

Abschied auf Raten – Grüne Inseln im bunten Herbstlaub

Tamara Kleber-Janke und Bruno P. Kremer

Blattfall, Fallaub, Laubstreu, Streuzersetzung – am Waldboden geht es unauffällig, aber unaufhaltsam rund, damit wichtige Stoffe im Umlauf bleiben. Perfekter könnte ein systemerhaltendes Materialrecycling eigentlich gar nicht aussehen. Vor dem Ende als Humuskrümel inszeniert das fallende Blattwerk jedoch ein furioses, in

vielen biochemischen und ökologischen Details noch wenig verstandenes Farbspektakel. Dabei treten gelegentlich bemerkenswerte Störfälle des Normalgeschehens auf, die willkommener Anlaß sind, Regie und Dramaturgie der Umfärbereignisse etwas genauer zu betrachten, zumal sich hier außerdem kuriose Kleinstlebensräume auftun.

Zentnerweise sammelt sich gegen Ende der Vegetationsperiode unter den sommergrünen Waldbäumen und Sträuchern das Falllaub als Massenwurfsendung. Buchstäblich fallen je Hektar Waldfläche in einem mitteleuropäischen Laubwald in jeder Vegetationsperiode bis zu 4 t Blattmasse an. Über Jahre und Jahrzehnte hinweg müßte ein produktiver Wald eigentlich in seinem eigenen Abfall untergehen, gäbe es da nicht bemerkenswert effiziente Verwertungsgemeinschaften, die all dies wieder in Grund und Boden wirtschaften, was aus den höheren Regionen des Ökosystems Wald herabrieselt. Wenn die Waldgehölze im Laufe ihres langen Lebens mineralische Nährstoffe aus dem Boden entnehmen, richten sie mit ihrer lebenden oder bereits abgestorbenen Biomasse gleichsam nur Zwischenlager ein. Ein großer Teil der aufgenommenen Stoffe kehrt über den Bestandsabfall wieder zum Boden zurück und schlägt beim Humusvorrat erneut zu Buche. Von Natur aus bleiben sogar die meisten Mineralstoffe an Ort und Stelle. Holzernte oder andere Materialentnahmen zwingen jedoch einen gewissen Teil davon ab und bringen sie anderwärts in den Kreislauf der Totmaterialien zurück. In einem ungestörten, sich selbst überlassenen Waldökosystem findet eine nennenswerte horizontale Stoffverschleppung somit gar nicht statt. Die Endverwertung läuft praktischerweise gleich an der Produktionsstätte ab und ist Bestandteil der immanenten Dynamik des Ökosystems. Besser können ökosystemare Ressourcennutzung und Stoffrecycling eigentlich nicht funktionieren [14].

Das letzte Aufgebot

Bevor sich die laubwerfenden Bäume in den Herbstwochen von ihren Saisonblättern verabschieden und diese einfach zu Boden schicken, haben sie beinahe das Letzte aus den entbehrlich gewordenen Produktionsorganen herausgeholt: Besonders wertvolle Substanzen, wie die löslichen Zucker, oder stickstoffhaltige Verbindungen, wie die Aminosäuren, werden rechtzeitig vor dem Blattabwurf über das Phloem in die Speicherparenchyme der Zweige, Äste, Stämme und Wurzeln transportiert [14, 18]. Der Baum leistet damit seinen zahlreichen Blättern aktive Sterbehilfe. Sichtbarer Ausdruck dieses Geschehens ist die oft spektakuläre herbstliche Laubfärbung – ein geradezu furioses Finale in der nur kurz währenden Dienstzeit der einzelnen Blätter, das komplette Landschaften in Farbe versinken läßt. Auf der Ebene der Blätter vollzieht sich dabei eine komplexe Drama-

