

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für Gemüsebau

Identifizierung von etherischen Ölen mit antioxidativer Kapazität in der
Gattung *Mentha* L.

Judith Sitzmann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für
Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. J. Meyer

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr. W. H. Schnitzler, i. R.
2. Univ.-Prof. Dr. G. Forkmann, i. R.
3. Univ.-Prof. Dr. D. R. Treutter

Die Dissertation wurde am 24.11.2009 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für
Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 11.03.2010 angenommen.

meiner kleinen und großen Familie

Danksagung

Im Zuge der Durchführung des Projektes „Entwicklung und Selektion von hochwertiger Pfefferminze“, in dessen Verlauf auch diese Arbeit entstanden ist, habe ich von vielen Seiten großes Entgegenkommen und tatkräftige Unterstützung erfahren.

Mein besonderer Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr. Wilfried H. Schnitzler für das entgegengebrachte Vertrauen, für seine Anstrengungen, mir ein reizvolles Projekt zur Bearbeitung anzubieten und für die Begleitung meiner Arbeit mit vielen guten Ratschlägen und pragmatischen Lösungsvorschlägen.

Herrn Prof. Dr. Gert Forkmann danke ich vielmals für die zahlreichen Anregungen und die Betreuung in züchterischen Fragen, die entscheidend zum erfolgreichen Abschluss des Projektes beigetragen hat.

Ganz besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Ulrich Bomme, der die Idee zu diesem Projekt hatte und die Kontakte zur Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG hergestellt hat. Herr Prof. Dr. Bomme hat das weltweit gesammelte Minzen-Sortiment der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zur Verfügung gestellt. Sein Angebot, die selektierten Minzen am Versuchsgut Baumannshof anzubauen, bedeutete für uns durch das dort vorhandene Equipment und Know-how, vor allem jedoch durch das kundige und ausgesprochen zuverlässige Arbeitsteam eine immense Erleichterung.

Herzlichen Dank richte ich auch an Herrn Prof. Dr. Joachim Meyer für sein Entgegenkommen und seine bereitwillige Hilfe bei der Bewältigung administrativer Hürden.

Herrn Prof. Dr. Dieter Treutter danke ich vielmals dafür, dass er sich als Gutachter dieser Arbeit zur Verfügung gestellt hat. Weiterhin bedanke ich mich für die Durchführung der Teeproben-Analysen am Fachgebiet Obstbau.

Vielen herzlichen Dank sage ich Frau Dr. Ruth Habegger und Frau Dr. Johanna Graßmann für die Betreuung in den Bereichen Ölanalytik und Anbau bzw. antioxidative Kapazität. Sie haben sich immer sehr viel Zeit genommen, um Probleme zu besprechen und gemeinsam nach möglichen Lösungen zu suchen.

Herrn Dr. Bernhard Hauser danke ich für die fachkundige Beratung und Unterstützung bei der Durchführung der Gewebekulturarbeiten am Lehrstuhl für Zierpflanzenbau.

Weiterhin geht mein Dank an

- das gärtnerische, technische und administrative Personal des Lehrstuhls für Gemüsebau
- Frau Irene Ziegler für die Einarbeitung bei der Durchführung meiner Tätigkeiten zur Gewebekultur mit dem Ziel somaklonaler Variation
- und das Heilpflanzenteam des Versuchsgutes Baumannshof unter der Leitung von Herrn Ludwig Schmidmeier für die Mitarbeit.

Für die angenehme Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung danke ich der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG.

Für die Förderung der Personalmittel geht mein Dank an die Bayerische Forschungstiftung.

Abschließend sage ich danke: meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mich so großartig unterstützen und die jederzeit für mich da sind, ebenso wie mein lieber Mann Dominik Gastel. Sie sind mein fester Halt zu jeder Zeit. Danke, Mutti und Vatti, danke Dominik!

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Kenntnisstand	1
1.1.1 Arten und Hybriden der Gattung <i>Mentha</i> L.	1
1.1.2 Etherische Öle und andere Inhaltsstoffe von Blattdroge	3
1.1.3 Antioxidative Kapazität und Wirkungen etherischer Öle	6
1.1.4 Überblick über die Nutzung von <i>Mentha</i> -Arten	8
1.2 Ziel der Arbeit	9
2 Vorversuche zur Gehaltsbestimmung des etherischen Öls	11
3 Material	14
3.1 Pflanzenmaterial	14
3.2 Reagenzien und Chemikalien	15
3.3 Lösungen und Puffer	18
3.4 Geräte und Anlagen	20
4 Methoden	22
4.1 Anbau, Ernte und Trocknung	22
4.1.1 Jungpflanzenanzucht und Pflanzung	22
4.1.2 Bodenbearbeitung, Pflege und Düngung	23
4.1.3 Ernte und Trocknung	23
4.2 Beschreibung der Morphologie	24
4.3 Bestimmung von Kraut-Frischmasseertrag, Drogenertrag, Blattanteil und Eintrocknungsverhältnis	25
4.4 Beobachtungen zu Krankheitsbefall und Auswinterung	26
4.5 Destillation des etherischen Öls	26
4.6 Gaschromatographische Untersuchungen	28
4.7 2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonsäure) (ABTS)-Entfärb- Assay	32
4.8 Lipidperoxidation im Blutplasma	33
4.9 Datenauswertung und Statistik	37
5 Ergebnisse	39

5.1	Pflanzenparameter	39
5.1.1	Morphologie	39
5.1.2	Kraut-Frischmasseertrag	47
5.1.3	Drogenertrag.....	50
5.1.4	Blattanteil.....	53
5.1.5	Eintrocknungsverhältnis.....	56
5.1.6	Krankheitsbefall	57
5.1.7	Auswinterung	57
5.2	Etherische Öle	60
5.2.1	Ölgehalt	60
5.2.2	Ölkomponenten	63
5.2.3	Ölzusammensetzung	68
5.3	ABTS-Testsystem.....	107
5.3.1	Etherische Öle	107
5.3.2	Standardsubstanzen.....	111
5.3.3	Mischungen von Standardsubstanzen.....	114
5.3.4	Einfluss der Ölkomponenten – Regressionsanalyse.....	116
5.4	LPO-Testsystem.....	117
6	Diskussion.....	124
6.1	Taxonomische Zuordnung.....	124
6.2	Eignung für gewerbsmäßigen Anbau.....	132
6.3	Etherische Öle	139
6.4	Antioxidative Eigenschaften von <i>Mentha</i> -Ölen	151
7	Zusammenfassung.....	166
8	Anhang.....	168
9	Literaturverzeichnis	187
10	Lebenslauf.....	198

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Inhaltsstoffe etherischer Öle verschiedener <i>Mentha</i> -Arten	4
Abb. 2:	Einfluss der Destillationsart auf die Ölgehalte verschiedener <i>Mentha</i> - Spezies (1. Schnitt 2005)	12
Abb. 3:	Einfluss der Destillationsart auf die Ölgehalte verschiedener <i>Mentha</i> - Spezies (2. Schnitt 2005)	13
Abb. 4:	Apparatur zur Gehaltsbestimmung des etherischen Öls in Drogen (PhEur, 2002)	27
Abb. 5:	ABTS-Oxidation zum ABTS-Radikalkation.....	32
Abb. 6:	Bildung konjugierter Doppelbindungen in Fettsäuren durch Oxidation ..	34
Abb. 7:	LPO-System: Ermittlung der Lag-Phasen-Differenz.....	37
Abb. 8:	<i>Mentha</i> Nr. 1 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten...	40
Abb. 9:	<i>Mentha</i> Nr. 2 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blütenknospen	40
Abb. 10:	<i>Mentha</i> Nr. 3 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blüten.....	41
Abb. 11:	<i>Mentha</i> Nr. 4 – Gesamt- und Detailansicht, Stängelbehaarung, Blüten .	41
Abb. 12:	<i>Mentha</i> Nr. 5 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel und Infloreszenz...	42
Abb. 13:	<i>Mentha</i> Nr. 6 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Einzelblüte .	43
Abb. 14:	<i>Mentha</i> Nr. 7 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel und Blatt, Blüten...	43
Abb. 15:	<i>Mentha</i> Nr. 8 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten...	44
Abb. 16:	<i>Mentha</i> Nr. 9 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blüten.....	44
Abb. 17:	<i>Mentha</i> Nr. 10 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten.....	45
Abb. 18:	<i>Mentha</i> Nr. 11 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel.....	45
Abb. 19:	<i>Mentha</i> Nr. 12 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel.....	46
Abb. 20:	<i>Mentha</i> Nr. 13 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blütenknospen ..	46
Abb. 21:	<i>Mentha</i> Nr. 14 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten.....	47
Abb. 22:	Kraut-Frischmasseerträge im Pflanz- und Folgejahr – Übersicht.....	48
Abb. 23:	Kraut-Frischmasseerträge dreier Schnitte im Pflanzjahr.....	49
Abb. 24:	Kraut-Frischmasseerträge dreier Schnitte im 2. Standjahr.....	50
Abb. 25:	Drogenerträge im Pflanz- und Folgejahr – Übersicht	51
Abb. 26:	Drogenerträge im Pflanzjahr	52
Abb. 27:	Drogenerträge im 2. Standjahr.....	53
Abb. 28:	Blattanteil im Pflanzjahr.....	54

Abb. 29:	Blattanteil im 2. Standjahr	54
Abb. 30:	Anteil nicht marktfähiger Blätter am frischen Kraut im 2. Standjahr	56
Abb. 31:	Eintrocknungsverhältnis im Pflanz- und Folgejahr	57
Abb. 32:	Auswinterung (Versuchspartzellen)	58
Abb. 33:	Auswinterung (Erhaltungspartzellen Sortiment der LfL).....	59
Abb. 34:	Etherische Ölgehalte von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes 2006	60
Abb. 35:	Etherische Ölgehalte von Blattdroge 2005 und 2006.....	62
Abb. 36:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 1, 2. Schnitt 2006.....	70
Abb. 37:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 2, 2. Schnitt 2006.....	73
Abb. 38:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 3, 2. Schnitt 2006.....	75
Abb. 39:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 4, 1. Schnitt 2006.....	78
Abb. 40:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 5, 2. Schnitt 2006.....	80
Abb. 41:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 6, 2. Schnitt 2006.....	82
Abb. 42:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 7, 2. Schnitt 2006.....	86
Abb. 43:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 8, 2. Schnitt 2006.....	89
Abb. 44:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 9, 2. Schnitt 2006.....	92
Abb. 45:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 10, 2. Schnitt 2006.....	94
Abb. 46:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 11, 2. Schnitt 2006.....	97
Abb. 47:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 12, 2. Schnitt 2006.....	99
Abb. 48:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 13, 2. Schnitt 2006.....	103

Abb. 49:	GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der <i>Mentha</i> Nr. 14, 2. Schnitt 2006.....	105
Abb. 50:	Beispielchromatogramme der untersuchten <i>Mentha</i> -Spezies.....	106
Abb. 51:	TE der etherischen Öle, 1. und 2. Schnitt 2006	108
Abb. 52:	TE der etherischen Öle in 100 g Blattdroge, 1. und 2. Schnitt 2006	108
Abb. 53:	TE der etherischen Öle, Jahre 2005 und 2006	110
Abb. 54:	TE der etherischen Öle mit Blattdroge als Bezugsbasis, Jahre 2005 und 2006	110
Abb. 55:	Standardsubstanzen (10%ig) im ABTS-Testsystem	112
Abb. 56:	ABTS-Testsystem: Einfluss von Ocimen.....	113
Abb. 57:	ABTS-Testsystem: Einfluss von 1,8-Cineol, Linalylacetat, (-)-Menthol und Carvon.....	113
Abb. 58:	ABTS-Testsystem: Einfluss von Linalool und Dihydrocarvon.....	114
Abb. 59:	ABTS-Testsystem: Einfluss der Mischungen von Reinsubstanzen.....	115
Abb. 60:	Korrelation von D-Germacren-Gehalt und TE der etherischen Öle.....	116
Abb. 61:	Einfluss verschiedener Trolox-Konzentrationen im LPO-Testsystem ..	118
Abb. 62:	Einfluss des etherischen Öls von <i>Mentha</i> Nr. 1, 2. Schnitt im LPO-Testsystem	119
Abb. 63:	(a + b) Einfluss der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 9 im LPO-Testsystem (1. und 2. Schnitt).....	120
Abb. 64:	(a + b) Einfluss der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 5 im LPO-Testsystem (1. und 2. Schnitt).....	121
Abb. 65:	Einfluss der Öle verschiedener <i>Mentha</i> -Spezies im LPO-Testsystem .	122

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	<i>Mentha</i> -Arten und Hybriden – Übersicht nach Hammer (2005)	2
Tab. 2:	Ausgewählte <i>Mentha</i> -Herkünfte und -Selektionen	15
Tab. 3:	Verwendete Chemikalien und Reagenzien	16
Tab. 4:	Standards für Gaschromatographie und ABTS	17
Tab. 5:	Etherische Öle zum Vergleich von Ölkomponenten in der Gaschromatographie	18
Tab. 6:	Verhältnis von Einzelsubstanzen in Mischungen von Standards	19
Tab. 7:	Massenspektren aus der Literatur	29
Tab. 8:	Retentionsindices KI aus der Literatur	29
Tab. 9:	LPO-System: Pipettierschema für sieben Ansätze pro Photometer	35
Tab. 10:	Ölkomponenten in den untersuchten <i>Mentha</i> -Spezies	63
Tab. 11:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 1	69
Tab. 12:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 2	71
Tab. 13:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 3	74
Tab. 14:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 4	77
Tab. 15:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 5	79
Tab. 16:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 6	81
Tab. 17:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 7	84
Tab. 18:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 8	87
Tab. 19:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 9	90
Tab. 20:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 10	93
Tab. 21:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 11	96
Tab. 22:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 12	98
Tab. 23:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 13	101
Tab. 24:	Zusammensetzung der etherischen Öle von <i>Mentha</i> Nr. 14	104
Tab. 25:	Botanische Zuordnung und Haupt-Ölkomponenten der ausgewählten <i>Mentha</i> -Spezies	131
Tab. 26:	Vergleich der Peakflächenanteile ausgewählter Ölkomponenten der untersuchten <i>Mentha</i> -Spezies im Hinblick auf ihre antioxidative Wirksamkeit	155

Abkürzungsverzeichnis

ABTS	2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonsäure)
AD	Absorptionsdifferenz
BLBP	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
GC/MS	Gaschromatograph mit Massenspektrometer
GD	Grenzdifferenz
HDL	High Density Lipoprotein
H ₂ O _{bidest}	zweifach destilliertes Wasser
i. A.	im Ansatz
KI	Kovats Index (Indices)
LDL	Low Density Lipoprotein
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LPO	Lipidperoxidation
MS	Massenspektrum
m/z	Masse/Ladungs-Verhältnis
n. i.	nicht identifiziert
p. a.	zur Analyse
PBS	phosphate buffered saline
PhEur	Europäisches Arzneibuch
Sp	Spuren
TE	Trolox-Äquivalente
TKS	Torf-Kultur-Substrat
VE-Wasser	voll entsalztes Wasser
VLDL	Very Low Density Lipoprotein

1 Einleitung

1.1 Kenntnisstand

1.1.1 Arten und Hybriden der Gattung *Mentha* L.

Die Gattung *Mentha* gehört zur Familie der *Lamiaceae* und umfasst 25 Arten (Mabberley, 1987; Stahl-Biskup, 1993) und zahlreiche Hybriden mit großer morphologischer Variabilität (Kokkini, 1991). Die Bastarde schwanken in ihrer Merkmalsausprägung zwischen den Eltern (Hammer, 2005), was unübersichtliche taxonomische Verhältnisse (Bruneton, 1999, Frohne und Jensen, 1998, Senghas und Seybold, 1996) und Schwierigkeiten bei der Arten-Bestimmung zur Folge hat.

Tab. 1, die großteils den Angaben von Hammer (2005) folgt, gibt einen Überblick über bei uns vorkommende Arten und Hybriden sowie über häufig verwendete Synonyme. Bedingt durch den Formenreichtum mit teilweise ähnlicher Merkmalsausprägung werden Trivialnamen zum Teil für unterschiedliche Arten verwendet. Zur Vereinfachung wird auf die Nennung von Unterarten, Varietäten und Formen verzichtet.

Die wohl bekannteste Vertreterin der Gattung, *Mentha x piperita*, ist ein Tripelbastard, der gegen Ende des 17. Jahrhunderts wahrscheinlich spontan aus der Kreuzung *Mentha aquatica* x *Mentha x spicata* entstand (Wichtl, 2004). *Mentha x spicata* (häufig auch ohne das „x“ zur Kennzeichnung als Hybride benannt) wiederum ist nach heutigen Erkenntnissen ein Bastard aus *Mentha longifolia* und *Mentha suaveolens* (Mabberley, 1987, Stahl-Biskup, 1993). Stärker behaarte Exemplare werden gelegentlich mit *Mentha longifolia* verwechselt, jedoch riecht diese unangenehm (Hammer, 2005).

Pflanzen der Art *Mentha suaveolens* werden häufig mit dem Synonym *Mentha rotundifolia* benannt, wobei dieser botanische Name zusätzlich die Hybride *Mentha longifolia* x *Mentha suaveolens* kennzeichnet. Die fertile *Mentha suaveolens* wird oft mit der sterilen, morphologisch sehr variablen *Mentha x villosa* verwechselt, in welche sie ebenfalls eingekreuzt ist (Hammer, 2005).

Mentha x gracilis ist auch unter dem Synonym *Mentha x gentilis* bekannt (Hammer, 2005). Dachler und Pelzmann (1999) erwähnen die „Braune Minze“, *Mentha gentilis*, als ein Würzmittel von regionaler Bedeutung in Österreich. *Mentha cardiaca* GER.

Tab. 1: *Mentha*-Arten und Hybriden – Übersicht nach Hammer (2005)

Name	Synonyme	Trivialnamen
<i>M. pulegium</i> L.	<i>Pulegium vulgare</i> Mill.	Poleiminze Pennyroyal ^a
<i>M. aquatica</i> L.	<i>Mentha hirsuta</i> HUDS. ^b	Wassermintze Bachminze ^b
<i>M. arvensis</i> L.		Ackerminze Japanische Minze ^b Kornminze ^b
<i>M. x verticillata</i> L.	<i>M. aquatica x M. arvensis</i> <i>M. sativa</i> L. <i>M. palustris</i> MOENCH?	Quirlminze
<i>M. x dalmatica</i> TAUSCH	<i>M. arvensis x M. longifolia</i>	Dalmatinerminze
<i>M. x carinthiaca</i> HOST	<i>M. arvensis x M. suaveolens</i> <i>M. x muelleriana</i> F. W. SCHULTZ	Kärntner Minze
<i>M. x gracilis</i> SOLE	<i>M. arvensis x M. spicata</i> <i>M. x gentilis</i> auct. non L. <i>Mentha cardiaca</i> ^b	Edelminze Ingwerminze ^a Scotch Spearmint ^d
<i>M. x smithiana</i> GRAHAM	<i>M. aquatica x M. arvensis x M. spicata</i> <i>M. rubra</i> SM.	
<i>M. x piperita</i> L.	<i>M. aquatica x M. spicata</i>	Pfefferminze
<i>M. x dumetorum</i> SCHULT.	<i>M. aquatica x M. longifolia</i>	Gebüschminze
<i>M. x suavis</i> GUSS.	<i>M. aquatica x M. suaveolens</i> <i>M. x maximiliana</i> F. W. SCHULTZ	Liebliche Minze
<i>M. spicata</i> L. em. L.	<i>M. longifolia x M. suaveolens</i> ^{ab} <i>M. crispa</i> L. <i>M. viridis</i> L. ^b	Grüne Minze Spearmint ^a Ährenminze ^b Römische Minze ^b Krauseminze ^b
<i>M. suaveolens</i> EHRH.	<i>Mentha rotundifolia</i> auct.	Rundblättrige Minze Apfelminze ^a
<i>M. x villosa</i> HUDS.	<i>M. spicata x M. suaveolens</i> <i>M. nemorosa</i> WILLD. <i>M. x niliaca</i> auct. non JUSS. ex JACQ. <i>M. x cordifolia</i> auct. <i>M. x velutina</i> (LEJ.) BRIQ.	Zottige Minze Apfelminze Bowles-Minze ^a
<i>M. longifolia</i> (L.) L.		Rossmintze
<i>M. x rotundifolia</i> (L.) HUDS.	<i>M. longifolia x M. suaveolens</i> <i>M. x niliaca</i> JUSS. ex JACQ.	Falsche Apfelminze
<i>M. x villosanervata</i> OPIZ	<i>M. longifolia x M. spicata</i> <i>M. longifolia</i> var. <i>horridula</i> auct., non BRIQ.	Gezähnte Minze
<i>M. citrata</i> EHRH.^b	<i>M. odorata</i> SOLE ^b <i>Mentha piperita</i> var. <i>citrata</i> ^c	Bergamottminze ^{ab} Orangenminze ^a Zitronenminze ^{ab} Kölnischwassermintze ^a

weitere Literaturquellen:

^a Mabberley (1987), ^b Stahl-Biskup (1993), ^c Tucker (1986), ^d Croteau et al. (1991)

ex BAKER mit dem Synonym *Mentha x gentilis* L. var. *cardiaca* GER. liefert das Scotch-Spearmint-Öl (Stahl-Biskup, 1993).

Mentha citrata galt früher als Hybride von *Mentha aquatica* L. und *Mentha spicata* L. und wurde als *Mentha x piperita* L. nm. *citrata* (EHRH.) BOIVIN bezeichnet. Heute gilt sie als allein aus *Mentha aquatica* durch Selektion entstanden, da alle bisher untersuchten Klone sich von dieser lediglich durch Gene für Linaloolbiosynthese statt der Gene für Menthofuranbiosynthese sowie durch ein Gen für männliche Sterilität unterscheiden (Tucker, 1986).

Die im Habitus sehr variable Poleiminze, *Mentha pulegium* L., gehört anders als die oben genannten Minzen nicht zur Sektion *Mentha* sondern zur Sektion *Pulegium*, welche sich durch einen gekrümmten Kelch von anderen Minzen unterscheidet (Stahl-Biskup, 1993).

1.1.2 Etherische Öle und andere Inhaltsstoffe von Blattdroge

Pflanzen lagern etherische Öle in speziellen Ölbehältern. Typische Ölbehälter der Lippenblütler sind die so genannten Labiaten-Drüsenschuppen, die zu Beginn ihres Entwicklungsstadiums als kleine Köpfchenhaare angelegt werden. Die Cuticula wird bei fortschreitender Ölproduktion von der Außenwand der Zelle abgehoben und überspannt als mit Öl gefüllte Blase die Köpfchenzellen. Daneben kommen auch gestielte Drüsenhaare vor (Hänsel, 1999). Insbesondere die Laubblattunterseite und die Kelchblätter tragen die Drüsenschuppen der Pfefferminze (Heeger, 1989). Die Menge an etherischem Öl ist vor allem mit der Anzahl der Öldrüsen pro Laubblatt korreliert, die 3-20 mm² in Abhängigkeit von Blattposition und Sorte betragen kann (Catizone et al., 1990). Intert (1991) zeigte, dass der Subcuticularraum der Drüsenschuppen der alleinige Akkumulationsort für freies etherisches Öl bei *Mentha x piperita* ist, während die Drüsenhaare durch in der Zellwand befindliche Poren permanent etherisches Öl an die Umwelt abgeben.

Blätter und Blütenstände im getrockneten Pfefferminzkraut enthalten mit 2,25% bis zu elfmal soviel Öl wie die Stiele (0,2%) (Heeger, 1989). Die Monographie für Foliumdroge von Pfefferminze (*Menthae piperitae folium*) des Europäischen Arzneibuchs (PhEur, 2002) trägt diesem Umstand Rechnung und schreibt einen maximalen Stängelanteil von 5% vor. Das Vorhandensein anderer fremder Pflanzenteile wie Blüten ist in der Blattdroge nicht erlaubt. Der Ölgehalt kleiner

Blätter ist mit 2,43% höher als der der großen mit 1,53% und wird nur von den Blüten, die als Knospen am gehaltreichsten sind, mit 2,52% übertroffen (Heeger, 1989).

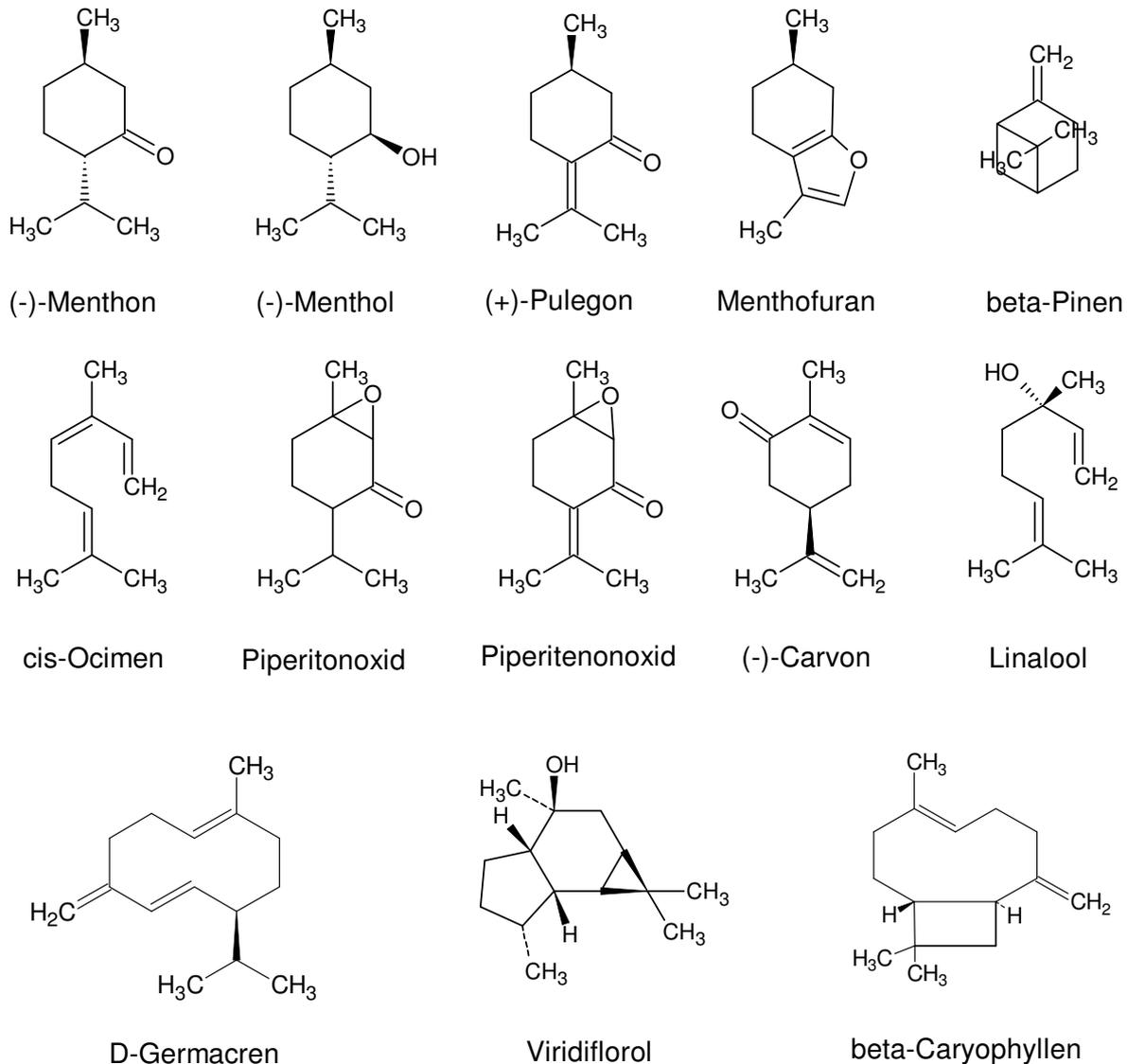


Abb. 1: Inhaltsstoffe etherischer Öle verschiedener *Mentha*-Arten

Die Folium- oder Blattdroge, also die getrockneten Laubblätter der Pfefferminze, wird für die Herstellung von Pfefferminztee verwendet. Der Tee wird als Aufguss (Infus) zubereitet, wobei die angegebene Drogenmenge mit kochendem Wasser übergossen, das Gefäß zugedeckt, das Teegetränk nach fünf bis zehn Minuten abgeseiht und sofort konsumiert wird (Hänsel und Spieß, 1999). Pfefferminzblätter gelten gemeinhin als Etherischöldroge. Das etherische Öl der Pfefferminzdroge und das im Infus nachweisbare Öl unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander. In

einen optimalen Infus geht ein Anteil von fast 50% des etherischen Öls der Droge über (Kiefl und Franz, 1998).

Neben etherischem Öl enthalten Pfefferminzblätter auch hohe Anteile phenolischer Komponenten, vor allem Flavonoide, darunter 8,6-17,8% Flavonoidglykoside (Guédon und Pasquier, 1994) mit dem Hauptflavonoidglykosid Eriocitrin (Guédon und Pasquier, 1994, Dorman et al., 2003, Areias et al., 2001), freie Phenolcarbonsäuren, etwa Kaffeesäure (Dorman et al., 2003) und Rosmarinsäure (Guédon und Pasquier, 1994, Dorman et al., 2003, Areias et al., 2001). Ferner kommen Triterpensäuren, Sterole, Lipide, Carotinoide und mineralische Bestandteile vor (Sticher, 1999a, Stahl-Biskup, 1993). Gerbstoffe wirken im Infus schwach adstringierend, den Phenolcarbonsäuren wird die choleretische Wirkung zugeschrieben und den Apigenin- und Luteolinglycosiden die spasmolytischen Eigenschaften. Das etherische Öl wirkt zusätzlich reflektorisch über Geschmacks- und Geruchsreize sekretionsfördernd (Sticher, 1999a).

Für die chemische Zusammensetzung der etherischen Öle spielt das Entwicklungsstadium der Pflanzen eine wichtige Rolle (Bomme und Hillenmeyer, 2001, Chalchat et al., 1997, Marotti et al., 1993), vor allem ist sie jedoch genetisch bedingt (Kokkini, 1991, Bomme und Hillenmeyer, 2001, Gasic et al., 1987, Hölzl et al., 1974).

Neben ihrer morphologischen Variabilität ist die Gattung *Mentha* durch eine große infra- und interspezifische Diversität der etherischen Öle geprägt. Kokkini (1991) teilt die Öle von *Mentha*-Arten und -Hybriden nach der Grundstruktur der Hauptinhaltsstoffe in drei Gruppen ein:

- 1) Öle mit hohem Gehalt an acyclischen Monoterpenen, z. B. Geraniol, Linalool und/oder deren Acetate. Dazu gehören die Öle von *Mentha citrata*, *Mentha arvensis* sowie eines Chemotyps von *Mentha x gentilis* mit hohem Linaloolgehalt und einige weitere Chemotypen anderer *Mentha*-Arten.
- 2) Öle mit hohem Gehalt an C-6-substituierten monozyklischen Monoterpenen, z. B. Carvon, cis- und trans-Dihydrocarvon und deren Alkohole und Acetate. Diese Chemotypen wurden u. a. bei *Mentha x spicata*, *Mentha gentilis* var. *cardiaca*, *Mentha longifolia*, *Mentha suaveolens*, *Mentha x villosa* und *Mentha x villosanervata* gefunden.
- 3) Öle mit hohem Gehalt an C-3-substituierten monozyklischen Monoterpenen, z. B.
 - a) Piperitenon und/oder Piperiton, gefunden in *Mentha pulegium* und *Mentha*

longifolia.

- b) Piperitenonoxid und/oder Piperitonoxid, gefunden in *Mentha longifolia*, *Mentha x spicata* und *Mentha suaveolens*.
- c) Menthofuran, gefunden in *Mentha aquatica* und Hybriden von *Mentha aquatica*.
- d) Pulegon, cis- und/oder trans-Isopulegon, gefunden in *Mentha arvensis*.
- e) Pulegon, Menthon und Isomenthon, gefunden in *Mentha arvensis*, *Mentha x spicata* und *Mentha pulegium*.
- f) Menthon, Isomenthon, Menthol-Isomere und deren Acetate, gefunden in *Mentha arvensis* var. *piperascens* und *Mentha x piperita*.

Hauptbestandteile (Abb. 1) aller aus *Mentha*-Arten und -Hybriden isolierten etherischen Öle sind Monoterpene, wichtige in *Mentha*-Ölen vorkommende Sesquiterpene sind Viridiflorol, D-Germacren und β -Caryophyllen (Stahl-Biskup, 1993).

1.1.3 Antioxidative Kapazität und Wirkungen etherischer Öle

Etherische Öle sind Vielstoffgemische und weisen daher kein einheitliches Wirkspektrum auf (Bruneton, 1999). Aufgrund ihrer Grundeigenschaften Lipophilie (Sticher, 1999a, Teuscher et al., 1990) und Flüchtigkeit (Sticher, 1999a) sind den meisten etherischen Ölen jedoch antimikrobielle Wirkungen (Bruneton, 1999, Buchbauer, 2003, Sticher, 1999a) sowie ausgeprägte Reizwirkungen (Bruneton, 1999, Sticher, 1999a, Teuscher et al., 1990) auf Haut, Schleimhäute und Chemorezeptoren gemeinsam, die zu therapeutischen Zwecken genutzt werden. Inhalativ wirken sie aufgrund der Vermehrung von Tracheobronchialsekretion als Expektorantien, innerlich genommen können durch die Reizung von Chemorezeptoren Speichelfluss, Magensaft-, Gallen- und Pankreassekretion erhöht werden, was ihre Nutzung als Appetitanreger, Cholagoga und Gewürze erklärt. Auch die unerwünschten Wirkungen etherischer Öle stehen mit ihrer Lipidlöslichkeit und Reizwirkung im Zusammenhang: Die Einnahme toxischer Dosen verursacht Übelkeit, Erbrechen und Durchfall sowie Schädigungen von Gefäßen, Nieren, Leber und Zentralnervensystem mit Kopfschmerzen, Schwindel, Krämpfen und Atemlähmung als Folge. Auf der Haut können etherische Öle Allergien und Kontaktdermatitis auslösen (Sticher, 1999a).

Etherische Öle sind aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften sowohl percutan als auch über den Magen-Darm-Trakt gut resorbierbar. Untersuchungen zur Pharmakokinetik fehlen weitgehend, aus Vergiftungsfällen kann jedoch auf eine Verteilung auf alle Organe und das Zentralnervensystem geschlossen werden (Sticher, 1999a).

Zum Wirkmechanismus etherischer Öle tragen auch ihre antioxidativen Eigenschaften bei (Graßmann, 2000). Oxidativer Stress wird im menschlichen Körper durch Noxen wie Umweltgifte (Cross et al., 1998, Vallyathan et al., 1998, Vallyathan und Shi, 1997), Zigarettenrauch (Zhang et al., 2001), aber auch bei Entzündungen (Wright et al., 1994, Martin et al., 1998) oder infolge von Pathogenbefall (Elstner, 1990) ausgelöst.

Durch den Einfluss freier Radikale werden oxidative Veränderungen an Lipiden (Zhang et al., 2001, Romero et al., 1998, Dix und Aikens, 1993) und anderen Biomolekülen wie der DNA (Vallyathan et al. 1998, Romero et al., 1998) oder Proteinen (Romero et al., 1998) hervorgerufen. Als Folge können Krebs- (Vallyathan et al. 1998), Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Steinberg et al., 1989, Spranger et al., 1998) sowie neurodegenerative Erkrankungen (Romero et al., 1998) auftreten. Entsprechend häufig wird zur Vorbeugung oder Therapie solcher Erkrankungen der Einsatz antioxidativ wirksamer Medikamente diskutiert (Miyoshi et al., 2004, Zhang et al., 2001, Cross et al., 1998, Graßmann et al., 2000).

Die Wirksamkeit synthetischer und natürlicher Antioxidantien kann in verschiedenen *in vitro*-Testsystemen untersucht werden. Etherische Öle üben naturgemäß besonders auf Lipidperoxidationsprozesse einen großen Einfluss aus. Dabei ist die Wirkung stark von der Zusammensetzung des jeweiligen Öls und vom verwendeten Testsystem abhängig (Graßmann, 2000). Antioxidative Kapazität wurde den etherischen Ölen von *Mentha arvensis* (Kumar et al., 2007), Pfefferminze (Mimica-Dukic et al., 2003, Yadegarinia et al., 2006), *Mentha aquatica* und *Mentha longifolia* (Mimica-Dukic et al., 2003) nachgewiesen. Auch die wässrigen Extrakte von *Mentha x piperita* (Dorman et al., 2003, Pokorny, 2005) und *Mentha x spicata* (Kanatt et al., 2007) zeigten antioxidative Eigenschaften, ebenso die hydroalkoholischen Extrakte von *Mentha aquatica* (Conforti et al., 2008).

1.1.4 Überblick über die Nutzung von *Mentha*-Arten

Die medizinische Nutzung verschiedener *Mentha*-Arten geht bis ins Altertum zurück. Unter dem Namen *Mentha* wurden vor allem *Mentha x spicata*, *Mentha x gentilis*, *Mentha longifolia* und Varietäten zusammengefasst. Daneben verwendete man die Bachminze, *Mentha aquatica*, die Poleiminze, *Mentha pulegium*, sowie vermutlich *Mentha arvensis*. Zu den Minz-Arten zählte man wegen ihres Geruchs auch *Calamintha officinalis* Moench (Bergminze) und *Nepeta cataria* L. (Katzenminze). Eine exakte Identifizierung der in Kräuterbüchern erwähnten Arten ist häufig nicht möglich. Die historischen Indikationen sind bei allen Arten sehr ähnlich und reichen von Schluckauf, Erbrechen, Verdauungsproblemen und Darmwürmern über Kopf- und Ohrenschmerzen bis hin zur äußerlichen Anwendung bei Tierbissen (Mayer, 2004).

Heute zählen *Mentha x piperita*, die Pfefferminze, *Mentha arvensis*, die Japanische Minze, *Mentha x spicata*, die Grüne Minze oder „Spearmint“, und *Mentha citrata*, die Bergamottminze, zu den wirtschaftlich bedeutendsten Vertretern der Gattung (Mestri, 2005).

Pfefferminze wird häufig als Teeaufguss oder in Teemischungen als Geschmackskorrigens eingesetzt, weiterhin als Trockenextrakt, Küchengewürz oder Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Pfefferminzöl. Sie wirkt spasmolytisch, antimikrobiell, antiviral und choleretisch. Anwendungsgebiete sind krampfartige Beschwerden des Magen-Darm-Bereiches sowie der Gallenblase und Gallenwege (Sticher, 1999a). Wissenschaftlich nachgewiesen ist auch die Wirksamkeit bei Spannungskopfschmerzen und Migräne (Göbel et al., 2004). Pfefferminzöl ist eines der am meisten verwendeten etherischen Öle. Es wird zum größten Teil als Geruchs- und Geschmackskorrigens verwendet, so in der kosmetischen Industrie in Mundwässern oder Zahnpasten, in der Lebensmittelindustrie für Kaugummi, Süßwaren und Liköre und in pharmazeutischen Präparaten für Pulver, sofortlösliche Tees oder Lutschbonbons bei Husten (Sticher, 1999a).

Das mentholreiche (80->90%) Öl der Japanischen Minze wird in großem Umfang zur Gewinnung von natürlichem (-)-Menthol verwendet. Außerdem dient es als Geschmackskorrigens in pharmazeutischen Präparaten oder als Hausmittel bei Magen-Darm-Beschwerden, Erkältungskrankheiten und Nerven- und Gliederschmerzen (Sticher, 1999a).

Als „Spearmint“ werden verschiedene Varietäten mit carvonreichem etherischem Öl der formenreichen *Mentha x spicata* angebaut, darunter *Mentha spicata* var. *crispa*. Diese liefert das antimikrobiell, insektizid und neurodepressiv wirksame Krauseminzöl sowie Krauseminzblätter. Das Öl, das 40-80% (-)-Carvon enthält (Stahl-Biskup, 1993), dient vor allem als Aromastoff für Mundwässer, Zahnpasta und Kaugummi (Wichtl, 2004). Als „Scotch Spearmint“ wird im englischsprachigen Raum das Öl von *Mentha x gentilis* verwendet. Diese Art zählt – ebenso wie *Mentha aquatica* var. *crispa* und *Mentha longifolia* var. *crispa* – auch zu den Stammpflanzen für das erwähnte Krauseminzöl. In der Homöopathie wird *Mentha x spicata* unter dem Synonym *Mentha viridis* eingesetzt (Stahl-Biskup, 1993).

Das etherische Öl von *Mentha citrata* findet hauptsächlich zur Parfümierung von Seifen und Kosmetika Verwendung und wird oft im Austausch für Lavendel- oder Muskatellersalbeiöl verwendet.

In geringerer Menge wird Pennyroyal-Öl produziert. Das Öl der Poleiminze, *Mentha pulegium*, enthält 60-90% (+)-Pulegon und wirkt hepatotoxisch. Es ist Bestandteil von Insektenrepellentien und dient u. a. als Parfüm für Seifen und Waschmittel. Auch das Kraut der Pflanze wird als giftig eingestuft, es wird heute in der Homöopathie eingesetzt (Stahl-Biskup, 1993).

1.2 Ziel der Arbeit

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Selektion von hochwertiger Pfefferminze“ durchgeführt. Ziel des Projektes war die Selektion einer für den Anbau geeigneten Pfefferminze (*Mentha x piperita*) mit hohem etherischem Ölgehalt, angenehmem Aroma und guten antioxidativen Eigenschaften. Für die Selektion wurde zum einen ein Screening des weltweit gesammelten Minzensortiments von Herrn Prof. Dr. Ulrich Bomme, Arbeitsgruppe Heil- und Gewürzpflanzen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL, Freising-Weihenstephan) durchgeführt sowie vom Feld ausgewählte „Sports“ herangezogen. Zum anderen wurde eine Gewebekultur mit dem Ziel somaklonaler Variation angelegt. Aus Kallus wurden Sprosse regeneriert und Cluster ausgewählter Einzelpflanzen für weitere Untersuchungen gebildet. Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projektes 37 Pfefferminzen (15 Herkünfte aus dem LfL-Sortiment, sieben Selektionen vom Feld, 15 Cluster aus Gewebekultur) selektiert, angebaut und

geprüft. Zusätzlich wurden elf weitere Vertreter der Gattung *Mentha* untersucht.

In der vorliegenden Arbeit werden drei der 37 ausgewählten Pfefferminzen – je eine Selektion aus dem LfL-Sortiment, eine Selektion vom Feld sowie ein Regenerat aus Gewebekultur – den anderen *Mentha*-Arten bzw. -Hybriden gegenüber gestellt.

Im Vordergrund stand die quantitative und qualitative Untersuchung der Aroma prägenden etherischen Öle von Blattdroge. Der Einsatz der etherischen Öle in zwei *in vitro*-Testsystemen sollte Hinweise auf deren antioxidative Eigenschaften liefern. Zum Vergleich wurden Hauptkomponenten der Öle als Reinsubstanzen sowie als Mischungen in einem der Testsysteme untersucht.

Ein weiteres Ziel war die Erfassung von Pflanzenparametern wie Kraut-Frischmasse-Ertrag, Drogenertrag und Blattanteil sowie Beobachtungen zu Krankheitsanfälligkeit und Auswinterung. Da die große Anzahl der insgesamt geprüften Linien einen Anbau mit mehreren Wiederholungen nicht zuließ, liefern die ermittelten Pflanzenparameter lediglich Hinweise über die Eignung der ausgewählten *Mentha*-Spezies für den kommerziellen Anbau.

2 Vorversuche zur Gehaltsbestimmung des etherischen Öls

Ziel:

Die Gehaltsbestimmungen des etherischen Öls ausgewählter *Mentha*-Spezies sollten nach Vorschrift des Europäischen Arzneibuches (PhEur, 2002) für die Gehaltsbestimmung des etherischen Öls in Pfefferminzdroge durchgeführt werden. Dieses schreibt die Verwendung von Xylol als Vorlage vor.

Das bei Destillationen mit Xylolvorlage erhaltene Xylol-Öl-Gemisch kann für gaschromatographische Untersuchungen nicht verwendet werden, da der Xylol-Peak die Peaks von Substanzen des etherischen Öls überlagert. Weiterhin ist ein Einsatz der Xylol-Öl-Gemische in Testsystemen zur Untersuchung der antioxidativen Kapazität aufgrund der störenden Wirkung von Xylol nicht möglich.

Aus diesem Grunde wurde erwogen, die Destillationen ohne Xylolvorlage durchzuführen. Dafür wurde zunächst geprüft, ob sich die ermittelten Ölgehalte in Abhängigkeit von der Destillationsart mit bzw. ohne Xylol unterscheiden.

