

# 2

# Chemische Abwehrmechanismen

## Am Beispiel: Alkaloide

### Allgemeines

Ein wesentlicher Bestandteil pflanzlicher Abwehr gegen Fraßfeinde und Krankheitserreger sind chemische Abwehrmechanismen [1]. Die beteiligten sekundären Pflanzenstoffe erfüllen wichtige physiologische und ökologische Funktionen für die Pflanze [2]. Sie wirken als Fraßhemmer, Schreckstoffe, Insektizide oder Mikrobizide [1]. Somit können Sie den Stoffwechsel herbivorer Tiere beeinträchtigen, den Verdauungstrakt schädigen oder durch Imitation natürlich vorkommender Insektenhormone die Entwicklung von Larven zu adulten Tieren stören [2]. Sie dienen allerdings nicht nur der Abwehr von Fraßfeinden, sondern auch zur Anlockung von Bestäubern und Tieren, die bei der Samenverbreitung helfen. Darüber hinaus erfüllen sie auch Funktionen wie UV-Schutz und die Speicherung von Stickstoff [3]. Jede Pflanzenart weist ein charakteristisches Spektrum an sekundären Pflanzenstoffen auf [1].

In der Geschichte der Pflanzenzüchtung für die menschliche Ernährung wurde häufig versucht, für den Menschen schädliche Toxine und Bitterstoffe in Kulturpflanzen durch Züchtung zu reduzieren oder zu eliminieren. In Monokulturen sind diese Kultivare jedoch anfälliger für Fraßfeinde und Pathogene, da sie weniger Abwehrstoffe besitzen [1].

Basierend auf ihrer chemischen Zusammensetzung lassen sich die sekundären Pflanzenstoffe in drei Hauptgruppen einteilen: Isoprenoide (inkl. Terpenoide), Phenole (inkl. Tannine) und stickstoffhaltige Verbindungen (inkl. Alkaloide und Cyanglycoside) [3].

### Alkaloide

Alkaloide sind die bekanntesten stickstoffhaltigen sekundären Pflanzenstoffe. Sie umfassen eine große Gruppe von Verbindungen, die entweder aus Aminosäuren oder Purinen und Pyrimidinen synthetisiert werden. Es gibt > 10.000 verschiedene Alkaloide, die in etwa 20 % der Angiospermen-Arten vorkommen [4]. Die stickstoffhaltige Struktur der Alkaloide wird aus Aminosäuren gebildet. Einige Alkaloide sind toxisch für Säugetiere, entsprechend auch für Menschen, wenn sie in größeren Mengen konsumiert werden. Dennoch werden bestimmte Alkaloide in geringen Dosen vom Menschen als Beruhigungsmittel, Stimulanzien oder Heilmittel verwendet [3].



Alkaloide dienen Pflanzen als Verteidigungsstoffe gegen Fraßfeinde. Sie werden innerhalb der Pflanze zu den Organen transportiert, die während des Wachstums und der Entwicklung besonders auf Schutz angewiesen sind [4]. Während der Blütezeit werden Alkaloide von den Wurzeln und Blättern zu den Blüten transportiert, um diese vor Fraßfeinden zu schützen [4].

Die toxische Wirkung von Alkaloiden betrifft verschiedene physiologische Funktionen der Fraßfeinde. Sie wirken sich negativ auf Prozesse wie die DNA- und RNA-Synthese, den Membrantransport, die Aktivität von Enzymen und die Proteinsynthese der Herbivoren aus, indem sie Rezeptoren blockieren [5]. Ein bekanntes Beispiel ist Nicotin aus der Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum* L.), das ein sehr wirksames Insektizid ist [1]. Ein weiteres Beispiel ist das Purin-Alkaloid Koffein der Kaffeepflanze (*Coffea arabica* L.). Junge Blätter können bis zu 4 % des Trockengewichts an Koffein enthalten, während ältere, dickere und festere Blätter deutlich weniger Koffein enthalten. Des Weiteren enthalten junge Kaffeebohnen ca. 2 % Koffein, während reife Bohnen nur 1/10 des Alkaloids enthalten [4].