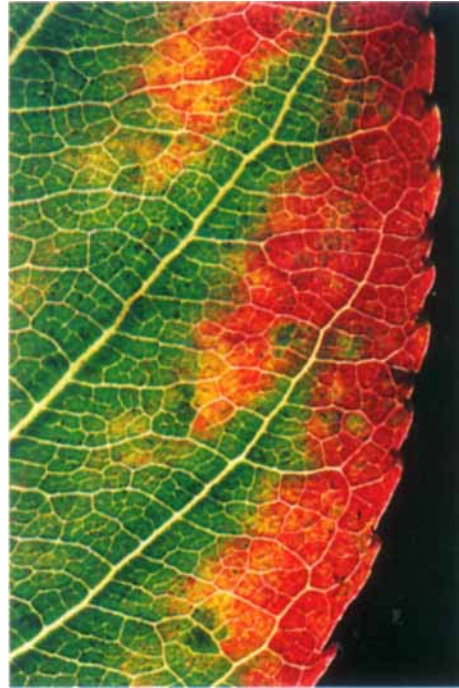


Abb. 1. Felderweise setzt vor dem Laubfall der Umbau der sommerlichen Blattpigmentierung ein. In der Nähe der Leitbahnen bleiben die Gewebe meist länger intakt.

turgie mit metabolischen Ab- und Umbauvorgängen, die artabhängig auch in die noch wenig verstandene Neusynthese von Vakuolenfarbstoffen einmünden kann. Dieser Finalmetabolismus beginnt oft streng areoliert in den einzelnen Intercostalfeldern der Blätter (Abbildung 1). Bei nicht saisonalen („immergrünen“) Blättern kann Parasitenbefall lokal begrenzte Umfärbereignisse mit intensiver Anthocyaninsynthese auslösen (Abbildung 2). Die Szene endet bei sommergrünen Bäumen und Sträuchern gewöhnlich mit monochrom roten oder gelben Blattspreiten (Abbildung 3).

Dem visuellen Schlußakkord geht in den Blättern ein genetisch kontrollierter terminaler Differenzierungsprozess voran, der schließlich zum Tod von Zellen, Geweben und Blättern führt und auch als Blattseneszenz bezeichnet wird [12]. Im Pflanzenreich sind unterschiedliche Seneszenzformen vertreten, wobei die synchrone Seneszenz des Blattwerkes der meisten Laubbäume im gemäßigten Klimagürtel die augenscheinlichste darstellt. Der jahresperiodische Laubwechsel, der mit einer Mobilisierung der Zellinhaltsstoffe aus den Laubblättern und einer

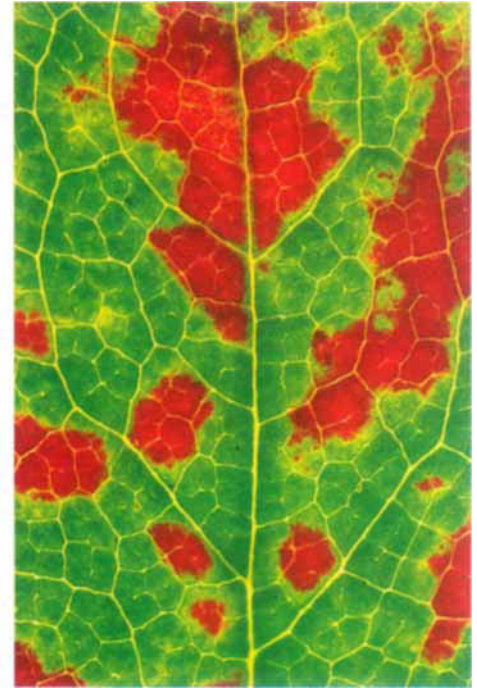


Abb. 2. Attacken durch Blattparasiten (etwa Pilze) können im mehrjährigen Blatt der Mahonie (*Mabonia aquifolium*) vorzeitige, auf einzelne Intercostalfelder beschränkte Umbildungen der Pigmentausstattung verursachen.

anschließenden Metabolitspeicherung in den überdauernden Organen einhergeht, ist eine durch lange Selektion erzwungene genetische Anpassung der Gehölze an die ungünstigen Temperatur- und Wasserverhältnisse während der kalten Jahreszeit [4, 14]. Die Blattverabschiedung ist jedoch kein passiver Zerfallsprozess, sondern eine aktive Phase der pflanzlichen Entwicklung, die mit zahlreichen regulierten Veränderungen auf ultrastruktureller, biochemischer, physiologischer und molekularer Ebene gekoppelt ist. Im alternden, abwurfbereiten Blatt verringern sich beispielsweise die Photosynthesekapazität und sonstige anabole Stoffwechselprozesse bei gleichzeitig vermehrtem Abbau der Zellinhaltsstoffe, was sich unter anderem auch in einer zunehmenden Aktivität von abbauenden Enzymen, wie Proteasen, Ribonukleasen und Enzymen des Glyoxylatzyklus, nachweisen läßt [8, 19].

