

1. Angriff und Abwehr
2. Kampf und Kooperation
3. Tricks und Tarnung
4. Weiden und Wüsten

Mo. 14.5.2001, 6.30–7.30 Uhr

Mo. 21.5.2001, 6.30–7.30 Uhr

Länge der Sendungen: jeweils ca. 15'

1. Angriff und Abwehr

Das Wechselspiel zwischen Pflanzen und pflanzenfressenden Tieren bestimmt maßgeblich das Geschehen auf diesem Planeten, seit diese vor mehr als 400 Millionen Jahren das Land eroberten. Die pflanzenfressenden Organismen stellen mit mehr als 350.000 Arten gut ein Viertel aller bisher bekannten Tierarten.

Ein Spaziergang in Feld, Wald oder auch Halbwüste zeigt uns gesunde Pflanzen neben anderen, welche die Auseinandersetzung mit ihren Fraßfeinden verloren haben. Darwins metaphorisch gemeinter „Kampf ums Dasein“ wird unmittelbare Realität für den entlaubten Strauch, das von Raupen zerfressene Kraut oder den von Käferlarven durchlöchernten Pflanzensamen. Fallbeispiele fehlender oder ungenügender pflanzlicher Abwehr veranschaulichen das Vernichtungspotenzial pflanzenfressender Tiere. Bei gelegentlich auftretenden Massenvermehrungen bestimmter Insekten kann dieses Potenzial für ganze Landstriche zu einer Katastrophe führen.

Der scheinbar unbegrenzte Vorrat an grüner Pflanzennahrung in Feld, Wald und Steppe ist für pflanzenfressende Tiere jedoch nicht so uneingeschränkt genießbar, wie es auf den ersten Blick scheint, denn ein Großteil der Pflanzen hat wirksame Gegenmittel entwickelt, um nicht „gefressen“ zu werden. Hierbei handelt es sich um eine enorme Vielfalt mechanischer und chemischer Abwehrmechanismen gegen tierische Fressfeinde (Herbivoren). Beide Gegenspieler sind zu evolutionärer Veränderung fähig, und

DER heimliche KRIEG

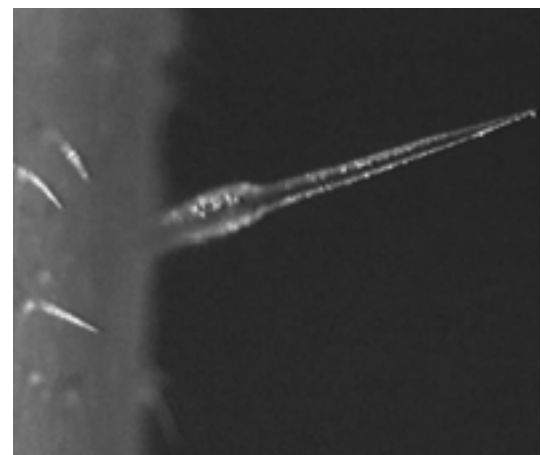
so entwickelten auch Herbivoren in dieser langen Zeit der Koexistenz ein umfangreiches Arsenal von Anpassungsmechanismen, die es ihnen ermöglichen, z. B. dornige Pflanzen zu nutzen, schlecht verdauliche Fasern aufzuschließen oder Pflanzengifte zu neutralisieren.



Dornen zur Abschreckung von großen Pflanzenfressern und gelbe Blüten laden ein zur „freiwilligen“ Nektargabe und Bestäubung

Natürliche Selektion ist die Kraft, die diesen unerbittlichen, verwickelten und interessanten Kampf zwischen Pflanzen und Tieren antreibt. In jedem Stückchen Wald, Steppe und Wiese unserer Welt nutzen Pflanzen verschiedenste Abwehrmechanismen, um

in der Gesellschaft pflanzenfressender Tiere überleben zu können und sich fortzupflanzen – ohne diesen Schutz würden sie vernichtet werden. Die pflanzenfresser hingegen setzen alles daran, diese Verteidigung aufzuheben oder zu umgehen und versuchen gleichzeitig, sich effektiver fortzupflanzen als Konkurrenten der eigenen Art oder anderer Spezies.



Brennhaar der Brennnessel, eine wirksame Abwehr nur für Wirbeltiere unter den Pflanzenfressern

Die Verteidigungsmittel der höheren Pflanzen können ständig präsent sein oder erst dann aufgebaut werden, wenn eine Pflanze durch ihre Feinde angegriffen wird. Solche Methoden

bezeichnet man als induzierbare Abwehrmechanismen. Ferner stehen einer bestimmten Pflanzenart mehrere oder gar zahlreiche verschiedene Schutzrichtungen zur Verfügung – nicht nur eine oder zwei. Es handelt sich also um komplexe Systeme mit mechanischen, strukturellen und chemischen Abwehrmethoden.

