© Bochumer Botanischer Verein e.V.

Jahrb. Bochumer Bot. Ver.	2	215-219	2011

Herbstfärbung – eine spektakuläre "Recycling-Aktion" zum Ende der Vegetationsperiode

VEIT M. DÖRKEN

In unseren Breiten stellt der jährliche Laubabwurf als Anpassung an die winterlichen Fröste und an die verkürzte Tageslänge für den Großteil der Gehölze die beste Überlebensstrategie dar, den Winter mehr oder weniger schadlos zu überstehen. So sind fast alle in Deutschland heimischen Gehölze bis auf sehr wenige Ausnahmen z. B. Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), Efeu (*Hedera helix*) oder Stechpalme (*Ilex aquifolium*) im Winter kahl. Bevor die Blätter der winterkahlen (oder auch "sommergrünen" genannten) Gehölze aber abgeworfen werden, kommt es zur teils spektakulären Verfärbung unserer Wälder, Hecken und Ziergehölze (Abb. 1 & 2).

Abb. 1: Herbstlicher Laubwald in Ennepetal-Homberge/Westfalen (V. M. DÖRKEN).

Abb. 2: Amerikanischer Amberbaum im Herbst an der Ruhr-Universität Bochum (A. JAGEL).

Winterkahle Gehölze verdunsten auch im Winter nach Abwurf der Blätter trotzdem weiterhin Wasser über ihre Triebe, auch wenn die Transpirationsrate dabei natürlich wesentlich geringer ist als im belaubten Zustand. Dies stellt dann kein Problem dar, wenn aus dem Boden ausreichend Wasser nachgeliefert werden kann. Ist das Bodenwasser jedoch gefroren, kann es nicht mehr von der Wurzel aufgenommen werden. Gehölze vertragen zwar einen gewissen Austrocknungsgrad, wird dieser aber überschritten, treten ernste Trockenschäden auf. Diese äußern sich zunächst im Eintrocknen der Triebspitzen und Knospen und später auch größerer Triebe. Im schlimmsten Fall kann die gesamte Pflanze vertrocknen. In diesem Fall spricht man von Frosttrocknis, welche man bei uns im Winter besonders häufig an immergrünen, fremdländischen Ziergehölzen wie z. B. beim Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) oder der Aukube (*Aucuba japonica*) beobachten kann.

In den Blättern, die die Hauptassimilationsorgane der Gehölze darstellen, ist das grün gefärbte Chlorophyll das Hauptphotosynthesepigment. Das Chlorophyllmolekül besteht aus einem Tetrapyrrolringsystem, das sich aus vier untereinander durch Methinbrücken verknüpften Pyrrolringen aufbaut. In jedem Chlorophyllmolekül steht ein zentrales Magnesiumatom, welches über Stickstoffatome der Pyrrolringe gebunden ist. Im Chlorophyll der Blätter sind folglich große Mengen an Stickstoff gebunden, der für das Pflanzenwachstum besonders wichtig ist. Dieser und auch das Magnesium sowie größere Mengen an Schwefel und Phosphor gingen im Herbst verloren, wenn die Blätter ohne Rückführung in

© Bochumer Botanischer Verein e.V.

den Pflanzenkörper abgeworfen würden. Sie werden in den Sprossachsen sowie der Wurzel eingelagert. Der Chlorophyll-Abbau gleicht daher einer riesigen biologischen "Recycling-Aktion". Laut BRESINSKY & al. (2008) werden so jährlich alleine auf dem Festland rund 300 Millionen Tonnen Chlorophyll abgebaut.

Wird im Herbst das grün gefärbte Chlorophyll abgebaut, treten andere, ebenfalls im Blatt bereits vorhandene lichtabsorbierende Photosynthesepigmente verstärkt zum Vorschein, die bisher von Chlorophyll farblich überdeckt wurden. Hierbei handelt es sich um Anthocyane sowie um Carotinoide, die man in Carotine und Xanthophylle mit Lutein als Hauptvertreter unterteilt. Durch sie färben sich die Blätter nun leuchtend rot (Abb. 3) oder kräftig gelb (Abb. 4). Orange als Mischfarbe ist ebenfalls ein häufiger Farbton.