Methode:

Die Ermittlung der Ölgehalte erfolgte durch Destillation von Blattdroge der *Mentha* Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 13 aus dem 1. und 2. Schnitt 2005. Außerdem wurde Blattdroge der *Mentha* Nr. 11 aus dem 1. Schnitt 2005 destilliert – ein weiterer Schnitt war nicht durchführbar. Auch die Ölgehalte, ermittelt mit und ohne Xylolvorlage, von *Mentha* Nr. 6 aus dem 2. Schnitt 2005 wurden in die statistischen Berechnungen mit einbezogen. Im 1. Schnitt 2005 lieferte diese Minze nicht ausreichend Pflanzenmaterial.

Die Destillationen ohne Xylolvorlage erfolgten wie in Kapitel 4.5 beschrieben.

Bei Destillationen mit Xylolvorlage wurde das Volumen des verwendeten Xylols vor jeder Destillation von Drogenmaterial bestimmt: In den Rundkolben befand sich ausschließlich VE-Wasser, aber kein Drogenmaterial. Die Destillationsapparatur (Abb. 4; S. 27) war mit VE-Wasser bis zum Niveau B gefüllt. Der Stopfen K' wurde entfernt und 500 µl Xylol R wurden hinzugefügt. Das Wasser in den Rundkolben wurde zum Sieden gebracht und die Destillationsgeschwindigkeit auf 3-4 ml min⁻¹ eingestellt. Nach einer Destillationszeit von 30 min wurde die Heizquelle ausgeschaltet und nach weiteren 10 min das Volumen des nunmehr mit

Wasserdampf gesättigten Xylols am Messrohr *JL* der Apparatur bestimmt.

Nun wurde die vorgeschriebene Menge an Drogenmaterial in die Destillationskolben gebracht und die Destillation wie in Kapitel 4.5 beschrieben durchgeführt. Destillationsflüssigkeit und Xylol verblieben in der Destillationsapparatur. Nach Beendigung der Destillation wurde an der Skala der PhEur-Apparatur das Volumen des Xylol-Öl-Gemisches ermittelt und das zuvor ermittelte Volumen von Xylol subtrahiert.

Ergebnis:

Die Ergebnisse der Vorversuche sind in Abb. 2 und 3 sowie in Anhang 7 dargestellt. Die Destillationsart mit bzw. ohne Xylol übte keinen signifikanten Einfluss auf die ermittelten Ölgehalte von Blattdroge verschiedener *Mentha*-Spezies aus dem 1. und 2. Schnitt des Jahres 2005 aus. Die Mittelwerte der Ölgehalte, ermittelt mit Xylolvorlage ($1,533 \text{ ml } 100 \text{ g}^{-1}$) und ohne Xylolvorlage ($1,5155 \text{ ml } 100 \text{ g}^{-1}$), unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant ($\text{GD}=0,3755$ Tukey $p<0,05$).

Auch die Destillation der Blattdroge von 19 Pfefferminz-Klonen mit bzw. ohne Xylol ergab keine signifikanten Unterschiede der ermittelten Ölgehalte (Sitzmann et al., 2007).

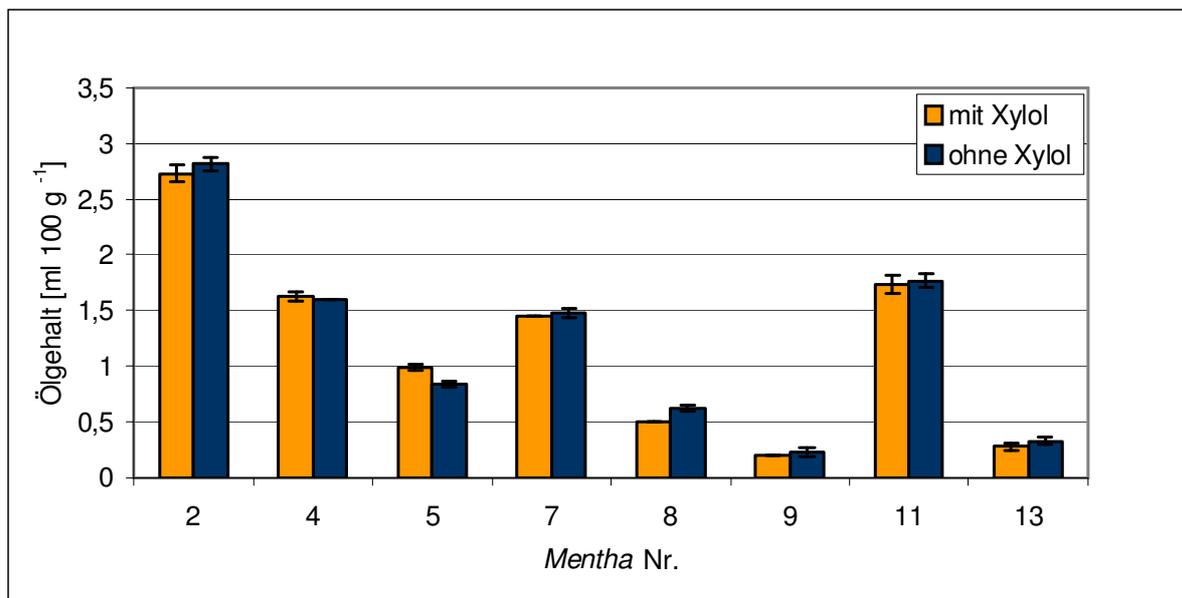


Abb. 2: Einfluss der Destillationsart auf die Ölgehalte verschiedener *Mentha*-Spezies (1. Schnitt 2005)

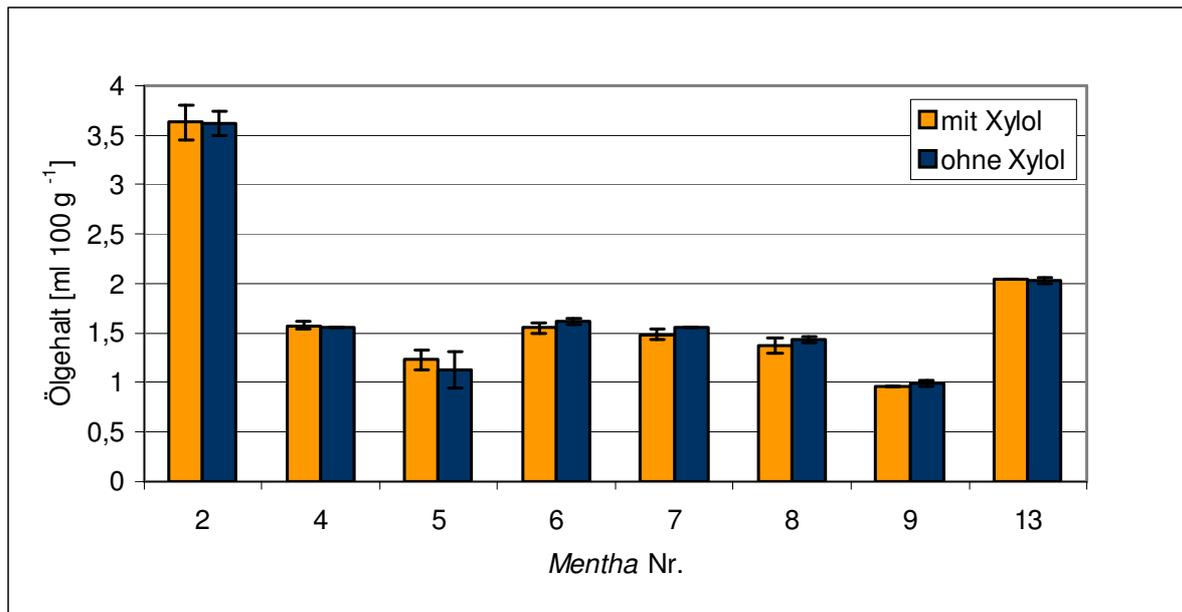


Abb. 3: Einfluss der Destillationsart auf die Ölgehalte verschiedener *Mentha*-Spezies (2. Schnitt 2005)

Schlussfolgerung:

Da sich die ermittelten Ölgehalte in Abhängigkeit von der Destillationsart mit bzw. ohne Xylol nicht signifikant unterscheiden, kann auf die Xylol-Vorlage bei der Bestimmung des Ölgehaltes der ausgewählten *Mentha*-Arten verzichtet werden. Die bei der Destillation gewonnenen reinen etherischen Öle können somit in der Gaschromatographie sowie in verschiedenen Testsystemen zur Untersuchung der antioxidativen Kapazität eingesetzt werden.

3 Material

3.1 Pflanzenmaterial

In der vorliegenden Arbeit wurden der Gattung *Mentha* zugehörige Arten bzw. Hybriden hinsichtlich verschiedener Merkmale miteinander verglichen.

Das Pflanzenmaterial stammt – mit Ausnahme einer eigenen Selektion vom Feld sowie einer eigenen Selektion aus Gewebekultur – aus der weltweiten Sammlung von Herrn Prof. Dr. Ulrich Bomme, Arbeitsgruppe Heil- und Gewürzpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), vormals Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP). Zur Richtigkeit der botanischen Bezeichnung oder der Trivialnamen der mit BLBP-Nr. gekennzeichneten Minzen wurden an der LfL bisher keine Untersuchungen durchgeführt.

Für die vorliegende Arbeit wurden drei Vertreter der wohl bekanntesten Minzenart, der Pfefferminze (*Mentha x piperita*), ausgewählt:

BLBP Nr. 35,

Linie S0, eine eigene Selektion vom Feld (Vergleichsklon), und

Linie C34, eine eigene Selektion aus Gewebekultur.

Die Linie S0 wurde bei der Suche nach morphologisch sich unterscheidenden Pflanzen als Vergleichsklon aus ca. 60 000 Pfefferminzen im Feldanbau ausgewählt.

Die Linie C34 wurde mit Standardmethoden der Gewebekultur entwickelt, wobei nach der Sprossregeneration aus Kallus sehr homogene Einzelpflanzen im Cluster C34 zusammengefasst wurden.

Aus dem LfL-Sortiment wurden mit dem Ziel einer gaschromatographischen Analyse weiterhin Vertreter der Gattung *Mentha* mit den Trivialnamen Apfel-, Ingwer-, Orangen-, Limonen- und Lavendelminze (Tab. 2) für die vorliegende Arbeit ausgewählt.

Bei einer Verkostung frischer Minzen am Feld im Juni 2005 durch einen Sensoriker der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG wurden aufgrund ihres ungewöhnlichen Aromas außerdem die BLBP Nr. 106, 137 und 140 sowie die Schokoladenminze (BLBP Nr. 84) aus dem Sortiment der LfL der Auswahl hinzugefügt.

Tab. 2 zeigt die ausgewählten *Mentha*-Spezies im Überblick.

Tab. 2: Ausgewählte *Mentha*-Herkünfte und -Selektionen

lfd. Nr. der <i>Mentha</i> -Herkunft bzw. -Selektion	BLBP Nr. / Selektion / Cluster	Botanische Bezeichnung*	Trivialname*
1	BLBP 35	<i>Mentha x piperita</i>	Pfefferminze
2	S0	<i>Mentha x piperita</i>	Pfefferminze
3	C34	<i>Mentha x piperita</i>	Pfefferminze
4	BLBP 13	<i>Mentha rotundifolia</i>	Apfelminze
5	BLBP 152	<i>Mentha rotundifolia</i>	Apfelminze
6	BLBP 131	<i>Mentha gentilis</i>	Ingwerminze
7	BLBP 145	<i>Mentha gentilis</i> Variegata	Ingwerminze
8	BLBP 93	<i>Mentha citrata</i>	Orangenminze
9	BLBP 135	<i>Mentha x piperita</i> var. <i>citrata</i>	Limonenminze
10	BLBP 106	<i>Mentha x piperita officinalis</i>	k. A.
11	BLBP 140	<i>Mentha piperita nepetoides</i>	k. A.
12	BLBP 84	k. A.	Schokoladenminze
13	BLBP 130	k. A.	Lavendel-Minze
14	BLBP 137	k. A.	k. A.

* Richtigkeit der botanischen Bezeichnung bzw. des Trivialnamens an der LfL nicht untersucht

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Vertreter der Gattung *Mentha* wurden laufend nummeriert (Tab. 2) und werden in der Folge mit ihrer laufenden Nummer bezeichnet.

3.2 Reagenzien und Chemikalien

Eine Auflistung der für die vorliegende Arbeit verwendeten Chemikalien und Reagenzien erfolgt in Tab. 3. Die für Gaschromatographie und ABTS-Testsystem verwendeten Reinsubstanzen sind gesondert aufgelistet (Tab. 4), ebenso die in der Gaschromatographie zum Vergleich von Ölkomponenten eingesetzten ätherischen Öle (Tab. 5).

Tab. 3: Verwendete Chemikalien und Reagenzien

Name	Abkürzung/ Formel	M [g mol ⁻¹]	Firma	Artikel- nummer
2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonsäure)-di-ammoniumsalz	ABTS C ₁₈ H ₁₈ N ₄ O ₆ S ₄ * 2(NH ₃)	548,7	Sigma	A1888-2G
Aceton HPLC	C ₃ H ₆ O	58,08	VWR Prolabo	20 067.320
Aceton	C ₃ H ₆ O	58,08	VWR Prolabo	20 063.467
Alkanreihe Standardlösung	C ₈ -C ₂₀		Fluka	4070
Dinatriumhydrogenphosphat	Na ₂ HPO ₄	141,96	ACROS	424375000
Ethanol p.a.	EtOH C ₂ H ₆ O	46,07	VWR Prolabo	20 821.321
Helium 4.6	He		Linde	3300152
Helium 5.0	He		Westfalen	A06740150
Hexan	C ₆ H ₁₄	86,18	VWR Prolabo	24 605.321
Kupfer(II)chlorid-Dihydrat p.a.	CuCl ₂ *2(H ₂ O)	170,48	Merck	1.02733.0250
Natriumchlorid	NaCl	58,44	ACROS	207790010
Natriumdihydrogenphosphat-Dihydrat	NaH ₂ PO ₄ * 2(H ₂ O)	156,01	Merck	1.06345.1000
Natriumsulfat	Na ₂ SO ₄	142,04	Merck	1.06603.1000
ortho-Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	98,00	Fluka	79620
Peroxidase aus Meerrettich	POD	ca. 40000	Serva Electro- phoresis	31941
tri-Natriumcitrat-Dihydrat p.a.	C ₆ H ₅ Na ₃ O ₇ * 2(H ₂ O)	294,10	Merck	1.06448.1000
Trolox	C ₁₄ H ₁₈ O ₄	250,3	ACROS	218040050
Wasserstoffperoxid 30% (Perhydrol)	H ₂ O ₂	34,01	Merck	1.07209.0250
Xylol	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,17	Merck	1.08681.1000

Weiterhin wurde eine Alkanreihe (C₉, C₁₁-C₁₇, C₂₀, C₂₂-C₂₅) aus dem Bestand des Lehrstuhls für Gemüsebau ohne Herstellerangaben verwendet.

Tab. 4: Standards für Gaschromatographie und ABTS

Name	Abkürzung/ Formel	M [g mol⁻¹]	Firma	Artikel- nummer
(-)-Carveol (Isomerengemisch)	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	Aldrich	19,238-4
(+)-Carvon	C ₁₀ H ₁₄ O	150,22	Roth	6947
β-Caryophyllen	C ₁₅ H ₂₄	204,36	Roth	7232.1
1,8-Cineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Aldrich	C8,060-1
Citral	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	Roth	5292
Citronellol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27	Fluka	27480
DL-Citronellylacetat	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198,31	Roth	4101
p-Cymol	C ₁₀ H ₁₄	134,21	Roth	5282.1
Dihydrocarveol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	6708
Dihydrocarvon	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	Roth	6710
Dihydrocarvylacetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29	Aldrich	19,410-7
Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164,20	Merck	1.59629
Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Fluka	48798
Geranylacetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29	Roth	5262.1
α-Humulen	C ₁₅ H ₂₄	204,36	Roth	7209
D-Isomenthol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27	Roth	5070.1
Isomenthon	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	6458.1
(+)-Isopulegol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Aldrich	439053-1ML
Jasmon	C ₁₁ H ₁₆ O	164,24	Aldrich	277444
L-Limonen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	3223.1
Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	5201.1
Linalylacetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29	Roth	5199.1
Menth-1-en-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	7517
Menthofuran	C ₁₀ H ₁₄ O	150,22	Roth	5188
(-)-Menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27	Aldrich	M278-0
(-)-Menthon	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Aldrich	21,823-5
(-)-Menthylacetat	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198,31	Aldrich	441058
β-Myrcen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	9429.1
(+)-Neomenthol	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27	Fluka	72134
Nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	5183.1
Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	222,37	Roth	7895.1

Name	Abkürzung/ Formel	M [g mol ⁻¹]	Firma	Artikel- nummer
Nerylacetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29	Fluka	46015
Ocimen (70-75% cis-Ocimen, 20-25% Limonen)	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Fluka	74730
1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	130,23	Sigma	0-4500
3-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	130,23	Roth	3857.1
1-Octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	128,22	Fluka	74950
Octylacetat	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172,25	Roth	5009.1
α-Pinen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	3857.1
β-Pinen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	5172.1
Phytol (cis-trans-Gemisch)	C ₂₀ H ₄₀ O	296,54	Aldrich	W50,220-0
(+)-Pulegon	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	Merck	818665
Sabinen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	7188.1
α-Terpinen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Fluka	86473
γ-Terpinen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	8039
α-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	Roth	5152
Terpinolen	C ₁₀ H ₁₆	136,24	Roth	5166
Terpinylacetat	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29	Roth	9445
Thymol	C ₁₀ H ₁₄ O	150,22	Acros	15033-1000

Tab. 5: Etherische Öle zum Vergleich von Ölkomponenten in der Gaschromatographie

Name	Art	Firma	Artikel- nummer
Kamille blau	<i>Matricaria chamomilla</i>	Neumond	1342
Ylang-Ylang extra	<i>Cananga odorata</i>	Wadi GmbH	20720010
Myrrhe	<i>Commiphora molmol</i>	Neumond	1690
Manuka	<i>Leptospermum scoparium</i>	Neumond	1577

3.3 Lösungen und Puffer

Alle Lösungen wurden, sofern nicht anders beschrieben, mit H₂O_{bide} hergestellt.

Angesäuertes Ethanol (für ABTS-Entfärb-Assay)

Angesäuertes Ethanol wurde durch Mischung von Ethanol p.a. mit 0,7% H_3PO_4 hergestellt.

60 μM POD (Peroxidase) (für ABTS-Entfärb-Assay)

Zunächst wurde eine Ausgangslösung von ca. $10 \text{ mg POD ml}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_{\text{bidest}}$ hergestellt. Die molare Konzentration einer 1:10 Verdünnung der Ausgangslösung wurde bei 403 nm photometrisch bestimmt (Extinktionskoeffizient $\epsilon=100 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Die Ausgangslösung wurde entsprechend verdünnt, um eine $60 \mu\text{M}$ POD zu erhalten.

Mischungen von Standards (für ABTS-Entfärb-Assay)

Alle Mischungen wurden 1:10 mit Ethanol verdünnt.

Die Mischungen A bis F wurden nach folgenden Verhältnissen (Tab. 6) hergestellt.

Tab. 6: Verhältnis von Einzelsubstanzen in Mischungen von Standards

Terpenstandard	Anteil des Standards an der Mischung					
	A	B	C	D	E	F
β -Pinen				1		
Limonen					1	3
1,8-Cineol	1	1	2			1
Ocimen				1	1	
(-)-Menthon		10	10		3	
(+)-Isomenthon		2	1			
Linalool	8			10		
Linalylacetat	4					
β -Caryophyllen				1	1	1
Dihydrocarvon						1
(-)-Menthol		2	10			
Carvon						10

Phosphatpuffer (0,2 M zur Herstellung von PBS-Puffer für LPO-Testsystem)

Lösung A: $0,2 \text{ M NaH}_2\text{PO}_4$ ($27,9 \text{ g l}^{-1}$)

Lösung B: $0,2 \text{ M Na}_2\text{HPO}_4$ ($35,6 \text{ g l}^{-1}$)

Mit den Lösungen A und B wurde der pH-Wert am pH-Meter auf 7,4 eingestellt.

PBS-Puffer (für LPO-Testsystem)

9 mg NaCl wurden in 100 ml Phosphatpuffer (0,2 M, pH 7,4) angelöst und mit $\text{H}_2\text{O}_{\text{bidest}}$ auf 1 l ergänzt.

3.4 Geräte und Anlagen

Destillationsanlagen:

Apparatur: Winzer Germany (Abb. 4 nach Vorschrift des PhEur)

Heizpilz: Horst Laborgeräte GmbH 010106 HG1

Kühlung: Lauda UKT 1500 P

Erntegerät: Hege „212 Grünfutter-Ernter“

Gaschromatographen mit Massenspektrometer (GC/MS):

Analysen der Öle aller ausgewählten *Mentha*-Arten und -Hybriden:

Hewlett Packard 5890 Series II

Detektor: Hewlett Packard 5971 Series Mass Selective Detector mit Elektronenstoßionisierung 70 eV, Quadrupol Massenfilter

Autosampler: Hewlett Packard 7673 GC/SFC Injector

Kühlung Probeneller: Lauda RM6

Säule: SupelcowaxTM 10 24081 60 m x 0,25 mm, 0,25 μm Filmdicke

Software: Chemstation Version B.00.02 © Hewlett Packard 1991

Auftrennung des Öls von *Mentha* Nr. 9 mit:

Thermo Finnigan Trace GC ultra

Detektor: Thermo Finnigan Trace DSQ mit Elektronenstoßionisierung 70 eV

Autosampler: Autoinjector AI 30000

Säule: SLBTM-5ms 30 m x 0,25 mm, 0,25 μm Filmdicke

Software: XCalibur Version 1.4 © Thermo Electron Corporation 1998-2003,
NIST MS Search 2.0a

pH-Meter: pH-Meter Set Qph 70, VWR International

Stereomikroskop: Carl Zeiss SV11 mit Mikroskopkamera Carl Zeiss MC80

Trocknungsanlage Baumannshof:

Hopfendarre Wolf Geisenfeld VLT 6000 HVAC

(Luftleistung $7610 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, Wärmeleistung 130 kW)

mit Stufenbrenner Klamke Typ KRL 250 N

Ultraschallbad: Elma Transsonic Digital

UV-Vis-Spektralphotometer:

Pharmacia LKB Biochrom 4060

Thermo Spectronic Helios beta 9423 UVB 1002E

Zentrifuge: Sigma Laborzentrifuge 2-15

4 Methoden

4.1 Anbau, Ernte und Trocknung

4.1.1 Jungpflanzenanzucht und Pflanzung

Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Spezies, Hybriden und Klone der Gattung *Mentha* wurden über Kopfstecklinge von Mutterpflanzen im vegetativen Stadium in Multitopfplatten vermehrt. Als Substrat wurde TKS 1 mit Sand im Verhältnis 1:1 gemischt. Die Kopfstecklinge der *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 stammten von im Gewächshaus kultivierten Mutterpflanzen, alle anderen Kopfstecklinge wurden von Pflanzen in Feldkultur genommen. Die Anzucht dauerte jeweils etwa fünf Wochen. Die Soll-Temperatur betrug am Tag 18 °C, nachts 16 °C. Nach erfolgter Durchwurzelung wurden die Jungpflanzen zwei bis drei Wochen lang unter Freilandbedingungen abgehärtet.

Mentha Nr. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 13 (Anhang 3) wurden im Mai 2005 auf Parzellen der Größe 1,25 m * 5 m = 6,25 m² (2 Reihen zu je 25 Pflanzen) gepflanzt. *Mentha* Nr. 10, 11, 12 und 14 wurden am 20.07.2005 ausgepflanzt. Aufgrund des späten Pflanztermins war es nicht möglich, im Jahr 2005 von diesen Pflanzen für Vergleiche geeignetes Pflanzenmaterial zu ernten bzw. Daten zu erheben.

Als zusätzliches Vergleichsmaterial wurden im Mai 2006 die Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1 und 3 gepflanzt. Die Parzellengröße betrug 1,25 m * 4 m = 5 m² (2 Reihen zu je 20 Pflanzen).

Der Anbauzeitraum betrug jeweils zwei Jahre (Pflanzjahr und Folgejahr).

Bei den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen *Mentha*-Arten bzw. -Hybriden handelt es sich lediglich um einen Bruchteil (14 von insgesamt 58) der im Rahmen eines Projektes angebauten *Mentha*-Herkünfte bzw. -Selektionen. Ein Anbau mit Wiederholungen war aufgrund der großen Anzahl von Herkünften/Selektionen nicht möglich. Eine Benachteiligung bestimmter *Mentha*-Arten durch den Anbaustandort wird jedoch ausgeschlossen, da alle auf homogenen Flächen nach der Kulturanleitung von Bomme (2001) angebaut wurden.

Der Anbau erfolgte am Versuchsgut der LfL „Baumannshof“ in Forstwiesen im Landkreis Pfaffenhofen an der Ilm. Der Standort befindet sich geologisch im würmeiszeitlichen Schotter und ist geprägt durch humose Sandböden mit pH-Werten zwischen 4,5 und 5,4.

Im Jahr 2005 fielen 754 mm Niederschlag. Die Durchschnittstemperatur während der Vegetationsmonate April bis September betrug 14,9 °C. Im Jahr 2006 fielen 705 mm Niederschlag, im Zeitraum April bis September wurde eine Durchschnittstemperatur von 15,6 °C verzeichnet. 2007 betrug die Jahresniederschlagsmenge 807 mm, die Temperatur von April bis September lag durchschnittlich bei 15,5 °C. Genauere Angaben können den Klimadatentabellen im Anhang 6 entnommen werden.

Der Anbau 2005 erfolgte auf sandigem Boden, der Anbau 2006 auf lehmigem Sand. Die Krumentiefe am Anbaustandort betrug 20 cm, die Ackerzahl 29. Vorfrucht war in beiden Anbaujahren Winterroggen, vorletzte Vorfrucht im Anbaujahr 2005 Körnermais, im Anbaujahr 2006 Winterroggen.

Aufgrund der für *Mentha* typischen starken Ausläuferbildung wurden zwischen allen Parzellen Abstände von mindestens 1 m eingehalten, um ein Zusammenwachsen der Versuchspflanzen zu verhindern.

4.1.2 Bodenbearbeitung, Pflege und Düngung

Zur Bodenbearbeitung kamen der Pflug im Herbst sowie im Frühjahr Kompaktor und Grubber zum Einsatz. Die Unkrautbekämpfung wurde regelmäßig per Handhacke durchgeführt. Beregnet wurde nach Bedarf. Eine Aufstellung der Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen findet sich im Anhang 2.

Es wurde mineralisch unter Berücksichtigung der Nährstoffentzüge von Pfefferminze ($168 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, $32 \text{ kg ha}^{-1} \text{ MgO}$) (Bomme, 2001) gedüngt. Die Düngung orientierte sich an den im Frühjahr durchgeführten Bodenproben (siehe Anhang 1). Stickstoff wurde in zwei Gaben als KAS (Kalkammonsalpeter) gedüngt, eine zusätzliche Düngung von 30 kg N ha^{-1} erfolgte nach den Schnitten. Eine Aufstellung aller gedüngten Nährstoffe findet sich im Anhang 4.

Auf Pflanzenschutzmaßnahmen wurde gänzlich verzichtet.

4.1.3 Ernte und Trocknung

Die Ernte wurde an den im Anhang 5 aufgelisteten Terminen mit einem Hege-Grüngut-Ernter 4-5 cm über dem Boden vorgenommen. Der 1. Schnitt wurde durchgeführt, sobald sich die Pflanzen im Entwicklungsstadium „Knospenansatz“

befanden. *Mentha* Nr. 4 und 5 standen im Jahr 2005 beim 1. Erntetermin bereits kurz vor Blühbeginn. Zum Zeitpunkt des 2. Schnittes befanden sich *Mentha* Nr. 6, 7 und 13 in der Blüte. Alle anderen *Mentha*-Arten wurden geerntet, sobald sich der zweite Aufwuchs, der in seiner Entwicklung deutlich inhomogener als der erste ist, im Stadium der Knospenentwicklung bzw. kurz vor Blühbeginn befand.

Die Blätter wurden händisch von den Stängeln abgezapft und in einer Hopfendarre für 18 h bei 40 °C (2005) bzw. 20 h bei 39 °C (2006 und 2007) mit 70% der möglichen Luftmenge von 7.610 m³ getrocknet, bis die Droge rascheltrocken war. Die Veränderung der Trocknungsdauer und -temperatur erfolgte im Zuge der ständigen Optimierung der Trocknungsbedingungen an der LfL. Auf eine Bestimmung der Restfeuchte wurde aufgrund des großen Arbeitsaufwandes verzichtet. Nach mehrjährigen Erfahrungen mit der Trocknung von Pfefferminze in derselben Anlage beträgt die Restfeuchte zwischen sechs und acht Prozent (Bomme et al., 2001).

4.2 Beschreibung der Morphologie

Die Beschreibung von Wuchs, Blattform und -farbe, Blattaderung, Stängelfarbe, Behaarung und Sägung wurde am Feld vorgenommen. Die Pflanzen befanden sich im Stadium des Knospenansatzes.

Für die Pflanzenbestimmung müssen auch Farbe, Form und Behaarung der Kelch- und Kronblätter, die Behaarung des Blütenschlundes sowie die Anordnung der Blüten in den Infloreszenzen bestimmt werden. Da die ausgewählten *Mentha*-Arten bzw. -Hybriden im Stadium des Knospenansatzes geerntet wurden, gelangten sie nicht in die Blüte. Die Beschreibung der Blüten erfolgte daher an Material, welches in Töpfen zur Erhaltung im Gewächshaus überwintert und im Sommer unter Freilandbedingungen kultiviert wurde, oder an Pflanzen, die im Pfefferminzsortiment der LfL angebaut wurden. Von *Mentha* Nr. 11 und 12 konnten weder von den Erhaltungskulturen im Topf noch von den Pflanzen im Pfefferminzsortiment der LfL Blüten gewonnen werden.

Unter dem Stereomikroskop wurde kontrolliert, ob die Haare an Blättern und Stängeln verzweigt oder unverzweigt sind und ob die Blüten im Schlund einen Haarkranz aufweisen.

4.3 Bestimmung von Kraut-Frischmasseertrag, Drogenertrag, Blattanteil und Eintrocknungsverhältnis

Die Pflanzenparameter Kraut-Frischmasseertrag, Drogenertrag, Blattanteil und Eintrocknungsverhältnis sollten grundsätzliche Informationen über die Anbauwürdigkeit der ausgewählten *Mentha*-Arten liefern. Sie wurden im Pflanzjahr und im Folgejahr erfasst. Aufgrund der großen Zahl der insgesamt angebauten Linien wurde auf Anbauwiederholungen verzichtet. Dokumentiert wurden auch Krankheitsbefall und Auswinterung.

Der Kraut-Frischmasseertrag wurde bei allen durchgeführten Schnitten bestimmt. Blattanteil, Eintrocknungsverhältnis und Drogenertrag wurden jeweils beim 1. und 2. Schnitt erfasst.

Kraut-Frischmasseertrag (frisches Kraut) [kg m⁻²]:

Der Kraut-Frischmasseertrag wurde ohne Anbauwiederholung bestimmt, indem jeweils das gesamte, auf einer Parzelle stehende Pflanzenmaterial geerntet und das Gewicht des frischen Krautes – inklusive der Stängel und aller Blätter – unverzüglich nach Durchführung der Ernte gewogen wurde. Die Parzellenfläche wurde aufgrund der starken Ausläuferbildung im Verlauf der Vegetationszeit zu den Erntezeitpunkten nachgemessen. Die Masse des gesamten geernteten frischen Pflanzenmaterials wurde auf die mit Pflanzen bedeckte Fläche umgerechnet.

Blattanteil [%]:

Der Blattanteil beschreibt, welchen Anteil die marktfähigen, frischen Blätter am Gewicht des frischen Pflanzenmaterials einer Parzelle einnehmen.

Zur Bestimmung des Blattanteils wurden aus der gesamten Masse des geernteten frischen Krautes Mischproben von je 1 kg (bei geringem Kraut-Frischmasseertrag entsprechend weniger) gezogen. Anschließend wurden die Blätter von den Stängeln von Hand abgezupft, abgewogen und der Blattanteil berechnet. Sofern der Kraut-Frischmasseertrag ausreichend groß war, wurde der Blattanteil im Jahr 2005 in drei-, im Jahr 2006 in vierfacher Wiederholung bestimmt.

Weiterhin wurde der Anteil nicht marktfähiger Blätter am Gewicht der Kraut-Frischmasse erfasst. Bei den nicht marktfähigen Blättern handelt es sich v. a. um vergilbte Blätter des unteren Stängelabschnittes.

Drogenertrag [g m⁻²]:

Der Drogenertrag wurde wie folgt ermittelt: Die bei der Bestimmung des Blattanteiles gezupften und gewogenen Blätter wurden getrocknet, bis sie rascheltrocken waren. Das getrocknete Blattmaterial (= Droge) wurde gewogen und der Drogenertrag pro kg des geernteten, frischen Krautes für alle Mischprobenwiederholungen errechnet. Der Mittelwert des Drogenertrages [g kg⁻¹ Frischmasse] wurde auf den Kraut-Frischmasseeertrag [kg m⁻²] bezogen und in [g m⁻²] umgerechnet.

Der Drogenertrag wird ohne Standardabweichung dargestellt, da er auf den ohne Wiederholung erfassten Kraut-Frischmasseeertrag bezogen wird.

Eintrocknungsverhältnis:

Das Eintrocknungsverhältnis errechnet sich aus dem Verhältnis von frischem zu getrocknetem Blattmaterial. Es stellt dar, welche Masse an frischen Blättern zur Gewinnung von 1 kg Droge benötigt wird.

Das Eintrocknungsverhältnis wurde – ebenso wie der Blattanteil – im Jahr 2005 in drei-, im Jahr 2006 in vierfacher Wiederholung bestimmt.

4.4 Beobachtungen zu Krankheitsbefall und Auswinterung

Krankheitsbefall:

Mehltau- und Rostbefall können sich im Anbau von Pfefferminze und anderen Minzen bestandesgefährdend auswirken. Das Auftreten von Mehltau bzw. Rost wurde beschreibend dokumentiert.

Auswinterung:

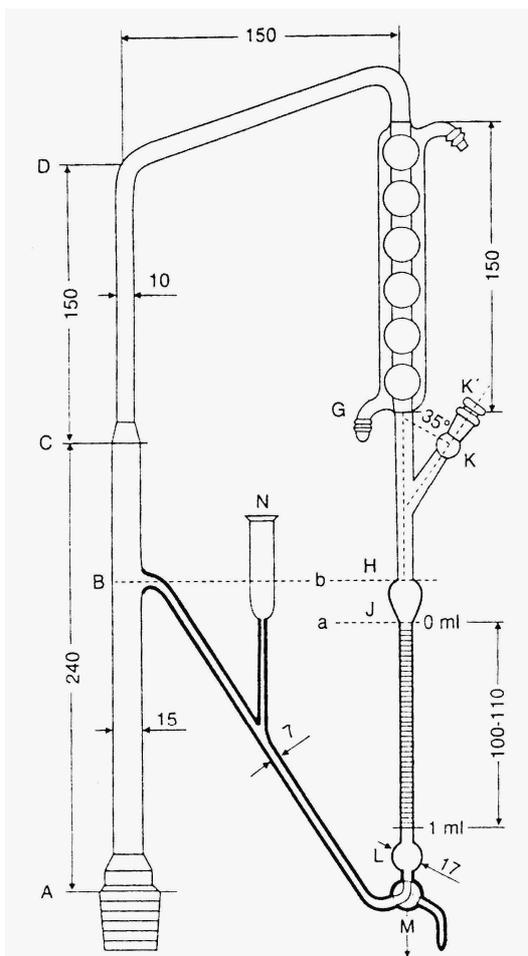
Als Auswinterung wird der Ausfall mehrjähriger Pflanzen infolge winterlicher Klimabedingungen bezeichnet. Erscheinungen von Auswinterung der untersuchten *Mentha*-Arten auf den eigenen Versuchsflächen sowie dem Erhaltungsanbau der LfL wurden schriftlich und fotografisch dokumentiert.

4.5 Destillation des etherischen Öls

Die Destillationen zur Gehaltsbestimmung und Gewinnung des etherischen Öls wurden nach der Vorschrift des Europäischen Arzneibuches (PhEur, 2002) für die

Bestimmung des etherischen Ölgehaltes in Pfefferminzdroge (*Menthae piperitae folia*) mit der Destillationsapparatur des Europäischen Arzneibuches (Abb. 4) durchgeführt.

In einen 500 ml Rundkolben wurden 20,0 g Drogenmaterial gefüllt, die mit 200 ml VE-Wasser versetzt wurden. Der Rundkolben wurde in einen Heizpilz gesetzt und dieser mit Hilfe einer Hebebühne angehoben und am Destillationsaufsatz befestigt. In den Einfüllstutzen *N* der Destillationsapparatur wurde soviel VE-Wasser eingefüllt, bis die Höhe *B* erreicht war. Nun wurde die Flüssigkeit im Rundkolben zum Sieden gebracht und die Destillationsgeschwindigkeit auf $3\text{-}4\text{ ml min}^{-1}$ eingestellt. Dabei wurde mit Hilfe des Dreiwegehahns *M* der Wasserspiegel bis zur Markierung *a* abgesenkt und die Zeit gemessen, die bis zum Füllen bis zur Markierung *b* benötigt wurde. Das Volumen zwischen den Markierungen *a* und *b* beträgt 3 ml.



Die Destillationsdauer betrug zwei Stunden. Der Ölgehalt des destillierten Drogenmaterials wurde 10 min nach Beendigung der Destillation volumetrisch am Messrohr *JL* der Apparatur bestimmt. Anschließend wurde das etherische Öl möglichst wasserfrei aus der Apparatur abgelassen. Die Trocknung des etherischen Öls erfolgte durch Zugabe von Natriumsulfat, bis dieses nicht mehr klumpte. Die etherischen Öle wurden in der Tiefkühltruhe bei -37 °C gelagert.

Die Reinigung der Destillationsapparaturen erfolgte durch zweimalige Destillation mit 20 ml Aceton für je 20 min.

Auf die vom PhEur vorgeschriebene Vorlage von Xylol wurde aufgrund der Ergebnisse der Vorversuche verzichtet.

Abb. 4: Apparatur zur Gehaltsbestimmung des etherischen Öls in Drogen (PhEur, 2002)

4.6 Gaschromatographische Untersuchungen

Die Auftrennung aller etherischen Öle erfolgte am Hewlett Packard GC/MS mit folgendem Temperaturprogramm: 50 °C (3 min), 10 °C min⁻¹, 120 °C (2 min), 3 °C min⁻¹, 136 °C (3 min), 9 °C min⁻¹ (240 °C), 30 min.

Das etherische Öl der *Mentha* Nr. 5 konnte mit obigem Temperaturprogramm nicht optimal untersucht werden. Die Auftrennung wurde daher mit folgendem Temperaturprogramm durchgeführt: 50 °C (3 min), 10 °C min⁻¹, 120 °C (2 min), 1 °C min⁻¹, 170 °C (0 min), 10 °C min⁻¹, 240 °C (30 min).

Die Injektortemperatur betrug 240 °C, die Detektortemperatur 280 °C. Das Einspritzvolumen betrug 0,5 µl. Die Auftrennung der etherischen Öle aus Pflanzenmaterial des Jahres 2005 erfolgte bei einem Helium-Trägergasstrom von 0,69 ml min⁻¹ und einem Splitverhältnis von ca. 1:25. Die Öle aus Pflanzenmaterial des Jahres 2006 wurden – um einer überschnellen Säulenabnutzung vorzubeugen – bei einem Trägergasstrom von 0,59 ml min⁻¹ und einem Splitverhältnis von ca. 1:40 untersucht.

Quantifizierung

Zur Quantifizierung der Inhaltsstoffe wurde das sogenannte 100%-Verfahren, auch Verfahren der „Normalisierung“, angewandt. Hierbei wird die gesamte Fläche unter dem Chromatogramm so integriert, dass alle Haupt- und Nebenkomponenten berechnet werden können. Das Verfahren der Normalisierung hat sich aufgrund seiner einfachen Handhabung in den Arzneibüchern durchgesetzt (Braun, 2002), auch wenn in Abhängigkeit von der verwendeten Säule, der Einspritztechnik (Split, Splitless), Fluss- bzw. Druckschwankungen und dem Detektor beträchtliche Schwankungen auftreten können (Joulain, 1994).

Die Integration der Peakflächen erfolgte durch das Softwareprogramm Chemstation Version B.00.02 © Hewlett Packard 1991 mit folgenden Parametern: Initial Peak Width: 0,05; Initial Threshold: 14,0; Initial Area Reject: 0,0. Die Chromatogramme wurden von Hand nachintegriert.

Komponenten, deren Flächenanteil weniger als 0,25% betrug und die nicht identifiziert werden konnten, werden im Ergebnisteil nicht vermerkt.

Die dargestellten Werte sind, falls nicht anders vermerkt, Mittelwerte dreier durch Destillation gewonnener etherischer Öle einer *Mentha*-Art. Bei den Ergebnissen der

GC-Analysen von *Mentha* Nr. 5 handelt es sich um Einzelwerte, da aufgrund der niedrigen Ölgehalte nach der Ausarbeitung des Temperaturprogramms lediglich geringe Ölvolumina für weitere Analysen zur Verfügung standen.

Identifizierung

Die Identifizierung der Ölkomponenten erfolgte

- a) durch Vergleich von Massenspektren und Retentionszeiten mit authentischen Referenzsubstanzen bzw. mit in anderen Ölen identifizierten Substanzen
- b) durch Vergleich der Massenspektren mit der am Lehrstuhl für Gemüsebau erstellten MS-Terpen-Datenbank, mit der MS-Datenbank Wiley (Wiley, 1990), mit der Datenbank DOS NIST (1992) oder mit in der Literatur gefundenen Massenspektren (Tab. 7)
- c) durch Vergleich der ermittelten Retentionsindices mit Retentionsindices aus Jennings und Shibamoto (1980) oder aus anderen Literaturquellen (Tab. 8).

Tab. 7: Massenspektren aus der Literatur

Literaturquelle des Massenspektrums:	
β-Caryophyllenoxid	FAO, 2005
Piperitenonoxid	FAO, 2005
Sabinenhydrat	Fricke, 2002
D-Germacren	Guterman et al., 2002 Gioacchini et al., 2002
Viridiflorol	Rojahn et al., 1977
Isopiperitenon	v. Bünau et al., 1967
Ethyl-2-methyl-butyrat	Jennings und Shibamoto, 1980

Tab. 8: Retentionsindices KI aus der Literatur

Literaturquelle:	Retentionsindices KI												
	an Säulen mit Polyethylenglycol-Beschichtung												
	* an Säulen mit DB-5-Beschichtung												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	g*	l*
β-Bourbonen		1535		1501		1520	1491						
1-Octen-3-yl-acetat		1386											
trans-Sabinenhydrat		1474	1450		1464	1462							

Retentionsindices KI													
an Säulen mit Polyethylenglycol-Beschichtung													
* an Säulen mit DB-5-Beschichtung													
Literaturquelle:	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	g*	l*
Dihydroedulan											1492		
cis-Sabinenhydrat	1556				1548	1544							
Fenchol					1580								
β-Elementen		1600		1575									
Neoisomenthol		1641											
β-Z-Farnesen	1668								1646				
D-Germacren	1726		1723	1689	1685	1704	1694	1687	1710	1678		1489	1482
Piperiton		1748			1699								
cis-Piperitonoxid		1733											
trans-Piperitonoxid	1754												
Piperitonoxid													1253
Bicyclogermacren	1755	1751			1708	1728	1711						
Linalooloxid			1438						1432				
Linalooloxid			1465						1461				
Piperitenonoxid		1984											
Caryophyllenoxid	2008		1993			2025							
Viridiflorol		2104											
Nerolidol			1984	2005	2040			2008	2022	2009			
Eugenol	2186	2192											
Thymol		2205	2112										

		Säulenparameter		
	Quelle	Fabrikat	Länge*Innendurchmesser	Filmdicke
a	Demirci et al., 2005	Innowax	60 m*0,25 mm	0,25 µm
b	Baser et al., 1997	Innowax	60 m*0,25 mm	
c	Wörner und Schreier, 1991	DB-Wax	30 m*0,25 mm	0,25 µm
d	Gancel et al., 2002	DB-Wax	60 m*0,32 mm	0,25 µm
e	Kollmannsberger et al., 1992	DB-Wax	30 m*0,25 mm	0,25 µm
f	Blum, 1999	Supelcowax10		
g	Yu et al., 2004	DB-Wax	30 m*0,25 mm	0,25 µm
g*	Yu et al., 2004	DB-5MS	30 m*0,25 mm	0,25 µm
h	Olivero et al., 1997	DB-Wax	60 m*0,25 mm	0,25 µm
i	Tressl und Friese, 1978	CW20	100 m*0,7 mm	
j	Gaydou et al., 1986	CW20	50 m*0,30 mm	0,15 µm
k	Kaack et al., 2005	CP-Wax 52CB		
l*	Bader et al., 2003	DB-5	30 m*0,25 mm	0,25 µm

Die Berechnung der Retentionsindices KI wurde in Bezug auf die homologe Reihe

der Alkane C₈-C₂₀ sowie eine Alkanreihe mit C₉, C₁₁-C₁₇, C₂₀, C₂₂-C₂₅ vorgenommen. Folgendes GC-Temperaturprogramm kam zur Anwendung: 50 °C, 2 °C min⁻¹, 240 °C (10 min).

