Bioaktive Sekundärmetaboliten aus der Gattung *Hygrophorus* (Basidiomycetes)

Axel TEICHERT[1], Tilo LÜBKEN[1], Monika KUMMER[1], Helmut BESL[2], Herbert HASLBERGER[2] & Norbert ARNOLD[1,*]

TEICHERT, A., T. LÜBKEN, M. KUMMER, H. BESL, H. HASLBERGER & N. ARNOLD (2005): Bioactive secondary metabolites from the genus *Hygrophorus* (Basidiomycetes). Z. Mykol. 71(1): 53–62

Key words: Hygrophorus, Basidiomycetes, secondary metabolites, bioactivity, fungitoxicity.

Summary: The fungicidal activity of different crude extracts from fruiting bodies of 23 species of the genus *Hygrophorus* was tested in a bioassay against the phytopathogenic fungus *Cladosporium cucumerinum*. Responsible for the demonstrated activity are unusual fatty acids and the hygrophorones A-G.

Zusammenfassung: Die fungizide Wirkung von verschiedenen Rohextrakten von 23 Arten der Gattung *Hygrophorus* gegen *Cladosporium cucumerinum* wird gezeigt. Als Wirkprinzip konnten ungewöhnliche Fettsäuren und die Hygrophorone A-G identifiziert werden.

Einleitung

Während Fruchtkörper einiger Ständerpilzgattungen nahezu regelmäßig von mykophilen Pilzen befallen werden, von denen manche sogar ausgesprochene Substratspezialisten sind (z. B. befallen *Sepedonium* spp. nur Wirte aus der Ordnung Boletales), werden Fruchtkörper anderer Ständerpilzgattungen nicht oder fast nie von mykophilen Pilzen besiedelt. Hierzu gehört auch die Gattung *Hygrophorus*. In ELLIS & ELLIS (1998) werden Arten der Gattung *Hygrophorus* als Substrat nicht genannt. Bekannt ist bisher lediglich ein Befall von *Hygrophorus cossus* ss. Mos. (= *H. discoxanthus*) mit *Botrytis cinerea, Cladosporium cladosporioides* und *Penicillium* spec. (HELFER 1991). Die genannten Arten sind jedoch allgegenwärtige Substratzersetzer auf den unterschiedlichsten toten oder absterbenden Materialien und zählen zu den häufigsten Pilzen überhaupt. Der nahezu fehlende Befall von *Hygrophorus*-Fruchtkörpern mit mykophilen Pilzen lässt auf eine stoffliche Ursache der Abwehr von parasitischen Pilzen schließen.

Eine Abwehr umfasst alle Mechanismen und Strategien, mit denen sich Pflanzen und Pilze gegenüber Fressfeinden, Parasiten oder Pathogenen verteidigen. Dabei ist zwischen präformierter

Anschrift der Autoren: [1] Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie, Weinberg 3, 06120 Halle (Saale)
[2] Universität Regensburg, Institut für Botanik, 93040 Regensburg

und induzierter Abwehr zu unterscheiden. Während es sich bei der präformierten Abwehr um zum speziellen Phänotyp gehörende physikalische und biochemische Faktoren handelt, die einem Angriff entgegenwirken sollen, werden bei der induzierten Abwehr erst bei Anwesenheit des Krankheitserregers Substanzen von der Pflanze bzw. dem Pilz gebildet, die toxisch oder wachstumshemmend auf diesen wirken (SAUERMOST 2002).

Für Fruchtkörper der Gattung *Hygrophorus* ist eine Form der präformierten Abwehr gegeben. Zum einen könnte die schleimige Schicht am ganzen Pilz eine Rolle dabei spielen, zum anderen könnten vom Pilz toxische Metaboliten gegen Fressfeinde, Parasiten oder Pathogene präform produziert werden. Um auf solche eventuell vorhandenen Substanzen zu prüfen und diese dann wirkungsorientiert zu isolieren und zu charakterisieren, benutzt man oft Biotestsysteme. In der vorliegenden Arbeit diente der Fungitoxizitätstest nach GOTTSTEIN et al. (1982) als Indikator. Somit konnte auf das Vorkommen fungitoxischer Sekundärmetaboliten im Rohextrakt getestet werden.