Abb. 3: Vogel-Kirsche (*Prunus avium*) (V. M. DÖRKEN).

Abb. 4: Feld-Ahorn (*Acer campestre*) (V. M. DÖRKEN).

Besonders die Anthocyane sind verantwortlich für die leuchtend roten Farben (STEINECKE & al. 2008). Sie werden beim Abbau des Chlorophylls verstärkt gebildet, ohne dass hierfür ein besonderer "biologischer Sinn" erkennbar ist. Möglicherweise handelt es sich lediglich um ein Nebenprodukt der auf Hochtouren laufenden Abbauprozesse (MOHR & SCHOPFER 1985). Eine Notwendigkeit eines besonders starken Schutzes gegen schädliche UV-Strahlung zu diesem Zeitpunkt erscheint nicht einleuchtend. Auch einige immergrüne Arten wie z. B. Efeu (*Hedera helix*) und Kletter-Spindelstrauch (*Euonymus fortunei*) bilden im Winter verstärkt Anthocyane (Abb. 5 & 6), wobei es sich um eine Art Frostschutz oder einen Schutz vor der winterlichen Sonne handeln könnte, da die Pflanzen nach dem herbstlichen Blattfall um sie herum plötzlich stärkere Sonneneinstrahlung ertragen müssen.

Abb. 5: Herbstlich gefärbtes Efeublatt (*Hedera helix*) (V. M. DÖRKEN).

Abb. 6: Herbstlich gefärbtes Blatt eines Kletter-Spindelstrauches (*Euonymus fortunei*) (V. M. DÖRKEN).

© Bochumer Botanischer Verein e.V.

Einige wenige Arten, die in ihren Blättern einen hohen Gehalt an Gerbstoffen aufweisen (z. B. Stiel- und Trauben-Eichen, *Quercus robur* und *Q. petraea*) verfügen über keine auffällige Herbstfärbung. Sie färben meist nur schwach gelb aus und werden relativ rasch braun. Dies liegt daran, dass die Gerbstoffe (überwiegend Polyphenole), die das Blatt vor Fraßfeinden schützen, noch am Individuum oxidieren.

Der Chlorophyll-Abbau und die darauffolgende Herbstfärbung werden besonders durch einen starken Temperaturgradienten zwischen Tag und Nacht bedingt. Warme, sonnige Tage und ausstrahlungsreiche, kalte Nächte fördern eine intensive Herbstfärbung. Daher ist die Herbstfärbung im atlantisch/subatlantisch geprägten Mitteleuropa nicht in jedem Jahr gleich intensiv, weil hier intensive Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht mitunter fehlen können. Anders hingegen im östlichen Nordamerika. Aufgrund der dortigen stabileren klimatischen Bedingungen kann man jedes Jahr eine intensive, spektakuläre Herbstfärbung erwarten, die weithin als "Indian Summer" bekannt ist und durch eine verstärkte Anthocyan-Synthese bedingt wird. Hier färben besonders Arten wie der Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) oder der Zucker-Ahorn (*Acer saccharum*) ab Mitte September die ausgedehnten Waldlandschaften kräftig orange bis rot.

In Mitteleuropa sind bspw. Vogel-Kirsche (*Prunus avium*, gelb, orange bis scharlachrot, Abb. 7), Feld-Ahorn (*Acer campestre*, goldgelb, Abb. 4), Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*, gelb bis orange-rot), Hänge-Birke (*Betula pendula*: leuchtend goldgelb, Abb. 8) oder Europäische Lärche (*Larix decidua*: kräftig goldgelb) die wohl intensivsten Herbstfärber. Anfang bis Mitte November, nachdem alle übrigen heimischen, winterkahlen Gehölze ihr Laub abgeworfen haben, fangen Birken und Lärchen als die letzten heimischen Baum-Arten an auszufärben.

Abb. 7: Vogel-Kirsche (*Prunus avium*) in Ennepetal-Homberge/Westfalen (V. M. DÖRKEN).