Injektortemperatur 240 °C, Detektortemperatur 280 °C. Einspritzvolumen 0,5 µl. Trägergasstrom 0,59 ml min⁻¹, Split-Verhältnis: ca. 1:40. Die etherischen Öle wurden 1:20 in Aceton (HPLC) verdünnt.

Die Berechnung der Retentionsindices KI erfolgte nach Kovats (1958) mit folgender Formel:

$$KI(x) = 100 \cdot n + 100 \cdot (N - n) \cdot \frac{\log t_r(x) - \log t_r(n)}{\log t_r(N) - \log t_r(n)}$$

- n: Anzahl der C-Atome im kleineren (vor x eluierten) n-Alkan
 N: Anzahl der C-Atome im größeren (nach x eluierten) n-Alkan
 t_r(x): Nettoretentionszeit der Verbindung x
 t_r(n): Nettoretentionszeit des kleineren n-Alkans
 t_r(N): Nettoretentionszeit des größeren n-Alkans

Die Hauptsubstanz des Öls der *Mentha* Nr. 9 konnte mit den am Lehrstuhl für Gemüsebau vorhandenen Datenbanken nicht identifiziert werden. Eine Identifizierung als Piperitonoxid war mit der Datenbank „Wiley 6th ed.“ am Thermo Finnigan GC/MS des Fachgebietes für Biomolekulare Lebensmitteltechnologie - TU München möglich. Die Auftrennung erfolgte auf einer Säule mit SLBTM-5ms-Beschichtung bei einer Injektortemperatur von 250 °C und einer Detektortemperatur von 230 °C (MS-Transfer-Line 250 °C) mit folgendem Temperaturprogramm: 50 °C (3 min), 10 °C min⁻¹, 120 °C (2 min), 3 °C min⁻¹, 136 °C (3 min), 9 °C min⁻¹, 240 °C (10 min).

Eingespritzt wurde 1 µl des 1:20 in Aceton verdünnten Öls (2. Schnitt 2006). Der Helium 5.0-Trägergasstrom betrug 2,1 ml min⁻¹, das Splitverhältnis ca. 1:5.

Zur Absicherung ihrer Identität wurden die Retentionsindices KI von D-Germacren und Piperitonoxid in Bezug auf die homologe Reihe der Alkane C₈-C₂₀ auch an der Säule mit SLBTM-5ms-Beschichtung unter oben genannten Bedingungen ermittelt.

4.7 2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonsäure) (ABTS)-Entfärb-Assay

Mit Hilfe des ABTS-Entfärb-Assays, einem *in vitro*-Modell zum oxidativen Stress, kann die antioxidative Kapazität sowohl hydrophiler als auch lipophiler Substanzen untersucht werden. Durch Zugabe von H_2O_2 sowie des Enzyms POD (Peroxidase) wird ABTS zum grün gefärbten ABTS-Radikalkation (Abb. 5) umgewandelt (Cano et al., 2000).

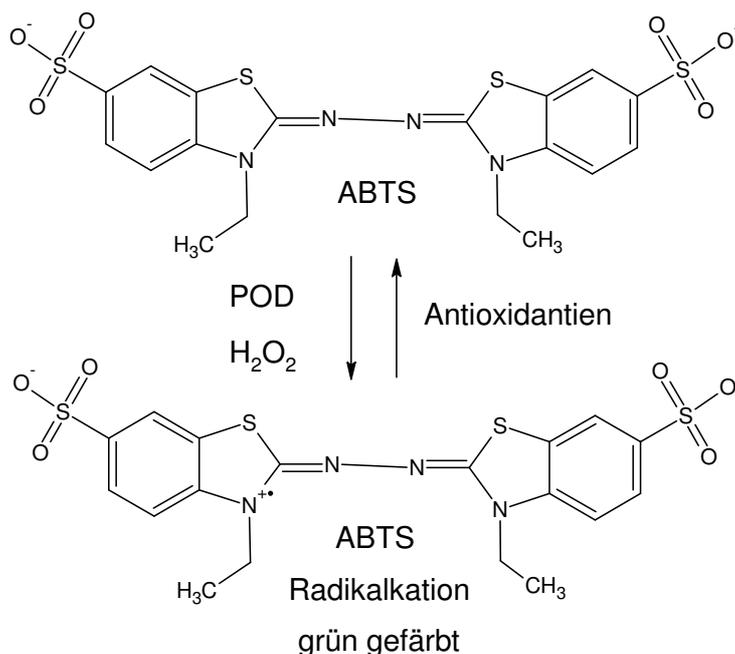


Abb. 5: ABTS-Oxidation zum ABTS-Radikalkation

Durch Zugabe von Antioxidantien kann das grüne Radikal zur farblosen Ausgangssubstanz zurückreagieren. Der Grad der Entfärbung wird bei einer Wellenlänge von 734 nm photometrisch bestimmt (Miller und Rice-Evans, 1996) und ist ein Maß für die antioxidative Kapazität.

Verwendete Lösungen:

- ABTS (2 mM)
- Ethanol p.a.
- angesäuertes Ethanol
- POD (60 μM)
- H_2O_2 (700 μM)

Untersucht wurden die in Ethanol verdünnten etherischen Öle (*Mentha* Nr. 4, 5, 9 5%, alle anderen 10%), Substanzgemische (10%) und Reinsubstanzen in

verschiedenen Konzentrationen.

1000 µl ABTS, 100 µl Ethanol, 100 µl angesäuertes Ethanol und 500 µl H₂O_{bidest} wurden in 3 ml-Küvetten vorgelegt und ins Photometer gestellt. Die Zugabe von 100 µl POD und 100 µl H₂O₂ löste die Farbstoffbildung aus. Nach gründlichem Umrühren und einer Wartezeit von etwa 10 sec wurde die Messung der Absorption am Photometer bei 734 nm gestartet. Nach zwei Minuten – die Farbstoffbildung war nun stabil – wurde die zu untersuchende Probe (100 µl) hinzu pipettiert und neuerlich gut umgerührt. Sechs Minuten nach Messbeginn hatte sich erneut eine konstante Absorption eingestellt.

Als Maß für die Entfärbung des ABTS-Radikals diente die Differenz der Absorptionseinheiten [u] zum Zeitpunkt t₂ (2 min nach Messbeginn) und t₆ (6 min nach Messbeginn).

Mit Trolox wurde eine Kalibrationsgerade erstellt, anhand welcher die Absorptionsdifferenzen (AD) der untersuchten Substanzen bzw. Substanzgemische in Troloxäquivalente (TE) [µM] umgerechnet wurden. Die Regressionsgleichung der Kalibrationsgeraden lautet:

$$\text{Absorptionsdifferenz [u}_{t_2-t_6}] = 0,0016 [\text{u}_{t_2-t_6} \cdot \mu\text{M}^{-1}] \cdot \text{Trolox } [\mu\text{M}] - 0,0232 [\text{u}_{t_2-t_6}]$$

$$R^2=0,9866, n=6$$

Die Proben wurden – sofern nicht anders vermerkt – in dreifacher Wiederholung an zwei verschiedenen Tagen gemessen. Der in den Ergebnissen dargestellte Mittelwert setzt sich also aus sechs Einzelwerten zusammen.

Die Messungen der 5, 1, 0,5 und 0,1%igen Konzentrationen der Standardsubstanzen im ABTS-Testsystem wurden an einem Messtag in dreifacher Wiederholung durchgeführt.

4.8 Lipidperoxidation im Blutplasma

Im Blutplasma vorhandene Lipide werden durch Zugabe von Kupfer *in vitro* oxidiert. Dabei werden von den Fettsäuren an der Bisallyl-Position Wasserstoffatome abgespalten, wodurch Fettsäureradikale entstehen (Abb. 6). Durch ein Umklappen der Doppelbindung wird das ungebundene Elektron stabilisiert, wobei es zur Bildung konjugierter Doppelbindungen (konjugierte Diene) kommt (Dix und Aikens, 1993). Die Absorption konjugierter Diene kann bei 234 nm photometrisch gemessen werden. Die Akkumulation konjugierter Diene im Plasma nach Oxidation durch Cu²⁺

wird bei 245 nm bestimmt, da bei 234 nm auch andere Plasmabestandteile absorbieren. Der charakteristische Oxidationsverlauf ist gekennzeichnet durch eine Anlaufphase (Lag-Phase), gefolgt von einer exponentiellen (exponentielle Zunahme der konjugierten Diene) und einer anschließenden stationären Phase (Schnitzer et al., 1995).

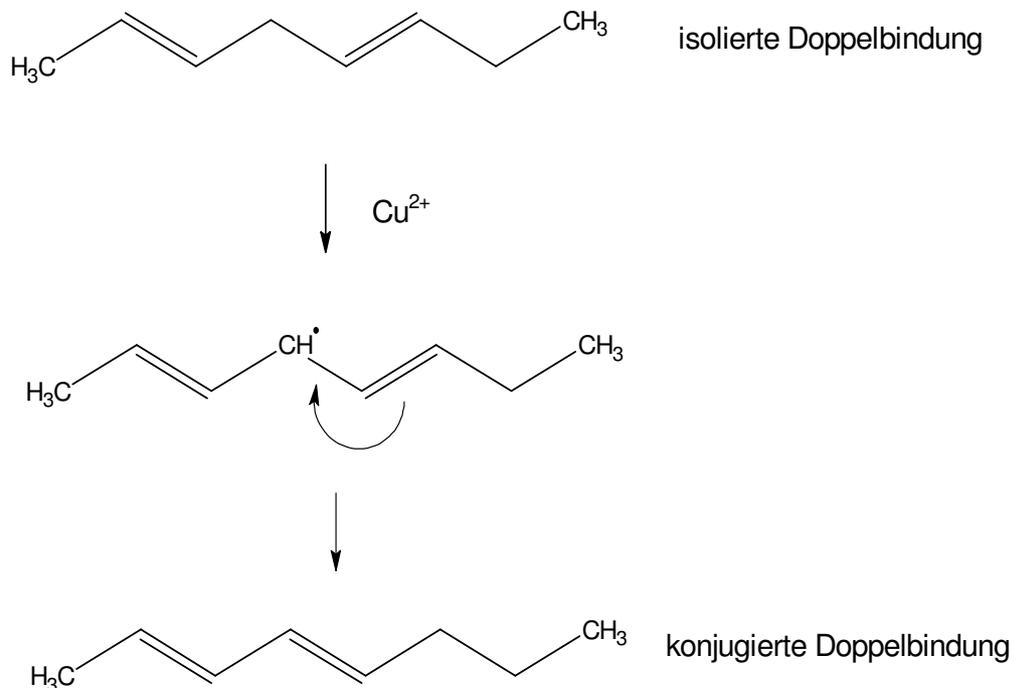


Abb. 6: Bildung konjugierter Doppelbindungen in Fettsäuren durch Oxidation

Die Zugabe von Antioxidantien verzögert die Bildung konjugierter Diene, was sich in der Verlängerung der Lag-Phase im Vergleich zum Kontrollansatz ohne Antioxidantien ausdrückt.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die etherischen Öle aus Pflanzenmaterial des 1. und 2. Schnittes, Erntejahr 2006, der ausgewählten *Mentha*-Arten die Lipidperoxidation (LPO) im Blutplasma beeinflussen. Zum Vergleich mit einem Standard-Antioxidans wurde außerdem Trolox in verschiedenen Konzentrationen eingesetzt.

Verwendete Lösungen (verändert nach Schnitzer et al., 1998):

PBS-Puffer	16 M NaCl, pH 7,4
Blutplasma	mit etherisch-Öl-Lösung 1:100 inkubiert 1:5 in PBS-Puffer verdünnt
CuCl ₂	1 mM
Natriumcitrat	3,6 mM

Die Konzentration der etherischen Öle betrug bei *Mentha* Nr. 4 0,05% im Plasma, bei den anderen *Mentha*-Spezies 0,1% im Plasma.

Als Kontrollen dienten bei jeder Messung je ein Ansatz von Plasma ohne Ölzusatz mit Kupfer bzw. ohne Kupfer. Diese wurden mit dem mit Öl inkubierten Plasma mit und ohne Kupfer (je zwei Ansätze) verglichen. Die Absorption eines Ansatzes aus PBS-Puffer, Kupferchlorid und Natriumcitrat (ohne Plasma) wurde im Photometer als Referenz (Blindwert) verwendet.

Die Messung wurde an zwei verschiedenen Photometern an zwei Tagen durchgeführt. Sofern der Verlauf der Absorptionskurven an beiden Photometern bzw. beiden Messtagen übereinstimmte, wurde die Dauer der Lag-Phase der Ansätze von Plasma mit Kupfer und Öl sowie von Plasma mit Kupfer und ohne Öl bestimmt. Dazu wurden zwei Geraden durch die Absorptionskurve gelegt, von denen die eine der Steigung der Absorptionskurve in der Anlaufphase, die andere der Steigung der Kurve in der exponentiellen Phase entspricht. Die am Schnittpunkt beider Geraden vergangene Zeit seit Messbeginn entspricht der Dauer der Lag-Phase. Im Ergebnisteil werden die Differenzen der Lag-Phasen-Dauer der Ansätze mit Öl und ohne Öl (Kontrolle) dargestellt (Abb. 7), wobei ausschließlich die am Thermo Spectronic-Photometer gemessenen Werte in die Berechnung aufgenommen wurden; die vorgestellten Mittelwerte setzen sich also aus zwei Einzelwerten zusammen.

Liegt der Schnittpunkt beider Geraden auf der Absorptionskurve, d.h. die Steigung beider Geraden ist nahezu identisch, so ist die Zunahme konjugierter Diene annähernd linear. Von einer „Lag-Phase“ kann in diesem Fall nicht gesprochen werden.

Die Oxidationskurven mit bzw. ohne Kupfer sowie mit bzw. ohne Öl bewegen sich auf unterschiedlichen Absorptionsniveaus. Zur besseren Veranschaulichung wird in Abbildungen die Absorption zum Zeitpunkt 0 min einheitlich auf einen Wert von 0,7 angepasst.

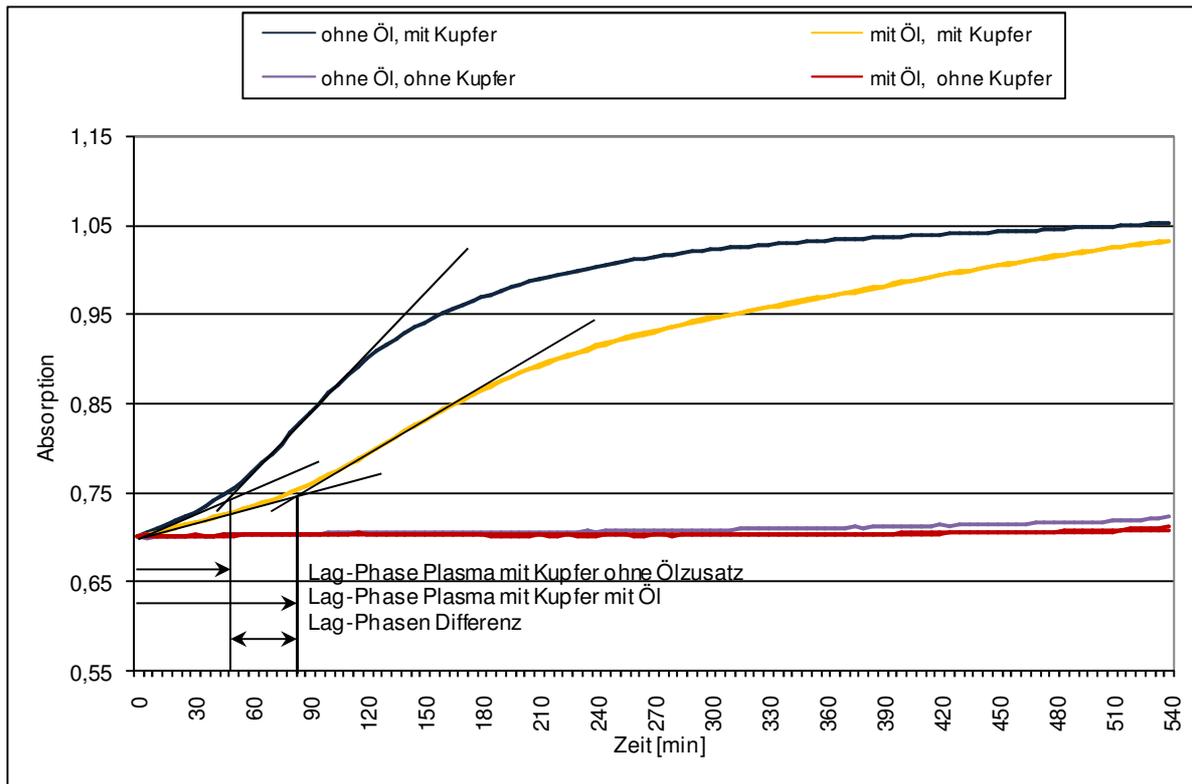


Abb. 7: LPO-System: Ermittlung der Lag-Phasen-Differenz

4.9 Datenauswertung und Statistik

Die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen erfolgte mit Microsoft Excel 2000.

Die weitere statistische Auswertung erfolgte mit SAS Statistik Programm für Windows, Version 8. Die Haupteffekte von *Mentha*-Art und Schnitt auf Ölgehalt und Trolox-Äquivalente sowie entsprechende Wechselwirkungen wurden jeweils mittels zweifaktorieller Varianzanalyse untersucht. Sofern Werte aus 2005 und 2006 vorlagen, wurde zusätzlich zu den oben erwähnten Faktoren der Einfluss des Anbaujahres auf den Ölgehalt in einer dreifaktoriellen Varianzanalyse überprüft. In diesem Falle wurde mit zwei Wiederholungen gerechnet, da der Ölgehalt 2005 in zwei Wiederholungen ermittelt wurde. Der Einfluss der Destillationsart auf den ermittelten Ölgehalt (Vorversuch) wurde mittels einfaktorieller Varianzanalyse überprüft.

Die Mittelwertsvergleiche wurden mit dem Tukey-Test durchgeführt. Die Differenz zwischen zwei Mittelwerten wurde als signifikant angegeben, sofern sie größer war als die Grenzdifferenz (GD) bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$. Signifikante

Unterschiede werden mit Buchstaben innerhalb der Graphen und Tabellen verdeutlicht.

Mit einer Regressionsanalyse wurde überprüft, ob ein linearer Zusammenhang zwischen den im ABTS-System ermittelten Trolox-Äquivalenten und den Flächenanteilen der einzelnen Ölkomponenten besteht. Die Zusammenhänge werden über das Bestimmtheitsmaß sowie die Steigung der Regressionsgerade ausgedrückt.

Die Versuche im ABTS-Testsystem wurden – sofern nicht anders erwähnt – an zwei verschiedenen Tagen wiederholt und die Ergebnisse der beiden Messtage miteinander verrechnet.

Die Versuche im LPO-Testsystem wurden an zwei Messtagen an zwei verschiedenen Photometern durchgeführt. Nach Feststellung der Übereinstimmung des Kurvenverlaufes an beiden Photometern bzw. Messtagen, werden im Ergebnisteil ausschließlich die am Thermo Spectronic-Photometer gemessenen Werte dargestellt.

5 Ergebnisse

5.1 Pflanzenparameter

Im diesem Kapitel erfolgt zunächst eine Beschreibung der Morphologie der ausgewählten *Mentha*-Spezies.

Anschließend werden die Pflanzenparameter Frischmasseertrag, Drogenertrag, Blattanteil und Eintrocknungsverhältnis betrachtet. Diese wurden von *Mentha* Nr. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 und 14 im Pflanzjahr 2005 und im Folgejahr 2006 erfasst, von *Mentha* Nr. 1 und 3 im Pflanzjahr 2006 sowie im Folgejahr 2007. Von den 2005 spät gepflanzten *Mentha* Nr. 10, 12 und 14 liegen keine Daten für das Pflanzjahr vor, da keine Ernte möglich war; die ebenfalls spät gepflanzte *Mentha* Nr. 11 wurde im September 2005 einmal geschnitten. Aufgrund des geringen Frischmasseertrages im 1. Schnitt 2005 wurde auf die Ermittlung von Blattanteil, Eintrocknungsverhältnis und Drogenertrag der *Mentha* Nr. 5 und 7 verzichtet, von *Mentha* Nr. 4 wurde ausschließlich der Drogenertrag erfasst. Der 1. Aufwuchs 2005 der *Mentha* Nr. 6 war im Erntestadium von so geringer Menge, dass die Erhebung praxisrelevanter Werte nicht möglich war. Nach dem Rückschnitt des 1. Aufwuchses am 10.07.2005 konnte *Mentha* Nr. 6 im Jahr 2005 weitere dreimal geschnitten werden. Die für *Mentha* Nr. 6 in diesem Kapitel dokumentierten Pflanzenparameter beziehen sich auf die praxisrelevanten Ernteschnitte 1, 2 und 3.

Verglichen werden die Anbaumerkmale im Pflanz- und im Folgejahr, wenngleich sie z.T. aus verschiedenen Jahren stammen. Das Standjahr hat auf Frischmasse- und Drogenertrag von Pfefferminze größeren Einfluss als die klimatischen Bedingungen eines Jahres (Bomme, 2004).

Abschließend werden in diesem Kapitel Beobachtungen zu Krankheitsbefall und Auswinterung angeführt.

5.1.1 Morphologie

Mentha Nr. 1

Mentha Nr. 1 (Abb. 8) ist eine Pflanze von mittlerem bis hohem, überwiegend aufrechtem Wuchs. Ihre nicht einheitlich dunkelgrün gefärbten Blätter weisen auf der Blattoberseite eine ebenso uneinheitliche Anthocyanfärbung auf. Die Blattunterseite ist gering, der Stängel stark anthocyanfärbt. Die spitz zulaufenden und gestielten

Blätter sind wie der Stängel schwach behaart. Die Blätter sind leicht gesägt und weisen eine starke fiedernervige Aderung auf. Die lila gefärbten Blüten sind ährenförmig angeordnet, ihre Kelche sind anthocyanhaltig und an den Enden behaart, am Grunde unbehaart.



Abb. 8: *Mentha* Nr. 1 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten

Mentha Nr. 2

Mentha Nr. 2 wächst mittelhoch und weitgehend aufrecht (Abb. 9). Die Blätter sind dunkelgrün, schwach gesägt und an Ober- und Unterseite anthocyanhaltig. Die mittelgroßen, gestielten Blätter sind breit eiförmig, enden spitz zulaufend und besitzen eine nicht stark ausgeprägte, fiedernervige Blattaderung. Sowohl Stängel als auch Blätter sind kaum behaart. Der Stängel ist stark anthocyanhaltig. Die Infloreszenzen sind ährenförmig angeordnet mit lilafarbenen Blütenkronen und schwach anthocyanfarbenen, am Grunde unbehaarten Kelchen.



Abb. 9: *Mentha* Nr. 2 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blütenknospen

Mentha Nr. 3

Mentha Nr. 3 ist von hohem, weitgehend aufrechtem Wuchs (Abb. 10). Die mittelgrünen Blätter sind schwach gesägt und weisen an Ober- und Unterseite eine

geringe Anthocyanfärbung auf. Der Stängel ist stark anthocyanhaltig. Die gestielten Blätter sind schmal geformt und sehr lang. Sie enden spitz zulaufend und besitzen eine gering ausgeprägte, fiedernervige Blattaderung. Sowohl Stängel als auch Blätter sind kaum behaart. Die ährenförmig angeordneten Blüten sind lilafarben mit anthocyanroten, am Grunde unbehaarten Kelchen.



Abb. 10: *Mentha* Nr. 3 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blüten

Mentha Nr. 4

Bei *Mentha* Nr. 4 handelt es sich um eine hoch und aufrecht wachsende Pflanze (Abb. 11). Sie ist hellgrün gefärbt und weist weder am Stängel, noch auf Blattspreite oder Blattunterseite eine Anthocyanfärbung auf. Die starke Behaarung verleiht Blättern und Stängeln einen silbrigen Schimmer, wobei sowohl die Haare am Stängel als auch an den Blättern unverzweigt sind. Die breit eiförmigen Blätter sind nahezu sitzend oder kurz gestielt und enden mit einer spitzen Blattspitze. Ihre Sägung ist mittelstark ausgeprägt, die Blattaderung ist schwach und netznervig. Die Blüten bilden eine Scheinähre, sie sind rosa gefärbt und weisen im Schlund keine Behaarung auf. Die Kelchblätter sind behaart und kaum anthocyanhaltig.



Abb. 11: *Mentha* Nr. 4 – Gesamt- und Detailansicht, Stängelbehaarung, Blüten

Mentha Nr. 5

Mentha Nr. 5 (Abb. 12) ist von mittlerer Pflanzenhöhe und aufrechtem Wuchs. Ihre großen, breit eiförmigen und direkt am Stängel sitzenden Blätter sind hellgrün mit leichtem Gelbstich gefärbt und weisen, ebenso wie der Stängel, keine Anthocyanfärbung auf. Sie sind scheinbar gekerbt, da die Zähne gegen die Blattunterseite gebogen sind, und haben eine stumpfe Blattspitze. Die Blattaderung ist netznervig. Die Blätter sind gering, die Stängel stark behaart, wobei am Stängel neben unverzweigten auch verzweigte Haare vorkommen, die Haare an den Blättern sind unverzweigt. Die ährenförmig angeordneten, weißen Blüten haben grüne Kelche ohne Anthocyanfärbung. Der Schlund der Blütenkronen ist unbehaart.



Abb. 12: *Mentha* Nr. 5 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel und Infloreszenz

Mentha Nr. 6

Mentha Nr. 6 ist von sehr niedrigem, überwiegend aufrechtem und „teppichartigem“ Wuchs (Abb. 13). Ihre Blätter sind eilanzettlich geformt und laufen am Grunde keilig zu. Sie sind gestielt und stark gesägt. Einige der mittelgrünen Blätter weisen gelbe Verfärbungen auf. Die Blätter sind nur schwach, der Stängel ist mittelstark anthocyangefärbt. Die fiedernervige Blattaderung ist nicht stark ausgeprägt. Blätter und Stängel sind nahezu kahl. Die lilafarbenen Blüten sitzen als Scheinquirle in den Blattachseln, ihre Kelche sind schwach behaart und kaum anthocyanhaltig, die Blütenkronen im Schlund unbehaart.



Abb. 13: *Mentha* Nr. 6 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Einzelblüte

Mentha Nr. 7

Mentha Nr. 7 wächst niedrig, „teppichartig“ (Abb. 14). Die mittelgroßen, eilanzettlich geformten und am Grunde keilförmig zulaufenden Blätter sind stark gesägt, mittelgrün und weisen eine unregelmäßige gelbe Panaschierung auf. Blattober- und -unterseite weisen keine Anthocyanfärbungen auf. Der Stängel dagegen ist stark anthocyanhaltig. Die Blattaderung ist fiedernervig und stark ausgeprägt. Blätter, Stängel und Blütenschlund sind nahezu unbehaart. Die Blüten sind als Scheinquirle in den Blattachseln angeordnet. Die Blütenkronen sind lila gefärbt, die Kelche anthocyanhaltig und schwach behaart.



Abb. 14: *Mentha* Nr. 7 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel und Blatt, Blüten

Mentha Nr. 8

Mentha Nr. 8 ist eine Pflanze von eher niedrigem, überwiegend aufrechtem Wuchs (Abb. 15). Die breit eiförmigen Blätter sind hellgrün gefärbt und weisen, ebenso wie die Stängel, auf Blattober- und -unterseite eine leichte Anthocyanfärbung auf. Sie sind gestielt und enden mit spitzer Spreitenspitze, sind schwach gesägt und deutlich fiedernervig geadert. Sowohl Blätter als auch Stängel sind unbehaart. Die

Infloreszenzen weisen lila gefärbte Blütenkronen auf, die im Schlund unbehaart sind. Die röhrenförmigen Kelche sind stark anthocyanhaltig.



Abb. 15: *Mentha* Nr. 8 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten

Mentha Nr. 9

Mentha Nr. 9 ist von mittlerer Höhe und aufrechtem Wuchs (Abb. 16). Die mittelgroßen, breit eiförmigen, am Grunde herzförmigen oder abgerundeten Blätter sind hellgrün gefärbt und wirken durch ihre dichte Behaarung silbrig. Blattober- und -unterseite weisen keine Anthocyanfärbung auf, der Stängel ist schwach anthocyanfärbt und dicht behaart. Die Haare an Stängeln und Blättern sind unverzweigt. Die Blätter sind mittelstark gesägt, wobei die Blattränder häufig nach oben gebogen sind. Die gestielten Blätter enden in einer stumpfen Spreitenspitze und sind fiedernervig, in Ansätzen netznervig geadert. Die ährenförmige Infloreszenz weist weiße bis leicht lilafarbene, außen behaarte, im Schlund unbehaarte Kronen auf. Die glockenförmigen Blütenkelche sind kaum anthocyanhaltig und stark behaart.



Abb. 16: *Mentha* Nr. 9 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blüten

Mentha Nr. 10

Bei *Mentha* Nr. 10 (Abb. 17) handelt es sich um eine Pflanze von mittelhohem,

aufrechtem Wuchs. Ihre Blätter, die breit geformt und von hellgrüner Färbung sind, zeigen geringe Spuren von Anthocyanfärbung an Blattspreite und Blattunterseite. Die Blätter sind gestielt, unbehaart, schwach gesägt und haben spitze Blattspitzen. Die Blattaderung ist deutlich ausgeprägt und fiedernervig. Auch der Stängel ist schwach anthocyanhaltig und nicht behaart. Die lila gefärbten Blüten sind im Schlund unbehaart, die Blütenkelche sind kaum anthocyanhaltig.

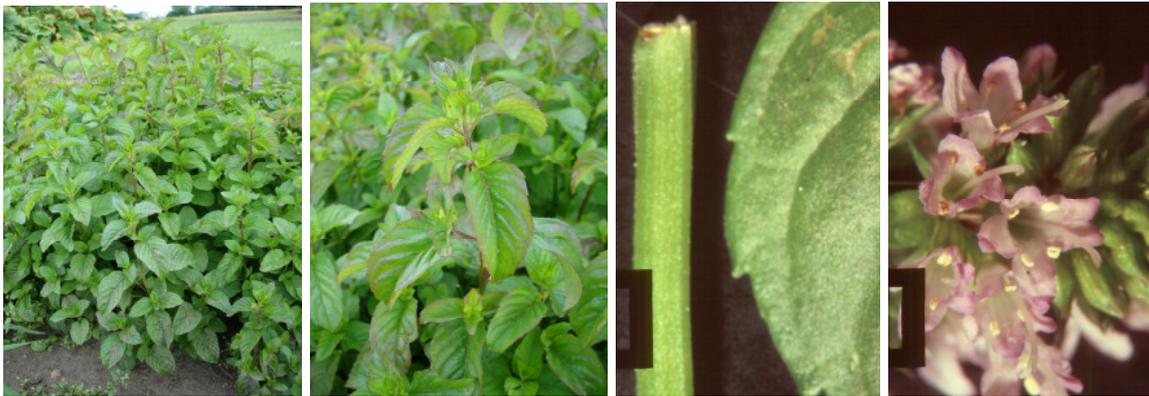


Abb. 17: *Mentha* Nr. 10 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten

Mentha Nr. 11

Mentha Nr. 11 ist charakterisiert durch mittelhohen, aufrechten Wuchs (Abb. 18). Ihre großen Blätter sind breit eiförmig, am Grunde herzförmig und von heller Grünfärbung. Blattoberseite und Stängel weisen eine sehr geringe Anthocyanfärbung auf, die Blattunterseite keine. Die Blätter sind gestielt, mittelstark gesägt und haben stumpfe Blattspitzen. Die Blattaderung ist ansatzweise netznervig. Blätter und Stängel sind kaum behaart bis kahl.



Abb. 18: *Mentha* Nr. 11 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel

Mentha Nr. 12

Mentha Nr. 12 ist eine Pflanze von niedrigem, mäßig aufrechtem Wuchs (Abb. 19).

Die uneinheitlich dunkelgrünen Blätter sind schwach gesägt und weisen sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite eine Anthocyanfärbung auf. Der Stängel ist stark anthocyanhaltig. Die gestielten Blätter sind schmal und von mittlerer Länge. Sie enden spitz zulaufend und besitzen eine starke, fiedernervige Blattaderung. Sowohl Stängel als auch Blätter sind kaum behaart.



Abb. 19: *Mentha* Nr. 12 – Gesamt- und Detailansicht, Blatt und Stängel

Mentha Nr. 13

Mentha Nr. 13 (Abb. 20) ist von niedrigem, aufrechem Wuchs. Ihre hellgrünen Blätter sind klein bis mittelgroß und eilanzettlich geformt. Blattoberseite und Blattunterseite zeigen eine sehr geringe Anthocyanfärbung, der Stängel ist mittel bis stark anthocyanfärbt. Die Blätter sind gestielt, gesägt, am Grunde keilförmig verschmälert und enden spitz zulaufend. Die fiedernervige Blattaderung ist nicht stark ausgeprägt. Stängel und Blätter sind mit unverzweigten Haaren bedeckt, wobei die Blattunterseite deutlich stärker behaart ist als die Blattoberseite. Die lilafarbenen Blüten sitzen – in Scheinquirlen angeordnet – in den Blattachseln. Die glockigen Kelche sind bis zum Grunde stark behaart und weisen kaum Anthocyanfärbung auf.



Abb. 20: *Mentha* Nr. 13 – Gesamt- und Detailansicht, Stängel, Blütenknospen

Mentha Nr. 14

Bei *Mentha* Nr. 14 (Abb. 21) handelt es sich um eine Pflanze von eher niedrigem, aufrechtem Wuchs. Ihre Blätter sind breit geformt, hell- bis mittelgrün gefärbt und weisen auf der Blattunterseite eine geringe Anthocyanfärbung auf. Stängel und Blattoberseite sind schwach anthocyanfärbt. Die gestielten Blätter sind schwach gesägt und enden in spitzen Blattspitzen. Die fiedernervige Blattaderung ist stark ausgeprägt. Stängel, Blätter und Blütenschlunde sind unbehaart. Die Kelche der lilafarbenen Blüten sind kaum anthocyanhaltig.



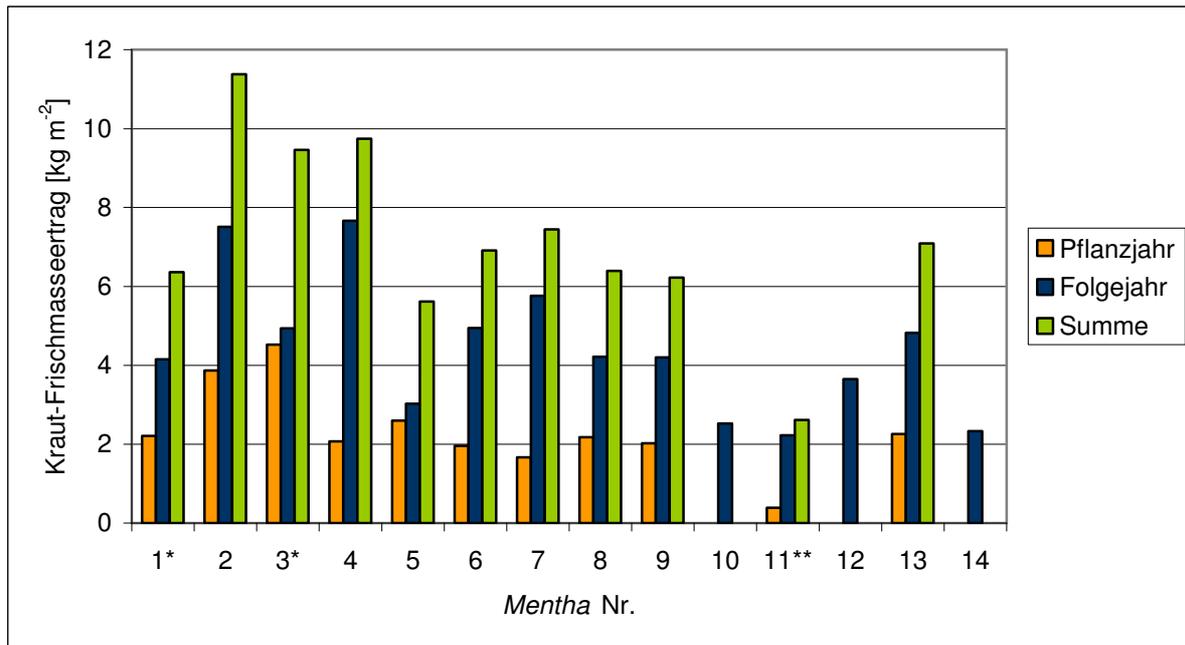
Abb. 21: *Mentha* Nr. 14 – Gesamt-, Detailansicht, Blatt und Stängel, Blüten

5.1.2 Kraut-Frischmasseertrag

Im Pflanzjahr sowie im 2. Standjahr wurden die *Mentha*-Arten bzw. -Hybriden – sofern möglich – dreimal geschnitten, wobei nach jedem Schnitt der Kraut-Frischmasseertrag bestimmt wurde. Abb. 22 gibt eine Übersicht über den gesamten Ertrag der *Mentha*-Arten im Pflanz- und Folgejahr.

Im Pflanzjahr erzielte *Mentha* Nr. 3 mit über 4 kg m⁻² den insgesamt höchsten Kraut-Frischmasseertrag, gefolgt von *Mentha* Nr. 2 mit fast 4 kg m⁻². Mit Kraut-Frischmasseerträgen von 2-3 kg m⁻² folgten *Mentha* Nr. 1, 4, 5, 8, 9 und 13. Die geringsten Erträge lieferten *Mentha* Nr. 6 und 7 mit weniger als 2 kg m⁻². Der Kraut-Frischmasseertrag von 0,4 kg m⁻² der spät gepflanzten *Mentha* Nr. 11 beinhaltet lediglich einen Schnitt, der im September 2005 geerntet wurde.

Den höchsten Kraut-Frischmasseertrag im Folgejahr erzielten *Mentha* Nr. 4 und 2 mit mehr als 7 kg m⁻². Es folgten *Mentha* Nr. 7 mit nahezu 6 kg m⁻², *Mentha* Nr. 1, 3, 6, 8, 9 und 13 mit 4-5 kg m⁻² sowie *Mentha* Nr. 5 mit ca. 3 kg m⁻². *Mentha* Nr. 10, 11 und 14 wiesen mit etwa 2 kg m⁻² die niedrigsten Kraut-Frischmasseerträge auf.



* Pflanzjahr: 2006, 2. Standjahr: 2007,

andere: Pflanzjahr: 2005, 2. Standjahr: 2006

** im Pflanzjahr aufgrund später Pflanzung nur einmal geschnitten

Abb. 22: Kraut-Frischmasseerträge im Pflanz- und Folgejahr – Übersicht

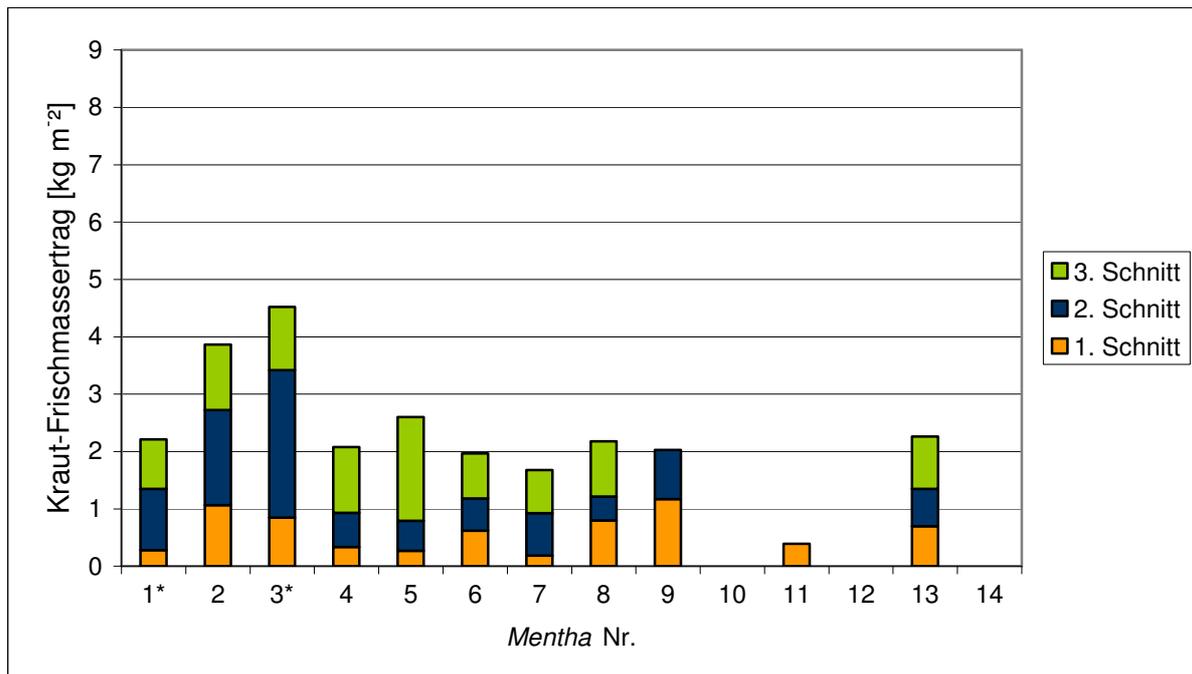
Summiert über Pflanz- und Folgejahr wies *Mentha* Nr. 2 mit ca. 11 kg m⁻² den höchsten Kraut-Frischmasseertrag auf, gefolgt von *Mentha* Nr. 4 und 3 mit fast 10 kg m⁻². Der mit 5,5 kg m⁻² geringste Kraut-Frischmasseertrag aus zwei Anbaujahren wurde von *Mentha* Nr. 5 geerntet. Die Erträge der anderen über zwei Jahre betrachteten *Mentha* Nr. 1, 6, 7, 8, 9 und 13 lagen zwischen 6 kg m⁻² und 8 kg m⁻². Außer bei *Mentha* Nr. 3 und 5, deren Kraut-Frischmasseerträge sich im Pflanz- und Folgejahr kaum unterschieden, fiel der Kraut-Frischmasseertrag bei den anderen *Mentha*-Arten im 2. Standjahr deutlich höher aus.

In Abb. 23 ist der Kraut-Frischmasseertrag der *Mentha*-Arten im Pflanzjahr – verteilt auf die einzelnen Schnitte – dargestellt.

Die höchsten Kraut-Frischmasseerträge im 1. Schnitt wiesen *Mentha* Nr. 2 und 9 mit mehr als 1,0 kg m⁻² auf. Weniger als 0,5 kg m⁻² wurde von *Mentha* Nr. 1, 4, 5 und 7 geerntet. Die Erträge der anderen *Mentha* Nr. lagen zwischen 0,5 kg m⁻² und 1,0 kg m⁻².

Die höchsten Kraut-Frischmasseerträge im 2. Schnitt erzielten *Mentha* Nr. 3 mit etwa 2,5 kg m⁻², *Mentha* Nr. 2 mit ca. 1,5 kg m⁻² und *Mentha* Nr. 1 mit etwas mehr als 1,0 kg m⁻². Es folgten *Mentha* Nr. 4, 5, 6, 7, 9 und 13 mit Erträgen von 0,5-1,0 kg m⁻². Der Kraut-Frischmasseertrag der *Mentha* Nr. 8 war mit weniger als 0,5 kg m⁻² der

niedrigste.



* Pflanzjahr: 2006; andere: Pflanzjahr: 2005

Abb. 23: Kraut-Frischmasseerträge dreier Schnitte im Pflanzjahr

Im 3. Schnitt wies *Mentha* Nr. 5 mit fast $2,0 \text{ kg m}^{-2}$ den höchsten Kraut-Frischmasseertrag auf. Es folgten *Mentha* Nr. 2, 4 und 3 mit mehr als $1,0 \text{ kg m}^{-2}$ sowie *Mentha* Nr. 1, 6, 7, 8 und 13 mit Erträgen von $0,7\text{-}1,0 \text{ kg m}^{-2}$. *Mentha* Nr. 9 wurde aufgrund zu geringen Wachstums kein drittes Mal geschnitten. Die spät gepflanzte *Mentha* Nr. 11 wurde im September 2005 einmal geschnitten; es wurde ein Kraut-Frischmasseertrag von $0,4 \text{ kg m}^{-2}$ ermittelt.