Zu Pilzmetaboliten in der Gattung *Hygrophorus* wurden bisher nur wenige Studien durchgeführt. Untersuchungen an *Hygrophorus lucorum* (GILL & STEGLICH 1987) führten zur Isolierung und Strukturaufklärung des neuen γ-Butyrolactons Hygrophorsäure. Dessen Biosynthese verläuft über die enzymatische *ortho*-Spaltung von Kaffeesäure und Recyclisierung zum Lacton. Dies konnte durch die Synthese und den Einbau von [α-^{2}H]-Kaffeesäure in Hygrophorsäure in einem Feldversuch bewiesen werden. In einem Screening von 20 *Hygrophorus*-Arten konnte Hygrophorsäure zusätzlich in *H. hypothejus*, *H. speciosus* und *H. aureus* nachgewiesen werden. Parallel dazu wurde Muscaflavin in 4 Arten der Gattung *Hygrophorus* nachgewiesen. QU et al. (2004) berichten über die Isolierung des neuen Ceramids Hygrophamid aus *Hygrophorus eburnesus* Fr. [sic!].

HASLBERGER (1986) konnte bei Applizierung von Rohextrakten mit unterschiedlicher Polarität aus verschiedenen *Hygrophorus*-Arten die Beeinflussung der Larvalentwicklung von *Drosophila melanogaster* zeigen. Zudem wiesen einzelne Rohextrakte eine antifungische Aktivität gegen *Cladosporium herbarum* sowie antibakterielle Aktivität gegen *Escherichia coli*, *Pseudomonas acidovorans*, *Staphylococcus aureus* und *Bacillus subtilis* auf.

Material und Methoden

Pilzmaterial

Das Pilzmaterial wurde bis zur Aufarbeitung im Gefrierschrank bei –20 °C aufbewahrt. Herbarbelege zu den Kollektionen sind im Herbar der Abteilung Natur- und Wirkstoffchemie am Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie hinterlegt. Die Nomenklatur der Arten richtet sich nach BAS et al. (1990).

Hygrophorus agathosmus (Fr.) Fr., Reisberg/Ingolstadt, 06.10.2000, Koll. 72/00, leg./det. N. Arnold;
H. chrysodon (Batsch: Fr.) Fr., Freyburg (Alte Probstei), 26.08.02, Koll. 15/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. capreolarius Kalchbr., Pilzausstellung München, 05.10.02, Koll. 30/02;
H. carpini Gröger, Freyburg, 23.10.03, Koll. 27/03, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. discoideus (Pers.: Fr.) Fr, Pilzausstellung München, 05.10.02, Koll. 24/02;
H. discoxanthus (Fr.) Rea, Schwaighauser Forst, 19.09.94, Koll. 09/94, leg./det. N. Arnold;
H. eburneus (Bull.: Fr.) Fr. var. *eburneus*, Freyburg (Frankenhohle), 26.08.02, Koll. 13/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;

H. eburneus (Bull.: Fr.) Fr. var. *quercetorum* (P.D. Orton) Arnolds, Freyburg (Frankenhohle), 13.10.03, Koll. 25/03, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. erubescens (Fr.: Fr.) Fr., Pupplinger Au bei Wolfratshausen, 25.09.01, Koll. 16/01, leg./det. N. Arnold;
H. gliocyclus Fr., Bad Bibra, 04.11.02, Koll. 70/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. hedrychii (Velen.) K. Kult., Freyburg (Frankenhohle), 23.10.03, Koll. 31/03, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. hypothejus (Fr.: Fr.) Fr., Eberswalde, 25.11.2002, Koll. 97/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold;
H. latitabundus Britzelm., Bad Bibra, 13.11.2002, Koll. 87/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. lucorum Kalchbr., Freyburg (Frankenhohle), 02.11.02, Koll. 65/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. nemoreus (Pers.: Fr.) Fr., Freyburg (Alte Probstei), 17.10.02, Koll. 33/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. olivaceoalbus (Fr.: Fr.) Fr, Neudorf/Harz, 30.09.2003, Koll. 07/03, leg./det. T. Lübken, N. Arnold;
H. penarius Fr., Freyburg (Alte Probstei), 26.08.02, Koll. 14/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth;
H. persoonii Arnolds, Karlstadt/Main, 26.10.2001, Koll. 76/01, leg./det. N. Arnold;
H. poetarum R. Heim, Pilzausstellung München, 05.10.02, Koll. 26/02;
H. pudorinus (Fr.) Fr., Pilzausstellung München, 05.10.02, Koll. 27/02;
H. pustulatus (Pers.: Fr.) Fr., Neudorf/Harz, 06.11.2002, Koll. 84/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold;
H. russula (Fr.: Fr.) Quél., Karlstadt/Main, 26.10.01, Koll. 81/01, leg./det. N. Arnold;
H. unicolor Gröger, Freyburg (Frankenhohle), 02.11.02, Koll. 61/02, leg./det. T. Lübken, N. Arnold, M. Huth.

