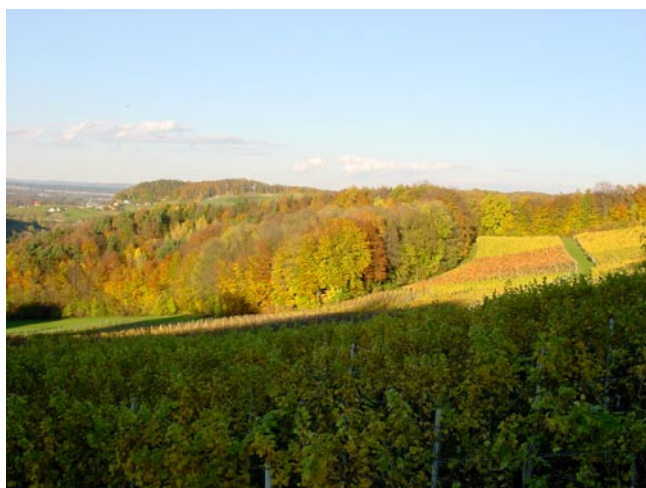


Abb. 1: Herbstwald, U. Kozina



Abb. 1: Eichenlaub im Herbst, O. Winder

arten wie Buchen, Hainbuchen und Eichen ihre vertrockneten Blätter oft bis in den Frühling hinein behalten. Die Erklärung dafür ist, dass bei diesen Baumarten kein Trenngewebe gebildet wird, sondern es werden sogenannte Thyllen aufgebaut. Dabei handelt es sich um einwuchernde Zellen, welche die Nährstoffbahnen der Pflanze verstopfen. Die Blätter dieser Bäume werden meist erst mit den Frühjahrsstürmen vom Baum gefegt.

Vorzeitiger Laubfall

Abgesehen vom normalen Laubfall im Herbst können vielseitige Umwelteinflüsse einen vorzeitigen Laubfall hervorrufen. Die abfallenden Blätter sind dann noch grün, häufig aber auch braun gefärbt. So führen etwa längere Hitzeperioden im Sommer zum Vertrocknen der Blätter. Aber auch erhöhte Bodenfeuchtigkeit führt zum Verwelken, da die Wurzeln faulen und kaum noch Wasser aufnehmen können. Schadstoffe in der Luft und im Boden, wie etwa die Chlorid-Ionen aus dem Streusalz oder Stickoxide von Autoabgasen, schwächen die Pflanzen und lassen die Blätter schon im Sommer von den Bäumen fallen. Durch Umweltgifte und extreme Witterungsverhältnisse geschwächte Bäume sind besonders anfällig für Pilzbefall und Schadinsekten, was ebenfalls einen vorzeitigen Blattfall bewirkt. Werfen hingegen Esche, Erle und Holunder grüne Blätter ab, so ist das normal, denn ihre Blätter verfärben sich kaum.

Laubzersetzung

Jedes Jahr gelangen in einem Laubmischwald pro Hektar etwa 7 000 bis 15 000 kg Falllaub und Holzreste auf den Boden. In einem reinen Buchenwald sind es immer noch an die 4 000 kg, was einer geschätzten Blattanzahl von etwa 25 Millionen entspricht. Eigentlich müsste die Laubschicht am Waldboden jährlich an Höhe zunehmen und dazu führen, dass die Pflanzen an ihrem eigenen „Abfall“ ersticken. Wie kommt es daher, dass die Laubschicht dennoch nur wenige Zentimeter dick ist? Es liegt daran, dass das von den Bäumen herabgefallene Laub permanent zersetzt und abgebaut wird. An der Laubzersetzung sind neben größeren Tieren wie Regenwürmern, Schnecken, Asseln, Käfern und Tausendfüßern sowie zahlreichen kleineren Tieren wie Milben, Springschwänzen, Doppelschwänzen und Zweiflüglerlarven vor allem Bakterien und Pilze beteiligt.

Beim Abbauprozess des Laubes entsteht Humus, weshalb man von „Humifizierung“ spricht. Intensität und zeitlicher Ablauf des Abbaus sind von zahlreichen Faktoren abhängig: von der unterschiedlichen Abbaufähigkeit der Laubart, von der Temperatur, von der Feuchtigkeit, vom Chemismus des Bodens (pH-Wert) und nicht zuletzt von der Qualität und Quantität der abbauenden Organismen.