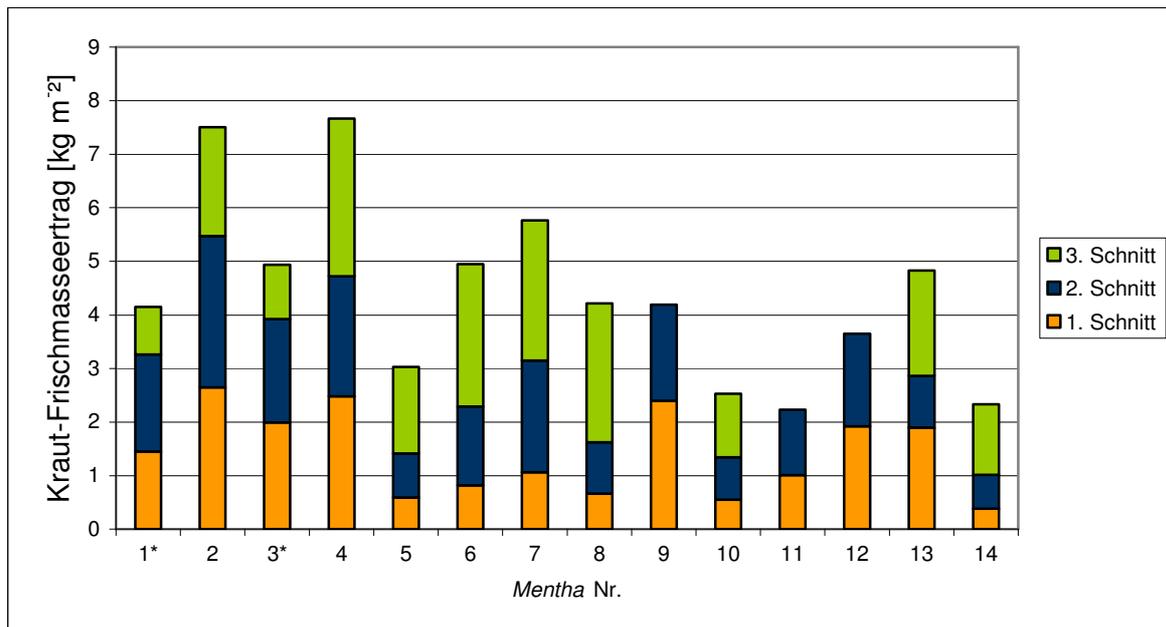
Abb. 24 zeigt die nach Schnitten unterteilten Kraut-Frischmasseerträge, die im 2. Standjahr gemessen wurden.

Die höchsten Kraut-Frischmasseerträge im 1. Schnitt erzielten *Mentha* Nr. 4, 9 und 2 mit ca. $2,5 \text{ kg m}^{-2}$, gefolgt von 3, 12 und 13 mit etwa 2 kg m^{-2} . Etwa $1,5 \text{ kg m}^{-2}$ erzielte *Mentha* Nr. 1, ca. 1 kg m^{-2} lieferten *Mentha* Nr. 7 und 11. Die Erträge der *Mentha* Nr. 5, 6, 8, 10 und 14 lagen unter 1 kg m^{-2} .

Im 2. Schnitt wiesen *Mentha* Nr. 2, 4 und 7 die höchsten Kraut-Frischmasseerträge von $2\text{-}3 \text{ kg m}^{-2}$ auf. Es folgten mit $1\text{-}2 \text{ kg m}^{-2}$ *Mentha* Nr. 1, 3, 6, 9, 11 und 12. *Mentha* Nr. 5, 8, 10, 13 und 14 erzielten Erträge von weniger als 1 kg m^{-2} .

Im 3. Schnitt lag der Kraut-Frischmasseertrag der *Mentha* Nr. 2, 4, 6, 7 und 8 zwischen 2 und 3 kg m^{-2} . *Mentha* Nr. 3, 5, 10, 13 und 14 erzielten Erträge von $1\text{-}2 \text{ kg m}^{-2}$, *Mentha* Nr. 1 von weniger als 1 kg m^{-2} . *Mentha* Nr. 9, 11 und 12 konnten

nur zweimal geschnitten werden.



* 2. Standjahr: 2007, andere: 2. Standjahr: 2006

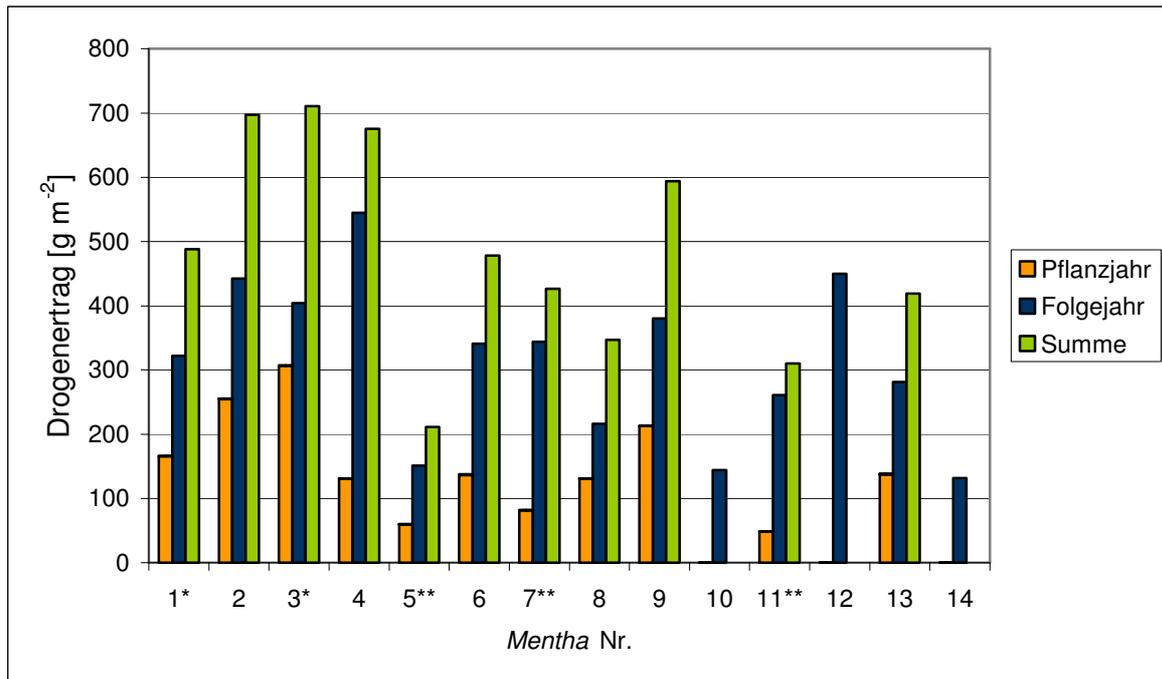
Abb. 24: Kraut-Frischmasseerträge dreier Schnitte im 2. Standjahr

5.1.3 Drogenertrag

Der Drogenertrag wurde, sofern dies möglich war, beim 1. und 2. Schnitt des Pflanz- und des Folgejahres ermittelt. *Mentha* Nr. 5 und 7 erzielten im 1. Schnitt des Pflanzjahres einen sehr geringen Kraut-Frischmasseertrag, weshalb auf die Ermittlung weiterer Pflanzenparameter verzichtet wurde.

Im Pflanzjahr (Abb. 25) erzielten *Mentha* Nr. 3, 2 und 9 mit je ca. 300 g m⁻², 250 g m⁻² bzw. 200 g m⁻² die höchsten Drogenerträge, gefolgt von *Mentha* Nr. 1, 4, 6, 8 und 13 mit 100-200 g m⁻². Die Drogenerträge der *Mentha* Nr. 5, 7 und 11 (weniger als 100 g m⁻²) stammen von nur einem Schnitt.

Im Folgejahr erzielte *Mentha* Nr. 4 mit ca. 550 g m⁻² den höchsten Drogenertrag, gefolgt von *Mentha* Nr. 2, 3 und 12 mit 400-450 g m⁻². Die Drogenerträge der *Mentha* Nr. 1, 6, 7 und 9 lagen zwischen 300 und 400 g m⁻², jene der *Mentha* Nr. 8, 11 und 13 zwischen 200 und 300 g m⁻². Mit ungefähr 150 g m⁻² fielen die Drogenerträge von *Mentha* Nr. 5, 10 und 14 am niedrigsten aus.



* Pflanzjahr: 2006, 2. Standjahr: 2007,
andere: Pflanzjahr: 2005, 2. Standjahr: 2006
** Drogenertrag im Pflanzjahr aus einem Schnitt erhoben

Abb. 25: Drogenerträge im Pflanz- und Folgejahr – Übersicht

Die insgesamt höchsten Drogenerträge in zwei Standjahren erzielten *Mentha* Nr. 2, 3 und 4 mit je ca. 700 g m⁻² sowie *Mentha* Nr. 9 mit etwa 600 g m⁻². Mit je 400-500 g m⁻² folgten *Mentha* Nr. 1, 6 und 13, mit mehr als 300 g m⁻² *Mentha* Nr. 8. Der Drogenertrag jener *Mentha*-Arten, für die im Pflanzjahr ausschließlich Daten für einen Schnitt vorlagen, lag bei *Mentha* Nr. 7 über 400 g m⁻², bei *Mentha* Nr. 11 über 300 g m⁻² und bei *Mentha* Nr. 5 über 200 g m⁻².

Die Drogenerträge aller untersuchten *Mentha*-Arten fielen im 2. Standjahr deutlich höher aus als im Pflanzjahr.

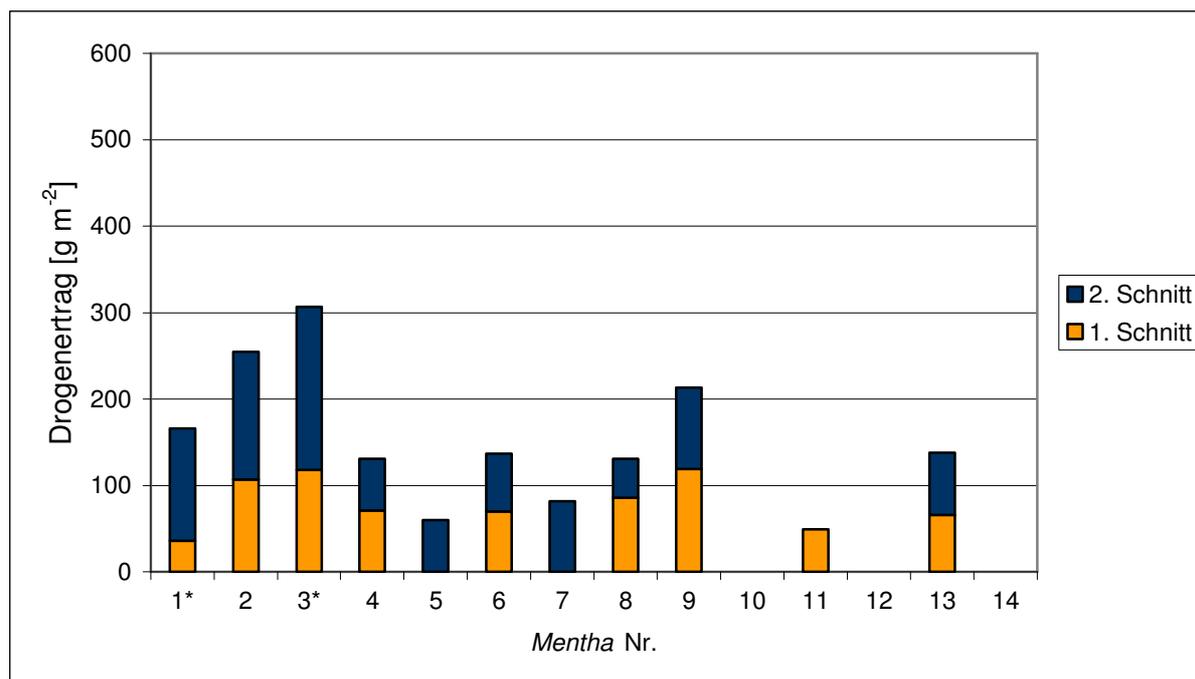
Abb. 26 zeigt – dargestellt für 1. und 2. Schnitt – den im Pflanzjahr ermittelten Drogenertrag der verschiedenen *Mentha*-Arten.

Im 1. Schnitt des Pflanzjahres erzielten mit über 100 g m⁻² *Mentha* Nr. 2, 3 und 9 die höchsten Drogenerträge, gefolgt von *Mentha* Nr. 4, 6, 8 und 13 mit 50-100 g m⁻². Der Drogenertrag der *Mentha* Nr. 1 lag unter 50 g m⁻². Von *Mentha* Nr. 5 und 7 wurde im 1. Schnitt kein Drogenertrag ermittelt. Der Drogenertrag der spät gepflanzten *Mentha* Nr. 11 lag bei ca. 50 g m⁻².

Die höchsten Drogenerträge im 2. Schnitt erzielten *Mentha* Nr. 3 mit etwa 200 g m⁻² sowie *Mentha* Nr. 2 und 1 mit nahezu 150 g m⁻². Die Drogenerträge der *Mentha* Nr.

4, 5, 6, 9 und 13 lagen zwischen 50 und 100 g m⁻². Mit weniger als 50 g m⁻² war der Drogenertrag der *Mentha* Nr. 5 am niedrigsten.

Bei *Mentha* Nr. 4, 6, 9 und 13 war der Anteil von 1. und 2. Schnitt am Gesamtdrogenertrag des Pflanzjahres in etwa ausgeglichen. *Mentha* Nr. 8 lieferte im 1. Schnitt etwa 65%, im 2. Schnitt erzielten *Mentha* Nr. 2 und 3 etwa 60%, *Mentha* Nr. 1 ca. 80% des Drogenertrages im Pflanzjahr.



* Pflanzjahr: 2006

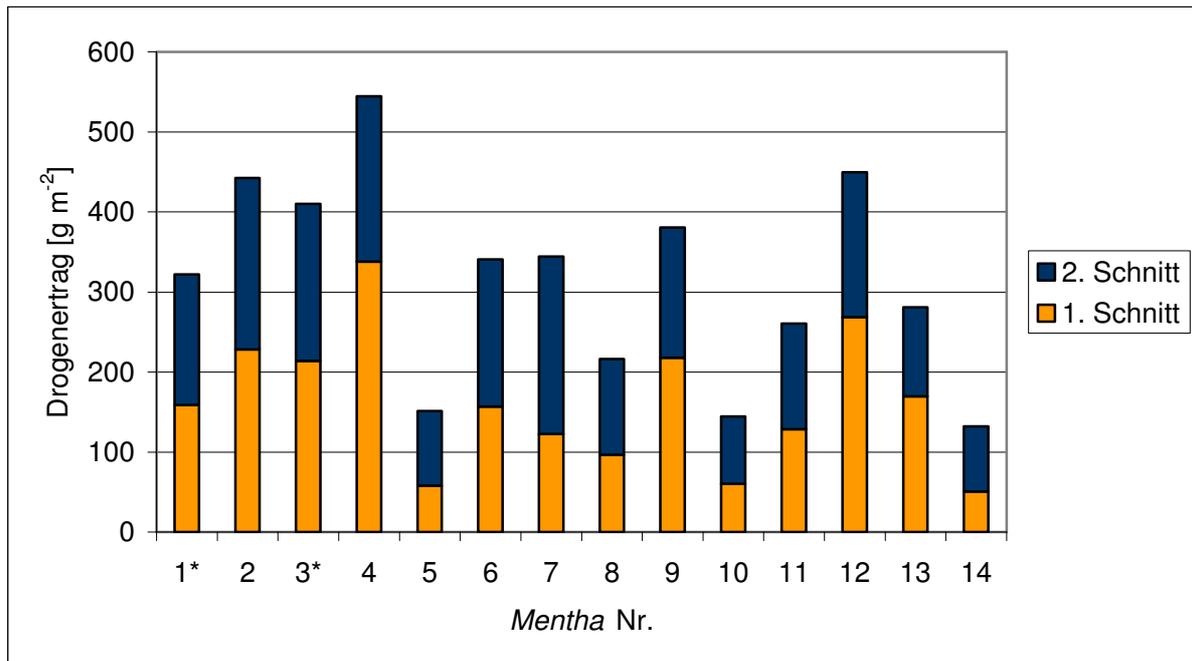
andere: Pflanzjahr: 2005

Abb. 26: Drogenerträge im Pflanzjahr

Die im zweiten Standjahr ermittelten Drogenerträge der einzelnen Schnitte sind in Abb. 27 dargestellt.

Im 1. Schnitt des 2. Standjahres wies *Mentha* Nr. 4 mit über 300 g m⁻² den höchsten Drogenertrag auf. Es folgten *Mentha* Nr. 2, 3, 9 und 12 mit 200-300 g m⁻². Drogenerträge von 100-200 g m⁻² lieferten *Mentha* Nr. 1, 6, 7, 11 und 13 im 1. Schnitt. Die mit weniger als 100 g m⁻² niedrigsten Drogenerträge wurden von *Mentha* Nr. 5, 8, 10 und 14 gewonnen.

Im 2. Schnitt des Folgejahres betrug der Drogenertrag der *Mentha* Nr. 2, 4 und 7 über 200 g m⁻². Drogenerträge von 150-200 g m⁻² erzielten *Mentha* Nr. 1, 3, 6, 9 und 12, Drogenerträge von 100-150 g m⁻² *Mentha* Nr. 8, 11 und 13. Mit weniger als 100 g m⁻² waren die Drogenerträge der *Mentha* Nr. 5, 10 und 14 die niedrigsten.



* 2. Standjahr: 2007

andere: 2. Standjahr: 2006

Abb. 27: Drogenerträge im 2. Standjahr

Bei *Mentha* Nr. 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10 und 11 war der Anteil der beiden Schnitte am Gesamtdrogenertrag des zweiten Standjahres in etwa ausgeglichen. Mehr als 60% des Drogenertrages im Folgejahr entfielen bei *Mentha* Nr. 5, 7 und 14 auf den 2., bei *Mentha* Nr. 4, 12 und 13 auf den 1. Schnitt.

5.1.4 Blattanteil

Der Blattanteil wurde im Pflanz- und Folgejahr im 1. und 2. Schnitt bestimmt.

Im 1. Schnitt des Pflanzjahres (Abb. 28) lag der Blattanteil bei allen *Mentha*-Spezies über 60%, bei *Mentha* Nr. 1 über 65%. Der Blattanteil der *Mentha* Nr. 4, 5 und 7 wurde im 1. Schnitt wegen zu geringer Kraut-Frischmasseerträge nicht erfasst. Im 2. Schnitt lag der Blattanteil bei *Mentha* Nr. 5, 7, 8 und 9 über 60%. Bei *Mentha* Nr. 1, 4, 6 und 13 betrug er 55-60%, bei *Mentha* Nr. 2 und 3 50-55%.

Bei *Mentha* Nr. 8 und 9 unterschieden sich die Blattanteile im 1. und 2. Schnitt kaum. *Mentha* Nr. 1, 2, 3, 6 und 13 wiesen im 1. Schnitt höhere Blattanteile als im 2. Schnitt auf.

Im 1. Schnitt des 2. Standjahres (Abb. 29) wurde bei *Mentha* Nr. 4, 6, 7 und 14 ein Blattanteil zwischen 65% und 70% ermittelt. Bei *Mentha* Nr. 8 und 11 lag der Blattanteil zwischen 60% und 65%, bei *Mentha* Nr. 1, 3, 10 und 12 zwischen 55%

und 60%. Den mit 40-50% niedrigsten Blattanteil wiesen *Mentha* Nr. 2, 5, 9 und 13 auf.

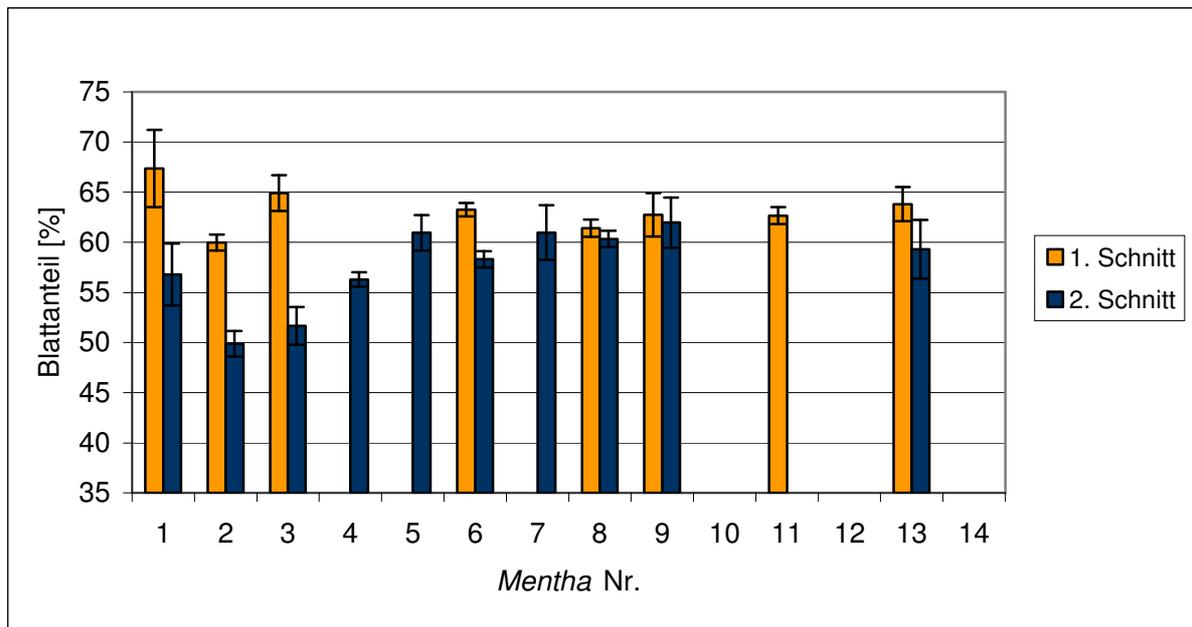


Abb. 28: Blattanteil im Pflanzjahr

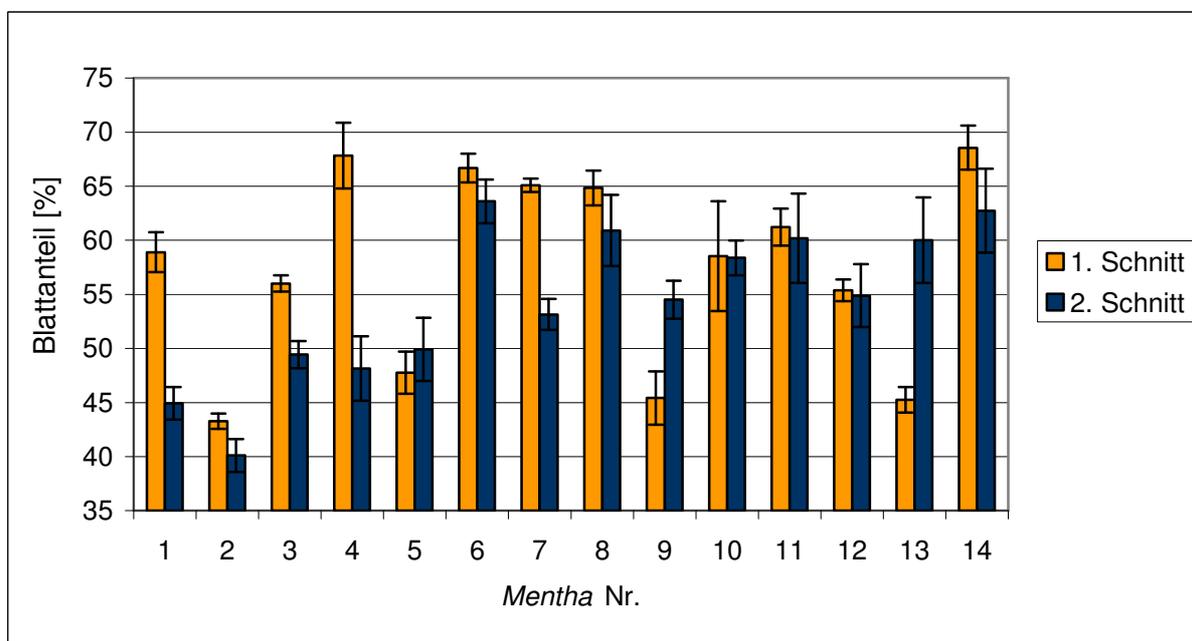


Abb. 29: Blattanteil im 2. Standjahr

Im 2. Schnitt des 2. Standjahres war der Blattanteil der *Mentha* Nr. 6, 8, 11 und 14 mit 60-65% am höchsten, gefolgt von *Mentha* Nr. 10 mit annähernd 50% sowie

Mentha Nr. 5, 7, 9 und 12 mit 50-55%. Der Blattanteil der *Mentha* Nr. 3 und 4 lag zwischen 45% und 50%, jener von *Mentha* Nr. 1 bei knapp 45%. Mit 40% wies *Mentha* Nr. 2 auch im 2. Schnitt den niedrigsten Blattanteil auf.

Gegenüber dem 2. Schnitt war der Blattanteil der *Mentha* Nr. 4, 7 und 14 im 1. Schnitt deutlich erhöht. Einen höheren Blattanteil im 2. Schnitt wiesen *Mentha* Nr. 9 und 13, tendenziell auch *Mentha* Nr. 5 auf. Bei *Mentha* Nr. 10, 11 und 12 unterschied sich der Blattanteil im 1. und 2. Schnitt nicht.

Der Vergleich der Blattanteile im Pflanz- und Folgejahr zeigte bei *Mentha* Nr. 6, 8 und 11 sehr geringe Unterschiede. Bei *Mentha* Nr. 9 und 13 war der Blattanteil im 1. Schnitt des 2. Standjahres deutlich niedriger als bei den anderen Schnitten. Der Blattanteil der *Mentha* Nr. 2 sank kontinuierlich mit jedem Schnitt von Jahr zu Jahr. Bei *Mentha* Nr. 1 und 3 wurde im Pflanzjahr sowie im 2. Standjahr jeweils im 1. Schnitt ein höherer Blattanteil als im 2. Schnitt ermittelt, wobei der Blattanteil im Pflanzjahr jeweils höher war.

Von *Mentha* Nr. 4, 5 und 7 liegen keine Daten zum Blattanteil im 1. Schnitt des Pflanzjahres vor. Im Vergleich zum 2. Schnitt des Pflanzjahres zeigte *Mentha* Nr. 5 im 2. Standjahr deutlich niedrigere Blattanteile. Im 1. Schnitt des 2. Standjahres wiesen *Mentha* Nr. 4 und 7 ihren jeweils höchsten Blattanteil auf. Der Blattanteil im 2. Schnitt war im Pflanzjahr bei beiden höher als im Folgejahr, wobei die Unterschiede bei *Mentha* Nr. 4 stärker ausgeprägt waren.

Der Anteil nicht marktfähiger Blätter lag im Pflanzjahr im 2. Schnitt bei *Mentha* Nr. 2 bei 2%, bei *Mentha* Nr. 1 im 1. Schnitt bei 0,5%. Von *Mentha* Nr. 3 wurden im 2. Schnitt 0,1% nicht marktfähige Blätter aussortiert; bei den anderen *Mentha*-Arten wurden im Pflanzjahr keine Blätter als nicht marktfähig beurteilt.

Im Folgejahr wies *Mentha* Nr. 1 im 2. Schnitt mit ca. 7% nicht marktfähigen Blättern im Kraut den höchsten Anteil auf (Abb. 30). Das Kraut der *Mentha* Nr. 9 enthielt in beiden Schnitten ca. 5% nicht marktfähige Blätter, jenes von *Mentha* Nr. 2 und 3 etwa 3-4%, von *Mentha* Nr. 7 1-2%. Bei *Mentha* Nr. 8 wurde je 1% bzw. 3,5% Blätter im 1. bzw. im 2. Schnitt aussortiert. Im 1. Schnitt enthielt das frische Kraut von *Mentha* Nr. 4, 6 und 13 3-4% nicht marktfähige Blätter, von *Mentha* Nr. 8 und 10 1-2%, der 2. Schnitt der *Mentha* Nr. 12 etwas mehr als 1%. Der Anteil nicht marktfähiger Blätter der anderen *Mentha*-Spezies sowie in nicht genannten Schnitten lag unter 1%.

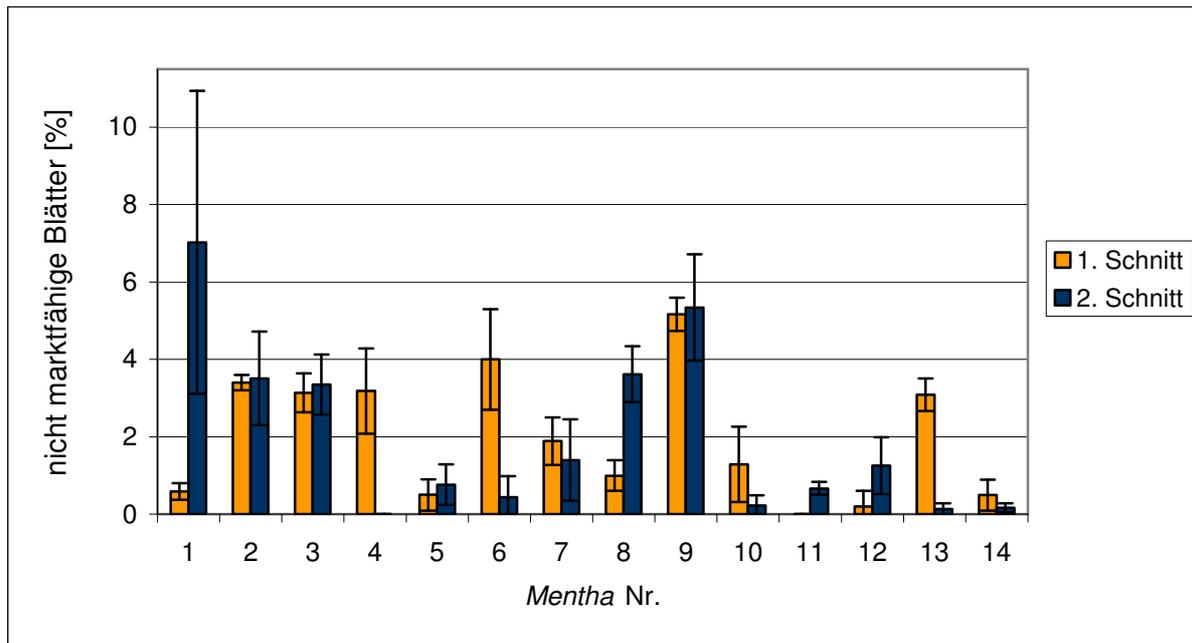


Abb. 30: Anteil nicht marktfähiger Blätter am frischen Kraut im 2. Standjahr

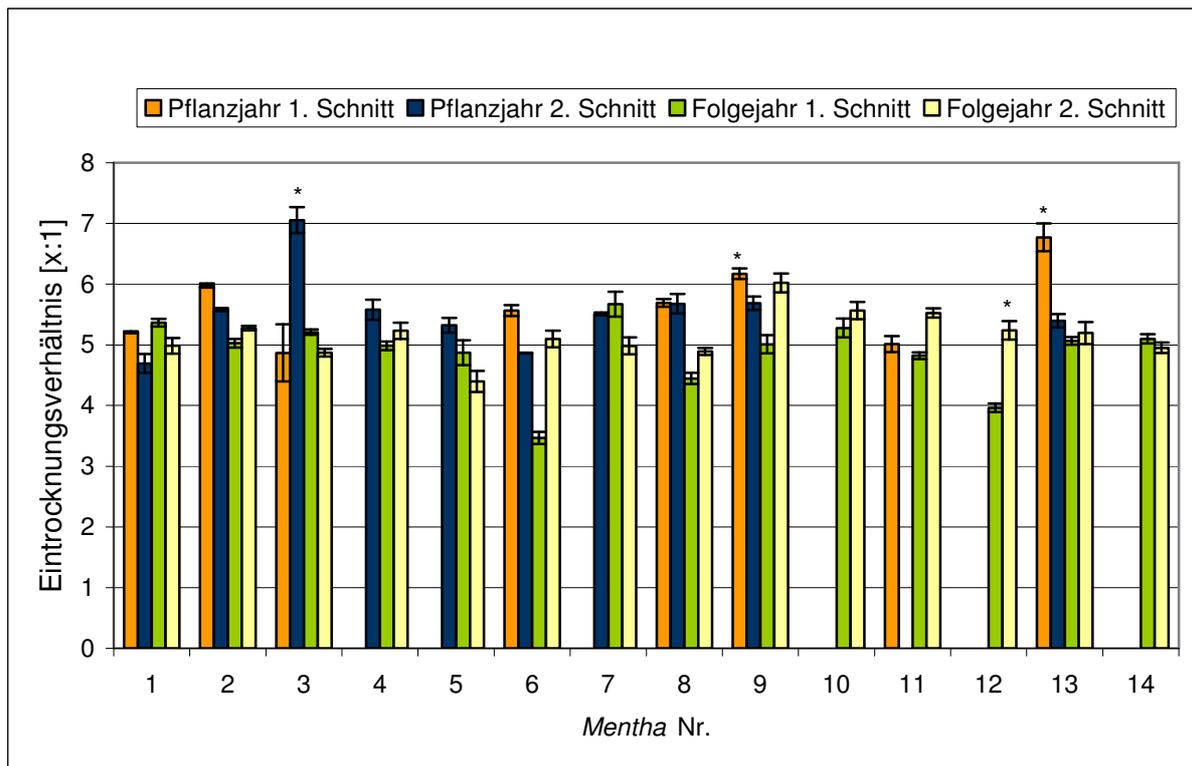
Der Anteil nicht marktfähiger Blätter unterlag in den gezogenen Proben beträchtlichen Schwankungen, wie durch die hohen Standardabweichungen verdeutlicht wird.

5.1.5 Eintrocknungsverhältnis

Wie aus Abb. 31 hervorgeht, lag das Eintrocknungsverhältnis in den meisten Fällen zwischen 5 und 6 oder geringfügig niedriger als 5.

Ein Eintrocknungsverhältnis von ca. 4,5 wiesen *Mentha* Nr. 5 im 2. Schnitt des Folgejahres und *Mentha* Nr. 8 im 1. Schnitt des Folgejahres auf. Die mit ca. 3,5 bzw. 4 niedrigsten Eintrocknungsverhältnisse erzielten *Mentha* Nr. 6 und 12 im 1. Schnitt des Folgejahres. Wenig mehr als 6 betrug das Eintrocknungsverhältnis der *Mentha* Nr. 9 im 2. Schnitt des Folgejahres.

Die im 1. Schnitt des Pflanzjahres bei Regen geernteten *Mentha* Nr. 9 und 13 wiesen Eintrocknungsverhältnisse zwischen 6 und 7 auf, *Mentha* Nr. 3, die im 2. Schnitt des Pflanzjahres bei Regen geschnitten wurde, von über 7. Ebenfalls bei Niederschlag wurde *Mentha* Nr. 12 im 2. Schnitt des Folgejahres geerntet; das Eintrocknungsverhältnis betrug in diesem Fall wenig mehr als 5.



* Niederschläge zum Zeitpunkt der Ernte

Abb. 31: Eintrocknungsverhältnis im Pflanz- und Folgejahr

5.1.6 Krankheitsbefall

Am 27.09.2006 wurde an den Pflanzen der *Mentha* Nr. 1 und 3 ein mittelstarker Befall mit Echtem Mehltau (*Erysiphe* spp.) festgestellt. Leichter Mehltaubefall trat bei 6, 9 und 13 auf. *Mentha* Nr. 12 und 14 wiesen starken Befall mit Pfefferminzrost (*Puccinia menthae* Pers.) auf, *Mentha* Nr. 10 sehr starken Rostbefall.

5.1.7 Auswinterung

Der Winter 2005/2006 war geprägt durch eine außergewöhnlich große Zahl an Frosttagen (132) mit tiefen absoluten Temperaturminima (bis $-18,6$ °C) im gesamten Zeitraum von November bis April. Während dieser Zeit fielen 348 mm Niederschlag.

Im Frühjahr 2006 wurden an den ausgewählten *Mentha*-Spezies Auswinterungserscheinungen beobachtet, die in Abb. 32 und Abb. 33 dargestellt sind. Abb. 32 zeigt die eigenen Versuchspartzen (Pflanzjahr 2005, Baumannshof). In Abb. 33 sind die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewählten *Mentha*-

Spezies dargestellt, welche zur Erhaltung im LfL-Sortiment am Versuchsgut Baumannshof kultiviert werden (Pflanzjahr 2003). Der Erhaltungsanbau liegt etwa 500 m von den eigenen Versuchspartzen entfernt, wobei die Anbaustandorte durch ein kleines Waldstück getrennt sind.

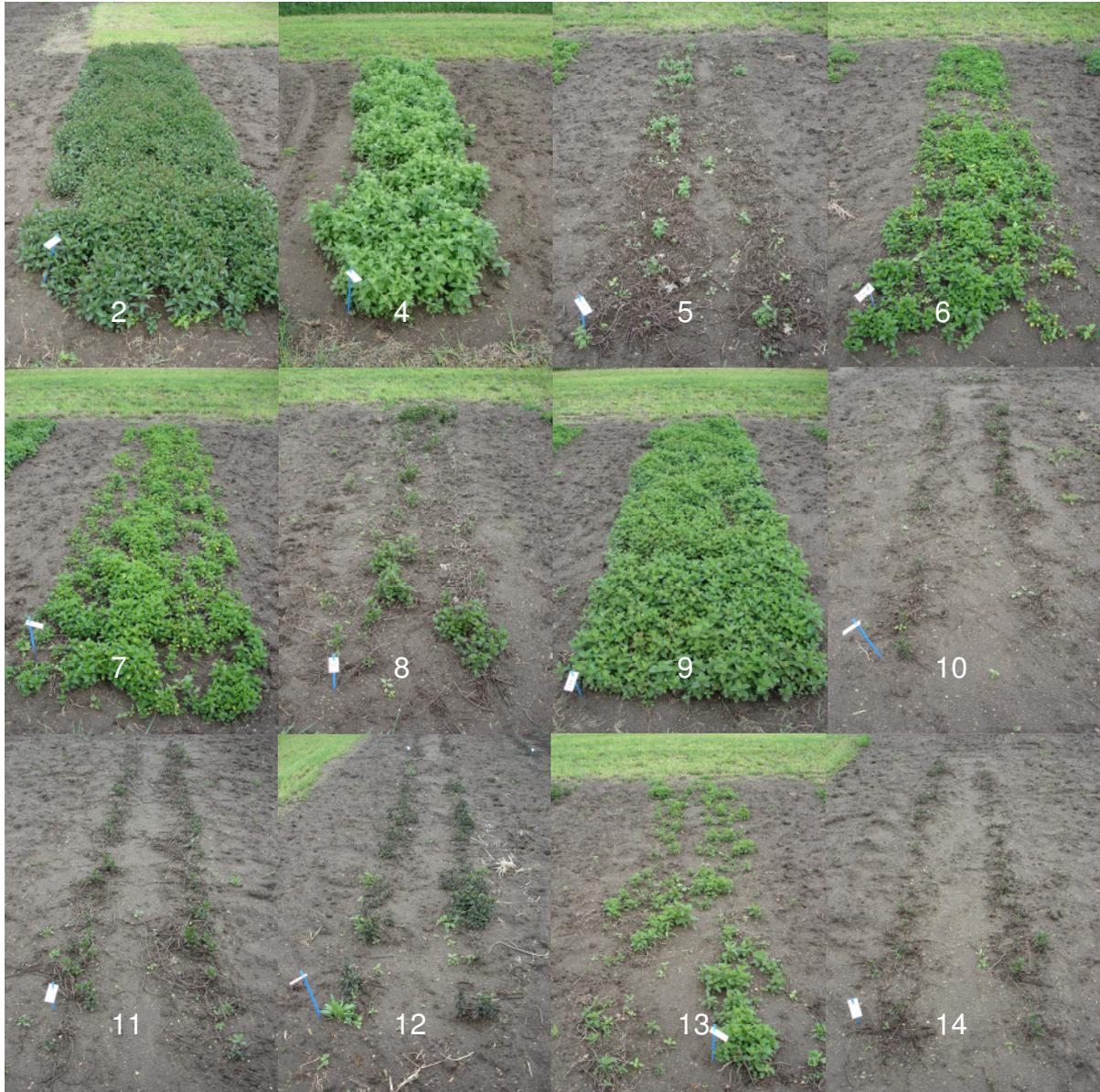


Abb. 32: Auswinterung (Versuchspartzen)

Die Auswinterungen äußerten sich zum einen durch gänzlich fehlenden Austrieb, zum anderen durch verzögerten Austrieb und späteren Aufwuchs.

Eine schlechte Überwinterung an beiden Anbaustandorten zeigten *Mentha* Nr. 8, 10 und 14. Nur wenig besser überwinternten *Mentha* Nr. 12 und 13 an beiden Standorten sowie *Mentha* Nr. 1 im LfL-Sortiment. Keine Anzeichen von Auswinterung an beiden Standorten zeigten *Mentha* Nr. 6 und 7 sowie *Mentha* Nr. 2 und 9 auf den eigenen

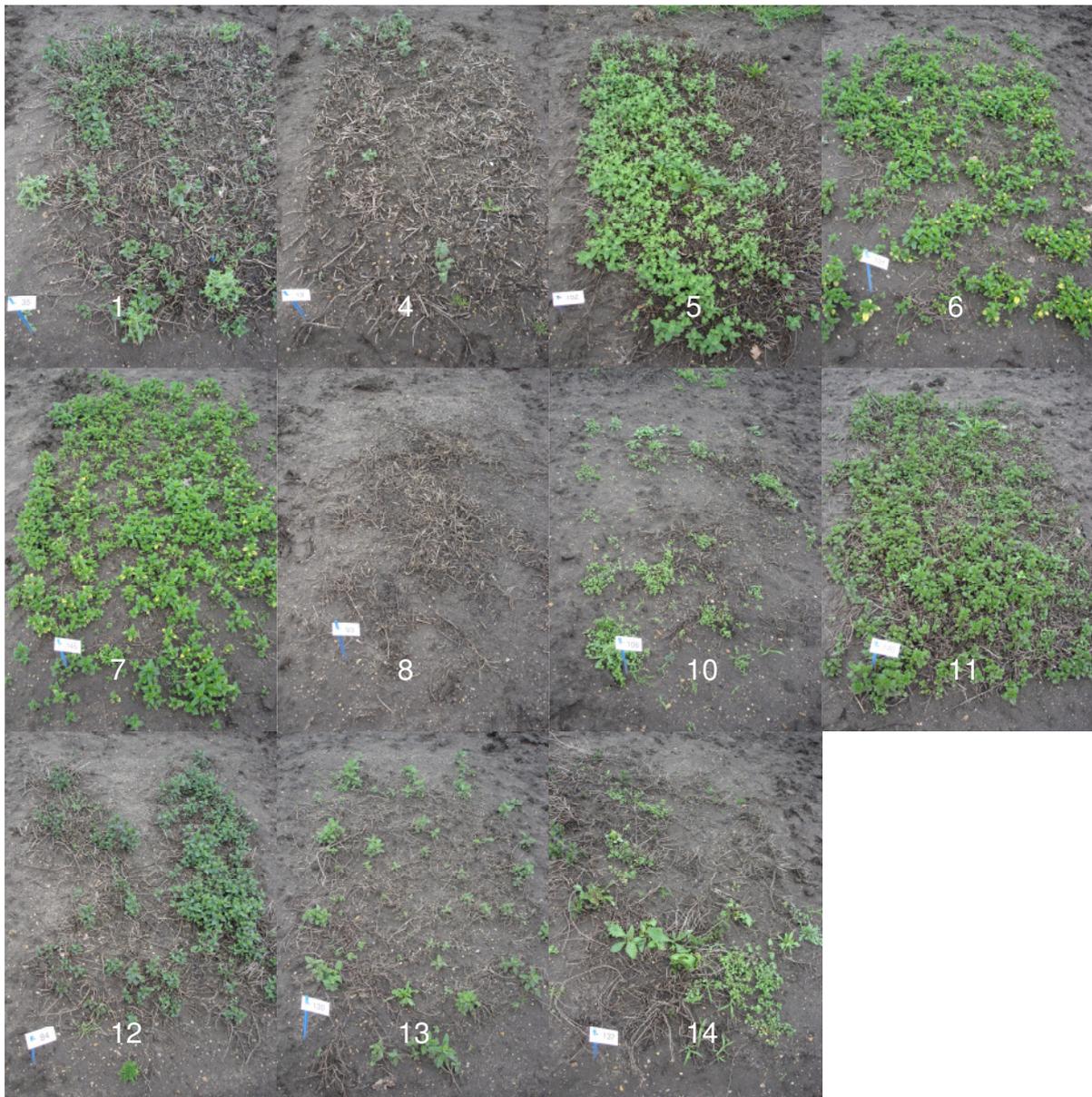


Abb. 33: Auswinterung (Erhaltungsparzellen Sortiment der LfL)

Versuchsparzellen. Während *Mentha* Nr. 5 und 11 im LfL-Sortiment gut überwinterten, war auf den Versuchsparzellen eine starke Auswinterung zu beobachten. Das umgekehrte Bild bot sich bei *Mentha* Nr. 4: sie überwinterte im LfL-Sortiment schlecht, sehr gut dagegen in der Versuchsparzelle.