Der im Sprühtest verwendete Stamm von *Cladosporium cucumerinum* Ell. et Arth. entstammt der Kulturensammlung des vorm. VEB Fahlberg-List Magdeburg.

Fungitoxizitätstest

Fruchtkörper von 23 *Hygrophorus*-Arten wurden gemäß der eluotropen Reihe mit Petrolether (40–60 °C) (PE), Ethylacetat (EtOAc), Aceton (Ac), Methanol (MeOH), Wasser (H_2O) und salzsaurem Aceton (Ac/HCl) extrahiert. Die gelblichen Rohextrakte wurden am Rotationsverdampfer bis zur Trockene eingeengt und anschließend auf ihre fungizide Wirkung getestet.

Als Testsystem wurde der von GOTTSTEIN et al. (1982) entwickelte *Cladosporium cucumerinum*-Sprühtest verwendet. Handgezogene DC-Platten (Glasplatten, 20 x 20 cm, Kieselgel 60 HF_{254} für DC (Fa. Merck), Schichtdicke 0,5 mm) wurden 30 min bei 120 °C im Trockenschrank aktiviert. Die Rohextrakte bzw. Reinsubstanzen wurden mittels Kapillare oder Mikroliterspritze auf die DC-Platte aufgetragen. Entweder wurde eine Konzentrationsreihe angelegt und die zu testenden Substanzen als einzelne Punkte (Durchmesser 1 cm, entspricht einer Auftragsfläche von 78 mm^2) aufgetragen (Punktplatte) oder der zu testende Extrakt wurde chromatographisch im Laufmittelsystem Ethylacetat/Methanol/Wasser (6:1:1 v/v) bzw. Chloroform/Methanol (95:5 v/v) aufgetrennt. Anschließend wurden die Platten im Warmluftstrom getrocknet, um restliche Lösungsmittel abzudampfen. Jede Platte wurde im liegenden Zustand gleichmäßig und quer zur Laufrichtung mit ca. 10 ml Sporensuspension von *C. cucumerinum* (Sporendichte ca. 2,5 x 10^6 Sporen/ml) besprüht. Danach wurden die Platten bei Raumtemperatur einige Minuten getrocknet. Anschließend wurden die Platten in eine mit wassergetränktem Filterpapier ausgekleidete DC-Kammer gestellt und diese mit einem Deckel verschlossen. Diese DC-Kammer wurde dann für 2 Tage bei 25 °C in einem Brutschrank aufbewahrt. Nach etwa zwei Tagen Inkubation hatte sich ein dunkelgrauer Myzelbelag entwickelt. Stellen mit fungizid wirksamen Verbindungen sind als weiße Flecken (Hemmhof) erkennbar. Eine halbquantitative Abschätzung von Verbindungen mit

Tab. 1: Hemmhofflächen (mm²) der Rohextrakte (Auftragsmenge 400 µg).