Baumart	Zersetzungsdauer	C/N	pH
Robinie	1 Jahr	14:1	5,4
Erle	1 Jahr	15:1	4,6
Esche	1 Jahr	21:1	6,4
Ulme	1 Jahr	28:1	6,5
Traubenkirsche	1,5 Jahre	22:1	-
Hainbuche	1,5 Jahre	23:1	-
Linde	2 Jahre	37:1	5,4
Bergahorn	2 Jahre	52:1	4,5
Eiche	2,5 Jahre	47:1	4,7
Birke	2,5 Jahre	50:1	5,5
Zitterpappel	2,5 Jahre	63:1	5,7
Buche	3 Jahre	51:1	4,3
Fichte	3 Jahre	48:1	4,1
Kiefer	> 3 Jahre	66:1	4,2
Douglasie	> 3 Jahre	77:1	-
Lärche	> 5 Jahre	113:1	4,2

Tab.: Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis und pH-Wert der frischen Streu verschiedener Baumarten (nach Ellenberg 1978)

Entscheidend für die Geschwindigkeit des Laubabbaus sind mehrere Faktoren:

- **Bodenreaktion** („pH-Wert“): Für Bakterien günstige Bedingungen herrschen bei pH 5,5-7,0; mit abnehmendem pH-Wert dominieren zunehmend Pilze.
- **Temperatur**: Mikrobielle Stoffumsätze sind stark temperaturabhängig. Eine Temperatursteigerung um 10° C bewirkt eine Zunahme der mikrobiellen Aktivität um den Faktor 2-3.
- **Wasserversorgung**: In der Regel leben Bakterien in Wasserfilmen. Herrscht Wassermangel, so geht die mikrobielle Aktivität allgemein zurück oder Spezialisten werden gefördert.
- **O₂-Versorgung/CO₂-Entsorgung**: Die leistungsfähigsten Zersetzer sind Aerobier, d. h. sauerstoffnutzende Organismen. Ungünstig hingegen wirken sich hohe Wassersättigung und starke Bodenverdichtung aus.
- **Zerkleinerung/Turbation**: Fehlt die Makrofauna (zB Regenwürmer, Asseln, Schnecken ...), so wird die Streu nicht für den mikrobiellen An-

griff vorbereitet. Wichtig ist die Zerkleinerung bei gleichzeitiger Vermengung mit Schleimstoffen und mineralischen Partikeln.

- **Substrateigenschaften**: Mikroorganismen benötigen einerseits viel Stickstoff zum Aufbau ihrer Körpersubstanz, andererseits Kohlenstoff zur Energiegewinnung. Je größer das C/N-Verhältnis ist, das heißt je mehr Kohlenstoff in Relation zum Stickstoff im Blatt enthalten ist, desto weniger Mikroorganismen stehen für den Abbauprozess zur Verfügung und umso länger dauert folglich der Abbau der Laubstreu.

Fraßbilder

Die unterschiedlichen Fraßbilder an den Blättern lassen sich im Groben ihren Verursachern zuordnen. So wird Fensterfraß an der Blattunterseite durch Springschwänze, Rindenläuse und Milben verursacht, weiterführender Fenster- und Lochfraß durch Zweiflüglerlarven. Skelettfraßbilder entstehen durch die Fressstätigkeit von Schnecken, Asseln, Tausendfüßern, Ohrwürmern, Larven und Milben.



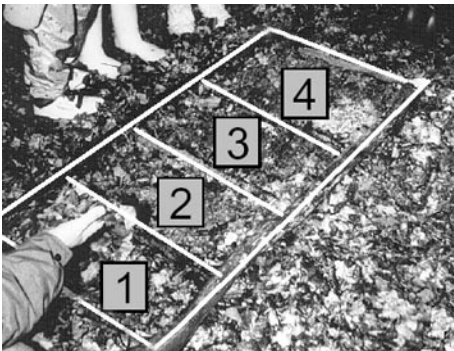
Fraßbilder: Fensterfraß (1), Lochfraß (2), Skelettfraß (3); Quelle: Praxiskauz 2, Schulbiologiezentrum des Landkreises Marburg-Biedenkopf

Didaktische Umsetzung

Die Zersetzung der abgestorbenen und auf den Boden gefallen Pflanzenteile wie Blätter und Äste ist ein entscheidender Schritt im Element- und Nährstoffkreislauf eines Waldes. Insbesondere die Laubstreu erlaubt Einblicke in die einzelnen Stufen der Zersetzung durch unterschiedliche Destruenten (Zersetzer). Auf spielerische Weise erlangen die Kinder Zugang zu einer verborgenen Welt, die für die meisten bislang nur als Lebensraum von sogenannten „Ekeltieren“ ein Begriff war.