Nach dem milden Winter 2006/2007 wurden keine Auswinterungen beobachtet.

5.2 Etherische Öle

In diesem Kapitel erfolgt zunächst die Darstellung der Ölgehalte der ausgewählten *Mentha*-Spezies. Anschließend wird ein Überblick über die detektierten ÖlkompONENTEN gegeben und die Zusammensetzung der Öle der verschiedenen *Mentha*-Spezies dargestellt.

5.2.1 Ölgehalt

Im Jahr 2006 wurde der Ölgehalt von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes aller ausgewählten *Mentha*-Spezies bestimmt. Im Jahr 2005 wurde der Ölgehalt von Blattdroge aus 1. und 2. Schnitt der *Mentha* Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 13 ermittelt, weiterhin der Ölgehalt des 2. Aufwuchses von *Mentha* Nr. 6 sowie des 1. Schnittes von *Mentha* Nr. 11. In die statistischen Berechnungen konnten diese aufgrund der fehlenden Werte des jeweils anderen Schnittes nicht einbezogen werden.

In Abb. 34 und Anhang 8 sind die Ölgehalte von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes 2006 aller ausgewählten *Mentha*-Spezies dargestellt.

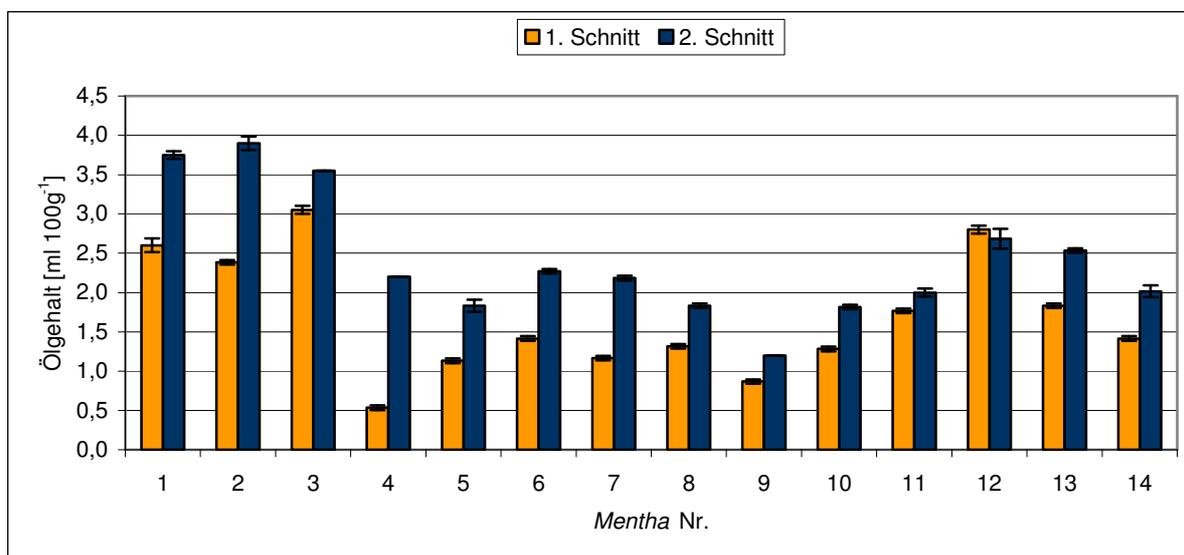


Abb. 34: Etherische Ölgehalte von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes 2006

Die Faktoren „*Mentha*-Spezies“ und „Schnitt“ hatten hoch signifikanten Einfluss (siehe Anhang 8) auf den Ölgehalt. Da zwischen „*Mentha*-Spezies“ und „Schnitt“ hoch signifikante Wechselwirkungen auftraten, war eine Mittelwertbildung aus beiden Schnitten einer *Mentha*-Art und die Berechnung der Grenzdifferenz zur Feststellung signifikanter Unterschiede nicht zulässig.

Im 1. Schnitt 2006 erzielte *Mentha* Nr. 3 den höchsten Ölgehalt mit mehr als 3,0 ml 100 g⁻¹ Droge, gefolgt von *Mentha* Nr. 12 und *Mentha* Nr. 1 mit 2,8 ml 100 g⁻¹ bzw. 2,6 ml 100 g⁻¹ sowie *Mentha* Nr. 2 mit ca. 2,4 ml 100 g⁻¹. Es folgten mit Ölgehalten von 1,5-2,0 ml 100 g⁻¹ *Mentha* Nr. 13 und 11 sowie mit Gehalten von 1,0-1,5 ml 100 g⁻¹ *Mentha* Nr. 14, 6, 8, 10, 7 und 5. Die niedrigsten Ölgehalte wiesen *Mentha* Nr. 9 und 4 mit ca. 0,9 ml 100 g⁻¹ bzw. 0,5 ml 100 g⁻¹ auf.

Die höchsten Ölgehalte im 2. Schnitt 2006 wiesen *Mentha* Nr. 2 mit 3,9 ml 100 g⁻¹ Blattdroge, *Mentha* Nr. 1 mit 3,8 ml 100 g⁻¹ und *Mentha* Nr. 3 mit 3,6 ml 100 g⁻¹ auf, gefolgt von *Mentha* Nr. 12 mit ca. 2,7 ml 100 g⁻¹ und *Mentha* Nr. 13 mit 2,5 ml 100 g⁻¹. Ölgehalte von etwa 2,2 ml 100 g⁻¹ erzielten *Mentha* Nr. 4, 6 und 7, Gehalte von 2,0 ml 100 g⁻¹ *Mentha* Nr. 11 und 14. *Mentha* Nr. 5, 8 und 10 wiesen Ölgehalte von etwa 1,8 ml 100 g⁻¹ auf. Mit 1,2 ml 100 g⁻¹ war der Ölgehalt der Blattdroge von *Mentha* Nr. 9 der niedrigste.

Die im 1. Schnitt gemessenen Ölgehalte waren niedriger als im 2. Schnitt, lediglich der Ölgehalt von *Mentha* Nr. 12 war im 1. Schnitt geringfügig höher.

Die Ölgehalte der *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 zählten in beiden Schnitten zu den jeweils höchsten. Die Ölgehalte der *Mentha* Nr. 11, 13 und 14 lagen in beiden Schnitten im mittleren Bereich, jene von *Mentha* Nr. 5, 6, 8, 9 und 10 waren in beiden Schnitten die jeweils niedrigsten. *Mentha* Nr. 4 wies im 1. Schnitt den niedrigsten Ölgehalt auf, im 2. Schnitt lag ihr Ölgehalt im mittleren Bereich: mit einer Differenz von 1,7 ml 100 g⁻¹ Droge war der Unterschied zwischen 1. und 2. Schnitt bei *Mentha* Nr. 4 am größten. Niedrige Ölgehalte im 1. Schnitt wies auch *Mentha* Nr. 7 auf, im 2. Schnitt lag der Ölgehalt im mittleren Bereich.

In Abb. 35 und Anhang 9 werden die Ölgehalte von Blattdroge zweier Schnitte und zweier Anbaujahre der *Mentha*-Spezies Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 13 dargestellt.

Der Einfluss der drei Faktoren auf den Ölgehalt war hoch signifikant (siehe Anhang 9). Aufgrund hoch signifikanter Wechselwirkungen zwischen den Faktoren „*Mentha*-Spezies“, „Schnitt“ und „Jahr“ konnte kein Tukey-Grouping zur Feststellung signifikanter Unterschiede vorgenommen werden.

Die höchsten Ölgehalte erzielte in beiden Schnitten beider Jahre *Mentha* Nr. 2 mit Ölgehalten zwischen annähernd 2,5 ml 100 g⁻¹ bis 4,0 ml 100 g⁻¹, wobei die Gehalte im 1. Schnitt jeweils niedriger ausfielen. Mit Ausnahme des 1. Schnittes 2005, der Ölgehalt lag hier unter 0,5 ml 100 g⁻¹, folgte in den anderen Schnitten jeweils *Mentha* Nr. 13 mit 1,8-2,5 ml 100 g⁻¹. Relativ einheitliche Ölgehalte von etwa 1,5 ml 100 g⁻¹ in

beiden Schnitten 2005 sowie von etwa 1,0 ml 100 g⁻¹ bzw. 2,0 ml 100 g⁻¹ im 1. und 2. Schnitt 2006 enthielt die Blattdroge von *Mentha* Nr. 7. Auch *Mentha* Nr. 4 wies in beiden Schnitten 2005 Ölgehalte von etwa 1,5 ml 100 g⁻¹ auf, 2006 jedoch schwankte dieser zwischen 0,5 ml 100 g⁻¹ im 1. Schnitt und über 2,0 ml 100 g⁻¹ im 2. Schnitt. Der Ölgehalt von *Mentha* Nr. 8 lag im 2. Schnitt 2005 sowie in beiden Schnitten 2006 bei 1,5 ml 100 g⁻¹, im 1. Schnitt 2005 betrug er 0,5 ml 100 g⁻¹. *Mentha* Nr. 5 wies 2005 in beiden Schnitten und 2006 im 1. Schnitt einen Ölgehalt von etwa 1,0 ml 100 g⁻¹ auf; im 2. Schnitt lag er bei etwa 1,8 ml 100 g⁻¹. Mit Ausnahme des 1. Schnittes 2006 war der Ölgehalt von *Mentha* Nr. 9 in allen Schnitten der niedrigste. Er betrug etwa 1,0 ml 100 g⁻¹ im 2. Schnitt 2005 und in beiden Schnitten 2006, im 1. Schnitt 2005 dagegen nur 0,3 ml 100 g⁻¹.

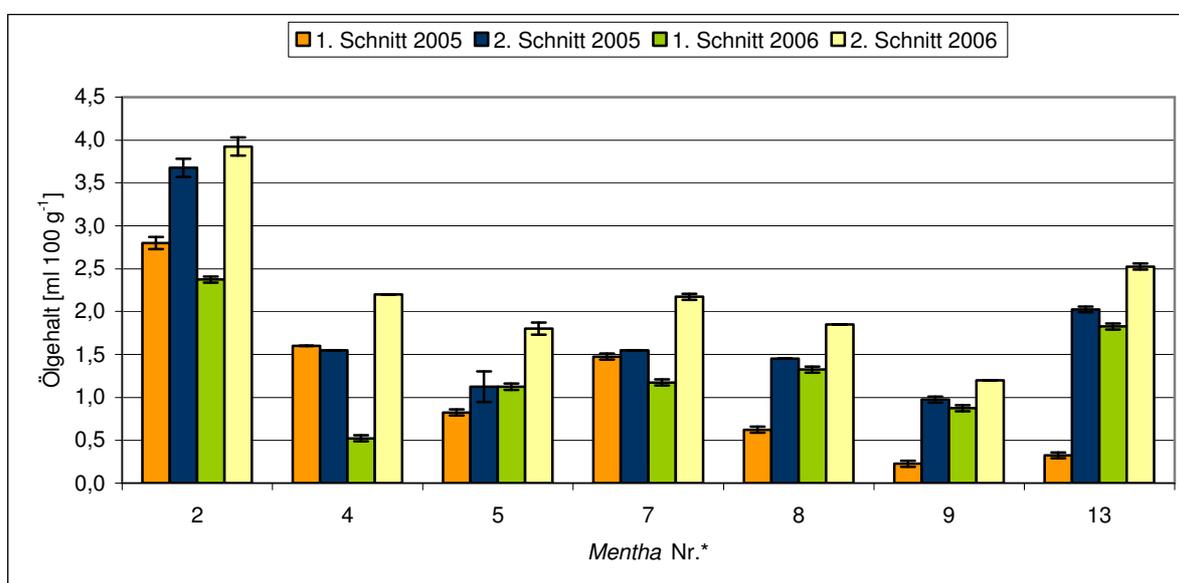


Abb. 35: Etherische Ölgehalte von Blattdroge 2005 und 2006

Die in den 1. Schnitten gemessenen Ölgehalte waren bei den meisten *Mentha* Spezies deutlich niedriger als die Ölgehalte der 2. Schnitte. Eine Ausnahme bildete *Mentha* Nr. 4 im Jahr 2005 mit geringfügig höherem Ölgehalt im 1. Schnitt und *Mentha* Nr. 7, die 2005 in beiden Schnitten annähernd gleich hohe Ölgehalte aufwies. Die Ölgehalte der jeweils 1. bzw. 2. Schnitte waren 2005 bei vielen *Mentha* Spezies niedriger als 2006. Ausnahmen stellten *Mentha* Nr. 2, 4 und 7 dar, die im 1. Schnitt 2005 mehr Öl als im 1. Schnitt 2006 enthielten.

Im Jahr 2005 wurde auch der Ölgehalt der Blattdroge aus dem 2. Aufwuchs von *Mentha* Nr. 6 sowie dem 1. Schnitt von *Mentha* Nr. 11 ermittelt. Bei *Mentha* Nr. 6 betrug dieser 1,6 ml 100 g⁻¹ und war damit geringfügig höher als im 1. Schnitt 2006,

jedoch deutlich niedriger als im 2. Schnitt 2006. Die Blattdroge von *Mentha* Nr. 11 enthielt im 1. Schnitt 2005 mit $1,8 \text{ ml } 100 \text{ g}^{-1}$ gleich viel Öl wie im 1. Schnitt 2006 und etwas weniger als im 2. Schnitt 2006.

Bei der Gehaltsbestimmung der Öle von *Mentha* Nr. 5 wurde beobachtet, dass beim Ablassen des etherischen Öls in das Röhrchen des Volumenmessbereiches das Öl absank und nicht – wie während der Destillation – auf dem Wasser schwamm. Die Öle von *Mentha* Nr. 5 waren stark milchig getrübt, auch das Destillationswasser wies eine milchig-trübe Verfärbung auf.

5.2.2 Ölkomponenten

Die in den etherischen Ölen der untersuchten *Mentha*-Spezies gefundenen Komponenten sind in Tab. 10 dargestellt. Die Ölkomponenten sind nach dem für sie berechneten Retentionsindex KI geordnet und laufend nummeriert. Die Identifizierung erfolgte vorrangig durch den Abgleich von Massenspektren und Retentionszeiten mit authentischen Reinsubstanzen, durch den Vergleich der Massenspektren mit Datenbanken sowie der Retentionsindices mit jenen von Jennings und Shibamoto (1980), welche in Tab. 10 unter KI (j) vermerkt sind. Sofern für die Identifizierung Massenspektren aus der Literatur herangezogen wurden, sind die Quellen in Tab. 7 (S. 29) angegeben. Tab. 8 (S. 29) gibt einen Überblick über Retentionsindices verschiedener Ölkomponenten, die im Handel nicht erhältlich sind. Für nicht oder versuchsweise identifizierte Substanzen ist in Tab. 10 das Masse/Ladungs-Verhältnis (m/z) der herausragenden Massenpeaks im Spektrum vermerkt.

Tab. 10: Ölkomponenten in den untersuchten *Mentha*-Spezies

Nr.	Bezeichnung	herausragende Massenpeaks	Identifizierung	KI	KI (j)
1	α -Pinen		a, f, g, j	1032	1039
2	Ethyl-2-methylbutyrat		f, j, i	1061	1049
3	β -Pinen		a, f, g, j	1119	1124
4	Sabinen		a, f, g, j	1132	1130
5	β -Myrcen		a, f, g, j	1171	1156
6	α -Terpinen		a, g	1189	-
7	Limonen		a, f, g, j	1207	1206
8	1,8-Cineol		a, f, g, j	1218	1228
9	cis-Ocimen		a, f, g, j	1242	1228
10	γ -Terpinen		a, f, g, j	1256	1251

Nr.	Bezeichnung	herausragende Massenpeaks	Identifizierung	KI	KI (j)
11	trans-Ocimen		a*, f, g, j	1260	1250
12	p-Cymol		a, g, j	1280	1272
13	Terpinolen		a, g, j	1292	1287
14	3-Octylacetat*	m/z 43, 101, 83, 112, 55, 70, 143, 61	f	1342	-
15	Alloocimen		a*	1380	-
16	1-Octen-3-ylacetat		f, k	1383	-
17	3-Octanol		a, g	1393	-
18	Linalooloxid**		f, j, k	1439	1423
19	1-Octen-3-ol		a, g, j	1441	1420
20	trans-Sabinenhydrat		f, i, k	1469	-
21	(-)-Menthon		a, f, g, j	1476	1478
22	Linalooloxid**		f, j	1476	1451
23	Octylacetat		a, j	1479	1459
24	n. i.	m/z 82, 67, 85, 57, 41		1492	-
25	Menthofuran		a, f, g	1492	-
26	(+)-Isomenthon		a, f, g	1501	-
27	Dihydroedulan* **	m/z 179, 69, 107, 84, 112	f, h, k	1501	-
28	β -Bourbonen		f, g, j, k	1528	1546
29	Dihydroedulan* **	m/z 179, 69, 138, 107, 123, 95, 55, 41, 83	f, h	1531	-
30	ein Sesquiterpen	m/z 204, 161, 105, 189, 119, 91, 133, 147, 81		1540	-
31	Linalool		a, f, g, j	1550	1506
32	cis-Sabinenhydrat		f, i, k	1552	-
33	n-Octanol		a, f, g, j	1559	1519
34	Linalylacetat		a, f, g, j	1563	1538
35	(-)-Menthylacetat		a, f	1570	-
36	(+)-Isopulegol		a, f, j	1579	1573
37	Fenchol		f, j, k	1580	1574
38	n. i.	m/z 161, 120, 105, 91, 81, 133		1583	
39	n. i.	m/z 109, 123, 93, 67, 81, 152, 41, 137, 53, 161		1584	
40	n. i.	m/z 109, 123, 93, 67, 152, 81, 137, 53		1597	
41	β -Elemen		b, f, k	1597	-
42	(+)-Neomenthol		a, f, g	1599	-
43	β -Caryophyllen		a, f, j	1608	1617
44	Terpinen-4-ol		a, g, j	1608	1628
45	Lavanduylacetat		f, j	1608	1597
46	Dihydrocarvon**		a, g, j	1619	1600
47	(+)-Neoisomenthol		f, k	1633	-
48	Dihydrocarvon**		a, g	1638	-
49	(-)-Menthol		a, f, g, j	1645	1612
50	n. i.	m/z 110, 95, 54, 67, 41, 81, 137		1642	

Nr.	Bezeichnung	herausragende Massenpeaks	Identifizierung	KI	KI (j)
51	ein Sesquiterpen	m/z 161, 105, 119, 204, 81, 91		1648	
52	(+)-Pulegon		a, f, j	1660	1662
53	Citronellylacetat		a, g, j	1665	1645
54	β -(Z)-Farnesen		c, f, g, k	1669	-
55	(+)-Isomenthol		a, g	1669	-
56	Dihydrocarvylacetat**		a, j	1677	1670
57	n. i.	m/z 59, 81, 93, 136, 43, 67, 121, 55, 107		1676	
58	Lavandulol		f, g, j	1678	1662
59	α -Humulen		a, g, j	1682	1682
60	ein Sesquiterpen	m/z 161, 91, 105, 81, 204, 119, 133, 41, 55, 67		1682	
61	ein Sesquiterpen	m/z 161, 105, 93, 119, 79, 204, 133		1697	
62	Decylacetat		f, j	1683	1662
63	α -Terpineol		a, g, j	1700	1661
64	Terpinylacetat		a, j	1703	1687
65	D-Germacren		d, g, h, i, k	1721	
66	Nerylacetat		a, f, g, j	1729	1699
67	Dihydrocarveol**		a, j	1730	1713
68	Piperiton		f, g, j, k	1740	1739
69	Geranial		a, f, g, j	1740	1730
70	Piperitonoxid**	m/z 69, 97, 55, 41, 126, 139, 82, 111, 168	f*, k	1744	
71	ein Sesquiterpen	m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67		1745	
72	Carvon		a, f, g, j	1747	1715
73	Geranylacetat		a, g, j	1758	1735
74	Decanol		f, g, j	1760	1721
75	δ -Cadinen		e, j	1764	1761
76	β -Citronellol		a, g, j	1764	1722
77	n. i.	m/z 43, 93, 134, 119, 79, 105, 67, 84, 53, 161		1766	
78	Dihydroagarofuran*	m/z 207, 137, 109, 149, 69, 189, 55, 81, 41, 95, 125, 164, 222	f, h	1788	
79	Nerol		a, j	1797	1757
80	n. i.	m/z 119, 43, 134, 91, 79, 106, 55		1833	
81	Carveol**		a, g, j	1836	1790
82	Geraniol		a, j	1845	1797
83	Isopiperitenon*		f, h, i	1852	
84	Carveol**		a, g, j	1867	1820
85	n. i.	m/z 43, 112, 81, 127, 154, 55, 71, 97, 137, 207		1892	
86	n. i.	m/z 43, 112, 81, 154, 127, 69, 55, 97, 137		1903	
87	Piperitenon		f, h	1938	

Nr.	Bezeichnung	herausragende Massenpeaks	Identifizierung	KI	KI (j)
88	cis-Jasmon		a, f, j	1957	1914
89	Piperitenonoxid		f, h, i, k	1974	
90	(-)-Caryophyllenoxid		f, g, h, i, k	2003	
91	Nerolidol**		a, f, g, k	2047	
92	n. i.	m/z 81, 43, 123, 161, 95, 105, 109, 71, 207		2071	
93	Viridiflorol		f, i, k	2109	
94	n. i.	m/z 149, 59, 164, 108, 81, 93, 121, 135, 43, 67		2119	
95	n. i.	m/z 144, 109, 171, 129, 116, 41, 186, 88, 53, 79, 158, 69		2144	
96	Eugenol		a, f, g, k	2179	2103
97	n. i.	m/z 91, 43, 136, 129, 65, 57, 85, 119		2176	
98	Thymol*		a, g, k	2187	2100
99	n. i.	m/z 161, 59, 135, 189, 204, 119, 91, 107, 147, 79, 43, 55, 67, 175, 222		2206	
100	n. i.	m/z 161, 59, 119, 147, 107, 43, 91, 204, 189, 133, 79, 175, 55, 67		2215	
101	cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat*	m/z 82, 91, 67, 41, 55, 65, 119, 137	f, j	2227	2220
102	n. i.	m/z 95, 121, 43, 161, 204, 81, 109, 71, 58, 137, 189		2232	
103	n. i.	m/z 119, 43, 109, 134, 93, 152, 59, 79, 69		2251	
104	n. i.	m/z 43, 150, 108, 59, 95, 135, 82, 53, 122, 67		2280	
105	n. i.	m/z 91, 136, 57, 43, 71, 157, 112, 119		2387	
106	Phytol		a, g	>2500	-
107	ein Menthylacetat			1586	

n. i. nicht identifiziert

* versuchsweise identifiziert

** korrektes Isomer nicht identifiziert

Identifizierung:

- a** Abgleich MS und Retentionszeit mit authentischen Standards
- a*** Abgleich MS und Retentionszeit; Substanz im Standard cis-Ocimen enthalten
- b** Abgleich MS und Retentionszeit der Substanz in Myrrhe-Öl
- c** Abgleich MS und Retentionszeit der Substanz in Kamille-Öl
- d** Abgleich MS und Retentionszeit der Substanz in Ylang-Ylang-Öl
- e** Abgleich MS und Retentionszeit der Substanz in Manuka-Öl
- f** Abgleich MS mit Wiley DB
- f*** Abgleich MS mit Wiley6 DB
- g** Abgleich MS mit Adams, 1989
- h** Abgleich MS mit DOS NIST, 1992
- i** Abgleich MS mit anderer Literatur (siehe Tab. 7; S. 29)
- j** Abgleich KI mit Jennings und Shibamoto, 1980 (Säule: CBWAX 20M)
- k** Abgleich KI mit anderer Literatur (siehe Tab. 8; S. 29)

Als „identifiziert“ wurden Ölkomponenten eingestuft, deren Retentionszeit bzw. Massenspektrum exakt mit jenen von Standardsubstanzen oder bekannten Inhaltsstoffen anderer Öle übereinstimmten, bzw. jene Ölkomponenten, für die Übereinstimmungen von MS und KI in Datenbanken oder Literatur gefunden wurden. Piperitenon wurde aufgrund des charakteristischen Spektrums und des in der Literatur mehrfach genannten Vorkommens in *Mentha*-Ölen (Kokkini, 1991, Oumzil et al., 2002, Gulluce et al., 2007) als „identifiziert“ klassifiziert, obwohl keine KI zum Vergleich gefunden wurden.

Die Substanzen Nr. 30, 51, 60, 61 und 71 konnten aufgrund ihrer charakteristischen Spektren der Stoffgruppe der Sesquiterpene zugeordnet werden. Eine eindeutige Identifizierung war aufgrund fehlender Referenzsubstanzen nicht möglich.

Die berechneten Retentionsindices stimmten bei Substanzen mit kurzer und mittellanger Retentionszeit gut bis sehr gut mit den Angaben von Jennings und Shibamoto (1980) überein. Abweichungen gab es dagegen bei Ölkomponenten mit längerer Retentionszeit, weshalb in diesem Falle – sofern die Überprüfung der Identität mit authentischen Reinsubstanzen nicht möglich war – die Komponenten als „versuchsweise identifiziert“ gekennzeichnet wurden. Thymol wurde trotz Überprüfung der Retentionszeit mit einer Standardsubstanz nur „versuchsweise“ identifiziert, da der berechnete KI auch sehr gut zu Carvacrol (2159) passt und das MS der beiden Substanzen nahezu identisch ist.

D-Germacren ist ein bekannter Inhaltsstoff von Pfefferminzölen sowie Ölen anderer *Mentha*-Arten (u.a. Stahl-Biskup, 1993, Maffei, 1999, Pino et al., 1999). Von D-Germacren ist kein Standard erhältlich, und das MS von D-Germacren ist dem anderer Sesquiterpene sehr ähnlich. D-Germacren ist eine der Hauptkomponenten des Öls von Ylang-Ylang (*Cananga odorata*) (Gaydou et al., 1986, Stashenko et al., 1995, Stranden et al., 2003). Die in Ylang-Ylang gefundene Substanz stimmte in Retentionszeit und MS mit der Komponente 65 der *Mentha*-Öle sehr gut überein. Die für D-Germacren in der Literatur (Tab. 8) gefundenen KI an Säulen mit Polyethylenglycol-Beschichtung liegen zwischen 1678 und 1726. Der in den eigenen GC-Analysen bestimmte KI liegt mit 1721 in diesem Bereich. Die KI von D-Germacren (1492) und Piperitonoxid (1266) wurden zusätzlich an einer unpolaren Säule mit DB-5-Beschichtung ermittelt. Sie stimmten mit Literaturangaben gut überein (siehe Tab. 8).

5.2.3 Ölzusammensetzung

Im Folgenden werden nacheinander die Zusammensetzungen der etherischen Öle der ausgewählten *Mentha*-Spezies betrachtet. Die Peakflächenprozentage der Ölkomponten der Destillate von 1. und 2. Schnitt des Jahres 2006, sofern vorhanden auch aus 2005, werden tabellarisch dargestellt. Für jeden Schnitt wird die Anzahl der injizierten Öle angegeben, aus denen die ermittelten Flächenprozentage in die Berechnung der Mittelwerte der einzelnen Ölkomponten einfließen. Aufgelistet werden alle identifizierten und nicht identifizierten Ölkomponten, deren Flächenanteil größer oder gleich 0,25% betrug, sowie die identifizierten Ölkomponten mit einem kleineren Flächenanteil als 0,25%. Nicht identifizierte Komponten mit einem Flächenanteil von weniger als 0,25% wurden nicht berücksichtigt. In der Darstellung der Öle von *Mentha* Nr. 5 wurden die nicht identifizierten Komponten kleiner 0,25% mit aufgelistet. Da nach der Entwicklung eines eigenen Temperaturprogrammes für *Mentha* Nr. 5 sehr wenig Öl übrig geblieben war, wurde eine einzige Ölanalyse pro Schnitt und Jahr durchgeführt. Die Flächenanteile werden daher ohne Standardabweichung dargestellt.

Für die nicht identifizierten (n. i.) Substanzen erfolgt zusätzlich die Angabe des Masse-Ladungs-Verhältnisses der charakteristischen Massenpeaks im Spektrum. Versuchsweise identifizierte Ölkomponten sind mit * gekennzeichnet.

Identifizierte Ölkomponten, die aufgrund einer zu kleinen Peakfläche nicht integriert wurden, aber im Spurenbereich vorhanden sind, werden mit „Sp“ gekennzeichnet.

Die Darstellung eines Chromatogramms mit Kennzeichnung der Komponten mit einem Flächenanteil von größer oder gleich 1,0% verdeutlicht die Charakteristika des Öls der jeweiligen *Mentha*-Art. Ölkomponten, welche im Öl mindestens eines Schnittes mit einem Peakflächenanteil von 1,0% oder mehr enthalten sind, werden in der Beschreibung der Öle der jeweiligen *Mentha*-Art sowie in den entsprechenden Tabellen hervorgehoben.

Von *Mentha* Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 13 liegen Öluntersuchungen je zweier Schnitte aus den Jahren 2005 und 2006 vor. Die Öle der *Mentha* Nr. 1, 3, 10, 12 und 14 wurden ausschließlich 2006 untersucht. Von *Mentha* Nr. 6 und 11 liegen Öluntersuchungen der Jahre 2005 sowie 2006 vor, wobei 2006 zwei Schnitte, 2005 ein Schnitt untersucht wurden: der 1. Schnitt der spät gepflanzten *Mentha* Nr. 11 sowie der 2. Schnitt von *Mentha* Nr. 6. Der 1. Aufwuchs von *Mentha* Nr. 6 war

aufgrund der außerordentlich geringen Biomasse keiner weiteren Untersuchung unterzogen worden.

Mentha Nr. 1 (Pfefferminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 1 wurden insgesamt 27 Komponenten gefunden (Tab. 11 und Abb. 36).

Tab. 11: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 1

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]	
		2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,46±0,01	0,52±0,01
3	β -Pinen	0,66±0,02	0,73±0,03
4	Sabinen	0,37±0,02	0,39±0,01
5	β -Myrcen	0,28±0,01	0,34±0,01
7	<u>Limonen</u>	1,25±0,05	1,52±0,05
8	<u>1,8-Cineol</u>	3,47±0,05	3,84±0,04
9	cis-Ocimen	0,30±0,01	0,31±0,01
17	3-Octanol	0,18±0,05	0,18±0,01
21	<u>(-)-Menthon</u>	53,39±0,46	56,79±0,49
25	<u>Menthofuran</u>	3,03±0,06	2,44±0,10
26	<u>(+)-Isomenthon</u>	9,25±0,13	9,98±0,05
28	β -Bourbonen	0,12±0,00	0,08±0,01
31	Linalool	0,18±0,02	0,34±0,01
35	<u>(-)-Menthylacetat</u>	2,87±0,19	1,17±0,11
39+42	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67), (+)-Neomenthol</u>	1,41±0,02	1,02±0,02
41	β -Elemen	0,46±0,03	0,43±0,02
43	<u>β-Caryophyllen</u>	1,56±0,09	1,93±0,07
44	Terpinen-4-ol	0,02±0,02	0,03±0,01
47	(+)-Neoisomenthol	0,13±0,01	0,04±0,01
49	<u>(-)-Menthol</u>	11,71±0,74	8,92±0,21
52	<u>(+)-Pulegon</u>	5,30±0,18	4,74±0,32
54	β -(Z)-Farnesen	0,14±0,01	0,14±0,02
63	α -Terpineol	0,06±0,02	0,10±0,01
65	<u>D-Germacren</u>	1,88±0,10	2,29±0,13
68+71	<u>Piperiton, ein Sesquiterpen (m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67)</u>	0,96±0,05	1,15±0,07
	Summe	99,46	99,41

Sowohl im 1. als auch im 2. Schnitt 2006 wurde (-)-Menthon mit 53% bzw. 57% als Hauptkomponente des Öls gefunden. Es folgten (-)-Menthol mit 12% im 1. und 9% im 2. Schnitt und (+)-Isomenthon mit 9,3% im 1. und 10% im 2. Schnitt. Der Flächenanteil von (+)-Pulegon betrug 5,3% im 1. und 4,7% im 2. Schnitt, jener von 1,8-Cineol lag bei 3,5% im 1. und 3,8% im 2. Schnitt. Menthofuran wies einen Flächenanteil von ca. 3% bzw. 2,4% im 1. und 2. Schnitt auf, (-)-Menthylacetat von

2,9% bzw. 1,2%. Der Anteil von D-Germacren betrug im 1. Schnitt 1,9%, im 2. Schnitt 2,3%. Im 1. bzw. 2. Schnitt lag der Anteil von Limonen bei 1,3% bzw. 1,5%, jener von β -Caryophyllen bei 1,6% bzw. 1,9%. Der Anteil von (+)-Neomenthol, das gleichzeitig mit der Substanz Nr. 39 eluierte, lag bei 1,4% bzw. 1% im 1. und 2. Schnitt. Piperiton wies – zusammen mit einem geringen Anteil des Sesquiterpens Nr. 71 – 1,0% im 1. und 1,2% im 2. Schnitt auf.

Mit einem geringeren Flächenanteil als 1,0% wurden in den Ölen beider Schnitte der *Mentha* Nr. 1 auch β -Pinen, α -Pinen, β -Elemen, Sabinen, cis-Ocimen, β -Myrcen und Linalool gefunden. Im Spurenbereich traten 3-Octanol, β -Bourbonen, β -(Z)-Farnesen, (+)-Neoisoomenthol, α -Terpineol und Terpinen-4-ol auf.

Im 1. und 2. Schnitt gab es eine sehr große Übereinstimmung der Flächenanteile der einzelnen Ölkomponten. Im 1. Schnitt waren die Anteile von (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, D-Germacren, β -Caryophyllen, Limonen und 1,8-Cineol geringfügig niedriger als im 2. Schnitt. Der Flächenanteil von (-)-Menthol, (-)-Menthylacetat, Pulegon, Menthofuran und (+)-Neomenthol war im 1. Schnitt geringfügig höher.

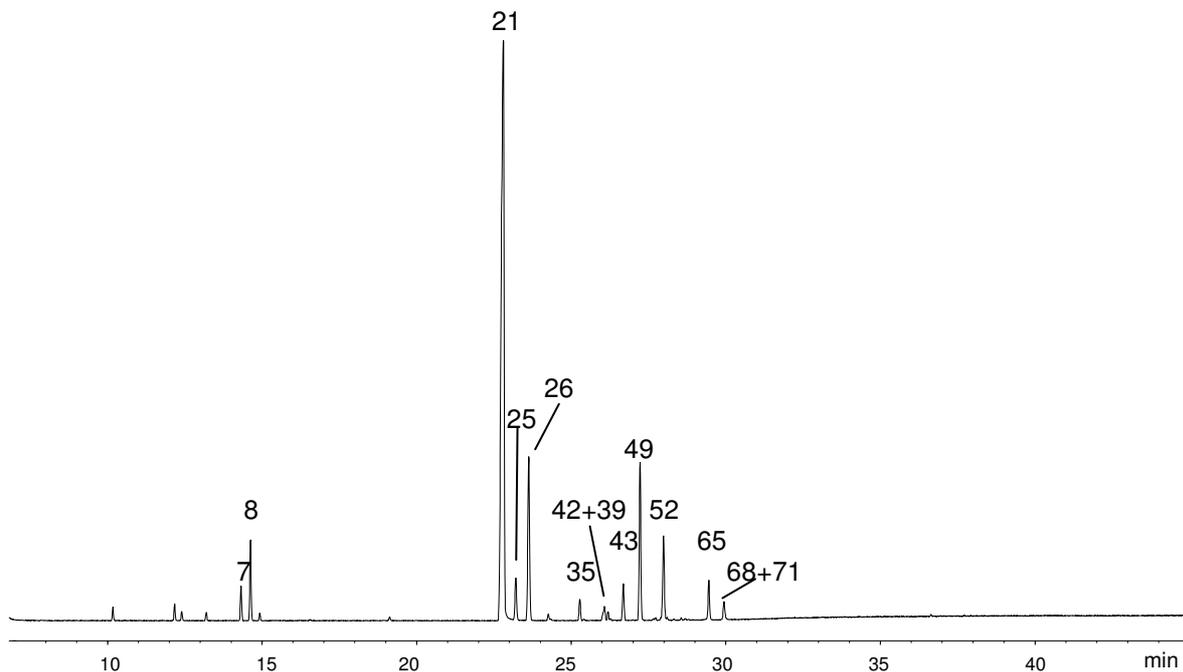


Abb. 36: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 1, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 2 (Pfefferminze)

Das Öl der *Mentha* Nr. 2 wurde in 42 Ölkomponten aufgetrennt (Tab. 12, Abb. 37).

Tab. 12: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 2

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,53±0,02	0,51±0,03	0,39±0,04	0,42±0,02
3	β -Pinen	0,77±0,03	0,72±0,04	0,54±0,04	0,62±0,01
4	Sabinen	0,41±0,01	0,39±0,03	0,29±0,02	0,33±0,01
5	β -Myrcen	0,34±0,00	0,31±0,02	0,23±0,02	0,25±0,00
7	<u>Limonen</u>	1,13±0,03	0,85±0,05	0,85±0,06	0,72±0,07
8	<u>1,8-Cineol</u>	4,09±0,09	3,65±0,05	3,73±0,05	4,11±0,07
9	cis-Ocimen	0,39±0,02	0,49±0,03	0,82±0,03	0,33±0,00
11	trans-Ocimen	0,08±0,00	0,08±0,00	0,08±0,07	
12	p-Cymol	0,05±0,00	0,02±0,03		
13	Terpinolen	Sp	0,01±0,02	0,02±0,04	Sp
14	3-Octylacetat*		0,01±0,02	0,02±0,04	
17	3-Octanol	0,25±0,02	0,26±0,01	0,11±0,10	0,04±0,07
21	<u>(-)-Menthon</u>	50,77±0,88	44,36±0,81	44,89±1,57	54,85±0,30
25	<u>Menthofuran</u>	1,49±0,03	1,38±0,20	0,12±0,11	0,80±0,06
26	<u>(+)-Isomenthon</u>	11,98±0,20	11,76±0,20	10,10±0,30	11,98±0,06
28	β -Bourbonen	0,15±0,01	0,14±0,01		0,12±0,02
28+31	β -Bourbonen, Linalool			0,63±0,08	
31	Linalool	0,37±0,02	0,31±0,03		0,31±0,03
35	<u>(-)-Menthylacetat</u>	2,79±0,33	5,48±0,28	3,30±0,16	1,52±0,11
36	(+)-Isopulegol	0,10±0,01	0,15±0,01		
39	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67, 81, 152, 41, 137, 53, 161)</u>	0,51±0,01	0,14±0,12		
39+42	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67), (+)-Neomenthol</u>				1,12±0,02
40+41	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67), β-Elemen</u>	0,77±0,03	0,74±0,02		
41	β -Elemen			0,98±0,11	0,52±0,07
42	<u>(+)-Neomenthol</u>	1,14±0,08	1,81±0,09	1,75±0,09	
43	<u>β-Caryophyllen</u>	1,86±0,11	1,89±0,13	2,59±0,16	2,47±0,12
44	Terpinen-4-ol	0,07±0,01	0,02±0,04	0,01±0,01	
47	(+)-Neoisomenthol	0,26±0,03	0,56±0,04	0,47±0,04	0,09±0,01
49	<u>(-)-Menthol</u>	11,65±0,48	16,31±0,42	20,06±0,31	13,39±0,67
52	<u>(+)-Pulegon</u>	2,08±0,15			0,89±0,02
52+55	<u>(+)-Pulegon, (+)-Isomenthol</u>		1,24±0,02	0,28±0,08	
54	β -(Z)-Farnesen	0,22±0,01	0,25±0,01	0,26±0,07	0,12±0,01
59+60	α -Humulen, ein Sesquiterpen (m/z 161, 91, 105, 81, 204, 119, 133, 41, 55, 67)	0,19±0,01	0,19±0,01	0,25±0,04	0,16±0,01
63	α -Terpineol	0,10±0,00	0,06±0,05	0,06±0,06	0,07±0,01
65	<u>D-Germacren</u>	2,55±0,14	2,88±0,27	4,43±0,21	3,25±0,22
68	<u>Piperiton</u>		1,28±0,09		
68+71	<u>Piperiton, ein Sesquiterpen (m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67)</u>	1,38±0,02		1,07±0,09	0,96±0,04
71+72	<u>ein Sesquiterpen (m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67), Carvon</u>		0,20±0,05		
75	δ -Cadinen	0,05±0,00	0,02±0,03	0,07±0,06	Sp
93	Viridiflorol	0,25±0,02	0,29±0,01	0,74±0,13	0,23±0,04
98	Thymol*	0,09±0,00	0,09±0,00	0,08±0,07	Sp
106	Phytol	0,26±0,00	0,10±0,17	0,14±0,13	Sp
107	ein Menthylacetat		0,33±0,11		
Summe		99,13	99,25	99,38	99,66

Hauptkomponente der Öle von *Mentha* Nr. 2 war (-)-Menthon, dessen Peakflächenanteil ca. 51% im 1. Schnitt 2005, 44% im 2. Schnitt 2005, 45% im 1. Schnitt 2006 und 55% im 2. Schnitt 2006 betrug. Die Substanz mit dem zweitgrößten Flächenanteil war (-)-Menthol mit etwa 12% bzw. 16% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 20% und 13% im 1. und 2. Schnitt 2006. Mit etwa 10% im 1. Schnitt 2006 und 12% in den anderen Schnitten folgte (+)-Isomenthon. 4,1% im 1. Schnitt 2005 und im 2. Schnitt 2006 sowie 3,7% in den beiden anderen Schnitten betrug der Anteil von 1,8-Cineol. Der Peakflächenanteil von (-)-Menthylacetat schwankte zwischen 2,8% und 5,5% im 1. und 2. Schnitt 2005, 2006 lag er bei 3,3% im 1. Schnitt und 1,5% im 2. Schnitt. D-Germacren nahm im 1. und 2. Schnitt 2005 2,5% bzw. 2,9% der Peakfläche ein; 2006 schwankte sein Anteil zwischen 4,4% im 1. Schnitt und 3,3% im 2. Schnitt. Der Peakflächenanteil von β -Caryophyllen lag 2005 in beiden Schnitten bei 1,9%, 2006 bei etwa 2,5%. Während im Jahr 2005 der Anteil von Menthofuran in beiden Schnitten etwa 1,5% betrug, lag er 2006 im 1. Schnitt bei 0,1%, im 2. Schnitt bei 0,8% der Peakfläche. Auch der Anteil von (+)-Pulegon war 2005 mit 2,1% bzw. 1,2% im 1. und 2. Schnitt höher als 2006 mit 0,3% und 0,9%. Im 2. Schnitt 2005 sowie im 1. Schnitt 2006 enthielt der (+)-Pulegon-Peak auch geringe Anteile an (+)-Isomenthol. Limonen wies im 1. Schnitt 2005 einen Flächenanteil von 1,1% auf, in den anderen Schnitten lag der Anteil unter 1%. (+)-Neomenthol, das im 2. Schnitt 2006 gleichzeitig mit der Substanz Nr. 39 eluierte, nahm im 1. Schnitt 2005 sowie im 2. Schnitt 2006 einen Flächenanteil von 1,1% ein. Im 2. Schnitt 2005 und im 1. Schnitt 2006 betrug der Anteil 1,8%. Der Anteil der Substanz 39 lag 2005 bei 0,5% im 1. und 0,1% im 2. Schnitt. Piperiton, welches außer im 2. Schnitt 2005 in Verbindung mit dem Sesquiterpen Nr. 71 eluierte, nahm in den Ölen des Jahres 2005 Flächenanteile von 1,4% bzw. 1,3% ein, 2006 lag der Anteil in beiden Schnitten bei rund 1%. Der Anteil der Substanz Nr. 71 betrug im 2. Schnitt 2005 gemeinsam mit Carvon 0,2%.