Eine Welt, die uns als monotones Grün erscheinen mag, ist für einen Pflanzen fressenden Organismus ein Mosaik aus schmackhaften, schädlichen und gar tödlichen Flecken von Blattwerk oder Samen. Für eine Wegschnecke, einen Käfer oder ein Reh ist ein Wald oder eine Wiese eine vielfältig strukturierte Landschaft aus Gerüchen und Geschmacksstoffen, deren Unterscheidung eine existenzielle Frage ist. Was für die eine Art gemäß ihrer speziellen Anpassung oder Strategie die passende Nahrung darstellt, kann für die andere Art den Tod bedeuten.

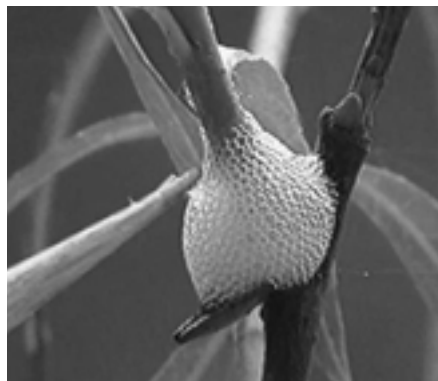
(Es gibt in der Ökologie kaum Fragestellungen, die noch stärker von grundlegendem und praktischem Interesse sind als die Frage: „Warum fressen verschiedene Herbivoren unterschiedliche Pflanzen?“)

Pflanzen fressende Tiere ergreifen mechanische, chemische und viele andere spezielle Gegenmaßnahmen, um mit den pflanzlichen Schutzvorrichtungen fertig zu werden bzw. diese zu überlisten oder zu umgehen. Grundlegende Prinzipien findet man analog bei so verschiedenen Tieren wie Käfern oder Rindern. Das Größenspektrum der Pflanzenfresser reicht von winzigen Insekten mit einem Gewicht von wenigen Milligramm bis hin zu den größten Landsäugetieren, tonnenschweren Elefanten. Noch weit differenzierter als dieser Größenunterschied sind die von Pflanzenfressern entwickelten Methoden, um Pflanzen abzupflücken, abzuschneiden, zu durchbohren, zu zerkleinern, auszusaugen, zu entgiften, mittels Symbionten aufzuschließen oder sonst wie für ihre Zwecke der Nahrungsaufbereitung oder Brutfürsorge nutzbar zu machen.

2. Kampf und Kooperation

Selbst Beispiele zu extremen und interessanten Anpassungen sind so zahlreich, dass sie bereits bei jedem Spaziergang in der heimischen Natur beobachtet werden können.

Zu den mit besonderer Methodik arbeitenden Insekten zählen u. a. die Zikaden als Pflanzensauger. Ihre Nahrungsaufnahme erfolgt hochgradig spezialisiert, quasi per Strohhalm: die Mundwerkzeuge sind zu stechend saugender Funktionsweise umgebaut. Um den Pflanzensäften genügend Nährstoffe entnehmen zu können, muss die Zikade Pflanzensaft im Überfluss aufnehmen. Sie scheidet daher in großer Menge Wasser und auch Kohlenhydrate aus. Unter einem großen Weidenbaum, der stark von Zikaden befallen ist, kann dies buchstäblich als Nieselregen aus dem Astwerk tropfen. Die Schaumzikaden nutzen den Überschuss an Wasser für die Bildung des sie umgebenden Schaumnestes.



„Kuckucksspeichel“ – das Nest der Schaumzikade

Die Pflanzenfresser verschieben das Gleichgewicht der natürlichen Selektion zum Nachteil der unzureichend geschützten Bäume, Sträucher oder Kräuter. Und doch sind wir von grünen Pflanzen umgeben, die durch Wachstum, Ausdauer oder Abwehr ihren Feinden trotzen. (Aktuelle Forschungsvorhaben und mit die wichtigsten Fragen der modernen Ökologie

DER heimliche KRIEG

lauten daher: Wie können Pflanzen der Bedrohung durch Herbivoren in Zeit und Raum entkommen? Warum sind manche Arten im Gegensatz zu anderen erfolgreich? Warum können einige Individuen unbeschadet überleben, während Nachbarpflanzen völlig zerfressen werden? Was schützt Bäume in manchen Jahren vor Entlaubung, wohingegen sie in anderen Jahren von gierigen Raupen kahlgefressen werden?)