Eine Studie [6] hat das Wirkungsspektrum von Alkaloiden untersucht: Die weiche Schildlaus (*Coccus viridis* Green), ein Schadinsekt an Kaffeepflanzen, verursacht Veränderungen im Alkaloid- und Phenolgehalt der Pflanze als Reaktion auf den Fraß. Der Koffeingehalt war in befallenen Pflanzen doppelt so hoch wie in den Kontrollpflanzen. Die Konzentrationen der Phenole Kaffeesäure und Chlorogensäure stiegen nur in befallenen Pflanzen signifikant an. Dies zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen der Konzentration von Alkaloiden bzw. Phenolen und dem Befallsgrad der Pflanze. Die Abwehrstoffe Koffein und Chlorogensäure reduzierten den Fraß durch Schildläuse, indem sie ihre Mobilität negativ beeinflussten. Diese Studie zeigte erstmals eine spezifische Anpassung von Kaffeepflanzen als Antwort auf den Fraß durch Schildläuse, indem sie Alkaloide und Phenole verstärkt produzierten [6].

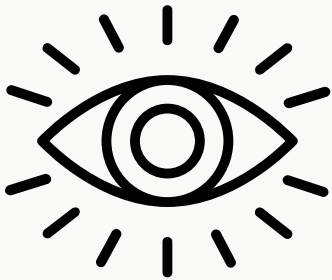


## Beispiele im Tropengewächshaus

Ein weiteres Beispiel für Alkaloide ist die Teepflanze (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze). Tee ist ohne Schnitt ein bis zu 6 Meter hoher Baum und wächst bevorzugt in Höhenlagen zwischen 500 und 2000 Metern. Zu den Abwehrstoffen des Teestrauches gehören die Alkaloide Koffein und Theobromin [7]. Der in Tee enthaltene Wirkstoff, oft als „Thein“ oder „Tein“ bezeichnet, ist chemisch identisch mit Koffein. Früher wurde die Unterscheidung auf Grundlage der unterschiedlichen Freisetzung des Alkaloids im menschlichen Körper vorgenommen [7].

Im Tropengewächshaus in Witzenhausen wachsen weitere Pflanzen, die einen hohen Gehalt an Alkaloiden aufweisen: Kakao (*Theobroma cacao* L.) gilt aufgrund des Alkaloid Theobromin als Genuss- oder rauscherregende Pflanze. Ein weiteres Beispiel ist die Guaraná-Liane (*Paullinia cupana* Kunth.), die ebenfalls Koffein und Theobromin enthält [8]. Des Weiteren gibt es den Chinarindenbaum (*Cinchona* L.), dessen Alkaloid Chinin eine tödliche Wirkung auf Malaria-Erreger (Plasmodien) im Menschen hat [9]. Auch Pfeffer (*Piper nigrum* L.) ist im Tropengewächshaus zu finden, der das scharf schmeckende Alkaloid Piperin enthält [9].

*Den Kaffee haben Sie vermutlich bereits entdeckt, die Teepflanze vielleicht auch?*



*Es gibt noch weitere Pflanzen, die Alkaloide enthalten. Der Chinarindenbaum beispielsweise besitzt das Alkaloid Chinin, das eine tödliche Wirkung auf den Malaria-Erreger (Plasmodien) beim Menschen hat. Dieser Baum wächst ebenfalls im Kaffeehaus. Der Pfeffer befindet sich im Kakaohaus in der Nähe der Station zu den Gerbstoffen.*



- [1] Kadereit JW, Körner C, Kost B, Sonnewald U (2014) Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften, Springer, 38. Aufl., Berlin, Heidelberg, Deutschland, 1098 S.
- [2] Sadava D, Hillis DM, Heller HC, Hacker SD (2019) Purves Biologie, Springer, 10. Aufl., Mainz, Deutschland, 2093 S.
- [3] Thomas F (2018) Grundzüge der Pflanzenökologie, Springer, 1. Aufl., Berlin, Heidelberg, Deutschland, 196 S.
- [4] Walters D.R (2011) Plant defense. Warding off attack by pathogens, herbivores, and parasitic plants, Wiley-Blackwell, 1. Aufl., Chichester, UK, 248 S.
- [5] Martin K, Allgaier C (2011) Ökologie der Biozönosen, Springer, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, Deutschland, 335 S.
- [6] Fernandes FL, Picanço MC, Gontijo PC, de Sena Fernandes ME, Pereira EJJ, Semeão AA (2011) Induced responses of *Coffea arabica* to attack of *Coccus viridis* stimulate locomotion of the herbivore. *Entomol. Exp. Appl.* 139: 120-127. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01113.x>
- [7] Lugbauer S (2010) Die Effektivität von Koffein auf die sportliche Leistungsfähigkeit, Diplomarbeit, Universität Wien, Österreich, 125 S.
- [8] Lieberei R, Franke W, Reisdorff C (2007) Nutzpflanzenkunde, 7. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart, Deutschland, 476 S.
- [9] Bickel-Sandkötter S (2001) Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe, 1. Aufl., UTB, Wiebelsheim, Deutschland, 481 S.

## Gehe weiter zu Station:

3