In den Ölen der *Mentha* Nr. 2 wurden weiterhin mit Anteilen von weniger als 1,0% an der Gesamtfläche in beiden Schnitten beider Jahre folgende Komponenten gefunden: β -Pinen, cis-Ocimen, α -Pinen, Sabinen, β -Myrcen, β -Elemen, Linalool, β -Bourbonen, Viridiflorol, (+)-Neoisomenthol und β -(Z)-Farnesen. Im Spurenbereich lagen 3-Octanol, α -Humulen, das Sesquiterpen Nr. 60, α -Terpineol, Phytol, Thymol, Terpinolen und δ -Cadinen vor. Terpinen-4-ol und trans-Ocimen wurden im 2. Schnitt 2006 nicht gefunden, in den anderen Ölen lagen beide Substanzen im

Spurenbereich vor. Die Substanz Nr. 40, (+)-Isopulegol sowie p-Cymol wurden ausschließlich in den Ölen des Jahres 2005 gefunden, 3-Octylacetat im 2. Schnitt 2005 und im 1. Schnitt 2006. Im 2. Schnitt 2005 wurde mit einer Fläche von 0,3% ein weiteres Menthylacetat detektiert. Um welches Isomer es sich handelt, konnte jedoch nicht festgestellt werden.

In ihrer Größenordnung stimmten die Flächenanteile der Ölkomponten beider Schnitte und Jahre gut überein. Während im Jahr 2005 die Anteile von (-)-Menthon, (+)-Pulegon und 1,8-Cineol im 1. Schnitt geringfügig höher ausfielen als im 2. Schnitt, die Anteile von (-)-Menthol, (-)-Menthylacetat, (+)-Neomenthol und D-Germacren im 1. Schnitt dagegen geringfügig niedriger, war dies im Jahr 2006 gerade umgekehrt. In beiden Schnitten des Jahres 2006 wiesen D-Germacren und β -Caryophyllen höhere Flächenanteile auf als im Jahr 2005, wobei die Anteile von β -Caryophyllen in beiden Schnitten 2005 bzw. in beiden Schnitten 2006 jeweils gleich waren. Dies gilt auch für die Flächenanteile von Menthofuran und (+)-Isomenthon im Jahr 2005, 2006 war ihr Flächenanteil im 1. Schnitt geringer. Menthofuran und (+)-Pulegon wiesen im 1. Schnitt 2006 den niedrigsten Flächenanteil auf.

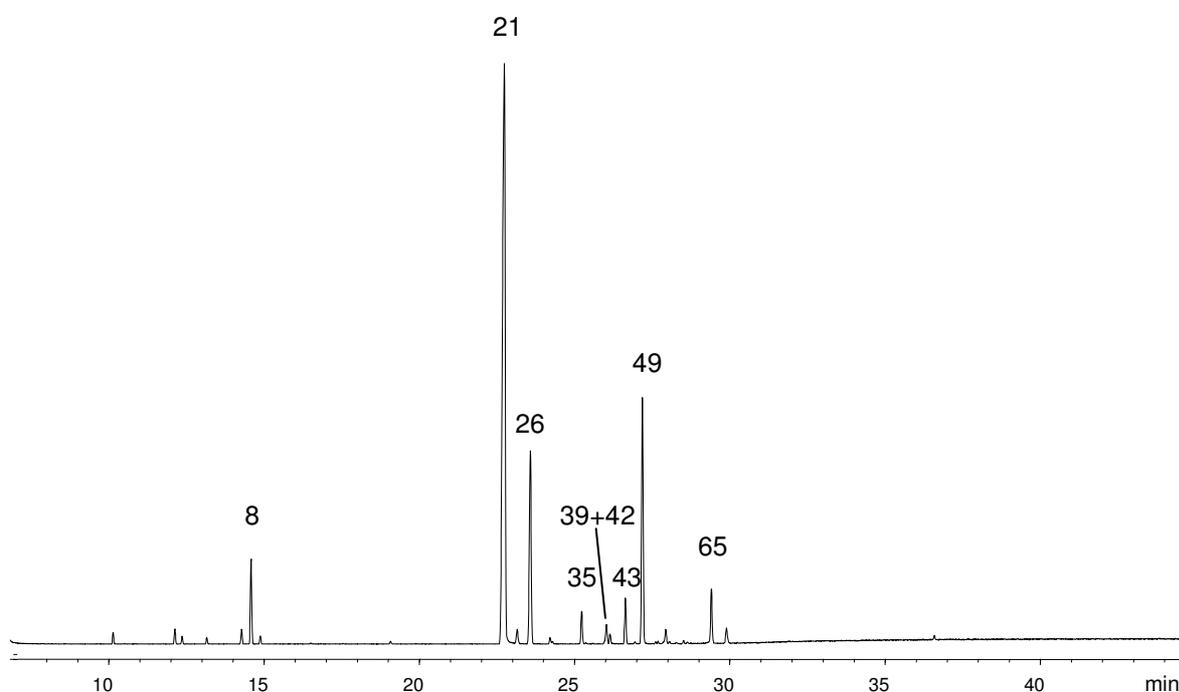


Abb. 37: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 2, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 3 (Pfefferminze)

Das Öl der *Mentha* Nr. 3 wurde in 35 Komponenten aufgetrennt (Tab. 13, Abb. 38).

Tab. 13: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 3

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]	
		2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,58±0,02	0,47±0,00
3	β -Pinen	0,78±0,02	0,60±0,01
4	Sabinen	0,47±0,01	0,33±0,01
5	β -Myrcen	0,33±0,01	0,24±0,01
7	<u>Limonen</u>	1,28±0,07	0,72±0,04
8	<u>1,8-Cineol</u>	3,98±0,02	3,33±0,02
9	cis-Ocimen	0,36±0,01	0,24±0,00
11	trans-Ocimen	0,02±0,02	
13	Terpinolen	0,13±0,00	Sp
17	3-Octanol	0,21±0,00	0,04±0,07
21	<u>(-)-Menthon</u>	44,96±1,98	56,92±0,42
25	<u>Menthofuran</u>	3,17±0,01	3,19±0,03
26	<u>(+)-Isomenthon</u>	10,77±0,19	9,91±0,12
28	β -Bourbonen	0,21±0,03	0,07±0,01
31	Linalool	0,21±0,03	0,09±0,02
35	<u>(-)-Menthylacetat</u>	3,20±0,22	1,62±0,12
36	(+)-Isopulegol	0,12±0,02	0,03±0,02
39+42	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67), (+)-Neomenthol</u>	1,61±0,11	0,94±0,03
40+41	<u>n. i. (m/z 109, 123, 93, 67), β-Elemen</u>	1,06±0,13	
41	<u>β-Elemen</u>		0,44±0,01
43	<u>β-Caryophyllen</u>	2,13±0,21	1,87±0,12
44	Terpinen-4-ol	0,04±0,02	0,07±0,02
47	(+)-Neoisomenthol	0,21±0,02	0,04±0,01
49	<u>(-)-Menthol</u>	14,35±0,13	10,23±0,38
52	<u>(+)-Pulegon</u>		4,30±0,14
52+55	<u>(+)-Pulegon, (+)-Isomenthol</u>	3,62±0,20	
54	β -(Z)-Farnesen	0,35±0,22	0,12±0,01
63	α -Terpineol	0,05±0,01	0,01±0,02
65	<u>D-Germacren</u>	3,18±0,19	2,70±0,17
68+71	<u>Piperiton, ein Sesquiterpen (m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67)</u>	1,36±0,14	0,99±0,09
75	δ -Cadinen	0,03±0,04	Sp
90	(-)-Caryophyllenoxid	0,07±0,02	
106	Phytol	0,25±0,01	Sp
Summe		99,06	99,54

Hauptkomponente war im 1. und 2. Schnitt 2006 mit 45% bzw. 57% Flächenanteil (-)-Menthon. Die Substanz mit dem zweithöchsten Flächenanteil war (-)-Menthol mit 14% bzw. 10% im 1. und 2. Schnitt, gefolgt von (+)-Isomenthon mit 11% im 1. Schnitt und 10% im 2. Schnitt. Der Anteil von (+)-Pulegon betrug im 1. Schnitt – gemeinsam mit (+)-Isomenthol – etwa 3,6%, im 2. Schnitt 4,3% ohne letzteres. Im 1. Schnitt

wurden etwa 4,0% 1,8-Cineol und je 3,2% (-)-Menthylacetat sowie D-Germacren gefunden, im 2. Schnitt ca. 3,3% 1,8-Cineol, 1,6% (-)-Menthylacetat und 2,7% D-Germacren. Der Anteil von Menthofuran betrug in beiden Schnitten 3,2%, der Anteil von β -Caryophyllen 2,1% bzw. 1,9%. Limonen hatte im 1. Schnitt einen Anteil von 1,3% an der Peakfläche, im 2. Schnitt von 0,7%. Das zeitgleich mit einer geringen Menge der Substanz Nr. 39 eluierende (+)-Neomenthol nahm im 1. Schnitt 1,6%, im 2. Schnitt 0,9% der Peakfläche ein. Die Peakfläche von Piperiton, zusammen mit einem geringen Anteil des Sesquiterpens Nr. 71, betrug 1,4% im 1. und 1,0% im 2. Schnitt. Der Peakflächenanteil von β -Elemen lag im 1. Schnitt, als es zeitgleich mit der Substanz Nr. 40 eluierte, bei 1,1%, im 2. Schnitt bei 0,4%.

Mit Flächenanteilen von weniger als 1,0% wurden β -Pinen, α -Pinen, Sabinen, β -Myrcen, cis-Ocimen und β -(Z)-Farnesen detektiert. Linalool, β -Bourbonen, 3-Octanol, Terpinolen, (+)-Isopulegol, (+)-Neoisomenthol, Terpinen-4-ol, α -Terpineol, Phytol und δ -Cadinen lagen in beiden Schnitten in Spuren vor. Trans-Ocimen und (-)-Caryophyllenoxid wurden ausschließlich im 1. Schnitt 2006 gefunden.

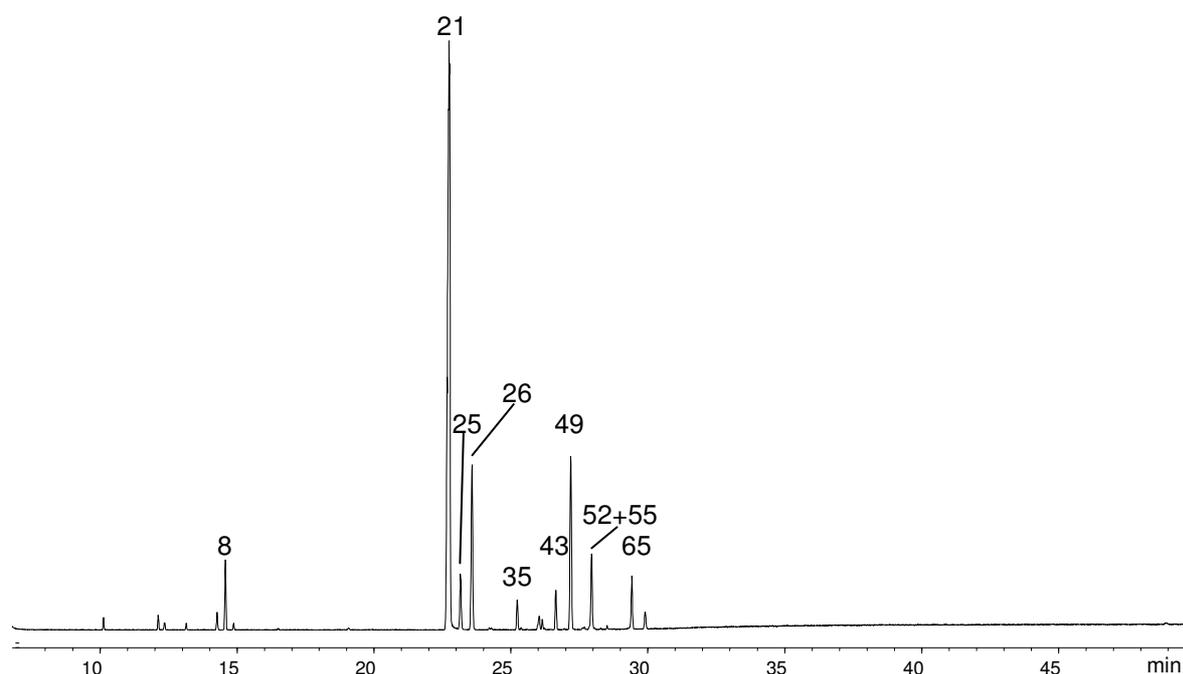


Abb. 38: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 3, 2. Schnitt 2006

In ihrer Größenordnung stimmten die Flächenanteile der Ölkompnenten in beiden Schnitten gut überein. Geringere Flächenanteile im 1. Schnitt wiesen (-)-Menthon

und (+)-Pulegon auf, die Anteile von (-)-Menthol, (-)-Menthylacetat, D-Germacren, (+)-Neomenthol, β -Caryophyllen, Piperiton, (+)-Isomenthon, Limonen und 1,8-Cineol dagegen fielen im 1. Schnitt geringfügig höher aus.

Mentha Nr. 4 (Apfelminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 4 wurden 47 Komponenten gefunden (Tab. 14 und Abb. 39).

Hauptkomponente war in beiden Schnitten beider Jahre Carvon, wobei dieses im Jahr 2006 gleichzeitig mit Piperiton eluierte. Der Peakflächenanteil von Carvon betrug 2005 54% im 1. und 60% im 2. Schnitt, 2006 zusammen mit Piperiton 50% im 1. und 64% im 2. Schnitt. Piperiton nahm 2005 in beiden Schnitten weniger als 1% der Peakfläche ein. Mit 20% im 1. Schnitt 2005, 18% im 2. Schnitt 2005, 13% im 1. Schnitt 2006 und 18% im 2. Schnitt 2006 war Limonen die Komponente mit dem zweithöchsten Flächenanteil. Es folgten D-Germacren und 1,8-Cineol mit 4,2% bzw. 4,1% im 1. Schnitt 2005 und 7,5% bzw. 5,4% im 1. Schnitt 2006. In den 2. Schnitten der Jahre 2005 und 2006 war der Anteil von 1,8-Cineol mit je ca. 4,2% und 4,0% geringfügig höher als der von D-Germacren mit 3,3% bzw. 3,0% im 1. und 2. Schnitt. Im 1. Schnitt wies β -Caryophyllen Peakflächenanteile von 2,7% im Jahr 2005 und von 4,0% 2006, Dihydrocarvon (Nr. 46) von 1,9% 2005 und 2,9% 2006 auf. In den 2. Schnitten 2005 und 2006 betrug der Anteil von β -Caryophyllen 1,8% und 1,9% und von Dihydrocarvon 1,5% bzw. 1,3%. Auch der Peakflächenanteil von β -Bourbonen war in den 1. Schnitten mit 1,3% sowie 1,9% 2005 bzw. 2006 höher als in den 2. Schnitten mit 0,8% und 0,9%, wobei im Jahr 2006 Linalool gleichzeitig mit β -Bourbonen eluierte. Der Peakflächenanteil von Viridiflorol betrug im 1. Schnitt 2006 1,7%, in den anderen Schnitten 0,4-0,6%, jener von β -Pinen in allen Schnitten 0,9-1,1%.

Flächenanteile von weniger als 1,0% wiesen in beiden Schnitten beider Jahre α -Pinen, β -Myrcen, Sabinen, cis-Ocimen, 3-Octanol, β -(Z)-Farnesen, (-)-Menthon, β -Elemen und α -Terpineol auf. Spuren wurden von trans-Ocimen, Terpinen-4-ol, Fenchol, (-)-Menthol, cis-Jasmon, Dihydrocarvon (Nr. 48), α -Humulen, Isopiperitenon, den Sesquiterpenen Nr. 60 und 61, den Substanzen Nr. 57, 51 und 38 sowie von zwei Isomeren von Carveol gefunden. Zwei Isomere von Dihydroedulan wurden in beiden Schnitten des Jahres 2005 sowie im 1. Schnitt 2006 detektiert, ebenso die Substanzen Nr. 92 und 102, Phytol und Piperitenon.

Tab. 14: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 4

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=2)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,90±0,02	0,85±0,00	0,68±0,05	0,75±0,01
3	β -Pinen	1,13±0,04	1,06±0,01	1,01±0,10	0,92±0,03
4	Sabinen	0,78±0,03	0,70±0,02	0,52±0,06	0,62±0,02
5	β -Myrcen	0,88±0,04	0,76±0,02	0,51±0,05	0,74±0,02
7	Limonen	20,15±0,04	18,08±0,32	12,58±0,18	18,15±0,14
8	1,8-Cineol	4,12±0,08	4,17±0,04	5,42±0,04	4,04±0,05
9	cis-Ocimen	0,48±0,04	0,51±0,02	0,70±0,09	0,45±0,02
11	Trans-Ocimen	0,12±0,00	0,12±0,00	0,06±0,05	0,03±0,05
17	3-Octanol	0,51±0,03	0,39±0,01	0,43±0,05	0,40±0,04
21	(-)-Menthon	0,04±0,06	0,23±0,23	0,91±0,21	0,23±0,02
26+27	(+)-Isomenthon, Dihydroedulan* **	Sp	Sp		
27	Dihydroedulan* **			0,33±0,06	
28	β -Bourbonen	1,28±0,03	0,76±0,02		
28+31	β -Bourbonen, Linalool			1,93±0,11	0,88±0,02
29	Dihydroedulan* **			0,28±0,04	
29+31	Dihydroedulan* **, Linalool	0,22±0,01	0,20±0,01		
37+38	Fenchol, n. i. (m/z 161, 120, 105, 91)	0,22±0,01	0,15±0,01	0,26±0,04	0,08±0,01
41	β -Elemen	0,23±0,00	0,13±0,03	0,35±0,03	0,09±0,02
43	β -Caryophyllen	2,69±0,07	1,75±0,06	4,00±0,12	1,92±0,04
44	Terpinen-4-ol	0,21±0,01	0,14±0,02	0,01±0,02	0,01±0,01
46	Dihydrocarvon**	1,88±0,15	1,51±0,09	2,87±0,56	1,26±0,07
48	Dihydrocarvon**	0,10±0,01	0,08±0,00	0,08±0,03	0,01±0,01
49	(-)-Menthol	0,05±0,01	0,12±0,09	0,24±0,03	0,11±0,01
51	ein Sesquiterpen (m/z 161, 105, 119, 204, 81, 91)	0,16±0,01	0,13±0,01	0,31±0,01	0,09±0,01
54	β -(Z)-Farnesen	0,53±0,00	0,33±0,03	0,55±0,01	0,33±0,02
56	Dihydrocarvylacetat**	0,03±0,04	0,02±0,04		
57	n. i. (m/z 59, 81, 93, 136, 43, 67, 121, 55, 107)	0,17±0,03	0,17±0,02	0,33±0,03	0,12±0,03
59+60+61	α -Humulen, zwei Sesquiterpene (m/z 161, 91, 105, 81, 204, 119, 133, 41, 55, 67) und (m/z 161, 105, 93, 119, 79, 204, 133)	0,45±0,01	0,29±0,05	0,72±0,01	0,22±0,01
63	α -Terpineol	0,65±0,03	0,56±0,01	0,73±0,02	0,58±0,02
65	D-Germacren	4,18±0,09	3,31±0,22	7,48±0,29	3,00±0,05
67	Dihydrocarveol**			0,93±0,06	0,19±0,03
68	Piperiton	0,74±0,02	0,90±0,00		
68+72	Piperiton, Carvon			50,38±1,08	63,85±0,36
72	Carvon	54,16±0,14	59,85±0,90		
75	δ -Cadinen	Sp		Sp	Sp
81	Carveol**	0,33±0,02	0,43±0,00	0,19±0,01	0,20±0,02
83+84	Isopiperitenon*, Carveol**	0,62±0,01	0,76±0,02	0,29±0,05	0,23±0,20
87	Piperitenon	0,18±0,01	0,18±0,04	0,17±0,01	
88	cis-Jasmon	0,23±0,01	0,19±0,00	0,22±0,03	0,09±0,08
89	Piperitenonoxid	Sp	0,06±0,09		
90	(-)-Caryophyllenoxid			0,48±0,06	
92	n. i. (m/z 81, 43, 123, 161, 95, 105, 109, 71, 207)	0,19±0,02	0,11±0,03	0,31±0,04	
93	Viridiflorol	0,58±0,02	0,42±0,07	1,70±0,07	0,37±0,04
102	n. i. (m/z 95, 121, 43, 161, 204, 81, 109, 71, 58, 137, 189)	0,15±0,00	0,17±0,03	0,39±0,02	
106	Phytol	0,12±0,02	0,12±0,02	0,55±0,00	
Summe		99,43	99,73	98,89	99,94

Piperitenonoxid, (+)-Isomenthon, Dihydrocarvylacetat wurden ausschließlich 2005, Dihydrocarveol ausschließlich 2006 gefunden, dabei im 1. Schnitt mit einem Peakflächenanteil von fast 1%. Spuren von δ -Cadinen wurden im 1. Schnitt 2005 sowie in beiden Schnitten 2006 detektiert. Ausschließlich im Öl aus dem 1. Schnitt 2006 wurde (-)-Caryophyllenoxid mit einem Flächenanteil von etwa 0,5% gefunden.

Die Flächenanteile der Schnitte beider Jahre stimmten in ihrer Größenordnung gut miteinander überein. Die deutlichste Abweichung zeigte sich im 1. Schnitt 2006, wo ein geringerer Anteil von Limonen und Carvon, aber höhere Anteile von 1,8-Cineol, (-)-Menthon, β -Bourbonen (mit Linalool), β -Caryophyllen, Dihydrocarvon (Nr. 46), D-Germacren, Viridiflorol und Dihydrocarveol gefunden wurden als in den Ölen der anderen Schnitte. In den jeweils 1. Schnitten beider Jahre wurde übereinstimmend ein höherer Flächenanteil von β -Bourbonen, β -Caryophyllen, Dihydrocarvon (Nr. 46), β -(Z)-Farnesen, D-Germacren und Viridiflorol gefunden, der Anteil von Carvon war in den 1. Schnitten beider Jahre niedriger. Der Flächenanteil von Limonen war 2005 im 1. Schnitt höher als im 2. Schnitt, 2006 dagegen im 1. Schnitt deutlich niedriger. Im Jahr 2005 war der Anteil von Carveol (Nr. 84) gemeinsam mit Isopiperitenon in beiden Schnitten größer als im Jahr 2006.

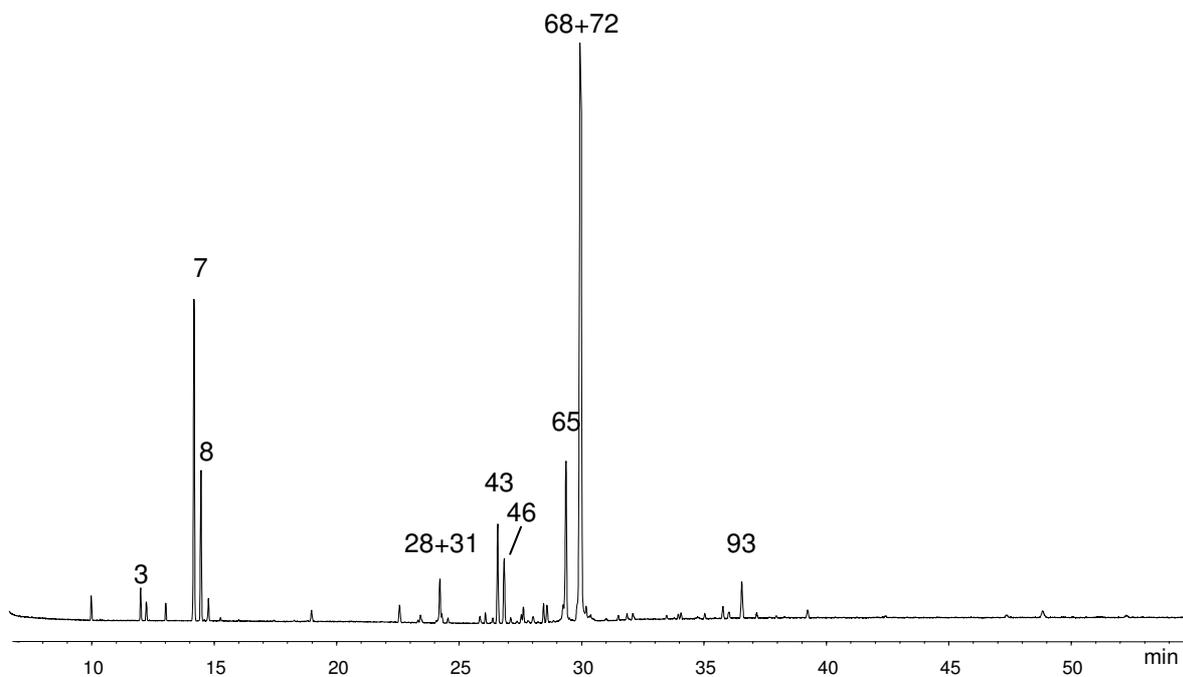


Abb. 39: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der Mentha Nr. 4, 1. Schnitt 2006

Mentha Nr. 5 (Apfelminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 5 wurden 24 Komponenten gefunden (Tab. 15, Abb. 40). Hauptkomponente war mit 86% bzw. 84% in den 1. Schnitten 2005 bzw. 2006 sowie je 90% in beiden 2. Schnitten Piperitenonoxid. Limonen war die Substanz mit dem zweithöchsten Flächenanteil; dieser betrug 4,2% bzw. 3,5% in den 1. Schnitten 2005 und 2006 sowie 2,9% bzw. 2,6% in den 2. Schnitten. D-Germacren wurde im Öl der *Mentha* Nr. 5 im 1. Schnitt 2005 mit einem Flächenanteil von 1,3%, im 2. Schnitt mit 1,1% gefunden; 2006 betrug der Flächenanteil 3,0% im 1. und 1,3% im 2. Schnitt. 2005 wurden von cis-Ocimen in beiden Schnitten Flächenanteile von 1,4% gemessen; 2006 lag der Anteil bei 1,9% im 1. Schnitt und 1,1% im 2. Schnitt. Im 1. Schnitt 2006 betrug der Peakflächenanteil von 1-Octen-3-ol 1,0%, in den anderen Schnitten 0,7-0,8%.

Tab. 15: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 5

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=1)	2005 2. Schnitt (n=1)	2006 1. Schnitt (n=1)	2006 2. Schnitt (n=1)
1	α -Pinen	0,83	0,78	0,80	0,68
2	Ethyl-2-methyl-butyrat	0,11	Sp	0,12	0,14
3	β -Pinen	0,94	0,87	0,89	0,74
4	Sabinen	0,44	0,38	0,42	0,36
5	β -Myrcen	0,99	0,83	0,96	0,79
7	<u>Limonen</u>	4,23	2,88	3,52	2,63
8	1,8-Cineol	Sp			Sp
9	<u>cis-Ocimen</u>	1,42	1,38	1,86	1,14
11	trans-Ocimen	0,13	Sp	Sp	Sp
16	1-Octen-3-ylacetat	0,12	Sp	0,20	Sp
19	<u>1-Octen-3-ol</u>	0,80	0,72	1,04	0,78
24	n. i. (m/z 82, 67, 85, 57, 41)	0,16	0,11	0,13	0,11
29+31	Dihydroedulan* **, Linalool	0,23	0,20	0,73	0,07
49	(-)-Menthol				Sp
54	β -(Z)-Farnesen	0,33	0,25	0,76	0,36
65	<u>D-Germacren</u>	1,27	1,08	2,99	1,26
72	Carvon	0,38			
83	Isopiperitenon*	0,36	0,03	0,47	0,34
87	Piperitenon	Sp	Sp	Sp	Sp
88	cis-Jasmon	0,78	0,63	0,78	0,42
89	<u>Piperitenonoxid</u>	86,25	89,85	83,77	90,18
96	Eugenol	0,22	Sp	0,25	
106	Phytol			0,31	
Summe		100,00	100,00	100,00	100,00

Weiterhin wurden in beiden Schnitten beider Jahre β -Myrcen, β -Pinen, cis-Jasmon, α -Pinen, Sabinen, β -(Z)-Farnesen und Isopiperitenon sowie die zeitgleich eluierenden Dihydroedulan und Linalool mit Flächenanteilen von weniger als 1% detektiert. Im Spurenbereich lagen Ethyl-2-methyl-butyrat, trans-Ocimen, 1-Octen-3-ylacetat, Piperitenon und die Substanz Nr. 24 vor. Spuren von 1,8-Cineol wurden im 1. Schnitt 2005 und im 2. Schnitt 2006 gefunden, Spuren von (-)-Menthol ausschließlich im 2. Schnitt 2006. Im 1. Schnitt 2005 wurde Carvon mit einem Flächenanteil von 0,4% detektiert, im 1. Schnitt 2006 Phytol mit 0,3%. Eugenol wurde mit Ausnahme des 2. Schnittes 2006 in allen Schnitten gefunden.

Die Flächenanteile der einzelnen Ölkompontenten wiesen in beiden Schnitten beider Jahre in etwa die gleiche Größenordnung auf. Geringfügig höher waren in den jeweils 1. Schnitten die Anteile von Limonen, in den 2. Schnitten die Anteile von Piperitenonoxid. Die Flächenanteile von cis-Ocimen und D-Germacren waren 2005 in beiden Schnitten in etwa gleich hoch, 2006 dagegen waren sie im 1. Schnitt höher als im 2. Schnitt. Im 1. Schnitt 2006 wiesen 1-Octen-3-ol, Dihydroedulan gemeinsam mit Linalool und β -(Z)-Farnesen ihre jeweils höchsten Flächenanteile auf.

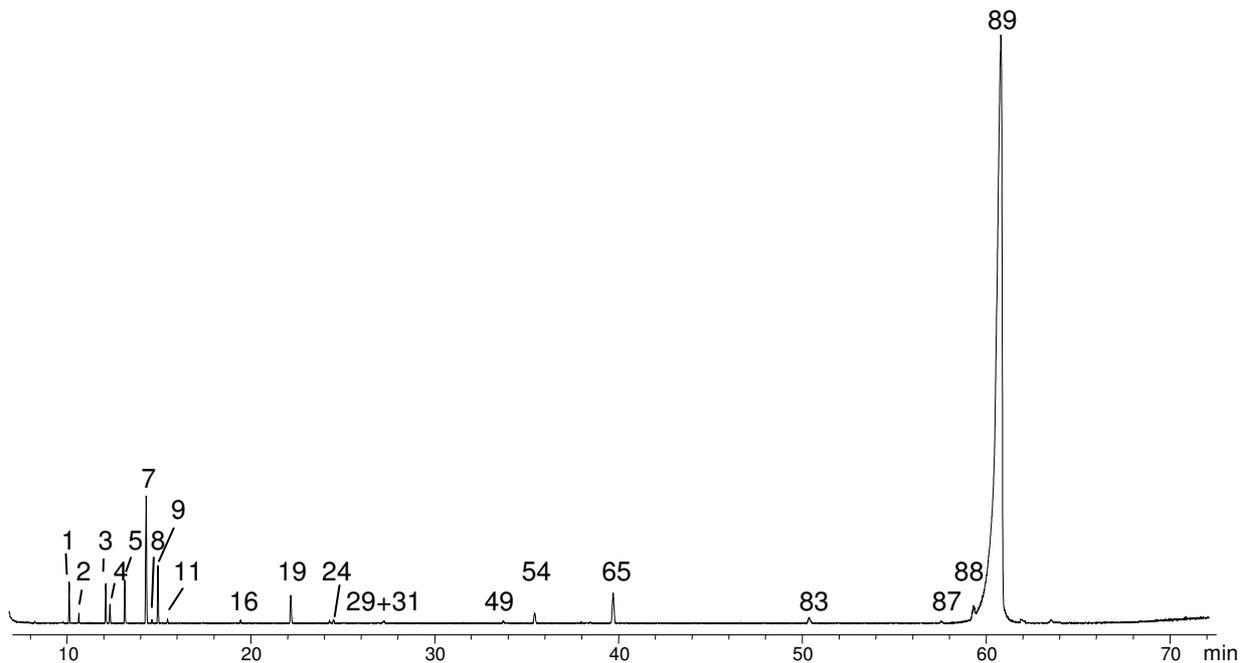


Abb. 40: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 5, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 6 (Ingwerminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 6 wurden insgesamt 35 Einzelsubstanzen gefunden (Tab. 16, Abb. 41). Die Öle wurden aus der Blattdroge des 2. Schnittes 2005 sowie des 1. und 2. Schnittes 2006 gewonnen.

Tab. 16: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 6

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]		
		2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	<u>α-Pinen</u>	1,25±0,05	1,21±0,05	1,19±0,04
3	<u>β-Pinen</u>	7,54±0,16	8,27±0,13	7,50±0,14
4	<u>Sabinen</u>	1,07±0,05	1,07±0,03	0,95±0,03
5	<u>β-Myrcen</u>	1,78±0,03	2,23±0,03	1,35±0,03
7	Limonen	0,41±0,03	0,42±0,02	0,45±0,01
8	<u>1,8-Cineol</u>	3,59±0,04	3,72±0,05	3,36±0,04
9	<u>cis-Ocimen</u>	10,56±0,19	10,58±0,07	9,62±0,08
11	<u>trans-Ocimen</u>	1,96±0,00	1,64±0,02	1,65±0,03
15	Alloocimen	0,50±0,07	0,25±0,03	0,05±0,08
17	3-Octanol	0,36±0,03	0,41±0,02	0,31±0,03
18	Linalooloxid**	Sp		Sp
21	(-)-Menthon	0,13±0,22		
21+24	(-)-Menthon, n. i. (m/z 82, 67, 85, 57)		0,37±0,03	0,68±0,02
22	Linalooloxid**	Sp		Sp
24	n. i. (m/z 82, 67, 85, 57, 41)	0,46±0,04		
31	<u>Linalool</u>	53,71±1,69	49,02±0,21	57,68±0,41
33	n-Octanol	0,18±0,01	Sp	0,10±0,04
41	β-Element	0,12±0,00	0,13±0,02	
43	<u>β-Caryophyllen</u>	6,02±0,19	9,19±0,18	5,46±0,20
44	Terpinen-4-ol	0,08±0,01		
49	(-)-Menthol	0,01±0,01		0,16±0,02
54	β-(Z)-Farnesen	0,09±0,00	0,09±0,00	Sp
59	α-Humulen	0,18±0,05	0,31±0,03	0,16±0,02
63	<u>α-Terpineol</u>	1,52±0,11	1,32±0,05	1,47±0,04
65	<u>D-Germacren</u>	3,79±0,21	5,61±0,11	3,11±0,06
75	δ-Cadinen	0,10±0,00	0,14±0,01	Sp
76	β-Citronellol	0,16±0,02	0,13±0,01	0,18±0,02
82	Geraniol	Sp		Sp
88	cis-Jasmon	0,35±0,02	0,35±0,02	0,27±0,04
89	<u>Piperitenonoxid</u>	1,00±0,10		1,81±0,09
90	(-)-Caryophyllenoxid	0,16±0,00	0,19±0,05	0,16±0,03
91	Nerolidol**	0,24±0,02	0,34±0,03	0,21±0,01
97	n. i. (m/z 91, 43, 136, 129, 65, 57, 85, 119)	0,27±0,05	0,59±0,03	0,26±0,01
101	<u>cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat*</u>	1,19±0,04	1,52±0,06	1,20±0,03
105	n. i. (m/z 91, 136, 57, 43, 71, 157, 112, 119)	0,30±0,04	0,36±0,02	0,29±0,06
106	Phytol	0,43±0,01	0,02±0,04	
Summe		100,00	99,48	99,63

Linalool war in den Ölen der *Mentha* Nr. 6 die Komponente mit dem höchsten Flächenanteil: dieser betrug 54% im 2. Schnitt 2005, 49% im 1. Schnitt und 58% im

2. Schnitt 2006. Mit dem zweithöchsten Flächenanteil folgte cis-Ocimen mit je 10,6% im 2. Schnitt 2005 und im 1. Schnitt 2006 sowie mit 9,6% im 2. Schnitt 2006. β-Pinen hatte in den jeweils 2. Schnitten 2005 und 2006 einen Flächenanteil von 7,5%, im 1. Schnitt 2006 lag der Anteil bei 8,3%. Der Flächenanteil von β-Caryophyllen betrug im 2. Schnitt 2005 6,0%, im 1. und 2. Schnitt 2006 9,2% bzw. 5,5%. Der Anteil von 1,8-Cineol bewegte sich in allen Schnitten zwischen 3,4% und 3,7%. Im Öl aus dem 2. Schnitt 2005 wurde 3,8% D-Germacren gefunden, im 1. Schnitt 2006 betrug der Anteil 5,6%, im 2. Schnitt 2006 3,1%. Der Flächenanteil von β-Myrcen lag bei 1,8% im 2. Schnitt 2005 sowie bei 2,2% bzw. 1,4% im 1. und 2. Schnitt 2006. 2005 betrug der Flächenanteil von trans-Ocimen 2,0%, in den beiden Schnitten 2006 1,6-1,7%. Einen einheitlichen Peakflächenanteil in allen drei Schnitten wiesen Sabinen mit 1,0-1,1% und α-Pinen mit 1,2-1,3% auf. α-Terpineol und cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat waren in den 2. Schnitten 2005 und 2006 mit Peakflächenanteilen von 1,5% bzw. 1,2% vorhanden, im 1. Schnitt 2006 betrug ihr Anteil an der Gesamtfläche 1,3% bzw. 1,5%. Piperitenonoxid, welches im Öl aus der Blattdroge des 1. Schnittes 2006 nicht gefunden wurde, nahm im 2. Schnitt 2005 einen Anteil von 1,0%, im 2. Schnitt 2006 von 1,8% der Gesamtfläche ein.

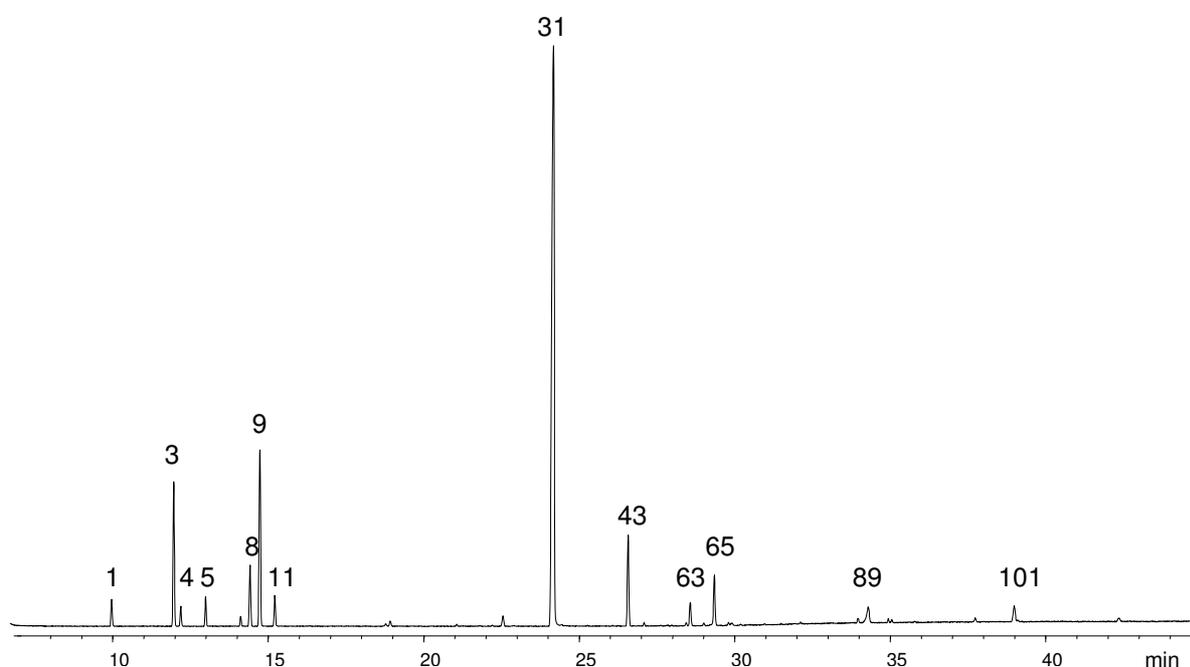


Abb. 41: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 6, 2. Schnitt 2006

Mit geringeren Flächenanteilen als 1,0% wurden in den drei Schnitten Limonen, 3-Octanol, cis-Jasmon, Nerolidol, Alloocimen, (-)-Menthon, α -Humulen und die Substanzen Nr. 24, 97 und 105 gefunden. In Spuren kamen n-Octanol, β -(Z)-Farnesen, β -Citronellol, δ -Cadinen und (-)-Caryophyllenoxid in allen Schnitten vor. Zwei Isomere von Linalooloxid, (-)-Menthol und Geraniol wurden ausschließlich in den 2. Schnitten beider Jahre gefunden. β -Elemen und Phytol wurden im 2. Schnitt 2005 und im 1. Schnitt 2006 detektiert, Terpinen-4-ol ausschließlich im 2. Schnitt 2005.

Die Flächenanteile der einzelnen ÖlkompONENTEN waren in ihrer Größenordnung im Vergleich der drei Schnitte sehr gut miteinander vergleichbar. Einen höheren Anteil als in beiden 2. Schnitten wiesen β -Pinen, β -Myrcen, β -Caryophyllen, D-Germacren sowie in geringerem Ausmaß auch die Substanz Nr. 97 und cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat im 1. Schnitt 2006 auf. Der Anteil von Linalool war im 1. Schnitt 2006 niedriger als in beiden 2. Schnitten, ebenso – jedoch in geringerem Ausmaß – n-Octanol und α -Terpineol. In beiden 2. Schnitten wurden Piperitenonoxid, geringe Flächenanteile von (-)-Menthol und Linalooloxid (zwei Isomere) sowie Geraniol gefunden, die im Öl des 1. Schnittes 2006 nicht detektiert wurden. Geringfügig niedriger als in beiden anderen Schnitten fielen im 2. Schnitt 2006 die Anteile von 1,8-Cineol und cis-Ocimen aus, im 2. Schnitt 2005 waren die Flächenanteile von trans-Ocimen und Alloocimen höher als im 1. und 2. Schnitt 2006.

Mentha Nr. 7 (Ingwerminze)

Die Öle der *Mentha* Nr. 7 setzten sich aus 35 Einzelkomponenten zusammen (Tab. 17 und Abb. 42).

Hauptkomponente war Linalool mit einem Flächenanteil von je 58% und 56% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie von 50% und 58% im 1. und 2. Schnitt 2006. Mit Flächenanteilen von etwa 10% im Jahr 2005 sowie 8,8% im Jahr 2006 folgte cis-Ocimen. β -Pinen wies in den 1. Schnitten 2005 und 2006 Flächenanteile von 7,8% bzw. 8,4% auf, in beiden 2. Schnitten betrug der Anteil 7,4%. Der Peakflächenanteil von β -Caryophyllen lag im 1. und 2. Schnitt 2005 bei 5,0% bzw. 6,1%, im 1. und 2. Schnitt 2006 betrug er 9,2% bzw. 5,7%. 1,8-Cineol wies Flächenanteile von 3,4% im 1. und 3,6% im 2. Schnitt 2005 auf sowie von 4,0% und 3,5% im 1. und 2. Schnitt 2006. D-Germacren kam mit einem Flächenanteil von 2,7% im 1. Schnitt 2005, 3,8% im 2. Schnitt 2005 vor. 2006 lag der Anteil bei 5,6% im 1.