Neben den ständig vorhandenen Giftstoffen werden solche Fraßgifte in vielen Fällen erst dann vermehrt von den Pflanzen eingesetzt, wenn ein Tier beginnt, an den Blättern zu fressen.

Beim Blattfraß von Insektenlarven werden bei manchen Pflanzen Boten-



Schaumzikade, unter ihrer schützenden Hülle hervorgelockt

stoffe freigesetzt, die sich über den Pflanzenkörper verteilen und die Teile der Pflanze, die in der Lage sind, Giftstoffe herzustellen, zu einer erhöhten Produktion anregen.

In der Folge verlassen die Tierarten, welche mit der Konzentration eines Fraßgiftes nicht mehr zurechtkommen, diese Pflanze, oder sie werden buchstäblich vergiftet. Auch besser

angepasste Arten wenden sich dann den Nachbarn zu, bei denen die Fraßgifte noch nicht in der hohen Konzentration vorliegen. Nur optimal ange-



Raubwanze attackiert die Larve des Kartoffelkäfers

passte Arten der Pflanzenfresser tolerieren solche Fraßgifte auch in hoher Konzentration; sie sind weitgehend immun gegen diesen Abwehrstoff.

Die Abwehrstrategien der Pflanzen gegen ihre Fressfeinde beinhalten auch gemeinsame Aktionen mit anderen Tieren. Die Pflanzen vergeben in solchen Fällen einen mehr oder weniger direkten Auftrag bzw. ein Signal an die umgebende Lebensgemeinschaft, welches auf verschiedene Art beantwortet werden kann.

Wenn z. B. die Kartoffelpflanze von den Larven des Kartoffelkäfers angefressen wird, so verströmt sie Duftstoffe und signalisiert damit ihrer Umwelt „ich werde gefressen“ – oder eben auch „hier gibt es Larven des Kartoffelkäfers“. Auf dieses Duftsignal reagieren manche andere Insekten, wie z. B. Raubwanzen, und werden in die Bereiche gelockt, in denen höhere Konzentrationen dieses Duftstoffes auftreten. Dort verzehren die Raubwanzen Kartoffelkäferlarven zur eigenen Ernährung und können so durchaus die Pflanzen von ihrem Fraßfeind entlasten. Der Angriff der Raubwanzen erfolgt mit dem Stechrüssel ihrer Mundwerkzeuge, die Käferlarve wird aufgespießt und ausgesaugt.

3. Tricks und Tarnung

Jede Abwehrstrategie einer Pflanze gegen diesen oder jenen Fressfeind hat ihren Preis im Energieeinsatz, der hierzu erforderlich ist. Es sind deshalb nicht zwingend die Pflanzenarten mit der aufwendigsten Feindabwehr die erfolgreichsten in einer Lebensgemeinschaft. Denn sie müssen sich auch behaupten gegen ihre pflanzliche Konkurrenz im Kampf um Nährstoffe, Wasser, Licht und die eigene Fortpflanzung. Nur eine ausgewogene Strategie kann im System erfolgreich sein. Dies kann auch bedeuten, auf ein potenzielles oder akutes Zerfressen nicht mit dem Aufbau aufwendiger Abwehr, sondern z. B. mit einer schnellen Generationsfolge oder einer erfolgreicherer Fortpflanzungs- und Verbreitungsstrategie zu reagieren.

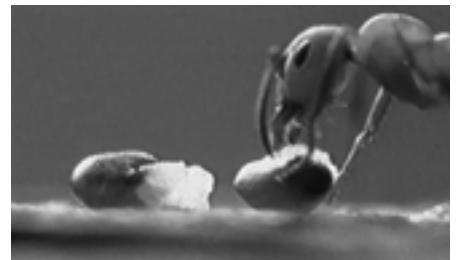
Das pflanzliche Waffenarsenal besteht also nicht nur aus dem mechanischen Schutz der Oberflächen z. B. durch Dornen und Drüsenhaare, den Stoffeinlagerungen z. B. von Makromolekülen und Kieselsäure im Gewebe oder der Anreicherung von Pflanzengiften.