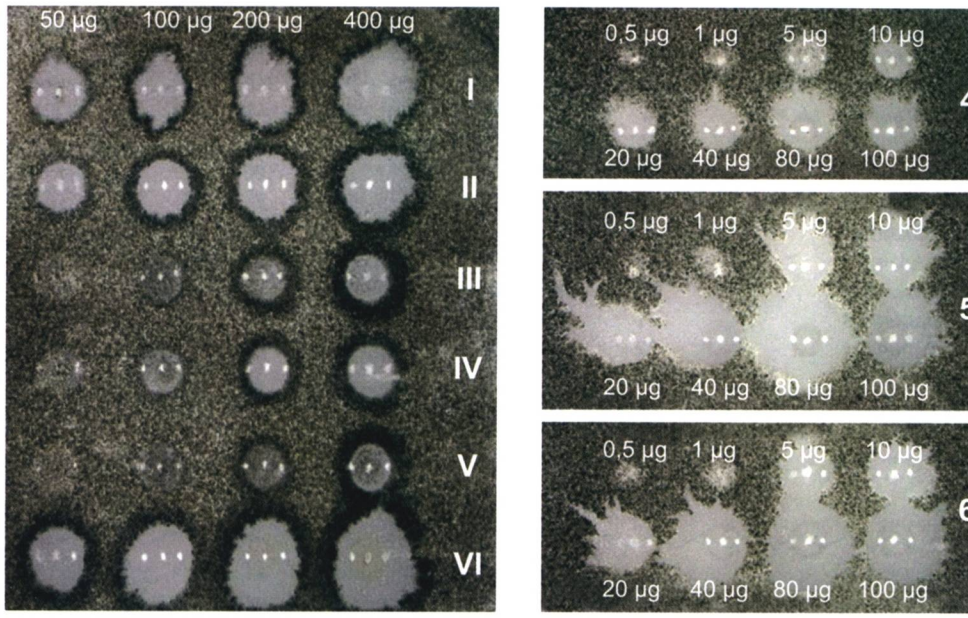
Sektion	Art	PE	EtOAc	Ac	MeOH	H_2O	Ac/HCl
Sekt. *Hygrophorus*	*H. chrysodon*	314	78	78	0	0	0
	H. penarius	314	490	0	0	0	0
	H. eburneus var. *quercetorum*	452	314	78	0	0	0
	H. eburneus var. *eburneus*	314	314	0	0	0	0
	H. hedrychii	95	78	0	0	0	0
	H. gliocyclus	95	153	0	0	0	0
Sekt. *Pudorini*	*H. erubescens*	63	63	0	0	0	0
	H. russula	32	78	0	0	0	0
	H. capreolarius	63	78	78	0	19	0
	H. poetarum	63	78	0	0	0	0
	H. nemoreus	32	78	0	0	0	0
	H. pudorinus	78	706	78	0	0	0
Sekt. *Discoidei*	*H. discoideus*	314	314	78	0	0	0
	H. unicolor	176	78	0	0	0	0
	H. lucorum	176	78	0	0	0	0
	H. hypothejus	176	78	0	0	0	0
	H. carpinii	78	153	0	0	0	0
	H. discoxanthus	490	706	78	0	0	0
Sekt. *Olivaceoumbrini*	*H. olivaceoalbus*	176	78	0	0	0	0
	H. persoonii	314	78	0	0	0	0
	H. latitabundus	490	78	78	0	0	0
	H. pustulatus	314	254	0	0	0	0
	H. agathosmus	314	254	0	0	0	0

ähnlichen Diffussionskonstanten und ähnlicher Flüchtigkeit kann anhand der Fleckengröße und -intensität erfolgen. Um die für die Fungitoxizität verantwortlichen Substanzen isolieren und charakterisieren zu können, wurden die Petrolether- bzw. Ethylacetatextrakte der untersuchten *Hygrophorus*-Arten säulenchromatographisch bzw. mittels HPLC aufgetrennt. Insgesamt konnten 28 neuartige Verbindungen charakterisiert werden (LÜBKEN et al. 2004; TEICHERT et al. 2005). Die isolierten Reinsubstanzen wurden nach Strukturklärung erneut mittels *Cladosporium cucumerinum*-Sprühtests auf ihre Fungitoxizität überprüft.

Ergebnisse

Besonders die Petrolether- und Ethylacetatrohextrakte der untersuchten *Hygrophorus*-Arten zeigen eine fungitoxische Wirkung gegen *C. cucumerinum* (Tab. 1, Abb. 1). Vereinzelt lässt sich eine geringe hemmende Wirkung des Actonextraktes nachweisen. Weder im Wasserextrakt, mit Ausnahme *H. capreolarius*, noch im Methanol- und salzsaurem Acetonextrakt, kann eine hemmende Wirkung beobachtet werden. Soweit es die Anzahl der untersuchten Arten zulässt, zeigen sich innerhalb der Sektionen (siehe BAS et al. 1990) tendenzielle Unterschiede. Innerhalb der Sektion *Hygrophorus* zeigen die Extrakte aus den Arten H. *chrysodon, H. penarius, H. eburneus* var.