Besonders gut geeignet für diese besondere Form des Unterrichts im Freien sind Buchen- und Eichenwälder. Zum einen sind sie weit verbreitet und zum anderen ist ihr Falllaub aufgrund der langen Zersetzungszeit von einigen Jahren ganzjährig verfügbar.

Inhalte	Methoden
Hinführung zum Thema	
15 Minuten	
<i>Das Prinzip von Wachstum, Absterben und Zersetzen der Laubblätter wird erklärt.</i> 	<u>Material</u> Beilage „Bildkarte - Jahreszyklus Winterlinde“ Beilage „Bildkarte - Zersetzerorganismen“ Die Lehrperson vermittelt in einer kurzen Einführung den Jahreszyklus im Leben eines Laubbaumes vom Blattaustrieb im Frühjahr bis zum Blattfall im Herbst. In den Monaten und Jahren nach dem Blattfall unterliegt jedes Blatt einem Abbauprozess, an dessen Beginn zahlreiche größere Bodenorganismen beteiligt sind.
Baumarten kennen lernen	
25 Minuten	
<i>Kennen lernen unterschiedlicher Baumarten im heimischen Laub- oder Mischwald.</i> 	<u>Material</u> Beilage „Bildkarte - Blattformen heimischer Laubbaumarten“ Baumbestimmungsbuch Die SchülerInnen erhalten den Auftrag, unterschiedliche noch an den Bäumen befindliche oder bereits frisch vom Baum gefallene Laubblätter zu sammeln. Gemeinsam werden die Blätter durch Vergleich mit den Bildkarten oder anhand des mitgebrachten Bestimmungsbuches den unterschiedlichen Baumarten zugeordnet.

Die Laubstreuleiter	30 Minuten
<i>Fokussierung des Interesses der Kinder auf unterschiedliche Abbaustadien der Laubstreu.</i>  <i>Laubstreuleiter; Quelle: Praxiskauz 2, Schulbiologiezentrum des Landkreises Marburg-Biedenkopf</i>	<u>Material</u> Beilage „Arbeitsblatt - Zersetzungsstufen in der Streukette“, je Laubstreuleiter 2 schmale Holzleisten bzw. Schnüre 120 cm lang, 5 schmale Holzleisten bzw. Aststücke 40 cm lang; pro Gruppe: 2-3 Handlupen, 3 Behälter zum Laubstreusammeln Die SchülerInnen werden in Gruppen zu 5-6 Kinder geteilt. Jede Gruppe errichtet eine Laubstreuleiter mit 4 Feldern. Innerhalb der Felder geht jede Gruppe folgendermaßen vor: 1. Feld: Es wird nichts entfernt (Vergleichsfläche). 2. Feld: Alle ganzen, unzersetzten Blätter/Nadeln, Zweige und Bodenpflanzen werden entfernt. 3. Feld: Alles, was noch als Blatt- oder Nadelstreu erkennbar ist, wird entfernt (Humus bleibt). 4. Feld: Alles bis zum oberen Mineralboden wird entfernt. Die entfernten Materialien der einzelnen Felder werden in Behältern gesammelt. Aus diesen heraus werden die unterschiedlichen Zersetzungsstadien der Blätter verglichen und exemplarisch auf das Arbeitsblatt „Zersetzungsstufen in der Streukette“ geklebt. Des Weiteren untersuchen die Kinder die Fraßbilder an den Blättern mithilfe von Handlupen.
Abschließende Nachbesprechung	15 Minuten
<i>Diskussion über die gewonnenen Erkenntnisse.</i>	<u>Material</u> keines Die gewonnenen Erkenntnisse werden gemeinsam besprochen. Inhaltliche Schwerpunkte der Diskussion können sein: • Strategie der heimischen Laubbäume, Blätter im Herbst abzuwerfen • Rolle der Bodenorganismen • Zeiträume, Abbauvorgang und Fraßbilder

Beilagen

- ▶ Bildkarte - Jahreszyklus Winterlinde
- ▶ Bildkarte - Blattformen heimischer Laubbaumarten
- ▶ Bildkarte - Zersetzerorganismen
- ▶ Arbeitsblatt - Zersetzungsstufen in der Streukette (mit Lösung)