Abbauprozesse

Im Mittelpunkt stehen dabei die Abbauprozesse in den Chloroplasten. Etwa 70 – 80 % des reduzierten, gebundenen Stickstoffs der

Blattzellen sind nämlich im Chloroplasten lokalisiert, wovon etwa 30 % auf die chlorophyllbindenden Proteine und etwa 50 % auf die Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase/Oxygenase (Rubisco) entfallen. Insgesamt besteht ein Chloroplast aus etwa 400 verschiedenen Struktur- und Funktionsproteinen, von denen 20 % im Chloroplastengenom und 80 % im Zellkern codiert sind. In der Folge sinkender Proteinsyntheseraten bei gesteigertem Abbau der Proteine durch signifikant erhöhte Proteaseaktivität nimmt der Gesamtproteingehalt im alternden Blatt kontinuierlich ab. Der durch den Proteinabbau mobilisierte Stickstoff wird innerhalb der Pflanze über das Phloem in Form von Säureamiden (wie Glutamin und Asparagin) zu den Winterdepots transportiert. In bestimmten Zielorganen, wie Früchten oder Samen, dient er auch der Neusynthese von Proteinen [6].

Auf ultrastruktureller Ebene zeigt sich das Seneszenzsyndrom zunächst vor allem in einer kennzeichnenden Veränderung der Chloroplasten. Einer Umstrukturierung von Grana- und Stromathylakoiden schließt sich der sukzessive Abbau der Thylakoidmembranen und schließlich des Chlorophylls an. In den nun als Gerontoplasten bezeichneten Organellen [7] bleiben die Carotenoide zunächst als Fettsäureester in den Plastoglobuli erhalten und verursachen so die auffällige Gelbfärbung der Blätter (Abbildung 3). Die intakte Thylakoidmembran besteht zu 55 % aus Protein und zu 45 % aus Lipiden. Etwa 40 % der Lipide sind Galaktolipide, 4 % Sulfolipide und 10 % Phospholipide. Die während der Blattseneszenz in unterschiedlichen Pflanzen-

arten nachgewiesenen Enzyme Malatsynthase und Isocitratlyase weisen darauf hin, daß im Zuge des Abbaus der Galaktolipide die durch Galaktolipasen freigesetzten Fettsäuren über den Glyoxylatzyklus in der Gluconeogenese wiederverwertet werden [13].

Während Blätter die Lipide und Proteine ihrer Thylakoidmembran recyceln, verhält es sich mit dem Abbau des Chlorophylls, dem auffälligsten Teilprozeß der Blattseneszenz, offensichtlich anders. Jährlich werden weltweit 10^9 t Chlorophyll abgebaut [5, 14]. Dieses Molekül, in dem nur 3 – 5 % des Blattstickstoffs gebunden sind, scheint jedoch unter dem Aspekt der Wiederverwertbarkeit für die Pflanze nicht besonders attraktiv oder ökonomisch zu sein. Vielmehr ist wohl davon auszugehen, daß die Chlorophylldegradation die unumgängliche Voraussetzung für den proteolytischen Abbau der viel wertvolleren Chlorophyllapoproteine ist, die im nicht seneszenten Blatt durch die Komplexierung mit dem Chlorophyll vor dem Abbau geschützt sind. Ein freies Chlorophyll mit intaktem Porphyrinring ist für die Zellen aufgrund seiner aggressiven photodynamischen Eigenschaften vermutlich so toxisch, daß sein Abbau letztlich sogar als Entgiftungsreaktion zu bewerten ist [9].

