

## CHEMISCHE TRICKS DER TIERE UND PFLANZEN

## Ölige Kampfmittel

Minzpflanzen halten sich lästige Konkurrenten vom Hals, indem sie deren Wachstum hemmen. Vermittelt wird diese Wirkung über flüchtige Inhaltsstoffe im Minzöl. Einer davon ist das Monoterpen Menthon, das Bestandteile des Zytoskeletts zerstört und so verhindert, dass sich die betroffenen Zellen vermehren können.

Pflanzen haben verschiedene Mechanismen entwickelt, um sich gegen Feinde und Konkurrenten durchzusetzen. Vor allem letztere halten sie in Schach, indem sie ihr Wachstum durch die Produktion von chemischen Substanzen hemmen. Bekannt für diesen als Allelopathie bezeichneten Mechanismus sind beispielsweise Eukalyptus- oder Minzpflanzen (Gattung *Mentha*), die ätherische Öle produzieren, die die hemmenden Substanzen enthalten. In der Regel handelt es sich dabei um flüchtige Monoterpene, die in die Umgebung freigesetzt werden können.

Da allelopathisch wirksame Verbindungen sehr spezifisch wirken, sind sie interessante Kandidaten für den Einsatz in Unkrautvernichtungsmitteln und Insektiziden und kommen darüber hinaus in der Lebensmitteltechnologie und der Medizin zum Einsatz. Bei manchen Pflanzen wie etwa beim Eukalyptus weiß man bereits ziemlich genau, welche Komponenten aus den Ölen bioaktiv sind und was sie bewirken. Anders sieht es bei den Minzpflanzen aus. Die Gattung *Mentha* umfasst ungefähr 30 Arten, die vor allem auf der Nord-

halbkugel in den gemäßigten Klimazonen verbreitet sind. Kommerziell werden vor allem die Grüne oder Kräuselmintze (*Mentha spicata*, Abbildung 1) und die Pfefferminze (*M. x piperita*) genutzt, die wohl aus der Kreuzung zweier Minzarten hervorgegangen ist. Verantwortlich für den typischen frischen Geschmack der Minze ist der monozyklische Monoterpen-Alkohol Menthol (Abbildung 2). Der süßliche Geschmack des arabischen Minztees, der aus der Kräuselmintze hergestellt wird, geht auf das monozyklische Monoterpen-Keton Carvon zurück [1].

## Menthon als aktive Komponente

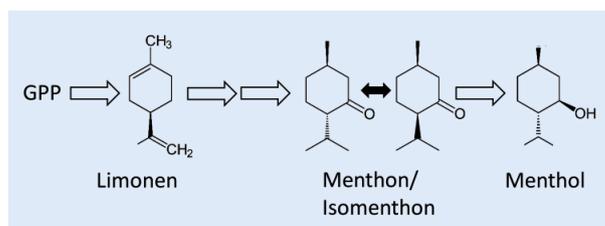
Minzöl hat verschiedene Eigenschaften, die es für medizinische Anwendungen interessant machen. So wirkt das Öl der Kräuselmintze antioxidativ, während das Öl der Asiatischen Duftnessel (*Agastache rugosa*, Abbildung 3), die zwar nicht zur Gattung *Mentha*, aber in die engere Verwandtschaft der Minzen gehört, die Vermehrung des Humanen Immundefizienzvirus (HIV) hemmt.

Ein möglicher Angriffsort für Monoterpene aus ätherischen Ölen sind die Mikrotubuli, Bestandteile des Zytoskeletts, die unter anderem wichtige Funktionen bei der Zellteilung und dem Wachstum der pflanzlichen Zellwand übernehmen. Beschrieben ist die hemmende Wirkung auf Mikrotubuli etwa für Citral, das unter anderem im Öl der beiden als „Zitronenmyrte“ zusammengefassten Arten *Leptospermum citratum* und *Backhousia citriodora* vorkommt. Aber auch verschiedene Herbizidklassen wie die Dinitroaniline greifen an den Mikrotubuli an.