Abb. 1: Biotest (Testorganismus: *C. cucumerinum*): links: Punktplatten der Petroletherrohextrakte von *H. eburneus* var. *quercetorum* (I), *H.eburneus* var. *eburneus* (II), *H. hedrychii* (III), *H. gliocyclus* (IV), *H. carpini* (V) und *H. discoxanthus* (VI) – rechts: Aktivität der Substanzen **4**, **5** und **6** bei unterschiedlichen Auftragsmengen.



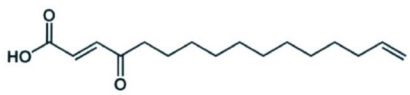
eburneus und *H. eburneus* var. *quercetorum* eine signifikant höhere fungitoxische Aktivität als die Arten *H. hedrychii* und *H. gliocyclus*. Ein einheitliches Bild mit geringer Aktivität des Petrolether- bzw. Ethylacetatextrakts ist in der Sektion *Pudorini* gegeben. Eine Ausnahme stellt hier jedoch *H. pudorinus* mit deutlich höherer Aktivität des Ethylacetatextraktes da. Für die Sektion *Discoidei* ist eine mittlere Aktivität in beiden Rohextrakten festzustellen, wobei die Extrakte von *H. discoideus* und *H. discoxanthus* Ausnahmen mit erhöhter Wirkung darstellen. Arten der Sektion *Olivaceoumbrini* sind zumindest im Petroletherextrakt durch hohe Aktivität gekennzeichnet, wobei die Aktivität des Ethylacetatextraktes sich in *H. olivaceoalbus, persoonii* und *H. latitabundus* verringert.

Es gelang uns zunächst für die Arten *H. eburneus* var. *eburneus, H. persoonii, H. latitabundus*, *H. olivaceoalbus* und *H. pustulatus* „bioassay guided" die Substanzen **1-8** und **10-29** als stoffliche Ursachen der fungiziden Wirkung gegen *C. cucumerinum* zu isolieren und in ihrer Struktur zu klären (LÜBKEN et al. 2004; TEICHERT et al. 2005). Die erhaltenen Reinsubstanzen wurden, soweit sie in genügender Menge isoliert werden konnten, erneut auf ihre fungiziden Eigenschaften getestet (Tab. 2).

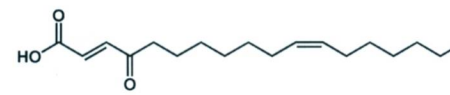
Aus *Hygrophorus eburneus* var. *eburneus* konnten durch die aktivitätsgesteuerte Isolierung bisher acht Verbindungen mit fungitoxischer Aktivität isoliert und in ihrer Struktur geklärt werden (TEICHERT et al. 2005). Es handelt sich dabei um die ungewöhnlichen Fettsäuren **1-8**, die alle durch eine γ-Oxocrotonat-Teilstrukur gekennzeichnet sind.

Tab. 2: Hemmhofflächen (mm^2) der isolierten Verbindungen in Abhängigkeit von der Auftragsmenge (n.t. = nicht getestet).

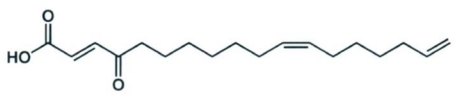
Art	Substanz	0.5 µg	1 µg	5 µg	10 µg	20 µg	40 µg	80 µg	100 µg
H. eburneus var. *eburneus*	**1**	50	63	201	283	314	314	452	615
H. eburneus var. *eburneus*	**2**	50	63	201	283	415	530	706	907
H. eburneus var. *eburneus*	**4**	50	63	153	153	176	201	254	254
H. eburneus var. *eburneus*	**5**	50	63	201	314	380	530	706	706
H. eburneus var. *eburneus*	**6**	50	63	254	314	346	490	706	706
H. persoonii	**10**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	23	40	n. t.	n. t.
H. persoonii	**11**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	188	217	n. t.	n. t.
H. persoonii	**13**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	2	6	n. t.	n. t.
H. pustulatus	**18**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	86	148	n. t.	n. t.
H. pustulatus	**19**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	55	90	n. t.	n. t.
H. latitabundus	**20**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	55	82	n. t.	n. t.
H. latitabundus	**21**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	83	170	n. t.	n. t.
H. latitabundus	**22**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	14	15	n. t.	n. t.
H. latitabundus	**26**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	1	28	n. t.	n. t.
H. persoonii	**28**	n. t.	n. t.	n. t.	n. t.	43	64	n. t.	n. t.