Weiterführende Themen

- ▶ Boden und Fruchtbarkeit
- ▶ Experimente zum Thema Boden
- ▶ Kompostierung
- ▶ Bodenwasser/Bodenfeuchtigkeit

Weiterführende Informationen

Links

- Grundlegende Informationen zum Thema Boden unter <http://www.ubz-stmk.at/themen/index.php?cmid=231>
- Unterrichtsmappe zum Thema Boden als pdf erhältlich unter http://www.ubz-stmk.at/upload/documents/cms/1039/Handreichung_Boden_Feber_2014.pdf
- Informationen, Aktionstipps und interaktive Lernspiele zum Thema Boden unter <http://www.naturscouts.at/karte/boden/boden.htm>
- Bodenschutzberichte des Landes Steiermark als Downloads unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/2998692/DE/>

Literatur

- Schroeder, D., Blum, W.E.: Bodenkunde in Stichworten. 5. revidierte und erweiterte Auflage aus der Reihe Hirt's Stichwortbücher. Borntraeger, 1992
- Dittmann, J., Köster, H.: Die Becherlupen-Kartei. Tiere in Kompost, Boden und morschen Bäumen. Verlag an der Ruhr, 2000
- Dunger, W.: Tiere im Boden. Westarp Wissenschaften, 4. Aufl., 2008

Boden-Praxiskoffer

Der Boden-Praxiskoffer besteht aus einer Alu-Box, die diverse technische und methodisch-didaktische Praxismaterialien für Demonstrationen und Versuche enthält. Die Unterlagen und Versuche sind für alle Schultypen geeignet und werden laufend ergänzt. Der Boden-Praxiskoffer kann von steirischen Schulen kostenlos für die Dauer von bis zu 14 Tagen entlehnt werden. www.ubz-stmk.at/praxiskoffersets



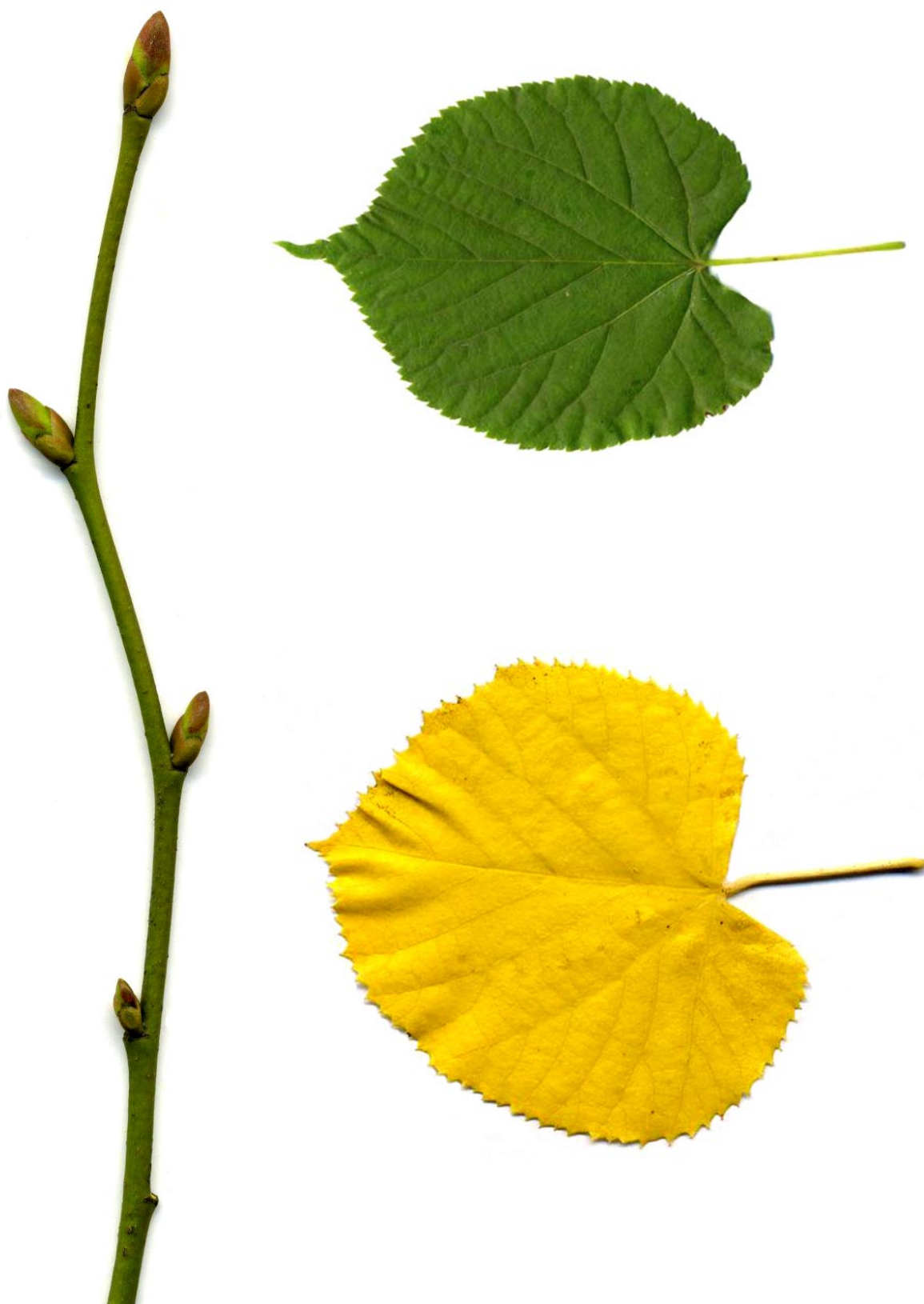
Noch Fragen zum Thema?