In der letzten Phase der Seneszenz, kurz vor dem Schlußakkord Laubfall, erfolgt schließlich die vollständige Auflösung der Thylakoide und der Chloroplastenhüllmembranen, gefolgt vom Zusammenbruch des Plasmalemmas und des Tonoplasten. Die Membranintegrität und die zelluläre Kompartimentierung

werden also erst in dieser späten Phase der Blattseneszenz aufgehoben, so daß über einen relativ langen Zeitraum des Alterungsprozesses noch eine weitgehend geordnete Koordination der Stoffwechselfvorgänge zwischen den einzelnen Zellorganellen möglich ist. Diese Koordination erfolgt durch ein genetisches Programm, dessen Induktion es größtenteils noch zu erforschen gilt. Alle bisher isolierten und identifizierten seneszenzspezifisch exprimierten Gene codieren für Proteine, die lediglich für die Symptome der Seneszenz verantwortlich sind (wie den Proteinabbau), nicht aber für deren Regulation [17]. Was vom Blatt nach dem beschriebenen geordneten Stoffabzug übrigbleibt, ist beinahe nur noch das formgebende Verpackungsmaterial (Abbildung 3). Fallaub ist daher für Pflanzenfresser höherer Entwicklungsstufen energetisch unergiebig und nahezu uninteressant, weil es ihnen kaum noch etwas zu bieten hat [14]. Aber immerhin ist das Wegwerfmaterial noch wertvoll genug, daß es vorübergehend auf Halde gelegt und in andere, überwiegend mikrobielle Konsumentenketten eingefädelt wird.

Nebenschauplatz „Grüne Insel“

Bevor ein Laubblatt am Waldboden der Restverwertung anheimfällt, können sich zum Saisonende eigenartige Störfälle der Blattverfärbung ereignen. Während der Herbstwochen sind in den schon weitgehend umgefärbten und chlorophyllfreien, daher meist gelben oder braunroten Blättern der Buchen, Birken und Platanen immer wieder einmal kleine Inseln von sommerlich frischem Grün (Abbil-



Abb. 3. Das Blattwerk der Rot-Buche (*Fagus sylvatica*) färbt gewöhnlich monochrom gelb – Stoffumbau bis zum Abfallen.



Abb. 4. Buchenlaub in der Laubstreu mit „Grünen Inseln“ als Stoffexklaven.



Abb. 5. *Uromyces*-Befall auf einem Birkenblatt (*Betula pendula*) mit verzögertem Chlorophyllabbau.



Abb. 6. Larve des Eichenspringgrüßlers (*Rhynchaenus quercii*). Im Aktionsbereich der Larve bleibt das Mesophyll frischgrün.



Abb. 7. Buchenminiermotte (*Stigmella he-margyella*) vor Ort: Der Phytohormonstoß konserviert ihr einen kompletten Blattsektor (siehe auch Abbildung 4).

dung 4) zu entdecken [11]. Bei näherem Hinsehen zeigen sich im Bereich einer solchen grünen Blattinsel die Spuren von Parasitenbefall, bei Birken beispielsweise die Sporenlager von *Uromyces*-Arten (Abbildung 5) [15]. Häufiger sind allerdings die Fraßgänge minierender Insektenlarven zu sehen, von Käferlarven, wie dem Eichenspringgrüßler (*Rhynchaenus quercii*, Abbildung 6) ebenso wie von winzigen Schmetterlingsraupen. Diese gehören meist zur Familie der Zwergmotten (Stigmellidae) oder den Gattungen *Nepticula* und *Stigmella*, welche die kleinsten europäischen Schmetterlinge mit Spannweiten von 2–3 mm darstellen (Abbildung 7). In den Laubblättern verschiedener Rosaceen durchtunnelt beispielsweise die Spezies *Stigmella anomalella* das Mesophyll. Ihre Minen sind besonders lang und überkreuzen sich gegebenenfalls mehrfach (Abbildung 8).

Solche Fremdeinwirkung durch Parasiten oder phytophage Konsumenten bringt den Lebensrhythmus der betroffenen Blattregion offensichtlich völlig durcheinander. Beim Durchtunneln des saftigen grünen Blattgewebes zerstören die umsatzfreudigen Insektenlarven unter anderem auch die feinen Stoffleitbahnen, welche die gesamte Blatt-

fläche als reich verästeltes Netzwerk durchziehen. Dabei trennen sie kleinere Blattareale von den stofflichen Signalfüssen in der übrigen Blattfläche ab, so daß der planmäßige metabolische Umbau im betreffenden isolierten Gewebebezirk entweder zur Unzeit oder weitgehend unkoordiniert in Gang kommt. Solchermaßen vereinzelte Bereiche der betreffenden Blattspreiten bekommen daher das entscheidende Signal zum Pigmentumbau und aller damit zusammenhängenden Abläufe der stofflichen Logistik gar nicht mit. Sie verpassen gleichsam den Herbsteinzug und verhalten sich immer noch so, als dauere der Sommer unverändert an.