Tab. 17: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 7

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	<u>α-Pinen</u>	1,15±0,02	1,16±0,05	1,19±0,05	1,18±0,03
3	<u>β-Pinen</u>	7,80±0,25	7,37±0,15	8,37±0,20	7,39±0,06
4	<u>Sabinen</u>	1,06±0,04	0,99±0,02	1,01±0,04	0,93±0,02
5	<u>β-Myrcen</u>	1,32±0,05	1,43±0,09	1,57±0,05	1,02±0,03
7	Limonen	0,55±0,01	0,33±0,02	0,39±0,02	0,43±0,01
8	<u>1,8-Cineol</u>	3,35±0,01	3,61±0,06	3,96±0,04	3,54±0,05
9	<u>cis-Ocimen</u>	10,03±0,20	10,37±0,42	8,83±0,17	8,82±0,20
11	<u>trans-Ocimen</u>	1,98±0,01	1,84±0,07	1,27±0,04	1,43±0,05
15	Alloocimen	0,38±0,01	0,40±0,03	0,20±0,03	0,04±0,07
17	3-Octanol	0,23±0,00	0,32±0,01	0,34±0,01	0,29±0,01
18	Linalooloxid**	Sp	Sp	0,08±0,08	0,08±0,07
21	<u>(-)-Menthon</u>		0,10±0,20		
21+24	<u>(-)-Menthon, n. i. (m/z 82, 67, 85, 57)</u>			0,37±0,01	1,00±0,03
22	Linalooloxid**	Sp	Sp	Sp	0,15±0,02
24	<u>n. i. (m/z 82, 67, 85, 57, 41)</u>	0,63±0,00	0,41±0,01		
31	<u>Linalool</u>	57,75±0,45	55,94±0,42	49,55±0,45	57,75±0,61
33	n-Octanol	0,21±0,01	Sp		0,09±0,01
41	β -Elemen	Sp	Sp	0,09±0,10	
43	<u>β-Caryophyllen</u>	5,00±0,14	6,09±0,07	9,19±0,13	5,70±0,10
44	Terpinen-4-ol	Sp	Sp	0,02±0,04	Sp
49	(-)-Menthol	Sp	0,03±0,05		0,27±0,04
54	β -(Z)-Farnesen	Sp	0,01±0,03	0,09±0,01	Sp
59	α -Humulen	0,13±0,01	0,14±0,01	0,30±0,03	0,16±0,01
63	<u>α-Terpineol</u>	1,54±0,03	1,47±0,09	1,33±0,10	1,46±0,01
65	<u>D-Germacren</u>	2,74±0,02	3,84±0,02	5,63±0,06	3,13±0,11
72	Carvon	0,37±0,13	0,26±0,02		
75	δ -Cadinen	0,01±0,02	0,00±0,01	0,14±0,00	Sp
76	β -Citronellol	0,13±0,19	0,07±0,01	0,14±0,02	0,14±0,01
88	cis-Jasmon	0,22±0,01	0,33±0,01	0,37±0,07	0,30±0,03
89	<u>Piperitenonoxid</u>	1,44±0,07	0,74±0,04	Sp	1,62±0,05
90	(-)-Caryophyllenoxid	0,15±0,01	0,11±0,02	0,97±0,06	0,54±0,02
91	Nerolidol**	0,21±0,00	0,18±0,02	0,38±0,04	0,23±0,03
97	n. i. (m/z 91, 43, 136, 129, 65, 57, 85, 119)	0,19±0,03	0,27±0,10	0,69±0,01	0,27±0,03
101	<u>cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat*</u>	0,78±0,05	1,21±0,03	1,70±0,09	1,29±0,02
105	n. i. (m/z 91, 136, 57, 43, 71, 157, 112, 119)	Sp	0,25±0,03	0,40±0,02	0,32±0,03
106	Phytol	0,27±0,04	0,36±0,04	0,63±0,15	0,27±0,08
Summe		99,64	100,00	99,20	99,83

und 3,1% im 2. Schnitt. Mit Flächenanteilen von 1,3-1,5% in allen Schnitten lag α -Terpineol in den Ölen der *Mentha* Nr. 7 vor. Der Flächenanteil von trans-Ocimen betrug 2% bzw. 1,8% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 1,3% und 1,4% im 1. und 2. Schnitt 2006. Der Anteil von β -Myrcen lag bei 1,3% und 1,4% im 1. und 2. Schnitt 2005; im 1. und 2. Schnitt 2006 betrug der Peakflächenanteil 1,6% bzw. 1%. Piperitenonoxid, welches im 1. Schnitt des Jahres 2005 1,4% der Fläche einnahm,

im 2. Schnitt 2005 0,7% und im 2. Schnitt 2006 1,6%, kam im 1. Schnitt 2006 nur in Spuren vor. Der Peak von cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat nahm im 1. Schnitt 2005 0,8% der Gesamtfläche ein, im 1. Schnitt 2006 waren es 1,7% der Gesamtfläche. In den 2. Schnitten betrug der Anteil 1,2% bzw. 1,3% in den Jahren 2005 und 2006. Der Flächenanteil von α -Pinen lag in beiden Schnitten beider Jahre bei 1,2%, jener von Sabinen bei 0,9-1,1%. Im 2. Schnitt 2006 erreichte die gemeinsame Fläche von (-)-Menthon und der Substanz Nr. 24 den Anteil von 1% der Gesamtfläche; im 1. Schnitt 2006 lag der gemeinsame Anteil bei 0,4%. Im Jahr 2005 konnten die Peaks beider Substanzen aufgetrennt werden, wobei (-)-Menthon nicht oder nur im Spurenbereich vorkam. Der Anteil der Substanz Nr. 24 lag bei 0,6% bzw. 0,4% im 1. und 2. Schnitt.

Flächenanteile von weniger als 1,0% wiesen in beiden Schnitten beider Jahre Limonen, 3-Octanol, Phytol, cis-Jasmon, Alloocimen, (-)-Caryophyllenoxid, Nerolidol, α -Humulen sowie die Substanzen Nr. 97 und 105 auf. δ -Cadinen, β -Citronellol, Terpinen-4-ol, β -(Z)-Farnesen und zwei Isomere von Linalooloxid wurden in den Ölen beider Schnitte beider Jahre in Spuren gefunden. n-Octanol und (-)-Menthol wurden in den Ölen beider Schnitte 2005 sowie im 2. Schnitt 2006 detektiert. β -Elemen in den Ölen beider Schnitte 2005 sowie im 1. Schnitt 2006. Carvon wurde ausschließlich in den Ölen beider Schnitte 2005 gefunden.

In ihrer Größenordnung unterschieden sich die Peakflächenanteile der Öle verschiedener Jahre und Schnitte nicht. In den Ölen aus der Blattdroge des 1. Schnittes 2006 wurden – verglichen mit den Ölen der anderen Schnitte – höhere Flächenanteile von β -Pinen, β -Myrcen, 1,8-Cineol, β -Caryophyllen, D-Germacren, (-)-Caryophyllenoxid, cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat, Phytol, der Substanz Nr. 97, α -Humulen und Nerolidol sowie geringere Anteile von Linalool und Piperitenonoxid gefunden. Die Anteile von cis-Ocimen, trans-Ocimen und Alloocimen fielen in beiden Schnitten 2005 höher aus als in beiden Schnitten 2006, die Anteile von (-)-Caryophyllenoxid niedriger. Höhere Flächenanteile in beiden 1. Schnitten wies β -Pinen auf. Im Jahr 2005 waren die Flächenanteile von 1,8-Cineol, β -Caryophyllen, D-Germacren und cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat im 1. Schnitt niedriger als im 2. Schnitt, im Jahr 2006 verhielt sich dies umgekehrt. Dies gilt auch für β -Myrcen, jedoch waren die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt. Höhere Flächenanteile im 1. Schnitt wiesen 2005 Linalool und Piperitenonoxid auf, 2006 waren ihre Flächenanteile im 2. Schnitt höher.

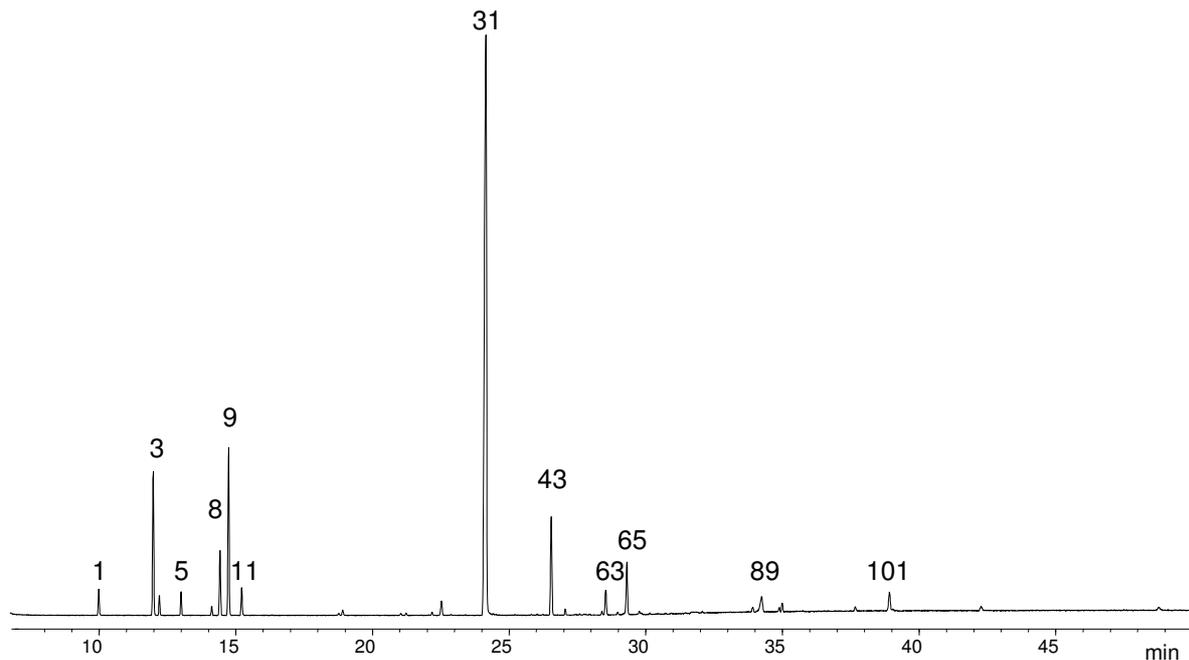


Abb. 42: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 7, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 8 (Orangenminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 8 wurden insgesamt 42 Substanzen gefunden (Tab. 18 und Abb. 43).

Hauptkomponente war Linalool, das an der Gesamtpeakfläche einen Anteil von 35% im 1. Schnitt 2005, 41% im 2. Schnitt 2005, 42% bzw. 48% im 1. und 2. Schnitt 2006 hatte. Mit 23% bzw. 22% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 26% und 22% im 1. und 2. Schnitt 2006 war Linalylacetat die Substanz mit dem zweithöchsten Flächenanteil, gefolgt von 1,8-Cineol mit je 5,9% in den beiden 1. Schnitten sowie 5,5% bzw. 5,7% im 2. Schnitt 2005 und 2006. Der Peakflächenanteil von α -Terpineol lag im 1. Schnitt 2005 bei 5,2%, im 2. Schnitt 2005 bei 4,4%. Im Jahr 2006 betrug der Flächenanteil 3,4% und 3,9%. Viridiflorol hatte 2005 einen Anteil von 4,0% bzw. 2,4% an der Gesamtpeakfläche, 2006 lag der Anteil gemeinsam mit der Ölkomponente Nr. 94 bei 3,9% im 1. und 3,3% im 2. Schnitt. 2005 nahm die Komponente Nr. 94 im 1. und 2. Schnitt 0,5% bzw. 0,4% der Gesamtfläche ein. Der Flächenanteil von D-Germacren betrug 2005 3,3% im 1. und 2,8% im 2. Schnitt. 2006 lag er bei 3,0% und 2,9% im 1. und 2. Schnitt. Auch die Fläche von Geranylacetat nahm 3,3% im 1. und 2,8% im 2. Schnitt 2005 an der Gesamtfläche ein; 2006 waren es 2,3% bzw. 2,4% im 1. und 2. Schnitt. Der Peakflächenanteil von Geraniol lag bei 3,0% bzw. 2,3% im 1. und 2.

Tab. 18: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 8

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,14±0,01	0,19±0,02	0,17±0,02	0,16±0,00
3	β -Pinen	0,48±0,03	0,52±0,02	0,54±0,07	0,46±0,00
4	Sabinen	0,23±0,03	0,31±0,01	0,30±0,02	0,27±0,02
5	β -Myrcen	0,96±0,04	0,96±0,03	0,78±0,07	0,71±0,01
7	Limonen	0,26±0,01	0,29±0,03	0,21±0,00	0,17±0,02
8	<u>1,8-Cineol</u>	5,88±0,29	5,51±0,25	5,91±0,06	5,73±0,09
9	cis-Ocimen	0,49±0,00	0,52±0,01	0,37±0,05	0,35±0,01
10	γ -Terpinen	Sp		Sp	Sp
11	trans-Ocimen	0,89±0,01	0,78±0,01	0,49±0,07	0,50±0,03
12	p-Cymol	Sp			Sp
13	Terpinolen	0,22±0,02	0,21±0,03	0,08±0,07	0,04±0,07
14	<u>3-Octylacetat*</u>	1,43±0,03	1,23±0,04	1,09±0,05	1,07±0,02
16	<u>1-Octen-3-ylacetat</u>	1,82±0,10	1,69±0,07	2,10±0,07	1,48±0,04
17	3-Octanol	0,20±0,01	0,48±0,01	0,30±0,03	0,38±0,01
19	1-Octen-3-ol	0,05±0,07	0,07±0,06	Sp	Sp
21	<u>(-)-Menthon</u>	Sp	1,42±0,86		Sp
26	(+)-Isomenthon		0,32±0,13		
30	ein Sesquiterpen (m/z 204, 161, 105, 189, 119, 91, 133, 147, 81)	0,30±0,03	0,34±0,07	0,15±0,01	0,12±0,01
31	<u>Linalool</u>	35,13±0,16	41,00±0,03	41,60±0,40	47,92±0,90
34	<u>Linalylacetat</u>	23,41±0,33	22,09±0,39	25,88±0,85	21,56±0,16
35	(-)-Menthylacetat		0,12±0,14		
41	β -Elemen	0,13±0,01	0,10±0,02		
41+45	β -Elemen, Lavandulylacetat			0,32±0,03	0,29±0,03
43	β -Caryophyllen	0,13±0,00	0,15±0,02	0,10±0,04	0,03±0,04
45	Lavandulylacetat	0,37±0,05	0,15±0,01		
49	(-)-Menthol	0,08±0,02	0,45±0,32		Sp
53	Citronellylacetat	0,05±0,00	0,04±0,01	0,03±0,03	0,01±0,02
54	β -(Z)-Farnesen	0,53±0,01	0,64±0,00	0,71±0,04	0,64±0,04
63	<u>α-Terpineol</u>	5,23±0,04	4,35±0,14	3,35±0,26	3,85±0,06
65	<u>D-Germacren</u>	3,26±0,06	2,76±0,05	2,99±0,21	2,85±0,16
66	<u>Nerylacetat</u>	1,60±0,03	1,21±0,05	1,01±0,04	1,02±0,02
69	Geranial	0,07±0,01	0,14±0,01	Sp	Sp
73	<u>Geranylacetat</u>	3,30±0,14	2,77±0,04	2,26±0,11	2,36±0,04
75	δ -Cadinen	0,12±0,01	0,10±0,01	0,12±0,01	0,04±0,06
78	Dihydroagarofuran*	0,66±0,04	0,55±0,03	0,55±0,04	0,44±0,04
79	<u>Nerol</u>	1,06±0,03	0,83±0,03	0,62±0,08	0,64±0,03
82	<u>Geraniol</u>	3,02±0,11	2,34±0,08	1,65±0,12	1,93±0,02
88	cis-Jasmon	0,26±0,00	0,29±0,02	0,24±0,04	0,23±0,01
93	<u>Viridiflorol</u>	3,99±0,27	2,41±0,13		
93+94	<u>Viridiflorol, n. i. (m/z 149, 59, 164, 108)</u>			3,90±0,05	3,34±0,13
94	<u>n. i. (m/z 149, 59, 164, 108, 81, 93, 121, 135, 43, 67)</u>	0,50±0,03	0,35±0,04		
99	<u>n. i. (m/z 161, 59, 135, 189, 204, 119, 91, 107, 147, 79, 43, 55, 67, 175, 222)</u>	1,81±0,10	1,27±0,03	1,32±0,02	1,18±0,03
100	n. i. (m/z 161, 59, 119, 147, 107, 43, 91, 204, 189, 133, 79, 175, 55, 67)	0,37±0,08	0,22±0,04	0,08±0,14	Sp
106	Phytol	0,64±0,08	0,34±0,08	0,47±0,09	
	Summe	99,05	99,50	99,68	99,78

Schnitt 2005 sowie 1,7% bzw. 1,9% im 1. und 2. Schnitt 2006. 1-Octen-3-ylacetat hatte 2005 einen Flächenanteil von 1,8% bzw. 1,7%, 2006 von 2,1% und 1,5% im 1. und 2. Schnitt. Der Peakflächenanteil von 3-Octylacetat lag bei 1,4% und 1,2% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie bei je 1,1% in beiden Schnitten 2006. 2005 betrug der Anteil von Nerylacetat an der Gesamtfläche 1,6% bzw. 1,2% im 1. und 2. Schnitt, 2006 lag dieser bei je 1,0% in beiden Schnitten. (-)-Menthon nahm im 2. Schnitt 2005 1,4% der Gesamtpeakfläche ein, im 1. Schnitt 2005 sowie im 2. Schnitt 2006 lag es in Spuren vor. Nerol hatte einen Anteil von 1,1% und 0,8% an der Gesamtpeakfläche im 1. und 2. Schnitt 2005, in beiden Schnitten 2006 waren es je 0,6%. Der Flächenanteil der Ölkomponente Nr. 99 lag bei 1,8% bzw. 1,3% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie bei 1,3% und 1,2% im 1. und 2. Schnitt 2006.

In beiden Schnitten beider Jahre waren mit einem Peakflächenanteil von weniger als 1,0% β -Myrcen, trans-Ocimen, β -(Z)-Farnesen, Dihydroagarofuran, cis-Jasmon, cis-Ocimen, β -Pinen, Sabinen, Limonen, 3-Octanol, β -Elemen, Lavandulylacetat und das Sesquiterpen Nr. 30 sowie die Substanz Nr. 100 vorhanden. Im Spurenbereich lagen α -Pinen, Terpinolen, 1-Octen-3-ol, Geranial, β -Caryophyllen, δ -Cadinen und Citronellylacetat vor. (+)-Isomenthon und (-)-Menthylacetat wurden ausschließlich im 2. Schnitt 2005 detektiert. Phytol wurde 2005 in beiden Schnitten sowie im 1. Schnitt 2006 gefunden, (-)-Menthol in beiden Schnitten 2005 sowie im 2. Schnitt 2006, ebenso das bereits erwähnte (-)-Menthon. γ -Terpinen kam in Spuren im 1. Schnitt 2005 sowie in beiden Schnitten 2006 vor, p-Cymol im 1. Schnitt 2005 und im 2. Schnitt 2006.

Im Vergleich der Schnitte und Jahre bewegten sich die Flächenanteile der einzelnen Ölkomponenten meist in vergleichbaren Größenordnungen. Das Öl aus dem 2. Schnitt 2005 unterschied sich von den anderen Ölen durch das vermehrte Vorhandensein von (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, (-)-Menthol und (-)-Menthylacetat. Höhere Flächenanteile wiesen in beiden Schnitten 2005 β -Myrcen, cis-Ocimen und trans-Ocimen, Terpinolen, α -Terpineol, Nerylacetat, Geranylacetat, Nerol, Geraniol und die Komponenten Nr. 30 und 100 auf, 2006 waren die Flächenanteile von Linalool höher. 1,8-Cineol, 1-Octen-3-ylacetat, Linalylacetat, Phytol und Viridiflorol (2006 gemeinsam mit Substanz Nr. 94) wiesen in beiden 1. Schnitten höhere Flächenanteile auf. Die Flächenanteile von Linalool und 3-Octanol waren in beiden 1. Schnitten niedriger. Höhere Flächenanteile im 1. als im 2. Schnitt 2005 bei etwa gleichen Flächenanteilen in beiden Schnitten 2006 wiesen 3-Octylacetat,

Nerylacetat, D-Germacren, Geranylacetat, Nerol und die Substanz Nr. 99 auf. Der Flächenanteil von α -Terpineol war 2005 im 1. Schnitt höher, 2006 im 2. Schnitt.

Die hohen Standardabweichungen im 2. Schnitt 2005 betrafen ausschließlich die Ölkomponten (-)-Menthol, (-)-Menthon und (+)-Isomenthon. Die Peakfläche von (-)-Menthon schwankte zwischen 0,65% und 2,36%, jene von (+)-Isomenthon zwischen 0,18% und 0,44%, jene von (-)-Menthol zwischen 0,15% und 0,79%.

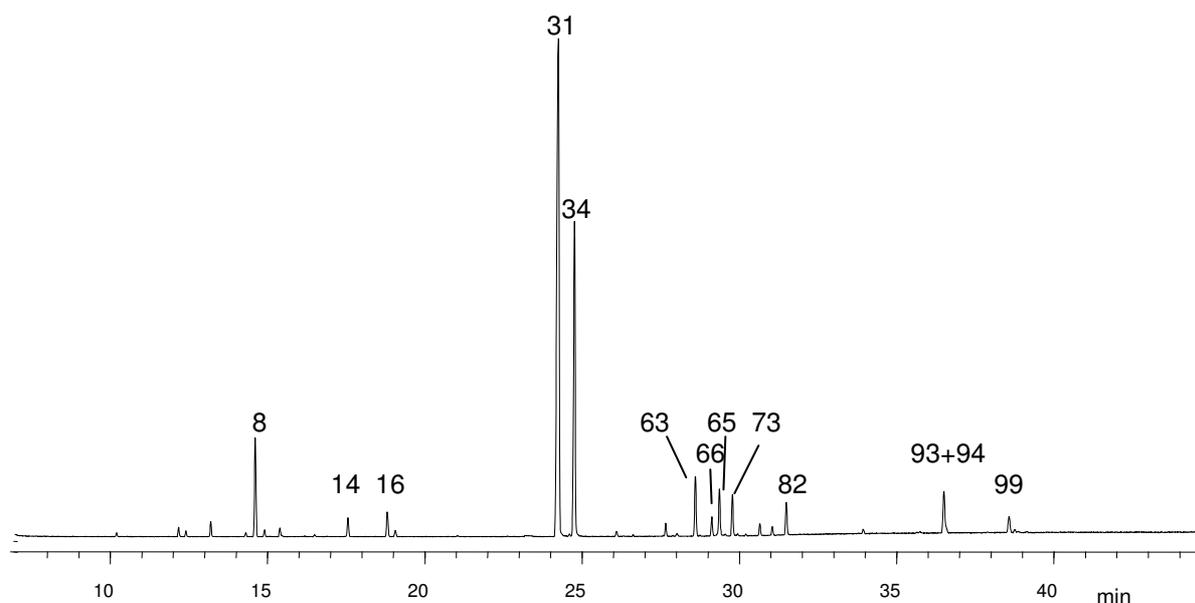


Abb. 43: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 8, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 9 (Limonenminze)

In den Ölen der *Mentha* Nr. 9 wurden insgesamt 45 Komponenten gefunden (Tab. 19 und Abb. 44).

Den höchsten Anteil an der Gesamtfläche hatten die Substanzen Piperiton und Piperitonoxid, die an der Säule mit Polyethylenglycol-Beschichtung auch mit anderen Temperaturprogrammen als dem für die *Mentha*-Arten entwickelten nicht aufgetrennt werden konnten. Piperiton hatte an der Fläche des Hauptpeaks sehr geringen Anteil, Piperitonoxid war folglich die Hauptkomponente der Öle von *Mentha* Nr. 9. Beide Ölkomponten hatten gemeinsam einen Flächenanteil von 30% in den beiden 1. Schnitten 2005 und 2006, 2005 lag der Anteil im 2. Schnitt bei 37%, 2006 bei 33%. Der Flächenanteil von (-)-Menthon lag 2005 im 1. Schnitt bei etwa 20%, im 2. Schnitt bei ca. 18%. 2006 betrug der Anteil etwa 11% im 1. und 16% im 2. Schnitt. D-Germacren hatte mit etwa 16% und 13% im 1. und 2. Schnitt 2005 den dritt- sowie

Tab. 19: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 9

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,38±0,02	0,55±0,05	0,44±0,02	0,50±0,01
3	β -Pinen	0,61±0,03	0,71±0,02	0,63±0,03	0,61±0,01
4	Sabinen	0,22±0,01	0,31±0,01	0,28±0,01	0,29±0,01
5	β -Myrcen	0,23±0,00	0,44±0,03	0,47±0,01	0,47±0,01
7	<u>Limonen</u>	4,05±0,05	7,05±0,14	6,24±0,06	5,87±0,02
8	<u>1,8-Cineol</u>	1,81±0,30	1,73±0,03	2,47±0,05	2,03±0,06
9	<u>cis-Ocimen</u>	2,75±0,27	3,96±0,13	6,16±0,11	4,44±0,08
10	γ -Terpinen	Sp	Sp		
11	<u>trans-Ocimen</u>	0,62±0,06	1,05±0,03	1,74±0,02	1,25±0,03
12	p-Cymol	Sp	0,20±0,01	0,22±0,01	0,15±0,02
13	Terpinolen	Sp	Sp	0,13±0,02	Sp
21	<u>(-)-Menthon</u>	19,66±0,03	18,37±0,40	11,43±0,29	15,55±0,16
25	Menthofuran	0,08±0,12	0,28±0,02	Sp	0,22±0,02
26	(+)-Isomenthon	0,50±0,01	0,48±0,06	0,17±0,01	0,37±0,01
28	β -Bourbonen	0,40±0,01	0,27±0,02	0,77±0,07	0,47±0,02
29	<u>Dihydroedulan* **</u>			0,14±0,00	0,11±0,01
29+31	<u>Dihydroedulan* **, Linalool</u>	1,77±0,05	0,45±0,07		
30	ein Sesquiterpen (m/z 204, 161, 105, 189, 119, 91, 133, 147, 81)	0,17±0,01	0,11±0,01	0,29±0,02	0,20±0,00
31	<u>Linalool</u>			0,59±0,02	0,44±0,02
35	<u>(-)-Menthylacetat</u>	1,30±0,08	1,87±0,24	1,71±0,21	1,03±0,08
41	β -Elemen	0,69±0,07	0,37±0,04		
41+45	β -Elemen, Lavandulylacetat			0,76±0,02	0,50±0,01
42	(+)-Neomenthol	0,06±0,08	0,13±0,00	0,19±0,02	0,18±0,01
43	<u>β-Caryophyllen</u>	7,86±0,32	4,74±0,25	7,06±0,29	6,93±0,08
45	Lavandulylacetat	0,07±0,10	Sp		
49	<u>(-)-Menthol</u>	1,90±0,24	2,24±0,19	2,45±0,13	2,43±0,12
50	n. i. (m/z 110, 95, 54, 67, 41, 81, 137)	0,70±0,07	0,39±0,02	0,45±0,05	0,36±0,02
52	(+)-Pulegon	0,05±0,01	0,06±0,01		
54	β -(Z)-Farnesen	0,45±0,01	0,38±0,02	0,73±0,02	0,72±0,01
58	Lavandulol	0,18±0,06	0,08±0,01	0,26±0,00	0,37±0,02
59	α -Humulen	0,28±0,00	0,13±0,03	0,30±0,02	0,28±0,01
63	α -Terpineol	0,13±0,02			
65	<u>D-Germacren</u>	16,42±0,95	12,80±0,43	18,54±0,18	16,73±0,12
68+70	<u>Piperiton, Piperitonoxid**</u>	29,78±0,22	36,82±0,57	29,62±0,45	33,02±0,02
75	δ -Cadinen	0,35±0,01	0,23±0,01	0,45±0,02	0,31±0,02
85	<u>n. i. (m/z 43, 112, 81, 127, 154, 55, 71, 97, 137, 207)</u>	0,22±0,06	0,71±0,13	1,22±0,15	0,48±0,06
86	n. i. (m/z 43, 112, 81, 154, 127, 69, 55, 97, 137)	0,44±0,04	0,44±0,02	0,74±0,05	0,40±0,03
88	cis-Jasmon		Sp	0,03±0,05	0,09±0,08
89	Piperitenonoxid		0,04±0,07	Sp	Sp
90	(-)-Caryophyllenoxid	0,27±0,03			
92	n. i. (m/z 81, 43, 123, 161, 95, 105, 109, 71, 207)	0,35±0,01	0,21±0,01	0,46±0,06	0,33±0,01
93	<u>Viridiflorol</u>	1,20±0,09	0,48±0,01	0,87±0,05	0,95±0,03
95	n. i. (m/z 144, 109, 171, 129, 116, 41, 186)	0,37±0,07	Sp	Sp	0,09±0,08
98	<u>Thymol*</u>	2,09±0,20	1,52±0,03	0,71±0,11	0,89±0,05
102	n. i. (m/z 95, 121, 43, 161, 204, 81, 109, 71, 58, 137, 189)	0,32±0,03	0,16±0,01	0,41±0,03	0,26±0,04
106	Phytol	0,68±0,06	0,26±0,11	0,50±0,02	0,53±0,11
	Summe	99,43	100,00	99,66	99,83

mit 19% und 17% im 1. und 2. Schnitt 2006 den zweithöchsten Anteil an der Gesamtfläche. Der Flächenanteil von β -Caryophyllen betrug 2005 7,9% im 1. und 4,7% im 2. Schnitt, 2006 lag er bei 6,9-7,1%. Limonen wies im 1. Schnitt 2005 einen Flächenanteil von 4,1%, im 2. Schnitt 2005 von 7,1% auf, 2006 lag der Anteil bei 6,2% bzw. 5,9%. Der Peakflächenanteil von cis-Ocimen betrug 2,8% bzw. 4,0% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 6,2% und 4,4% im 1. und 2. Schnitt 2006. 2005 lag der Anteil von 1,8-Cineol an der Gesamtfläche bei 1,8% bzw. 1,7%, 2006 bei 2,5% im 1. und 2,0% im 2. Schnitt. (-)-Menthol hatte einen Anteil von etwa 1,9% im 1. und 2,2% im 2. Schnitt 2005, 2006 von 2,5% und 2,4%. (-)-Menthylacetat wies einen Flächenanteil von 1,3% im 1. und 1,9% im 2. Schnitt 2005 sowie 1,7% im 1. und 1,0% im 2. Schnitt 2006 auf. Der Flächenanteil von trans-Ocimen lag bei 0,6% im 1. Schnitt 2005, im 2. Schnitt 2005 betrug er 1,1%, im 1. und 2. Schnitt 2006 1,7% bzw. 1,3%. Die Substanz Nr. 98, bei der es sich vermutlich um Thymol handelt, lag 2005 mit 2,1% bzw. 1,5% im 1. und 2. Schnitt vor, 2006 erreichte sie Flächenanteile von 0,7% bzw. 0,9% im 1. und 2. Schnitt. Der Flächenanteil von Viridiflorol lag im 1. Schnitt 2005 bei 1,2%, im 2. Schnitt bei 0,5%. 2006 betrug er 0,9-1,0%. Im 1. Schnitt 2005 lag der gemeinsame Flächenanteil von Dihydroedulan und Linalool bei 1,8%, im 2. Schnitt bei ca. 0,5%. Bei den Analysen der Öle der Blattdroge des Jahres 2006 konnten Dihydroedulan und Linalool getrennt integriert werden: der Flächenanteil von Linalool betrug in diesem Jahr 0,6% im 1. und 0,4% im 2. Schnitt, jener von Dihydroedulan je 0,1% in beiden Schnitten. Der Anteil der Substanz Nr. 85 an der Gesamtfläche lag im 1. Schnitt 2006 bei 1,2%, in den anderen Schnitten bzw. Jahren lag er unter 1,0%. Die Ölkomponekte Nr. 86, vermutlich ein Isomer der Substanz Nr. 85, wies Flächenanteile von weniger als 1,0% in allen Schnitten auf.

Flächenanteile von unter 1,0% wiesen β -Pinen, α -Pinen, (+)-Isomenthon, β -Bourbonen, Phytol, β -(Z)-Farnesen, α -Humulen, Lavandulol, β -Myrcen, Sabinen, Menthofuran, δ -Cadinen, β -Elemen und Lavanduyllacetat sowie die Ölkomponekten Nr. 30 (ein Sesquiterpen), 50, 92, 95 und 102 auf. In beiden Schnitten beider Jahre wurden Spuren von p-Cymol, (+)-Neomenthol und Terpinolen gefunden. Spuren von γ -Terpinen und (+)-Pulegon kamen in den Ölen beider Schnitte 2005 vor. α -Terpineol und (-)-Caryophyllenoxid wurden im Öl des 1. Schnittes 2005 detektiert, cis-Jasmon und Piperitenonoxid im 2. Schnitt 2005 und beiden Schnitten 2006.

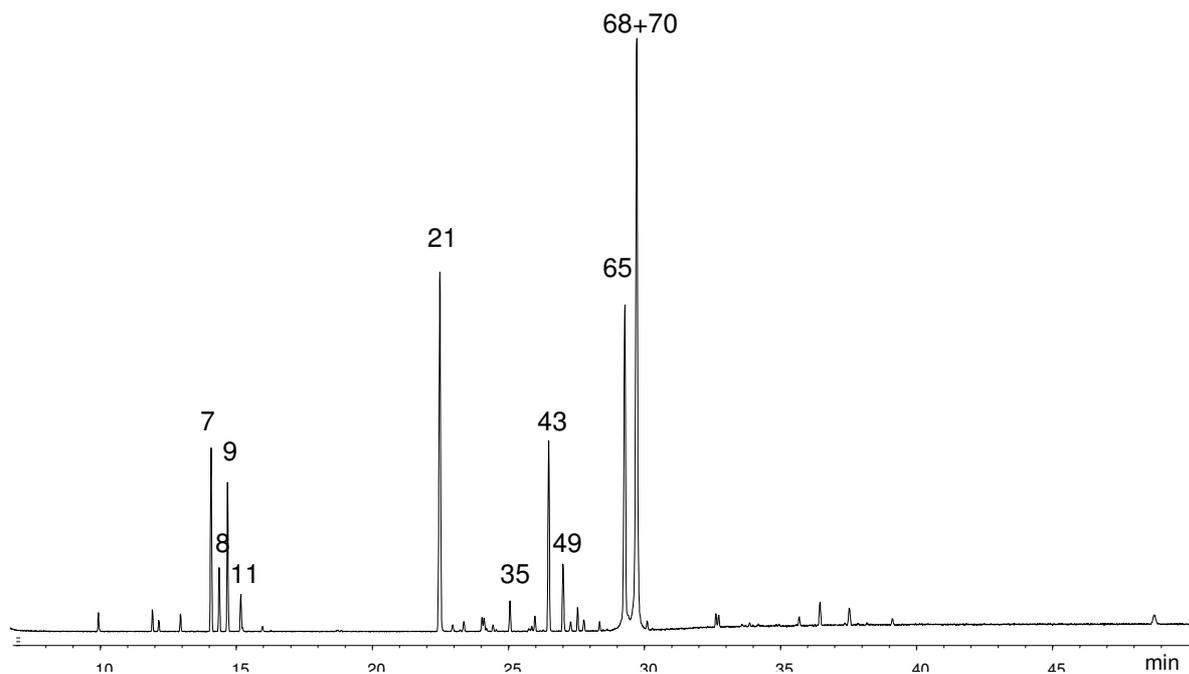


Abb. 44: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 9, 2. Schnitt 2006

Der Vergleich von Schnitten und Jahren zeigt, dass die gefundenen Ölkomponenten Flächenanteile vergleichbarer Größenordnung aufwiesen. Die Flächenanteile von 1,8-Cineol und β -(Z)-Farnesen waren in beiden Schnitten 2005 geringfügig niedriger als 2006, (-)-Menthon und (+)-Isomenthon höher. 1,8-Cineol, β -Bourbonen, Dihydroedulan gemeinsam mit Linalool, β -Elemen gemeinsam mit Lavanduylacetat sowie D-Germacren und die Substanz Nr. 102 wiesen in den 1. Schnitten höhere Flächenanteile auf als in den 2. Schnitten, Piperitonoxid und Piperiton sowie Menthofuran in den jeweils 2. Schnitten. Niedrigere Flächenanteile im 1. Schnitt 2005 als im 2. Schnitt 2005 bei gleichzeitig höheren Flächenanteilen im 1. als im 2. Schnitt 2006 hatten Limonen, cis- und trans-Ocimen, (-)-Menthylacetat und der Substanz Nr. 85. In umgekehrter Weise verhielten sich die Flächenanteile von (-)-Menthon. Im Jahre 2006 in beiden Schnitten etwa gleich, im 1. Schnitt 2005 jedoch höher als im 2. Schnitt waren die Anteile von β -Caryophyllen, Viridiflorol, Thymol und Phytol. Gleiche Flächenanteile in beiden Schnitten 2006, 2005 im 1. Schnitt jedoch niedrigere Anteile als im 2. Schnitt hatte (-)-Menthol. Im 1. Schnitt 2006 wiesen 1,8-Cineol, cis- und trans-Ocimen, β -Bourbonen, D-Germacren, δ -Cadinen sowie die Substanzen Nr. 30, 85, 86, 92 und 102 höhere Flächenanteile verglichen mit den anderen Schnitten auf,

die Anteile von (-)-Menthon und (+)-Isomenthon waren dagegen niedriger als in den jeweils anderen Schnitten.

Mentha Nr. 10

Die Öle von *Mentha* Nr. 10 enthielten 39 Einzelkomponenten (Tab. 20, Abb. 45).

Tab. 20: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 10

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]	
		2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,14±0,01	0,18±0,01
3	β -Pinen	0,46±0,03	0,50±0,02
4	Sabinen	0,28±0,03	0,29±0,01
5	β -Myrcen	0,72±0,08	0,75±0,04
7	Limonen	0,19±0,03	0,20±0,01
8	<u>1,8-Cineol</u>	6,22±0,12	6,17±0,03
9	cis-Ocimen	0,35±0,06	0,34±0,02
10	γ -Terpinen	Sp	Sp
11	trans-Ocimen	0,53±0,05	0,54±0,04
12	p-Cymol		Sp
13	Terpinolen	0,05±0,08	0,08±0,07
14	<u>3-Octylacetat*</u>	1,19±0,02	1,31±0,03
16	<u>1-Octen-3-ylacetat</u>	2,01±0,04	1,77±0,01
17	3-Octanol	0,33±0,01	0,43±0,01
19	1-Octen-3-ol	Sp	Sp
21	(-)-Menthon	0,26±0,03	Sp
31	<u>Linalool</u>	44,61±0,29	46,04±0,15
34	<u>Linalylacetat</u>	22,42±0,44	21,36±0,60
41+45	β -Elemen, Lavandulylacetat	0,33±0,03	0,46±0,00
43	β -Caryophyllen	0,07±0,00	0,06±0,01
44	Terpinen-4-ol	Sp	Sp
49	(-)-Menthol	0,17±0,02	
52	(+)-Pulegon	0,10±0,01	0,05±0,00
53	Citronellylacetat		0,02±0,02
54	β -(Z)-Farnesen	0,57±0,01	0,66±0,02
63	<u>α-Terpineol</u>	3,90±0,05	3,96±0,21
65	<u>D-Germacren</u>	2,94±0,03	3,02±0,07
66	<u>Nerylacetat</u>	1,10±0,02	1,06±0,05
73	<u>Geranylacetat</u>	2,44±0,04	2,36±0,10
75	δ -Cadinen	Sp	0,04±0,07
78	Dihydroagarofuran*	0,43±0,06	0,43±0,02
79	Nerol	0,67±0,01	0,69±0,04
82	<u>Geraniol</u>	2,00±0,07	1,96±0,11
88	cis-Jasmon	0,24±0,01	0,27±0,02
93+94	<u>Viridiflorol, n. i. (m/z 149, 59, 164, 108)</u>	3,81±0,08	3,47±0,18
99	<u>n. i. (m/z 161, 59, 135, 189, 204, 119, 91, 107, 147, 79, 43, 55, 67, 175, 222)</u>	1,13±0,04	1,02±0,05
106	Phytol	Sp	0,06±0,10
	Summe	99,64	99,54

Linalool hatte dabei den größten Anteil mit etwa 45% im 1. und 46% im 2. Schnitt 2006. Die Komponente mit dem zweithöchsten Flächenanteil war Linalylacetat mit 22% im 1. und 21% im 2. Schnitt. Mit 6,2% in beiden Schnitten folgte 1,8-Cineol, mit 3,9-4,0% α -Terpineol. Viridiflorol nahm – zusammen mit der in geringer Menge vorkommenden Substanz Nr. 94 – einen Flächenanteil von 3,8% im 1. und 3,5% im 2. Schnitt ein. Der Anteil von D-Germacren betrug 2,9-3,0%, jener von Geranylacetat 2,4%, von Geraniol 2,0%. 1-Octen-3-ylacetat lag mit einem Anteil von 2,0% bzw. 1,8% im 1. und 2. Schnitt 2006 vor, 3-Octylacetat mit 1,2% bzw. 1,3%. 1,1% Flächenanteil in beiden Schnitten wies Nerylacetat, 1,1% im 1. und 1,0% im 2. Schnitt die Ölkomponente Nr. 99 auf.

Die Öle beider Schnitte enthielten weniger als 1,0% wiesen β -Myrcen, Nerol, β -Pinen, β -(Z)-Farnesen, Dihydroagarofuran, trans-Ocimen, cis-Ocimen, 3-Octanol, Sabinen, cis-Jasmon, Lavanduylacetat und β -Elemen. In Spuren lagen Phytol, (+)-Pulegon, δ -Cadinen, β -Caryophyllen, Terpinen-4-ol, (-)-Menthon, 1-Octen-3-ol, Terpinolen, γ -Terpinen, Limonen und α -Pinen vor. Ausschließlich im 1. Schnitt 2006 wurde (-)-Menthol gefunden, lediglich im 2. Schnitt 2006 Citronellylacetat und p-Cymol.

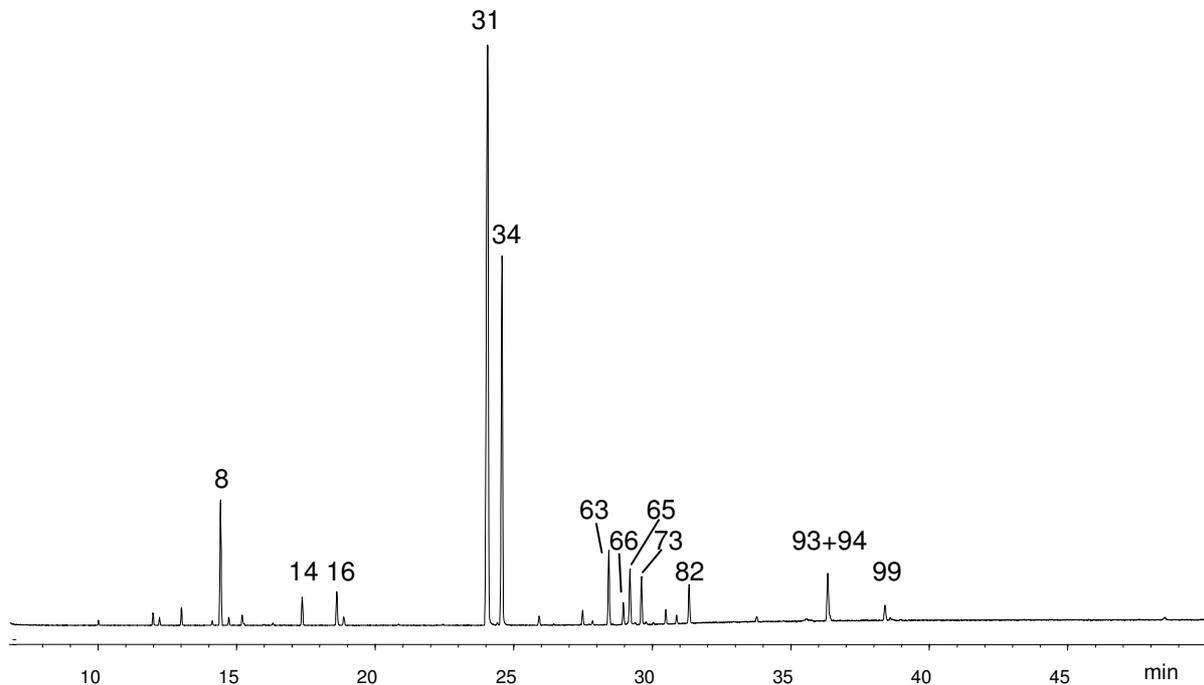


Abb. 45: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 10, 2. Schnitt 2006

Im Vergleich beider Schnitte wiesen die gefundenen Ölkomponenten sehr

einheitliche Flächenanteile auf, lediglich der Anteil von 1-Octen-3-ylacetat, Linalylacetat und Viridiflorol mit der Substanz Nr. 94 war im 1. Schnitt geringfügig höher, jener von Linalool etwas niedriger.

Mentha Nr. 11

In den Ölen der *Mentha* Nr. 11 wurden im 1. Schnitt 2005 sowie im 1. und 2. Schnitt 2006 insgesamt 36 Einzelkomponenten gefunden (Tab. 21, Abb. 46).

Mit 39% im 1. Schnitt 2005, 44% im 1. Schnitt 2006 und 42% im 2. Schnitt 2006 war Linalool die Komponente mit dem höchsten Flächenanteil, gefolgt von Linalylacetat mit 31% im 1. Schnitt 2005, 29% im 1. und 30% im 2. Schnitt 2006. Flächenanteile von 6,3% im 1. Schnitt 2005 und 5,2% bzw. 5,5% im 1. und 2. Schnitt 2006 wies α -Terpineol auf. Der Anteil von Geranylacetat betrug im 1. Schnitt 2005 3,9%, im 1. und 2. Schnitt 2006 3,1% bzw. 3,3%. Im 1. Schnitt 2005 betrug der Flächenanteil von Geraniol 3,6%, 2006 lag er bei 2,8% bzw. 3,1% im 1. und 2. Schnitt. Bei 2,9% lag der Anteil von 1,8-Cineol im 1. Schnitt 2005, 2006 betrug er 3,8% bzw. 3,3% im 1. und 2. Schnitt. Nerylacetat und D-Germacren eluierten 2005 zeitgleich; ihr gemeinsamer Flächenanteil betrug 2,6%. 2006 konnten die Flächen der beiden Substanzen getrennt integriert werden, wobei für Nerylacetat ein Flächenanteil von 1,4% bzw. 1,6%, für D-Germacren ein Anteil von 1,0% und 0,8% im 1. und 2. Schnitt ermittelt wurde. β -Caryophyllen wies einen Peakflächenanteil von 1,7% im 1. Schnitt 2005, von 2,5% im 1. Schnitt 2006 und von 2,0% im 2. Schnitt 2006 auf. Viridiflorol nahm im 1. Schnitt 2005 1,8% der Gesamtpeakfläche ein; 2006 lag der Anteil bei 2,4% bzw. 2,3% im 1. und 2. Schnitt. Die Flächenanteile von β -Myrcen, Nerol und trans-Ocimen lagen im 1. Schnitt 2005 bei 1,3%, 1,2% bzw. 1,1%, in beiden Schnitten 2006 bei 1,0% oder darunter.