Dr. Otmar Winder
 Projekte „NaturScouts“, „Boden“, „Lehrweg-Entwicklung“
 Telefon: 0043-(0)316-835404-4
 E-Mail: otmar.winder@ubz-stmk.at



www.ubz-stmk.at

Jahreszyklus Winterlinde



Bilder: www.baumkunde.de

Zersetzerorganismen





Regenwurm

Quelle: www.theguardian.com



Weißwurm

Quelle: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=155863&page=263>



Haarmückenlarven

Quelle: Wikipedia, Frank Kämme



Springschwanz

Quelle: <http://kbalmer.blogspot.co.at/2013/03/collembola-1.html>, Keith Balmer



Hornmilbe

Quelle: <http://arthropoda.pavouci.cz.eu>

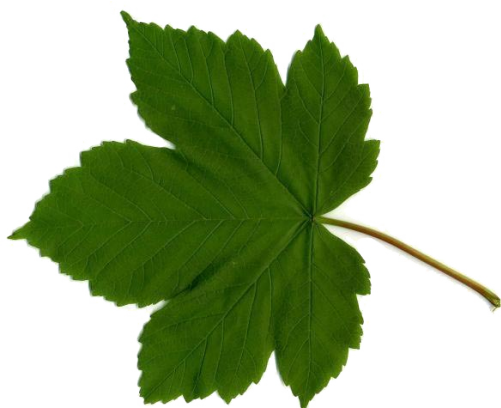


Tausendfüßer

Quelle: Wikipedia, Stemonitis

Blattformen heimischer Laubbaumarten

Bergahorn



Eberesche



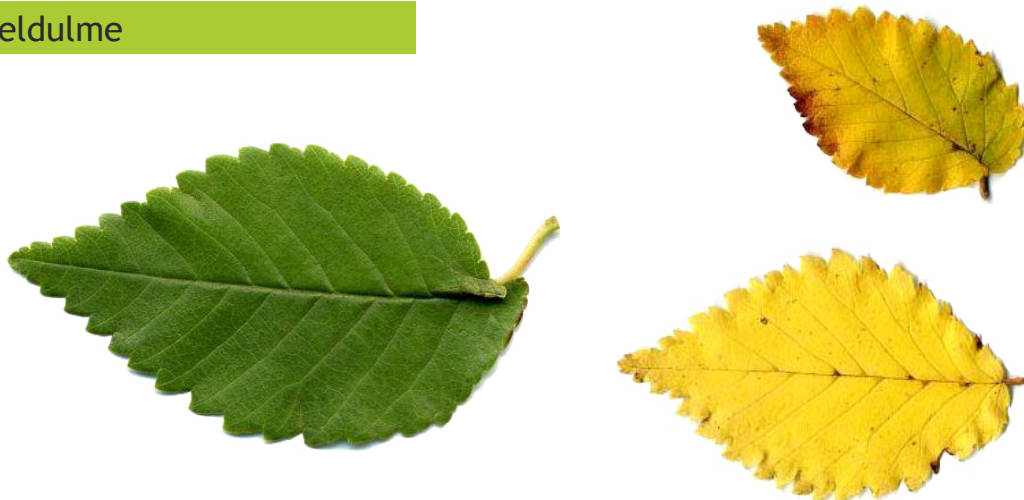
Edelkastanie



Feldahorn



Feldulme



Gemeine Buche



Gemeine Esche



Gemeine Hasel