**Abb. 1** Blütenstand der Grünen oder Kräuselmintze (*Mentha spicata*). Die im Englischen als Spearmint bezeichnete Minze verleiht unter anderem dem orientalischen Minztee die typische süßliche Frische. Dafür verantwortlich ist das monozyklische Monoterpen-Keton Carvon. (Foto: P. Nick, KIT)

Botaniker des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben nun im Öl verschiedener Minzpflanzen nach weiteren, die Mikrotubuli hemmenden Verbindungen gesucht [2]. Dazu testeten sie zuerst, ob die Öle die Keimung – also das Wachstum – von Kressesamen beeinflussten und analysierten gleichzeitig mit Hilfe von Gaschromatografie die Zusammensetzung der Öle. Durch den Vergleich der verschiedenen Öle konnten sie am Ende drei Komponenten mit der gewünschten allelopathischen Wirkung identifizieren: das Gemisch aus Menthon und Isomenthon (Abbildung 2), Citral, dessen Mikrotubulihemmende Wirkung ja bereits bekannt war, sowie Carvon, das sich jedoch nicht eindeutig einer Pflanzenart zuweisen ließ. Im Folgenden konzentrierten sich die Forscher auf das Gemisch aus Menthon/Isomenthon und konnten zeigen, dass dieses einen deutlich stärkeren Effekt im Kresse-Keimungstest zeigte als die Synthesestufe Limonen, das Derivat Menthol und das chemisch verwandte Monoterpen Linalool.



**Abb. 2** Monoterpene im Minzöl. Menthon ist ein monozyklisches Monoterpen-Keton, das durch Enolisierung in Isomenthon umgewandelt wird. Eine Vorstufe ist Limonen, das in Form zweier Enantiomere vorkommt, die sehr unterschiedlich riechen. Menthol entsteht durch Reduktion von Menthon. GPP = Geranosylpyrophosphat. (Abb.: P. Nick, KIT)

### Angriff aufs Zytoskelett

Im nächsten Schritt wurde der Einfluss der untersuchten Monoterpenen auf in Kultur gehaltene Tabakzellen untersucht. Die Zugabe von Menthon tötete bereits innerhalb von 15 Minuten 90 Prozent der Zellen, während Menthol und Limonen deutlich weniger toxisch waren. Unter dem Mikroskop wurde sichtbar, dass die Zugabe von Menthon die Mikrotubuli verschwinden ließ, und Versuche mit ganzen *Arabidopsis*-Pflanzen bestätigten dieses Ergebnis. Dabei war für die Wirkung von Menthon kein direkter Kontakt der Pflanze zum verwendeten Öl notwendig; die wirksamen Komponenten mussten also durch die Gasphase gelangen können. Mit Hilfe von zwei Fluoreszenzfarbstoffen,

von denen nur einer membrangängig war, konnten die Forscher zeigen, dass ein Gemisch aus Menthon und Isomenthon die Zytoplasmamembran für den nicht-membrangängigen Fluoreszenzfarbstoff durchgängig machte – ein offensichtliches Anzeichen für den Tod der Zelle, der wahrscheinlich durch die spezifische Zerstörung der Mikrotubuli ausgelöst wurde. Mikrotubuli sind röhrenförmige Multiproteinkomplexe, die in einem dynamischen Vorgang ständig auf- und abgebaut werden. Vermutlich verhindert Menthon den Einbau neuer Bauteile und führt dadurch zu einem Zerfall der Komplexe.

Eine interessante aber noch ungeklärte Frage ist, wie die Ölproduzenten verhindern, durch ihre eigenen

Kampfstoffe beeinträchtigt zu werden. Möglicherweise unterscheiden sich ihre Mikrotubuli strukturell so, dass diese nicht mehr gegen Menthon empfindlich sind. Als nächstes wollen die Karlsruher untersuchen, ob sich Menthon und das menthohaltige Öl von *A. rugosa* als Bioherbizid eignen.

- [1] J. Titus, H.-U. Siehl, K.-P. Zeller, S. Berger und D. Sicker, Die enantiomeren Carvone von Krause Minze und Kümmel. *Chemie in unserer Zeit*, **2017**, 51: 96–105. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201700784>
- [2] M. M. Sarheed et al., *Front. Plant. Sci.*, **2020**, 11, 546345.

Larissa Tetsch,  
Maisach

DOI: 10.1002/ciuz.202000088



**Abb. 3** Die Asiatische Duftnessel (*Agastache rugosa*) gehört nicht in die Gattung *Mentha*, ist aber nah mit den Minzpflanzen verwandt. Ihr Öl enthält viel Menthon und hemmt die HIV-Integrase, das Enzym, mit dessen Hilfe das Virus sein Erbgut in die menschliche DNA integriert. (Foto: P. Nick, KIT)