(*E*)-4-Oxohexadeca-2,15-diensäure (**1**)

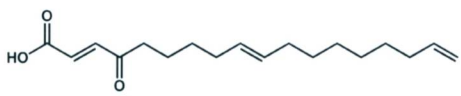


(2*E*,11*Z*)-4-Oxooctadeca-2,11-diensäure (**5**)

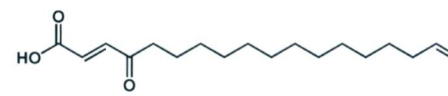


(2*E*,11*Z*)-4-Oxooctadeca-2,11,17-triensäure (**2**)

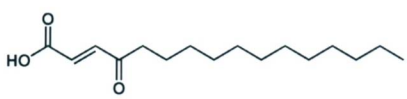
(2*E*,9*E*)-4-Oxooctadeca-2,9-diensäure (**6**)



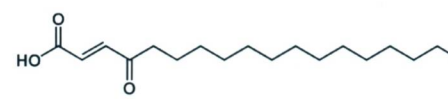
(2*E*,9*E*)-4-Oxooctadeca-2,9,17-triensäure (**3**)



(*E*)-4-Oxooctadeca-2,17-diensäure (**7**)

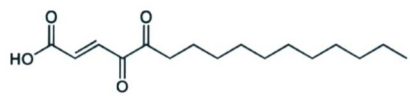


(*E*)-4-Oxohexadeca-2-ensäure (**4**)



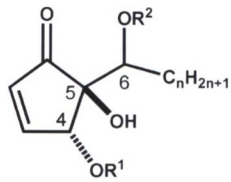
(*E*)-4-Oxooctadeca-2-ensäure (**8**)

Die strukturell ähnliche Podoscyphasäure (**9**) konnte aus Kulturen von *Podoscypha* spec. (Basidiomyceten) isoliert werden. Diese zeigt eine hohe inhibitorische Wirkung gegenüber der AMV Reverse Transcriptase und MmuLV Reverse Transcriptase (ERKEL et al. 1991).

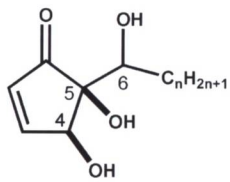


Podoscyphasäure (**9**)

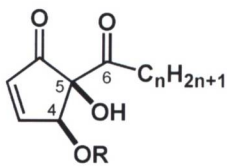
Die Arten *H. persoonii, H. latitabundus, H. pustulatus* und *H. olivaceoalbus* sind durch das Vorkommen von Cyclopentenon-Derivaten gekennzeichnet. Bisher konnten 18 neue 5-Hydroxyalkyl- (bzw. 5-Oxoalkyl-) 2-cyclopentenon-Derivate (**10–26**) sowie zwei γ-Butyrolacton-Derivate (**28**, **29**) isoliert werden (LÜBKEN et al. 2004). Exemplarisch wurden die Verbindungen **10**, **11**, **13**, **18–22**, **26** und **28** (siehe Tab. 2) auf ihr fungitoxisches Potential getestet.