Gemeine Rosskastanie



Gemeine Traubenkirsche



Hainbuche



Hängebirke



Robinie



Schwarzer Holunder



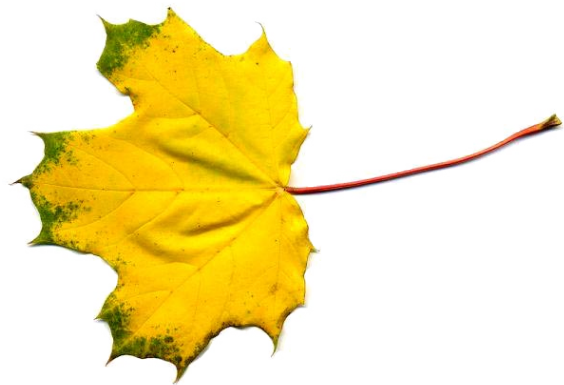
Schwarzerle



Silberpappel



Spitzahorn



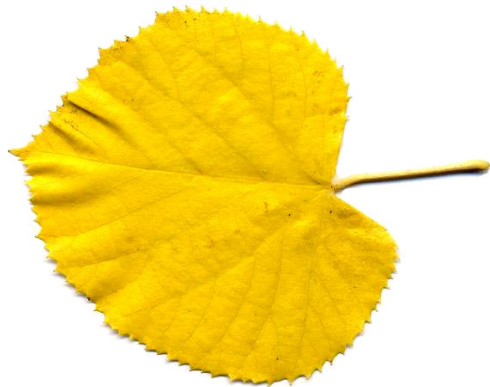
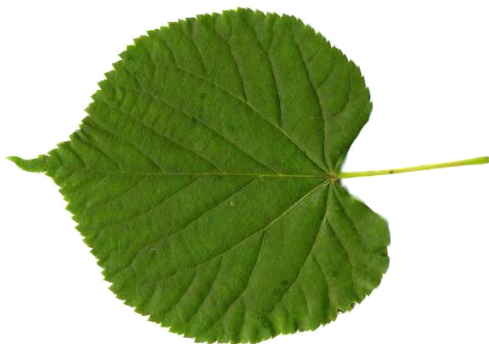
Stieleiche



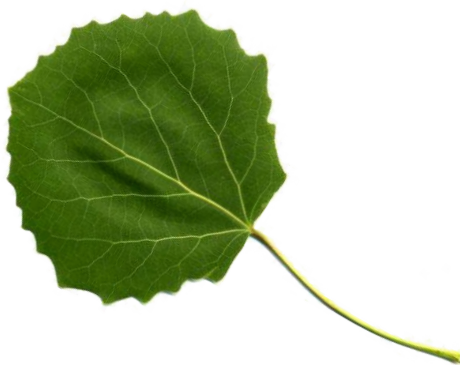
Vogelkirsche



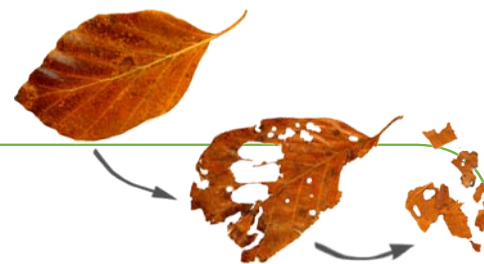
Winterlinde



Zitterpappel



Zersetzungsstufen in der Streukette



unzersetzter Laubfall

Loch- und Fensterfraß

stark zersetztes Blatt

skelettiertes Batt

zersetzte Blattreste

hauptsächlich beteiligte Tiere

Springschwänze,
Rindenläuse, Milben

Regenwurm,
Springschwänze,
Rindenläuse,
Zweiflüglerlarven

Regenwurm, Schnecken,
Asseln, Tausendfüßer,
Ohrwürmer, Larven,
Milben

Regenwurm, Weißwurm,
Springschwänze, Milben

Zersetzungsstufen in der Streukette