Für immer grün mit Phytohormonen?

Die Grünen Inseln in den ansonsten schon komplett umgefärbten und/oder ausgeräumten Blättern lassen schon allein aufgrund ihrer Symptomatik und der an die Chlorophyllpräsenz gekoppelten metabolischen Aktivitäten an Phytohormoneffekte denken. Tatsächlich lassen sich hier abweichende Konzentrationen an bestimmten Wachstumsregulatoren nachweisen, welche in die herbstlichen Stoffmanöver in den Geweben steuernd und kon-

trollierend eingreifen. So weisen die grünen Blattbezirke, in denen der Chlorophyllabbau sichtlich gehemmt ist, bezeichnenderweise einen deutlich erhöhten Cytokiningehalt auf. Dieser resultiert aus einer bemerkenswerten Interaktion der tierischen Konsumenten, denn diese greifen mit tiereigenen Cytokininen in das stoffliche Geschehen ein. Die Speicheldrüsen von Kleinschmetterlingsraupen der Gattung *Stigmella*, die in Birken- und Buchenblättern minieren, enthalten Cytokinin [2]. Auch bei pilzlichen Attacken ist wohl von begleitenden Phytohormonwirkungen auszugehen.

Bei vielen Pflanzenarten wirken die Cytokine ebenso wie die Gibberelline als Antisenescenzhormone und sind damit Antagonisten von Ethylen, Abscisinsäure oder Jasmonsäure. Sie unterdrücken typische und oben etwas näher charakterisierte Senescenzvorgänge, wie Blattabwurf, Chlorophyll-, Protein- oder Nukleinsäureabbau. Appliziert man zum richtigen Zeitpunkt die passende Dosis Cytokinin von außen auf ein Blatt, so führt dies zur lokalen Verzögerung der Blattvergilbung (vergleiche Chlorophyllerhaltungstest zum qualitativen Cytokininnachweis [10]) und gegebenenfalls sogar zur Wie-

derergrünung von bereits vergilbten Blättern. Tritt ein Blatt in die Seneszenzphase ein, sinkt sein endogener Cytokiningehalt entsprechend deutlich ab [16]. Die verjüngende und vitalisierende Wirkung von Cytokinin basiert auf dem direkten Einfluß dieses Hormons auf verschiedene Stoffwechselprozesse, wie beispielsweise einer Steigerung der Protein- und RNA-Synthese, der Aufrechterhaltung des Photosyntheseapparates sowie einer Hemmung der Chlorophyll-, Protein- und Nukleinsäuredegradation. Außerdem beeinflusst es die Membranpermeabilität und diverse Enzymaktivitäten. Wie alle Phytohormoneffekte sind auch die Wirkungen der Cytokinine von überaus komplexer Natur. Die vielschichtigen Wechselwirkungen mit anderen Phytohormonen sind dabei ebenso zu berücksichtigen wie die Hormonsensitivität des jeweiligen Gewebes.

Eine Speisekammer nach Bedarf

Für die im Blatt minierenden Insektenlarven hat dieser verjüngende Effekt des Cytokinins eine enorm praktische Konsequenz: Die Grünen Inseln bieten ihnen nämlich geraume Zeit über die eigentliche Vegetationsperiode hinaus zumindest noch so viel Frischfutter, wie sie zum Erreichen der Verpuppungsreife benötigen. Da die verschiedenen Arten der blattminierenden Zwergmotten gewöhnlich zwei oder drei Generationen im Jahr hervorbringen, ist eine wochenweise über den Laubabwurf der Futterpflanzen hinaus verlängerte Ernährungsperiode durchaus von autökologischem Interesse. Der Kleinlebensraum ist eine Speisekammer, deren Futterbevorratung die minierende Raupe durch eigene, in den pflanzlichen Seneszenzmetabolismus eingreifende Signalstoffe moduliert.