Abb. 8: Hänge-Birke (*Betula pendula*) in Ennepetal-Homberge/Westfalen (V. M. DÖRKEN).

Abb. 9: Amerikanischer Tulpenbaum (*Liriodendron styraciflua*) (V. M. DÖRKEN).

Abb. 10: Ginkgo (*Ginkgo biloba*) (A. HÖGGEMEIER).

© Bochumer Botanischer Verein e.V.

Jahrb. Bochumer Bot. Ver.	2	215-219	2011

Unter den in Mitteleuropa häufiger gepflanzten Ziergehölzen färben besonders stark aus: Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*: goldgelb, Abb. 9), Ginkgo (*Ginkgo biloba*: goldgelb, Abb. 10), Zaubernüsse (*Hamamelis* spp.: gelb, orange bis rot, Abb. 11), Amberbaum (*Liquidambar styraciflua*: rot bis pflaumenblau, Abb. 12), Fächer-Ahorn (*Acer palmatum*: gelb bis karminrot, Abb. 13) und Sumpf-Eiche (*Quercus palustris*: rötlich bis scharlachrot, Abb. 14).

Abb. 11: Frühlings-Zaubernuss (*Hamamelis vernalis*) (V. M. DÖRKEN).

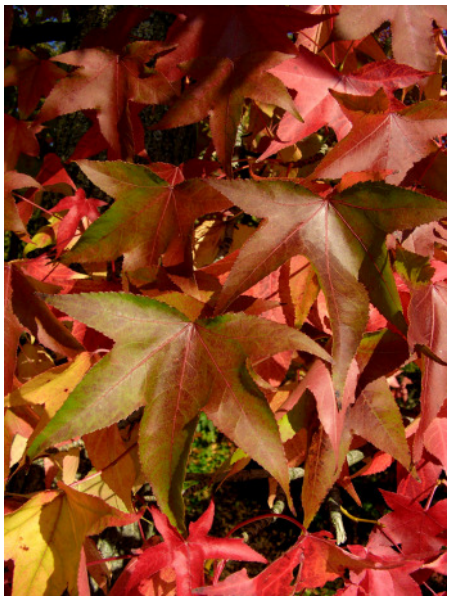

Abb. 12: Amerikanischer Amberbaum (*Liquidambar styraciflua*) (A. JAGEL).

Abb. 13: Fächer-Ahorn (*Acer palmatum*) (V. M. DÖRKEN).

Abb. 14: Sumpf-Eiche (*Quercus palustris*) im Bochumer Stadtpark (A. JAGEL).

Die Blattalterung, die ein organisiertes, Phytohormon-gesteuertes Geschehen darstellt, kann in eine sequenziellen und einer synchronen Blattseneszenz unterschieden werden. Bei der sequenziellen Blattseneszenz, die hauptsächlich auf der Anhäufung von sog. Ballast- und Schlacken-Ionen im Blatt beruht, werden jeweils nur die ältesten, funktionsuntüchtigen Blattorgane ohne erkennbaren Zyklus über das ganze Jahr mehr oder weniger gleichmäßig verteilt abgeworfen. Lediglich zum Zeitpunkt des Neuaustriebes im Mai ist ein verstärkter Abwurf zu beobachten. Die synchrone Blattseneszenz hingegen, die photoperiodisch gesteuert ist und durch tiefe Temperaturminima beschleunigt wird, erfasst bei allen winterkahlen Arten jeweils die gesamte Belaubung.

Die Blattseneszenz geht dabei mit einer verringerten Atmung und Photosyntheseintensität sowie einer Verlangsamung aller anabolen Stoffwechselvorgänge wie der RNA- und Proteinsynthese bei gleichzeitiger starker Erhöhung der Abbauprozesse von Chlorophyll, Proteinen sowie der RNA anheim. Da der herbstliche Chlorophyllabbau relativ rasch vonstatten geht, schreitet die "Welle" der Herbstfärbung von der Polarregion nach Westeuropa mit einer Geschwindigkeit von rund 60-70 km am Tag voran (BRESINSKY & al. 2008).