Darüber hinaus rekrutieren manche Pflanzen auch „mobile Hilfstruppen“, die ihnen gegen Belohnung durch Verköstigung entsprechenden Schutz gewähren. Hierzu zählen etwa die vielfältigen Beziehungen zwischen manchen Ameisenarten und Pflanzen. So werden z. B. von der Zaun-Wicke Nektarien an den Blattachsen angelegt, die Ameisen anlocken. Andere Pflanzenarten in Südafrika haben sich durch die Zufütterung über Nektarien bei den Ameisen so beliebt gemacht, dass diese jeweils im Wurzelbereich der Pflanze ihr Nest anlegen, um einen noch wirksameren Schutz zu gewährleisten.

Noch weiter gehen andere Pflanzen in der Nutzung der Mobilität der Ameisen, wenn es um die Verbreitung ihrer Samen geht. In manchen europäischen Laubwäldern werden 30–40 % aller Pflanzensamen von Ameisen transportiert und verbreitet. Manche Pflanzen, wie z. B. der Lerchensporn, bilden für diesen Zweck extra ein

DER heimliche KRIEG

weißes Samenanhangsorgan aus. Dieses ist außerordentlich reich an Lipiden, Zuckern, Proteinen und Stärke und damit für die Ameisen hochattraktiv. Die Ameisen ergreifen den Samen an diesem Anhängsel (Elaiosom) und transportieren ihn in Richtung Nest. Oft schon unterwegs löst sich der Samen von dem Anhängsel, aber selbst wenn er haften bleibt, wird er nach dem Verfüttern des Anhängsels wieder aus dem Nest geworfen. Der große Vorteil für die Pflanze liegt in der raschen Verbreitung und Verteilung der Samen über den Waldboden. Die samenfressenden anderen Insekten oder Kleinsäuger haben es so viel schwerer, den Samen zu finden, da er nicht mehr konzentriert unter den samenproduzierenden Pflanzen liegt.



Waldameise mit den Samen des Lerchensorns

Viele Ameisen verwerten Pflanzenmaterial auch zum Zwecke des Nestbaues, so in besonders kunstvoller Form die tropischen Weberameisen. Auch hier profitiert die Pflanze von dem Schutz durch die mobilen, beißenden und Ameisensäure verspritzenden Tiere, die gleich bei jeder Bewegung in Nestnähe ausschwärmen.

Neben solchen einfacher durchschaubaren Zusammenhängen sind jedoch viele Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Tieren weitaus komplexer.



Nest der Weberameise in Südostasien

Hierzu zählt – letztlich in der Sekundärverwertung von Pflanzensäften – die Pilzsymbiose der glänzend schwarzen Holzameise (*Lasius fuliginosus*).

Es gibt eine Reihe von Ameisenarten, die Pflanzenteile abschneiden, um dann auf diesen Substraten Pilze zu züchten, die sie als Nahrung verwenden. Weniger bekannt ist die Pilzsymbiose der glänzend schwarzen Holzameise, obwohl es sich um eine einheimische Art handelt. Symbiosen dieses Typs sind, soweit bisher bekannt, beschränkt auf wenige Arten der Ameisengattung *Lasius*, d. h., sie finden weltweit keine Parallele bei anderen Ameisengruppen.

Es ist eine Symbiose mit dem Pilz *Cladosporium myrmecophilum*. Dieser Pilz wächst ausschließlich in den Wänden der Kartonnester dieser Ameisenart. Die Kolonien der glänzend schwarzen Holzameise werden in den Hohlräumen von Bäumen angelegt und mit einem Kartonnest gefüllt. In diesem Nest werden in den einzelnen Kammern die verschiedenen Funktionen des Ameisenstaates erfüllt (Eiablage, Larvenentwicklung, Brutfürsorge etc.). Vier verschiedene Kästen bevölkern den Staat. Arbeiter der ersten Kaste, ältere Tiere, sammeln Feststoffe und transportieren diese in den Nestraum. Die zweite Kaste, ebenfalls ältere Tiere, tragen den Honigtau von Blattläusen ein. Hierbei werden Blattlauskolonien regelrecht betreut und beschützt. Die Blattläuse profitieren hiervon und haben am Ende des Hinterleibes sogar einen Haarkranz ausgebildet, der den Honigtautropfen solange halten kann, bis eine Ameise ihn aufnimmt.

Die eigentliche Ameisenschutztruppe wird damit hauptberuflich zu einer Pflegetruppe der Pflanzensaftsauger und schützt nicht nur die Pflanze vor dem Befall Dritter, sondern vor allem die Pflanzensäfte saugenden Blattläuse.