Bei allen Blattminierern zeichnen die Fraßgänge jeweils die gesamte Biographie der Raupen nach, denn sie beginnen jeweils am Eiablagepunkt auf der Blattunterseite. Recht häufig ist die Buchenminiermotte (*Stigmella hemargyella*), die fast immer im Winkel zwischen zwei kräftigeren Leitbündeln arbeitet (Abbildung 7). Mit zunehmender Größe der Raupen wachsen auch die Durchmesser der verschlungenen Futtergänge und geben somit ein augenfälliges Maß für den wachsenden Appetit dieser Tiere. Mit etwa zwei bis drei Millimetern Länge ist die Raupe der Buchenminiermotte erwachsen. Sie verläßt dann ihre grüne Speisekammer und verpuppt sich im Boden (Abbildung 9). Wenn sie schon vorher mit ihrem Blatt zu Boden ging, bleibt

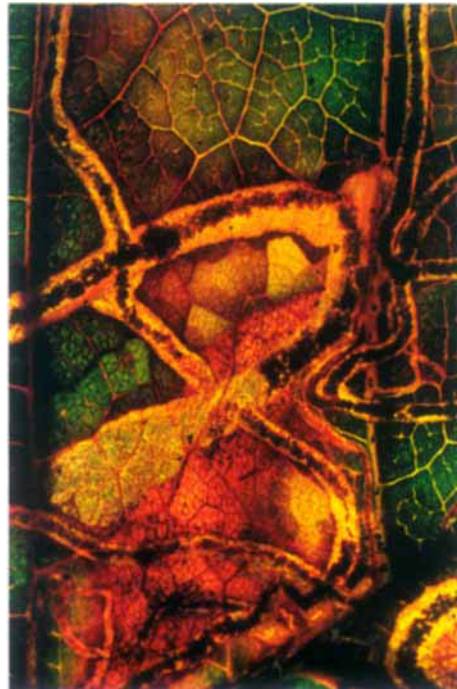


Abb. 8. Minen der Rosenminiermotte (*Stigmella anomalella*) in der Vogel-Kirsche (*Prunus avium*). Die noch nicht konsumierten Mesophyllpartien bleiben länger grün.

ihr sogar der mutige Sprung aus luftiger Höhe erspart. Noch praktischer richtet es die verwandte Ahornminiermotte (*Ectoedemia sericeopeza*) ein: Die Eiablage erfolgt immer am Rande der noch grünen Fruchtblätter, so daß sich die Raupe bis zu Beginn der Verpuppungsreife langsam zur Samenkammer vorarbeiten kann und durch deren Zerstörung den vorzeitigen Fall der Flügelfrucht auslöst [1]. Die Raupe verläßt dann ihr Flugzeug und sucht zur Verpuppung ein Versteck am Stammfuß auf.

Zusammenfassung

Herbstliches Falllaub geht mitunter nicht monochrom gelb, rötlich oder braun zu Boden, sondern weist abweichende Interkostalfelder mit persistenter und offensichtlich intakter Chlorophyllausstattung (Grüne Inseln) auf. In diesen Gewebebereichen setzt die typische stoffliche Finallogistik der Blattseneszenz mit Stoffmobilisierung und struktureller Desintegration stark verzögert ein. Diese Symptome gehen auf Phytohormone, gewöhnlich Cytokinine, zurück, die von minierenden Schmetterlingsraupen (vor allem aus der Gattung *Stigmella*) freigesetzt werden. Die Grünen Inseln im Herbstlaub sind besondere, in der



Abb. 9. Die Raupe von *Stigmella hemargyella* hat das am Boden liegende Buchenblatt zur Verpuppung verlassen. Ihre Cytokinininteraktionen wirken immer noch nach.

Autökologie der gewebekonsumierenden Raupen fest vorgesehene Kleinlebensräume, die gegen Ende der Vegetationsperiode das Erreichen der Verpuppungsreife garantieren.

Green islands in autumn leaves

Autumn-leaves of deciduous trees are not invariably monochromous yellow, red or brown, but sometimes show persistent and obviously functionally small green patches on the lamina ("green islands"). In these areas leaf senescence encompassing metabolite remobilization and desintegration of the cellular structures are considerably delayed. Such symptoms are due to phytohormones (mainly cytokinins) released from caterpillars (genus *Stigmella*) upon mining through the mesophyll. Green islands in coloured autumn leaves thus represent particular microhabitats providing the amount of resources required by the animal until pupation.