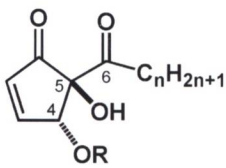
10	4-6-Di-*O*-Acetyl-Hygrophoron A[12]	R^1 = Ac	R^2 = Ac	n = 12	*H. persoonii*
11	4-*O*-Acetyl-Hygrophoron A[12]	R^1 = Ac	R^2 = H	n = 12	*H. persoonii*
12	6-*O*-Acetyl-Hygrophoron A[12]	R^1 = H	R^2 = Ac	n = 12	*H. persoonii*
13	4,5-Di-*O*-acetyl-Hygrophoron A[14]	R^1 = Ac	R^2 = Ac	n = 14	*H. persoonii*
14	4-*O*-Acetyl-Hygrophoron A[14]	R^1 = Ac	R^2 = H	n = 14	*H. persoonii*
15	6-*O*-Acetyl-Hygrophoron A[14]	R^1 = H	R^2 = Ac	n = 14	*H. persoonii*



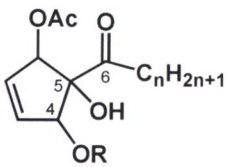
16	Hygrophoron B[14]	n = 14	*H. olivaceoalbus*
17	Hygrophoron B[16]	n = 16	*H. olivaceoalbus*



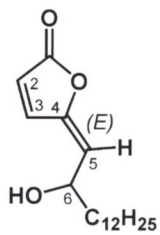
18	4-*O*-Acetyl-Hygrophoron C[12]	R = Ac	n = 12	*H. pustulatus*
19	Hygrophoron C[12]	R = H	n = 12	*H. pustulatus*



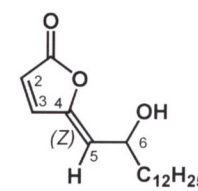
20	4-*O*-Acetyl-Hygrophoron D[12]	R = Ac	n = 12	*H. latitabundus*
21	Hygrophoron D[12]	R = H	n = 12	*H. latitabundus*
22	4-*O*-Acetyl-Hygrophoron D[14]	R = Ac	n = 14	*H. latitabundus*



23	1,4-Di-*O*-acetyl-Hygrophoron E[10]	R = Ac	n = 10	*H. latitabundus*
24	1-*O*-Acetyl-Hygrophoron E[10]	R = H	n = 10	*H. latitabundus*
25	1,4-Di-*O*-acetyl-Hygrophoron E[12]	R = Ac	n = 12	*H. latitabundus*
26	1-*O*-Acetyl-Hygrophoron E[12]	R = H	n = 12	*H. latitabundus*
27	1,4-Di-*O*-acetyl-Hygrophoron E[14]	R = Ac	n = 14	*H. latitabundus*



28 Hygrophoron F[12]
H. persoonii



29 Hygrophoron G[12]
H. persoonii

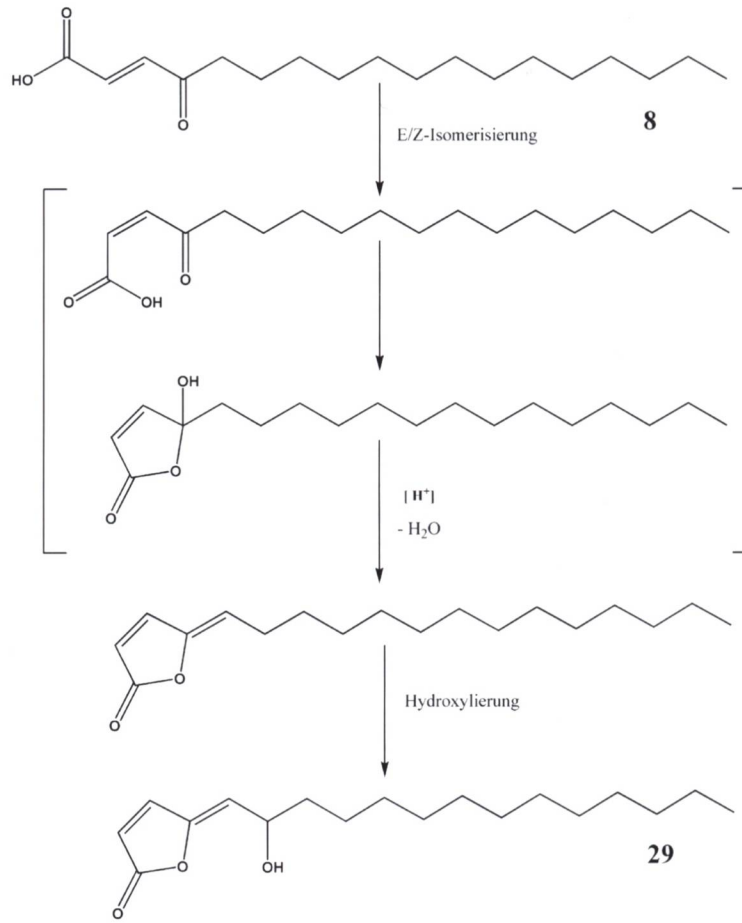


Abb. 2: Vermutete Biosynthese über **8** zum Hygrophoron G[12] (**29**).