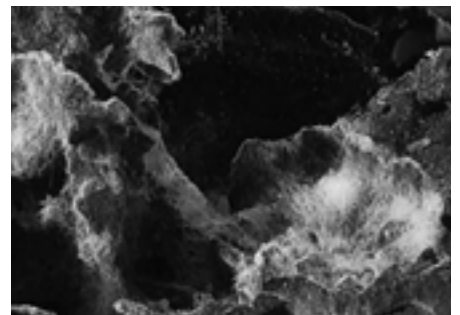
Innerhalb des Nestes wird der Honigtau an die Arbeiterkaste übergeben, die mit dem Nestbau und der Brutfürsorge befasst ist. Sie verarbeitet den Honigtau sowie die Feststoffe zu dem Nestbaustoff. Die dünnwandigen Schichten dieses Nestes bestehen zu bis zu 50 % der Trockenmasse aus Zucker. Eine vierte Kaste baut Teile des vorhandenen Nestes um, und verfrachtet hierbei auch die Mycelia des Pilzes an die neuen Nestteile. Die Ameisen ernten die Pilze kontinuierlich ab. Entnimmt man die Ameisen einem solchen Kartonnest, so sprießen die Pilze ungehindert und verwachsen regellos zu einer pelzigen Masse.

Ganz im Gegensatz zu den anderen Pilz züchtenden Ameisenarten oder auch den Termiten fressen die glänzend schwarzen Holzameisen diesen von ihnen kultivierten Pilz jedoch nicht, er ist keine Nahrungsgrundlage. Diese Nutzung eines Pilzes ist im Endprodukt vergleichbar der Verwendung von Stahlarmierungen, Trägern und Stützen, wie sie der Mensch in Verbindung mit Beton z. B. im Stahlbeton-Hochbau verwendet. Das Mycelium der Pilze wächst in und durch die Wände des Nestes und stabilisiert diese mit seiner verflochtend netzartig angeordneten Struktur. Die Anwendung bei den Ameisen ist nur um vieles geschickter, energiesparender und nachhaltiger, da sie einen nachwachsenden Rohstoff für ihre Konstruktion verwenden, die Ressource insofern unbegrenzt ist und die Übertragung auf das nächste, neue Nest in Form einer Impfung mit winzigen Teilen des Pilzes sehr viel praktischer ist. (Von der Verwendung einer ähnlichen effizienten Technologie – im Bauwerk nachwachsende, stabilisierende Baustoffe – sind wir leider noch weit entfernt, so dass es bis auf Weiteres bei der Einmalverwendung von Baustoffen mit hohem Energieverbrauch und der Ausbeutung z. T. begrenzter Rohstoffvorkommen bleiben wird.)

DER heimliche KRIEG



Arbeiter der glänzend schwarzen Holzameise bei der Betreuung einer Blattlauskolonie



Neststruktur der glänzend schwarzen Holzameise und Mycelia des Pilzes

Größere Pflanzen, Sträucher und Bäume, stellen für das Reich der Pflanzen verwertenden Tiere eine entsprechend interessantere und vielfältig nutzbare Quelle dar. So weisen auch viele der bei uns heimischen Baumarten ein Artenspektrum an Pflanzenfressern auf, das Hunderte von Arten beinhaltet. Diese können oft schon an den Spuren erkannt werden, die sie anlässlich ihrer zerstörenden Tätigkeit hinterlassen.

Blattminen, gerollte und gewickelte Blätter, Lochformen und Muster in Blättern, Gallen und Verwachsungen oder gar Fraßspuren im Ast- und Stammholz verraten manchmal gleich die Art, in der Regel die Familie oder Gattung des Verursachers.

Bei den Blattwicklern und -rollern sind Käfer oder Schmetterlinge die Verursacher. Sie geben dem Blatt eine bestimmte Form, um im Innenraum entsprechend geschützte und klimatisch günstige Verhältnisse für sich oder ihre Nachkommenschaft zu erzeugen.

Eine der besonders auffälligen Formen ist der Blattwickel des Birkenblattrollers. Er ist ein Rüsselkäfer und wohl der interessanteste Blattroller, weil er auf der Blattspreite eine verwickelte Schnittfigur ausführt, um einen kunstgerechten Trichter zu wickeln.