Literatur

- [1] A. Brauns (1991) Taschenbuch der Waldinsekten. Grundriß einer terrestrischen Bestandes- und Standort-Entomologie. 4. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- [2] L. Engelbrecht (1971) Cytokinin activity in larval infected leaves. *Biochem. Physiol. Pflanzen* **162**, 9–27.
- [3] S. Gan, R. M. Amasino (1995) Inhibition of leaf senescence by autoregulated production of cytokinin. *Science* **270**, 1986–1988.
- [4] K. Grossmann (1992) Wie lange bleibt ein Blatt grün? *Praxis der Naturwissenschaften* **4**, 8–11.
- [5] G. A. F. Hendry, J. D. Houghton, S. B. Brown (1987) The degradation of chlorophyll – a biological enigma. *New Phytol.* **107**, 255–302.
- [6] R. C. Huffaker (1990) Tansley Review No. 25. Proteolytic activity during senescence of plants. *New Phytol.* **116**, 199–231.
- [7] H. Kleinig, P. Sitte (1992) *Zellbiologie*. Ein Lehrbuch. 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- [8] C. Laurière (1983) Enzymes and leaf senescence. *Physiol. Veg.* **21**, 1159–1177.
- [9] P. Matile, B. Kräutler (1995) Wie und warum bauen Pflanzen das Chlorophyll ab? *Chemie in unserer Zeit* Nr. **6**, 298–306.
- [10] K. Mothes (1960) Über das Altern der Blätter und die Möglichkeit ihrer Wiederverjüngung. *Die Naturwissenschaften* **15**, 337–351.
- [11] K. Mothes (1970) Über grüne Inseln. *Acta Leopoldina* **15**, 171–172.
- [12] L. D. Noodén, A. C. Leopold (1988) Senescence and aging in plants. Academic Press, San Diego.
- [13] L. Pistelli, L. De Bellis, A. Alpi (1992) Effect of leaf senescence on glyoxylate cycle enzyme activities. *Aust. J. Plant Physiol.* **19**, 723–729.
- [14] R. E. Ricklefs (1997) The economy of nature. W. H. Freeman, New York.
- [15] M. Shaw (1963) The physiology and host-parasite relations of the rusts. *Annual Rev. Phytopath.* **1**, 259–294.
- [16] S. Singh, D. S. Letham, L. M. S. Palni (1992) Cytokinin biochemistry in relation to leaf senescence. VIII. Translocation, metabolism and biosynthesis of cytokinins in relation to sequential leaf senescence of tobacco. *Physiol. Plant* **86**, 398–406.
- [17] C. M. Smart (1994) Gene expression during leaf senescence. *Tansley Rev. No. 64*, *New Phytol.* **126**, 419–448.
- [18] K. V. Thimann (1980) Senescence in plants. CRC Press, Boca Raton.
- [19] H. W. Woolhouse (1982) Leaf senescence. *Bot. Monogr.* **18**, 256–281.

Zu den Autoren



Tamara Kleber-Janke, geb. 1967, Studium der Botanik, Biochemie und Mikrobiologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Diplom 1992. Promotion 1996 am Institut für Allgemeine Botanik in Hamburg im Arbeitsbereich „Angewandte Molekularbiologie der Pflanzen“ über ein Thema zur Charakterisierung der veränderten Genexpression beim Einsetzen der Blattseneszenz von Gerste. Anschließend wissenschaftliche Mitarbeiterin am o. g. Institut im Arbeitsbereich Genetik mit dem Schwerpunkt: Charakterisierung der molekularen Cytokininwirkung bei einem Laubmoos. Seit April 1997 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Forschungszentrum Borstel im Bereich Lebensmittelallergie.

Bruno P. Kremer ist den BIUZ-Lesern bekannt.

Anschriften

Dr. Tamara Kleber-Janke, Forschungszentrum Borstel, Zentrum für Medizin und Biowissenschaften, Laborgruppe Biochemische und molekulare Allergologie, Parkallee 22, D-238345 Borstel.

Dr. Bruno P. Kremer, Universität zu Köln, Institut für Biologie und ihre Didaktik, Albertus-Magnus-Platz, D-50923 Köln.