Biogenetische Vorstufen für die Hygrophorone allgemein, insbesondere aber für Hygrophoron F[12] (**27**) und Hygrophoron G[12] (**28**) könnten die aus *H. eburneus* isolierten Fettsäuren sein (Abb. 2). Eventuell entstehen diese Verbindungen durch Lactonbildung des 6-OH-Derivats von **8**.

Danksagung

Die Autoren vom Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie Halle (Saale) danken dem Kultusministerium von Sachsen-Anhalt für die finanzielle Unterstützung.

Unser besonderer Dank gilt Manfred Huth (Freyburg), der uns durch Kenntnis ergiebiger Fundstellen zu vielen Pilzkollektionen verholfen hat.

Literatur

BAS, C., T. KUYPER, M. NOORDELOOS & E. VELLINGA (1990) – Flora Agaricina Neerlandica 2. Pleurotaceae, Pluteaceae, Tricholomataceae (1). A. A. Balkema, Rotterdam.

ELLIS, M. B. & J. P. ELLIS (1998) – Microfungi on miscellaneous substrates. The Richmond Publishing Co. Ltd., UK.

ERKEL, G., T. ANKE, R. VELTEN & W. STEGLICH (1991) – Podoscyphic Acid, a new inhibitor of Avian Myeloblastosis Virus and Moloney Murine Leukemia Virus Reverse Transcriptase from a *Podoscypha* Species. Z. Naturforsch. **46c**: 442-450.

GILL, M. & W. STEGLICH (1987) – Pigments of Fungi (Macromycetes). In: Zechmeister, L. (ed.) – Progress in the chemistry of organic natural products, Vol. 51. Springer Verlag, Wien, New York.

GOTTSTEIN, D., D. GROSS & H. LEHMANN (1982) – Mikrobiotest mit *Cladosporium cucumerinum* Ell. et Arth. zum Nachweis fungitoxischer Verbindungen auf Dünnschichtplatten. Arch. Phytopathol. Pfl. **20**: 111-116.

HASLBERGER, H. (1986) – Chemische und ökologische Untersuchungen an Hygrophoraceen (Agaricales). Diplomarbeit, Universität Regensburg.

HELFER, W. (1991) – Pilze auf Pilzfruchtkörpern. Untersuchungen zur Ökologie, Systematik und Chemie. Libri Botanici 1, IHW-Verlag, Eching.

LÜBKEN, T., J. SCHMIDT, A. PORZEL, N. ARNOLD & L. WESSJOHANN (2004) – Hygrophorones A-G: fungicidal cyclopentenones from *Hygrophorus* species (Basidiomycetes). Phytochemistry **65**: 1061-1071.

QU, Y., H. ZHANG & J. LIU (2004) – Isolation and structure of a new ceramide from the Basidiomycete *Hygrophorus eburnesus*. Z. Naturforsch. **59b**: 241-244.

SAUERMOST, R. (2002) – Lexikon der Biologie, Bd. 10. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

TEICHERT, A., T. LÜBKEN, J. SCHMIDT, A. PORZEL, N. ARNOLD & L. WESSJOHANN (2005) – Unusual bioactive fatty acids from Hygrophorus eburneus. Z. Naturforsch. **60b**: 25-32.

Eingereicht am 21.12.2004

DGfM Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der **DGfM**.

www.dgfm-ev.de

Über Zobodat werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
  Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
  (Name der Heftreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
  Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
  Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND 4.0).

- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die vollständigen Lizenzbedingungen, wovon eine offizielle deutsche Übersetzung existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 71_2005

Autor(en)/Author(s): Teichert Axel, Lübken Tilo, Kummer Monika, Besl Helmut, Haslberger Herbert, Arnold Norbert

Artikel/Article: Bioaktive Sekundärmetaboliten aus der Gattung Hygrophorus (Basidiomycetes) 53-61