Das Weibchen schneidet in der Nähe der Blattbasis rechts von der Mittelrippe eine stehende S-förmige Kurve vom Blattrand bis zur Mittelrippe, kerbt die Mittelrippe etwas an und schneidet dann auf der linken Blattseite eine liegende, flachere S-förmige Kurve von der Mittelrippe bis zum Blattrand. Dann wird die rechtsseitige Blathälfte zum Innentrichter gewickelt und die linksseitige als Außentrichter darüber gewickelt. Dies ist die regelmäßige Schnitt- und Wickelfolge; es kann aber auch linksseitig mit Schneiden und Wickeln begonnen werden. Die Eiablage erfolgt in Einschnitten in die Oberhaut des Blattes; ca. 2–5 Eier werden pro Wickel abgelegt.

Der Wickel wird an der Spitze durch Einbiegen der Blattzipfel sorgfältig verschlossen und die Außenränder des Wickels durch einige Rüsselstiche zusammengeheftet. In etwa einer Stunde ist ein solcher Brutbau vollendet. Von dem Mathematiker E. Heiß ist nachgewiesen worden, dass diese Anbringung der Schnitte die für die Arbeit vorteilhafteste ist. Die eigentümliche Form der Schnittkurven bietet beim Wickeln der abgetrennten Blathälften größere Vorteile, als wenn die Schnitte einfachere Kurven wären, und garantiert eine besonders feste Verbindung der einzelnen Blathälften. Ja, es lässt sich sogar nachweisen, dass der rechtsseitige S-förmige Einschnitt im bestimmten geometrischen Verhältnis zu dem Blattrand steht.

Man kann die untere Hälfte des stehenden S auffassen als Teil eines Kreises, der zu dem äußeren Blattrand im

Verhältnis von Evolute zur Evolvente steht. Der Käfer löst also praktisch eine höchst schwierige mathematische Aufgabe, nämlich die Evolute aus der Evolvente zu konstruieren.



Birkenblattroller bei der Anfertigung des Blattwickels

4. Weiden und Wüsten

In vielen Aspekten ist dieses Wechselspiel zwischen Pflanzen und ihren Fressfeinden auch von immenser ökonomischer und existenzieller Bedeutung, da letztlich die Nahrungsgrundlage vieler Menschen latent und akut durch Ereignisse auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bedroht ist.

Diese Bedrohung kann periodisch bestimmte Zeiträume umfassen, in denen durch Pflanzen fressende Tiere die Ernte in einer Region gefährdet wird, sie kann indirekt erfolgen, indem toxische Substanzen zur Prävention vor Pflanzenfressern verwendet werden, die den Menschen als Endkonsumenten der Nahrungskette schädigen oder das Ökosystem vor Ort, in dem diese Mittel eingesetzt werden.

Der menschliche Eingriff in den Naturhaushalt zum Zwecke der Nutzung führt zwangsläufig zu dessen Veränderung – je nach Art und Umfang in ganz unterschiedlichem Maße. Die Pflanzen fressenden Tiere werden hierbei ebenso wie die Pflanzen einer primiti-

DER heimliche KRIEG

ven Klassifikation unterzogen. Schädlinge bzw. Unkräuter sind die Arten, welche den Nutzungsprozess stören. Nützlich sind diejenigen, welche traditionell als Nahrungsmittel verwendet werden, oder von denen bekannt ist, dass sie schädigende Arten dezimieren.

Aufgrund dieses zu primitiven Denkansatzes werden die eigentlichen Abläufe in den komplexen Lebensgemeinschaften der Natur nicht erfasst, und der Erfolg für den Menschen als Endkonsumenten der Nahrungskette ist dann oft nur von kurzer Dauer. Er schädigt sich selbst durch toxische Substanzen in den Nahrungsketten und stört mehr oder weniger nachhaltig die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme.

Besonders gravierend sind dauerhafte Schäden, die z. B. durch Monokulturen und den damit einhergehenden Folgen oder Massentierhaltung ausgelöst werden.

Hierunter fallen v. a. Schädigungen der Böden als Wuchsbedingung für Pflanzen und Erosionsbildungen, die im Endprodukt eine „Verwüstung“ ganzer Landstriche zur Folge haben. In vielen Ländern ist dieses Problem sehr viel gravierender als allgemein bekannt, und erschreckend ist die Nachhaltigkeit, denn der Verlust der Böden kann nicht in absehbaren Zeiträumen kompensiert werden.

Und dies kann relativ rasch eintreten. In den niederschlagsarmen Regionen z. B. in Südafrika verschwinden durch Überweidung mit Herden von Pflanzenfressern, Ziegen und Rindern z. T. innerhalb einer Generation in ganzen Landstrichen viele einst dort heimische Pflanzenarten. Und Erosionsrinnen kündigen bereits den Verlust an, der dann auch die Menschen als Nutznießer der Herden treffen wird.