© Bochumer Botanischer Verein e.V.

Die Blattalterung wird durch den Anstieg der seneszenzfördernden Phytohormone Abscisinsäure und Ethylen bei einer gleichzeitigen Abnahme von Auxinen, Gibberellinen und Cytokininen beschleunigt. Letzteres stellt das wichtigste seneszenshemmede Phytohormon dar. Nicht selten sind auf bereist stark seneszenten oder auch bereits abgeworfenen Blättern immer noch frischgrüne Flecken erkennbar (Abb. 15 & 16). Diese grünen Inseln sind auf lokale durch parasitische Pilze, Bakterien oder Insektenlarven bedingten Cytokinin-Ausschüttungen zurückzuführen (BRESINSKY & al. 2008). Die so erhalten gebliebenen grünen Regionen bieten den parasitierenden Organismen entsprechend noch für eine längere Zeit ausreichend Nährstoffe.

Abb. 15: Eisenholz (*Parrotia persica*), Herbstblätter mit grünen Inseln (V. M. DÖRKEN).

Abb. 16: Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Herbstblätter mit grünen Inseln (V. M. DÖRKEN).

Bei sehr frühen Frösten kann es auch zu einem vorzeitigen Abwurf noch grüner Blätter kommen. Auch wenn die Blätter in ein bis zwei Wochen ohnehin abgeworfen würden, stellt dies durch den Verlust der Nährstoffe einen ernstzunehmenden Frostschaden dar. So geschädigte Individuen treiben in der kommenden Vegetationsperiode deutlich schütterer aus (DÖRKEN & STEINECKE 2010). Es gibt jedoch auch einige heimische Vertreter wie die Erlen (*Alnus* spec.), die den überwiegenden Teil des Laubes im grünen Zustand ohne nennenswerte Herbstfärbung abwerfen. Da Erlen mit in Wurzelknöllchen lebenden Luftstickstoff fixierenden Bakterien (*Rhizobium* spec.) in Symbiose leben, könnte dies die Erklärung dafür sein, warum auf eine jährliche herbstliche Rückführung des Stickstoffs aus den Blättern verzichtet werden kann. Stickstoff steht den Pflanzen hier offensichtlich in ausreichendem Maße zur Verfügung.

Der Blattabwurf erfolgt an einer Art vordefinierten "Sollbruchstelle". Im Übergangsbereich von Blattgrund und Sprossachse ist ein spezielles Abwurfgewebe (Abszissionsgewebe) ausgebildet. Die Zellen in dieser Region sind verglichen mit den angrenzenden Zellen relativ klein. Werden sie im Herbst enzymatisch zerstört, kommt es zum Blattabwurf. Der Blattabwurf stellt demzufolge einen aktiv gesteuerten Prozess dar. Die so entstandenen Blattnarben an der Sprossachse werden rasch von einem schützenden Wundgewebe wieder verschlossen, so dass der Eintritt von Pathogenen verhindert wird. Die Blattnarben stellen wichtige Unterscheidungsmerkmale für Gehölze im winterkahlen Zustand dar.

Literatur

BRESINSKY, A., KÖRNER, C., KADEREIT J. W., NEUHAUS, G. & SONNEWALD, U. 2008: Strasburger, Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl. – Heidelberg: Spektrum.

DÖRKEN, V. M. & STEINECKE, H. 2010: Winterhärte und Frostresistenz nach zwei Extremwintern: Überlebenschancen exotischer Gehölze. – Gartenpraxis 2010(7): 16-22.

MOHR, H. & SCHOPFER, P. 1985: Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. – Berlin, Heidelberg: Springer.

STEINECKE, H., LÔ-KOCKEL, F. & DÖRKEN, V. 2009: Farb-Welten der Blätter und Hölzer. – Palmengarten, Sonderheft 42: 21-25.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Dörken Veit Martin

Artikel/Article: Herbstfärbung – eine spektakuläre "Recycling-Aktion" zum Ende der Vegetationsperiode 215-219