Flächenanteile von unter 1,0% in den drei Schnitten wiesen cis-Ocimen, Limonen, 1-Octen-3-ylacetat, β -(Z)-Farnesen, Lavandulylacetat und β -Pinen auf. Im Spurenbereich kamen (-)-Menthol, Terpinolen, Citronellylacetat, 1-Octen-3-ol, cis-Jasmon, Sabinen, α -Humulen, α -Pinen, γ -Terpinen, Terpinen-4-ol und Geranial vor. Ausschließlich in den Ölen aus 2006 wurden p-Cymol, (-)-Menthon, Menthofuran, (+)-Pulegon und Phytol gefunden. Terpinylacetat wurde lediglich im Öl des 2. Schnittes 2006 detektiert.

Tab. 21: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 11

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]		
		2005 1. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,03±0,05	0,03±0,05	0,03±0,04
3	β -Pinen	0,21±0,01	0,27±0,01	0,22±0,01
4	Sabinen	0,12±0,02	0,15±0,01	0,12±0,01
5	<u>β-Myrcen</u>	1,33±0,07	0,89±0,01	0,99±0,04
7	Limonen	0,33±0,04	0,30±0,01	0,30±0,01
8	<u>1,8-Cineol</u>	2,94±0,13	3,76±0,10	3,27±0,07
9	cis-Ocimen	0,67±0,05	0,48±0,01	0,64±0,03
10	γ -Terpinen	Sp	Sp	Sp
11	<u>trans-Ocimen</u>	1,14±0,09	0,77±0,02	0,89±0,03
12	p-Cymol		Sp	Sp
13	Terpinolen	0,24±0,04	0,10±0,09	0,18±0,01
16	1-Octen-3-ylacetat	0,45±0,02	0,28±0,03	0,29±0,04
19	1-Octen-3-ol	0,19±0,03	Sp	Sp
21	(-)-Menthon		0,09±0,08	0,22±0,01
25	Menthofuran		0,05±0,09	Sp
31	<u>Linalool</u>	39,16±0,51	43,59±0,71	41,66±0,72
34	<u>Linalylacetat</u>	30,76±1,51	28,81±0,35	30,37±1,46
43	<u>β-Caryophyllen</u>	1,74±0,03	2,54±0,11	2,03±0,06
44	Terpinen-4-ol	Sp	Sp	Sp
45	Lavandulylacetat	0,13±0,02	0,27±0,00	0,22±0,01
49	(-)-Menthol	0,06±0,01	0,16±0,04	0,19±0,02
52	(+)-Pulegon		0,02±0,03	0,10±0,01
53	Citronellylacetat	0,09±0,01	0,04±0,01	0,07±0,01
54	β -(Z)-Farnesen	0,32±0,01	0,31±0,02	0,29±0,04
59	α -Humulen	0,09±0,01	0,17±0,01	0,15±0,03
63	<u>α-Terpineol</u>	6,32±0,51	5,16±0,11	5,47±0,36
64	Terpinylacetat			0,06±0,00
65	<u>D-Germacren</u>		0,95±0,06	0,77±0,05
65+66	<u>D-Germacren, Nerylacetat</u>	2,62±0,06		
66	<u>Nerylacetat</u>		1,44±0,01	1,61±0,09
69	Geranial	0,10±0,01	Sp	Sp
73	<u>Geranylacetat</u>	3,86±0,24	3,06±0,02	3,33±0,20
79	<u>Nerol</u>	1,18±0,11	0,86±0,01	0,98±0,06
82	<u>Geraniol</u>	3,62±0,25	2,81±0,05	3,07±0,20
88	cis-Jasmon	0,16±0,01	0,21±0,01	0,16±0,02
93	<u>Viridiflorol</u>	1,82±0,04	2,37±0,11	2,25±0,09
106	Phytol		Sp	Sp
Summe		99,67	99,94	99,94

Die Flächenanteile der Ölkomponenten waren im Vergleich der drei Schnitte sehr einheitlich. Höhere Flächenanteile im Jahr 2005 als 2006 wurden bei β -Myrcen und trans-Ocimen, Geranial, 1-Octen-3-ylacetat und 1-Octen-3-ol detektiert, in geringerer Menge oder nicht vorhanden waren im Jahr 2005 1,8-Cineol, (-)-Menthon, Menthofuran, p-Cymol, (+)-Pulegon, Viridiflorol und Phytol. Höhere Anteile im 1. Schnitt 2006 als in den anderen Schnitten fanden sich von Linalool, β -Caryophyllen

und cis-Jasmon, niedrigere Anteile von cis-Ocimen, Linalylacetat, α -Terpineol, Geranylacetat, Nerol und Geraniol.

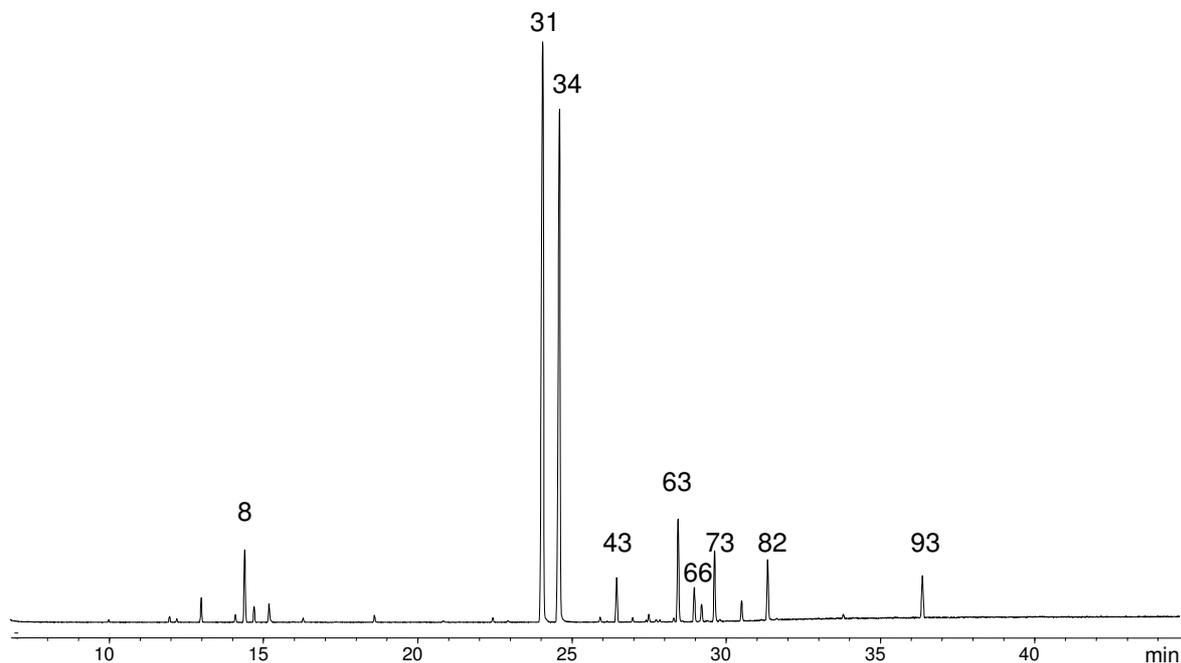


Abb. 46: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 11, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 12 (Schokoladenminze)

Die Öle der *Mentha* Nr. 12 wurden in 37 Komponenten aufgetrennt (Tab. 22, Abb. 47).

Den höchsten Anteil an der Gesamtfläche hatte im 1. Schnitt 2006 (-)-Menthon mit 34%, im 2. Schnitt 2006 (-)-Menthol mit 34%. Im jeweils anderen Schnitt lag der Anteil von (-)-Menthon bei 32%, jener von (-)-Menthol bei 27%. Mit 7,0% und 6,3% im 1. und 2. Schnitt folgte 1,8-Cineol. Der Flächenanteil von (+)-Isomenthon lag im 1. Schnitt bei 4,2%, im 2. Schnitt bei 3,8%. D-Germacren nahm im 1. Schnitt 4,6%, im 2. Schnitt 3,0% der Gesamtfläche ein. Im 1. Schnitt lag der Flächenanteil von (+)-Neomenthol bei 2,7%, im 2. Schnitt bei 3,1%. β -Caryophyllen wurde im 1. Schnitt mit einem Flächenanteil von 3,0%, im 2. Schnitt mit 1,7% detektiert. Der Anteil von trans-Sabinenhydrat betrug 2,7% bzw. 2,1% im 1. und 2. Schnitt, jener von Menthofuran 1,4% bzw. 2,1%, der Anteil von Limonen 1,6% bzw. 1,5%. Im 1. Schnitt lag der Anteil von Viridiflorol bei 1,5%, jener von Piperiton gemeinsam mit dem Sesquiterpen Nr. 71 bei 1,4%; im 2. Schnitt betrug ihr Flächenanteil jeweils 1,2%.

Tab. 22: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 12

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]	
		2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,68±0,02	0,60±0,02
3	β -Pinen	1,05±0,01	0,89±0,01
4	Sabinen	0,62±0,02	0,45±0,02
5	β -Myrcen	0,23±0,01	0,18±0,02
6	α -Terpinen	0,18±0,02	0,17±0,00
7	Limonen	1,61±0,03	1,49±0,02
8	1,8-Cineol	7,03±0,08	6,29±0,12
9	cis-Ocimen	0,40±0,00	0,40±0,01
10	γ -Terpinen	0,33±0,02	0,37±0,03
11	trans-Ocimen	Sp	Sp
12	p-Cymol	Sp	Sp
13	Terpinolen	0,16±0,00	0,16±0,01
17	3-Octanol	0,24±0,01	0,26±0,02
20	trans-Sabinenhydrat	2,69±0,10	2,12±0,08
21	(-)-Menthon	33,55±0,88	32,33±0,37
25	Menthofuran	1,42±0,03	2,08±0,09
26	(+)-Isomenthol	4,24±0,04	3,75±0,02
28	β -Bourbonen	0,26±0,03	0,27±0,03
31	Linalool	0,53±0,02	0,19±0,01
32	cis-Sabinenhydrat	0,05±0,04	0,02±0,03
35	(-)-Menthylacetat	0,73±0,10	1,26±0,09
41	β -Elemen	0,13±0,01	0,04±0,03
42	(+)-Neomenthol	2,65±0,08	3,10±0,03
43	β -Caryophyllen	2,98±0,14	1,69±0,07
44	Terpinen-4-ol	0,80±0,03	0,81±0,02
47	(+)-Neoisomenthol	0,42±0,01	0,64±0,04
49	(-)-Menthol	27,41±0,20	33,57±0,13
52+55	(+)-Pulegon, (+)-Isomenthol	0,69±0,09	0,66±0,01
54	β -(Z)-Farnesen	0,50±0,03	0,35±0,04
59	α -Humulen	0,05±0,04	Sp
63	α -Terpineol	0,43±0,02	0,24±0,02
65	D-Germacren	4,64±0,20	3,04±0,12
68+71	Piperiton, ein Sesquiterpen (m/z 121, 93, 107, 79, 91, 119, 161, 41, 136, 204, 67)	1,43±0,03	1,16±0,04
75	δ -Cadinen	0,03±0,04	Sp
93	Viridiflorol	1,50±0,14	1,19±0,05
Summe		99,66	99,78

Der Flächenanteil von (-)-Menthylacetat lag im 1. Schnitt bei 0,7%, im 2. Schnitt bei 1,3%. Der Peakflächenanteil von β -Pinen betrug 1,1% im 1. und 0,9% im 2. Schnitt 2006.

Flächenanteile von unter 1,0% wiesen in beiden Schnitten Terpinen-4-ol, α -Pinen, Sabinen, (+)-Neoisomenthol, β -(Z)-Farnesen, cis-Ocimen, γ -Terpinen, 3-Octanol, Linalool, β -Bourbonen, α -Terpineol sowie (+)-Pulegon und (+)-Isomenthol. Weiterhin wurden Spuren von β -Myrcen, α -Terpinen, Terpinolen, β -Elemen, cis-Sabinenhydrat,

α -Humulen, δ -Cadinen, trans-Ocimen und p-Cymol gefunden.

Im Vergleich beider Schnitte wiesen die Ölkompnenten einheitliche Flächenanteile auf. Geringfügig höher waren im 1. Schnitt die Anteile von β -Pinen, Sabinen, 1,8-Cineol, trans-Sabinenhydrat, (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, Linalool, β -Caryophyllen, α -Terpineol, D-Germacren, Piperiton mit Substanz Nr. 71 sowie Viridiflorol. Höhere Anteile im 2. Schnitt wiesen Menthofuran, (-)-Menthylacetat, (+)-Neomenthol und (-)-Menthol auf.

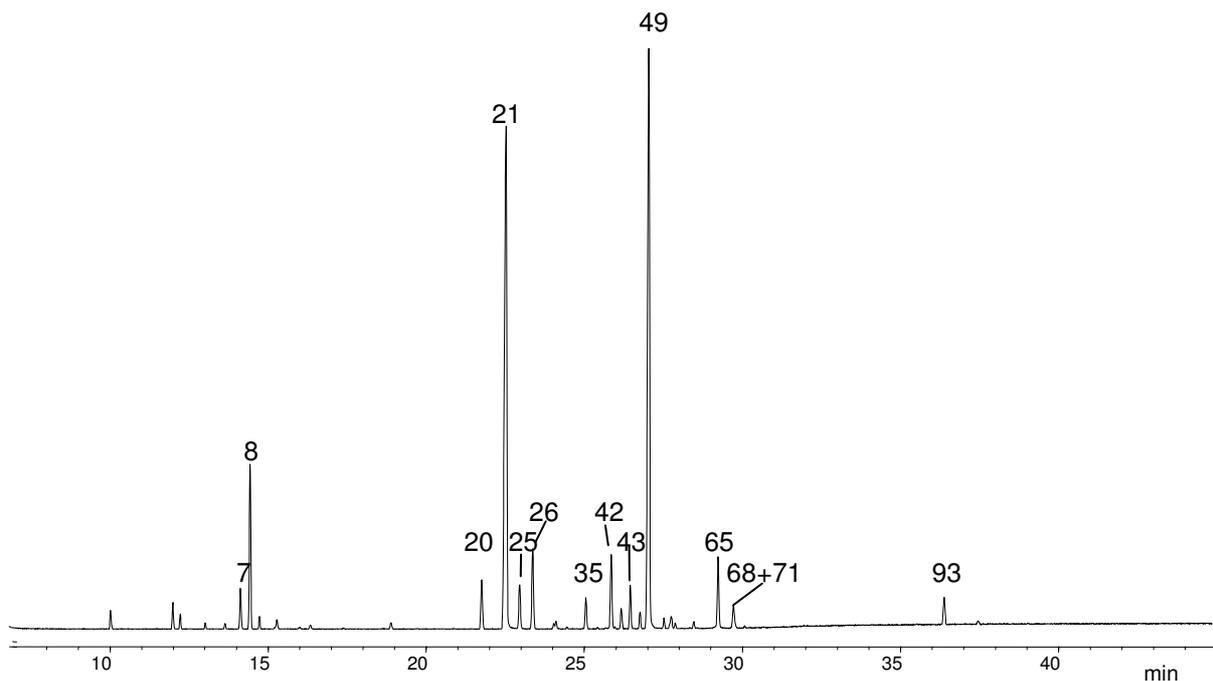


Abb. 47: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 12, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 13 (Lavendelminze)

Die Öle der *Mentha* Nr. 13 setzten sich aus 47 Einzelkomponenten zusammen (Tab. 23, Abb. 48).

Den größten Flächenanteil hatte Linalool mit 45% in beiden Schnitten 2005 sowie mit 46% im 1. und 48% im 2. Schnitt 2006. Terpinylacetat war die Substanz mit dem zweithöchsten Anteil an der Gesamtfläche mit etwa 18% im 1. und 15% im 2. Schnitt 2005 sowie 14% im 1. und 15% im 2. Schnitt 2006. Der Flächenanteil von α -Terpineol betrug 3,9% bzw. 4,3% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 4,7% bzw. 5,5% im 1. und 2. Schnitt 2006. β -Caryophyllen wies einen Anteil von 4,0% im 1. Schnitt 2005, 3,3% im 2. Schnitt 2005, 5,0% im 1. Schnitt 2006 und 3,2% im 2. Schnitt 2006 auf. Der Flächenanteil der Substanz Nr. 104 lag in den 1. Schnitten beider Jahre bei

2,9%, im 2. Schnitt 2005 4,0% und im 2. Schnitt 2006 3,5%. Der Anteil von 1,8-Cineol betrug 3,4% bzw. 3,1% im 1. und 2. Schnitt 2005 sowie 3,2% bzw. 2,9% im 1. und 2. Schnitt 2006, jener von trans-Ocimen lag bei 2,1% bzw. 2,2% in den 1. Schnitten beider Jahre. In den 2. Schnitten war der Anteil mit 3,1% bzw. 2,5% in den Jahren 2005 und 2006 geringfügig höher. D-Germacren eluierte 2005 zeitgleich mit Nerylacetat, welches am gemeinsamen Peak sehr geringen Anteil hatte. Der Anteil beider Substanzen an der Gesamtpeakfläche betrug 2,1% bzw. 1,8% im 1. und 2. Schnitt. 2006 war eine getrennte Integration der Peakflächen beider Substanzen möglich. Während Nerylacetat lediglich in Spuren vorkam, betrug die Fläche von D-Germacren 2,3% bzw. 1,2% im 1. und 2. Schnitt. Der gemeinsame Peak von Carvon und Decanol im Jahr 2005 hatte einen Gesamtflächenanteil von 1,5% in beiden Schnitten. Der Flächenanteil von Carvon konnte 2006 getrennt integriert werden: er lag bei 1,3% bzw. 1,1% im 1. und 2. Schnitt. Decanol hingegen bildete 2006 einen gemeinsamen Peak mit dem 2005 nicht gefundenen Geranylacetat, der einen Anteil von 1,0% im 1. und 0,8% im 2. Schnitt an der Gesamtfläche hatte. Der Flächenanteil von Linalylacetat betrug im 1. Schnitt 2005 2,3%, im 2. Schnitt 2005 1,7%, im 1. Schnitt 2006 1,8% und im 2. Schnitt 2006 1,4%. Der Anteil von cis-Ocimen an der Gesamtfläche lag 2005 bei 1,4% im 1. und 2,1% im 2. Schnitt, 2006 betrug der Anteil 1,7% bzw. 1,9%. 3-Octylacetat hatte 2005 im 1. und 2. Schnitt einen Anteil von 2,1% bzw. 1,7% an der Gesamtfläche, 2006 von 1,4% bzw. 1,1%. β-Myrcen wies 2005 Anteile von 1,3% im 1. und 1,9% im 2. Schnitt auf, 2006 von 1,6% und 1,7%. Der Anteil von cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat betrug 1,4% und 1,7% im 1. und 2. Schnitt 2005, 1,7% und 1,5% im 1. und 2. Schnitt 2006, jener von Decylacetat 1,2% im 1. und 1,3% im 2. Schnitt 2005; 2006 betrug der Anteil 1,6% im 1. und 1,2% im 2. Schnitt. β-Pinen hatte in beiden Schnitten beider Jahre einen Flächenanteil von 0,9-1,0%, der Anteil von Sabinen lag bei 0,9% im 1. Schnitt 2005, bei 1,1% in den anderen Schnitten.

2006 konnten die Flächen von (-)-Menthon und der Substanz Nr. 24 nicht getrennt integriert werden. Sie wiesen Flächenanteile von weniger als 1,0% auf, ebenso bei der getrennten Integration im Jahr 2005. In beiden Schnitten beider Jahre wurden mit Flächenanteilen von weniger als 1,0% α-Pinen, Terpinen-4-ol, Limonen und die Substanzen Nr. 80, 97 und 103 detektiert sowie im Spurenbereich α-Terpinen, Terpinolen, trans-Sabinenhydrat, Octylacetat, β-Elementen, Lavandulylacetat, β-Z-Farnesen, α-Humulon und δ-Cadinen. Phytol wurde in beiden Schnitten 2005

Tab. 23: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 13

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt (n=2)	2005 2. Schnitt (n=3)	2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,48±0,10	0,54±0,03	0,55±0,04	0,52±0,03
3	β -Pinen	1,02±0,04	1,00±0,02	0,99±0,03	0,89±0,02
4	Sabinen	0,90±0,19	1,09±0,05	1,06±0,04	1,11±0,02
5	β -Myrcen	1,32±0,81	1,90±0,06	1,62±0,05	1,66±0,01
6	α -Terpinen	0,08±0,11	0,14±0,01	0,11±0,01	0,11±0,01
7	Limonen	0,26±0,00	0,29±0,01	0,21±0,06	0,26±0,04
8	1,8-Cineol	3,39±0,20	3,11±0,03	3,23±0,09	2,91±0,09
9	cis-Ocimen	1,36±0,87	2,14±0,09	1,65±0,05	1,89±0,03
10	γ -Terpinen	Sp		0,11±0,10	
11	trans-Ocimen	2,06±1,09	3,10±0,12	2,15±0,14	2,55±0,04
13	Terpinolen	0,06±0,09	0,08±0,07	0,04±0,06	Sp
14	3-Octylacetat*	2,05±0,45	1,65±0,01	1,37±0,10	1,08±0,04
20	trans-Sabinenhydrat	0,16±0,04	0,16±0,01	0,16±0,03	0,14±0,02
21	(-)-Menthon	0,09±0,13	Sp		
21+24	(-)-Menthon, n. i. (m/z 82, 67, 85, 57)			0,41±0,03	0,76±0,10
22	Linalooloxid**		Sp	Sp	Sp
23	Octylacetat	0,06±0,08	0,13±0,03	0,17±0,04	0,16±0,01
24	n. i. (m/z 82, 67, 85, 57, 41)	0,35±0,01	0,39±0,02		
26	(+)-Isomenthon				0,09±0,15
28	β -Bourbonen	0,30±0,09	0,17±0,02		
31	Linalool	44,65±0,76	45,47±0,39	46,28±2,45	48,56±0,06
34	Linalylacetat	2,33±0,99	1,70±0,16	1,75±0,12	1,38±0,04
41	β -Elemen	Sp			
41+45	β -Elemen, Lavandulylacetat			0,14±0,05	0,08±0,02
43	β -Caryophyllen	4,02±0,04	3,26±0,09	4,95±0,27	3,16±0,08
44	Terpinen-4-ol	0,64±0,06	0,67±0,04	0,54±0,03	0,58±0,04
45	Lavandulylacetat	0,06±0,08	Sp		
49	(-)-Menthol	0,12±0,07			0,21±0,04
54	β -(Z)-Farnesen	0,06±0,04	0,08±0,01	0,22±0,04	0,12±0,03
59	α -Humulen	0,10±0,01	0,08±0,02	0,20±0,00	0,08±0,01
62	Decylacetat	1,15±0,42	1,31±0,05	1,58±0,11	1,20±0,04
63	α -Terpineol	3,88±1,04	4,29±0,03	4,71±0,14	5,55±0,08
64	Terpinylacetat	17,63±3,90	15,06±0,15	14,07±0,45	15,45±0,06
65	D-Germacren			2,27±0,19	1,16±0,06
65+66	D-Germacren, Nerylacetat	2,07±0,14	1,84±0,02		
66	Nerylacetat			0,05±0,09	Sp
72	Carvon			1,27±0,05	1,10±0,04
72+74	Carvon, Decanol	1,47±0,07	1,47±0,14		
73+74	Geranylacetat, Decanol			0,96±0,07	0,80±0,06
75	δ -Cadinen	0,07±0,01	0,06±0,01	0,03±0,06	Sp
77	n. i. (m/z 43, 93, 134, 119, 79, 105, 67, 84)	0,39±0,02	0,45±0,01		
80	n. i. (m/z 119, 43, 134, 91, 79, 106, 55)	0,58±0,07	0,67±0,03	0,48±0,03	0,48±0,01
82	Geraniol		0,15±0,02	0,13±0,11	0,15±0,03
88	cis-Jasmon			0,09±0,08	
89	Piperitenonoxid		0,03±0,06	Sp	Sp
97	n. i. (m/z 91, 43, 136, 129, 65, 57, 85, 119)	0,30±0,04	0,29±0,00	0,22±0,04	0,16±0,07
101	cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat*	1,39±0,53	1,66±0,03	1,74±0,09	1,52±0,03
103	n. i. (m/z 119, 43, 109, 134, 93, 152, 59, 79)	0,44±0,17	0,32±0,02	0,17±0,02	0,19±0,05
104	n. i. (m/z 43, 150, 108, 59, 95, 135, 82, 53)	2,85±0,37	4,04±0,15	2,92±0,17	3,54±0,29

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]			
		2005 1. Schnitt	2005 2. Schnitt	2006 1. Schnitt	2006 2. Schnitt
106	Phytol	0,52±0,49	0,21±0,12	0,45±0,03	
Summe		98,65	98,99	99,08	99,60

und im 1. Schnitt 2006 gefunden, β -Bourbonen und die Komponente Nr. 77 nur 2005. Spuren von γ -Terpinen wurden in den 1. Schnitten beider Jahre gefunden, Spuren von Linalooloxid (Nr. 22), Piperitenonoxid und Geraniol im 2. Schnitt 2005 und in beiden Schnitten 2006. (+)-Isomenthon lag nur im 2. Schnitt 2006 im Spurenbereich vor, (-)-Menthol im 1. Schnitt 2005 und 2. Schnitt 2006, cis-Jasmon im 1. Schnitt 2006.

Der Vergleich der einzelnen Ölkomponenten in verschiedenen Schnitten und Jahren zeigt, dass die Größenordnung der Flächenanteile gut vergleichbar ist. Höhere Flächenanteile im Jahr 2005 als 2006 wiesen 3-Octylacetat, Terpinen-4-ol und die Substanzen Nr. 80, 97 und 103 auf, niedrigere Flächenanteile Linalool und α -Terpineol. In den jeweils 1. Schnitten hatten 1,8-Cineol, 3-Octylacetat, Linalylacetat, β -Caryophyllen, D-Germacren und Nerylacetat sowie Phytol höhere Flächenanteile, cis- und trans-Ocimen, Linalool, α -Terpineol sowie die Substanz Nr. 104 niedrigere Anteile. Höhere Flächenanteile im 1. Schnitt 2005 als im 2. Schnitt 2005 bei gleichzeitig höheren Anteilen im 2. Schnitt 2006 als im 1. Schnitt 2006 wies Terpinylacetat auf, niedrigere Flächenanteile im 1. Schnitt 2005 als im 2. Schnitt 2005 bei gleichzeitig höheren Anteilen im 1. Schnitt 2006 als im 2. Schnitt 2006 Decylacetat und cis-3-Hexenyl-Phenyl-Acetat. Der Flächenanteil von β -Myrcen war 2006 in beiden Schnitten in etwa gleich, 2005 war der Anteil im 1. Schnitt niedriger. (-)-Menthon und die Substanz Nr. 24 wiesen 2005 in beiden Schnitten etwa gleich große Flächenanteile auf, 2006 war der gemeinsame Anteil im 2. Schnitt höher.

Nahezu die Flächen aller detektierten Ölkomponenten wiesen im 1. Schnitt 2005 sehr hohe Standardabweichungen auf. Dies ist auf technische Probleme am Gaschromatographen zurückzuführen, aufgrund derer bei der Integration der Peakflächen die kleinen Peaks nicht mitintegriert wurden und die Flächen größerer Peaks variierten. Aufgrund der geringen Ölausbeute der *Mentha* Nr. 13 war es nicht möglich, weitere Einspritzungen vorzunehmen. In ihrer Größenordnung sind die errechneten Peakflächen der Ölkomponenten aus dem 1. Schnitt 2005 mit den anderen Schnitten sehr gut vergleichbar.

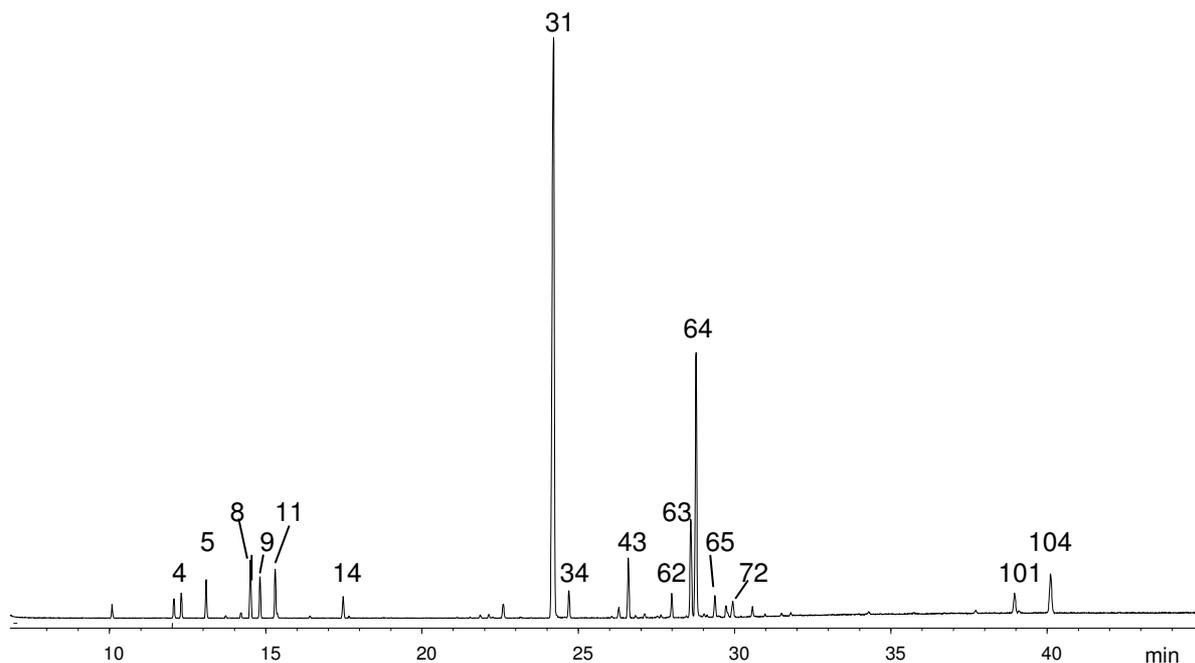


Abb. 48: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 13, 2. Schnitt 2006

Mentha Nr. 14

Die etherischen Öle von *Mentha* Nr. 14 wurden in 38 Komponenten aufgetrennt (Tab. 24, Abb. 49).

Hauptsubstanz war mit etwa 45% im 1. und 44% im 2. Schnitt Linalool, gefolgt von Linalylacetat mit 23% in beiden Schnitten. 1,8-Cineol wies in beiden Schnitten je 6,3%, α -Terpineol 4,0-4,1%, Viridiflorol 3,4-3,5%, D-Germacren 3,1% und Geranylacetat 2,4% auf. Der Flächenanteil von Geraniol betrug 2,0% im 1. und 2,1% im 2. Schnitt, jener von Nerylacetat je 1,1% in beiden Schnitten, jener der Komponente Nr. 99 1,1% bzw. 1,0%. 1-Octen-3-ylacetat wies im 1. Schnitt 2006 einen Flächenanteil von 1,9%, im 2. Schnitt von 1,7% auf. Der Anteil von 3-Octylacetat an der Gesamtfläche betrug im 1. Schnitt 1,2%, im 2. Schnitt 1,3%.

Mit Flächenanteilen von weniger als 1,0% wurden in beiden Schnitten β -Myrcen, Nerol, β -(Z)-Farnesen, β -Pinen, trans- und cis-Ocimen, Sabinen, 3-Octanol, Dihydroagarofuran, Lavandulylacetat, β -Elemen und cis-Jasmon detektiert. In Spuren lagen (-)-Menthon, (-)-Menthol, α -Pinen, Limonen, γ -Terpinen, Terpinolen, β -Caryophyllen, Citronellylacetat, Phytol, 1-Octen-3-ol, Terpinen-4-ol und Geranial vor. Ausschließlich im 2. Schnitt 2006 wurden Spuren von p-Cymol gefunden.

Tab. 24: Zusammensetzung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 14

Nr.	Ölkomponente	Peakfläche [%]	
		2006 1. Schnitt (n=3)	2006 2. Schnitt (n=3)
1	α -Pinen	0,16±0,02	0,19±0,01
3	β -Pinen	0,48±0,03	0,52±0,02
4	Sabinen	0,31±0,05	0,31±0,02
5	β -Myrcen	0,71±0,03	0,73±0,02
7	Limonen	0,17±0,00	0,20±0,01
8	<u>1,8-Cineol</u>	6,27±0,07	6,30±0,15
9	cis-Ocimen	0,34±0,02	0,35±0,02
10	γ -Terpinen	Sp	Sp
11	trans-Ocimen	0,46±0,03	0,50±0,10
12	p-Cymol		Sp
13	Terpinolen	0,08±0,07	0,10±0,01
14	<u>3-Octylacetat*</u>	1,20±0,02	1,33±0,02
16	<u>1-Octen-3-ylacetat</u>	1,90±0,02	1,69±0,06
17	3-Octanol	0,38±0,02	0,39±0,01
19	1-Octen-3-ol	Sp	Sp
21	(-)-Menthon	0,18±0,03	0,03±0,05
31	<u>Linalool</u>	44,57±0,89	44,13±0,56
34	<u>Linalylacetat</u>	22,87±0,60	22,51±0,19
41+45	β -Elemen, Lavanduylacetat	0,36±0,02	0,52±0,00
43	β -Caryophyllen	0,05±0,01	Sp
44	Terpinen-4-ol	Sp	Sp
49	(-)-Menthol	0,16±0,01	Sp
53	Citronellylacetat	0,02±0,01	0,05±0,01
54	β -(Z)-Farnesen	0,62±0,03	0,69±0,05
63	<u>α-Terpineol</u>	3,98±0,34	4,14±0,07
65	<u>D-Germacren</u>	3,08±0,16	3,11±0,16
66	<u>Nerylacetat</u>	1,11±0,06	1,14±0,01
69	Geranial	Sp	Sp
73	<u>Geranylacetat</u>	2,39±0,12	2,41±0,02
78	Dihydroagarofuran*	0,39±0,02	0,40±0,03
79	Nerol	0,69±0,07	0,69±0,01
82	<u>Geraniol</u>	1,99±0,15	2,06±0,07
88	cis-Jasmon	0,23±0,01	0,31±0,05
93+94	<u>Viridiflorol, n. i. (m/z 149, 59, 154, 108)</u>	3,44±0,12	3,45±0,13
99	<u>n. i. (m/z 161, 59, 135, 189, 204, 119, 91, 107, 147, 79, 43, 55, 67, 175, 222)</u>	1,05±0,02	1,03±0,06
106	Phytol	Sp	0,03±0,05
Summe		99,64	99,30

Im Vergleich beider Schnitte zeigten sich zwischen den Flächenanteilen der einzelnen Ölkomponenten keine nennenswerten Unterschiede.

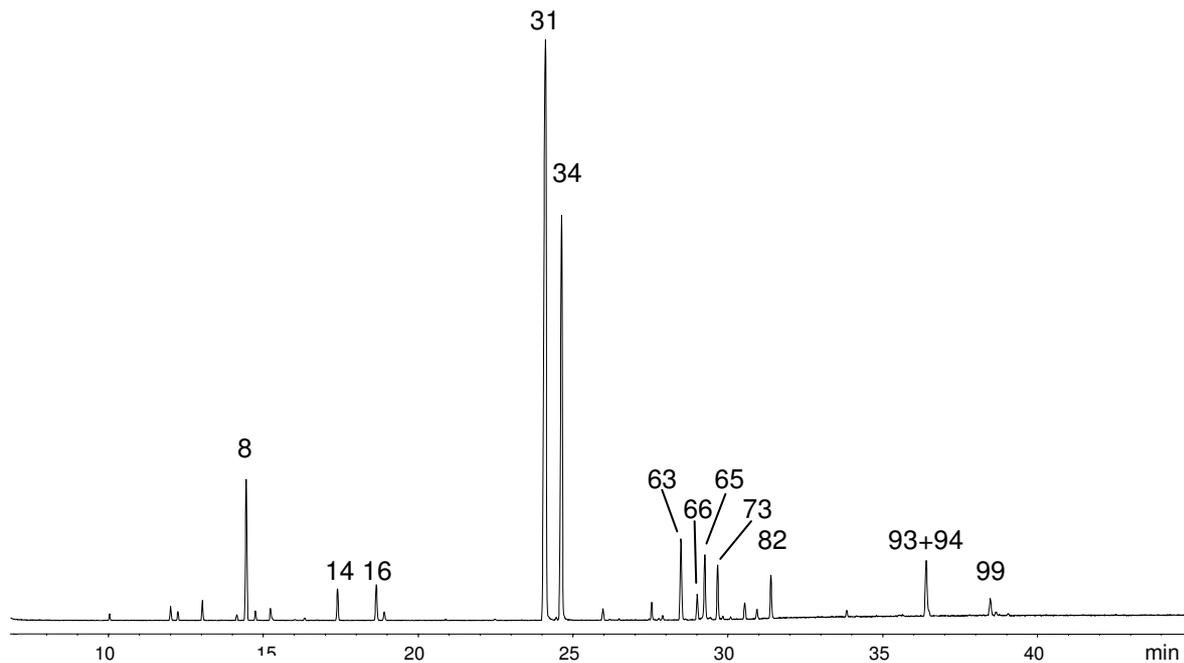


Abb. 49: GC/MS-Chromatogramm und Hauptkomponenten des etherischen Öls der *Mentha* Nr. 14, 2. Schnitt 2006

Ölzusammensetzung ausgewählter *Mentha*-Spezies - Übersicht

Abb. 50 zeigt exemplarisch je ein GC-Chromatogramm der untersuchten *Mentha*-Öle.

Die Übersicht zeigt, dass die etherischen Öle von *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 jeweils ähnlich zusammengesetzt waren und dass die Öle von *Mentha* Nr. 12 sich von diesen lediglich geringfügig unterschieden. Die Öle von *Mentha* Nr. 6 und 7 waren nahezu identisch. Dies gilt ebenso für die etherischen Öle von *Mentha* Nr. 8, 10 und 14, deren Zusammensetzung auch vom Öl der *Mentha* Nr. 11 nur wenig abwich. Keine Übereinstimmung mit den Ölen der anderen *Mentha*-Spezies konnte bei *Mentha* Nr. 4, 5, 9 und 13 festgestellt werden.

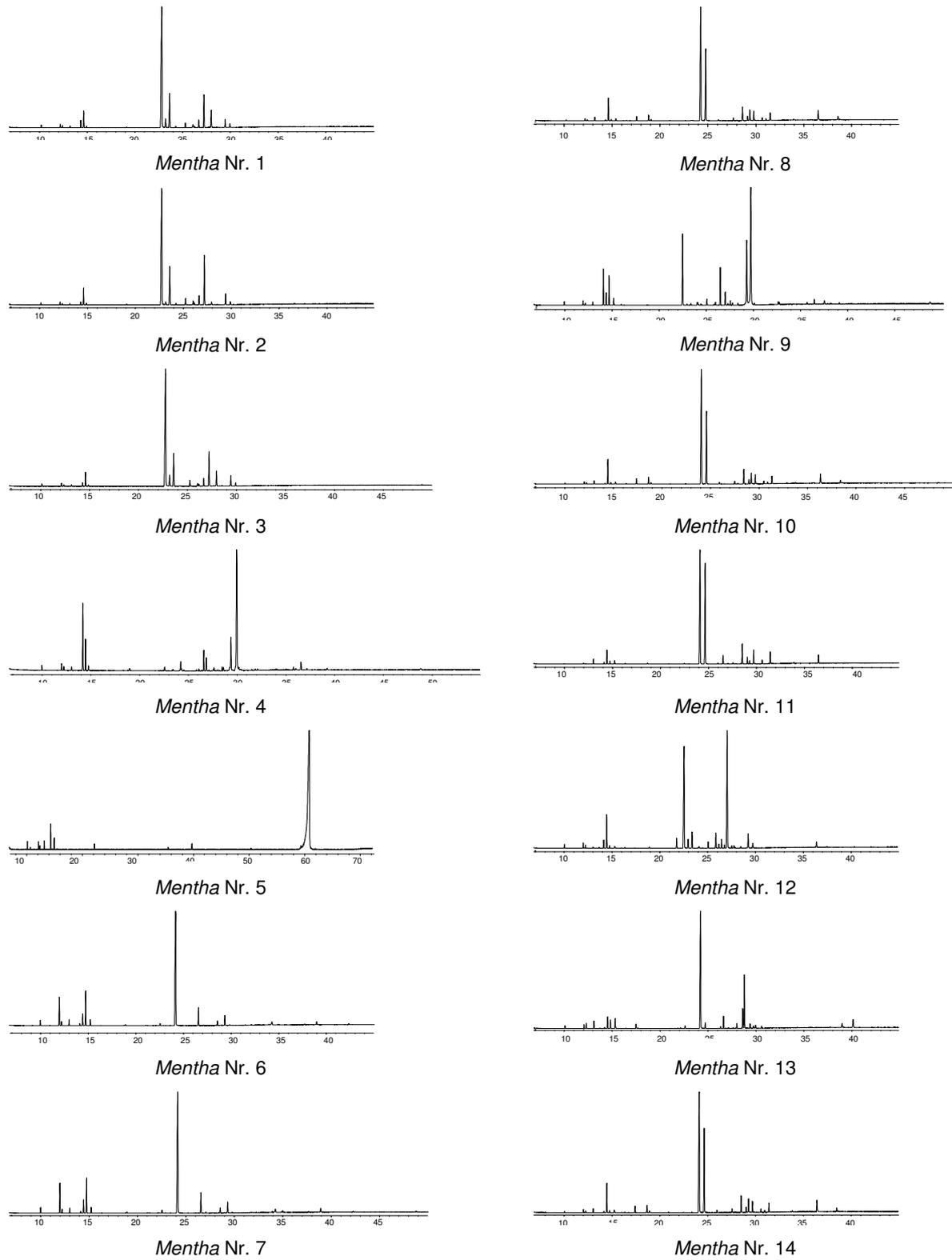


Abb. 50: Beispielchromatogramme der untersuchten *Mentha*-Spezies

5.3 ABTS-Testsystem

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der etherischen Öle der ausgewählten *Mentha*-Arten, der Reinsubstanzen einiger Ölkomponenten sowie von Mischungen derselben, eingesetzt im ABTS-Entfärbe-Assay, vorgestellt. Anschließend erfolgt die Darstellung einer Regressionsanalyse, die einen Zusammenhang von im ABTS-Testsystem ermittelten TE mit Peakflächenanteilen von Ölkomponenten untersuchte.

5.3.1 Etherische Öle

Vergleich zwischen Sorten und Schnitten

Abb. 51 und Anhang 10 zeigen die TE der etherischen Öle der 2006 gewonnenen Blattdroge. Die etherischen Öle der *Mentha* Nr. 4, 5 und 9 wurden im ABTS-Testsystem 1:20, die Öle der anderen *Mentha*-Arten 1:10 verdünnt eingesetzt. Die Ergebnisse wurden auf denselben Basiswert umgerechnet.

Die etherischen Öle der *Mentha* Nr. 9 wiesen in beiden Schnitten mit 11-12 mM die höchsten TE auf. Es folgten die Öle der *Mentha* Nr. 5 mit ca. 10 mM im 1. und 8 mM im 2. Schnitt sowie der *Mentha* Nr. 4 ebenfalls mit 8 mM im 1. Schnitt; das Öl aus Pflanzenmaterial des 2. Schnittes erzielte TE von 5 mM. Im 1. Schnitt wiesen die Öle der *Mentha* Nr. 6 und 7 TE von ca. 5 mM auf, zwischen 4 und 5 mM lagen die TE der Öle der *Mentha* Nr. 12 und 2. Die TE aller anderen Öle lagen in beiden Schnitten zwischen 2 und 4 mM, wobei jene der *Mentha* Nr. 11 mit etwa 2 mM am niedrigsten waren.

Die zweifaktorielle Varianzanalyse (siehe Anhang 10) zeigte einen hoch signifikanten Einfluss von „*Mentha*-Spezies“ und „Schnitt“. Weiterhin wurden hoch signifikante Wechselwirkungen zwischen „*Mentha*-Spezies“ und „Schnitt“ festgestellt, weshalb die Durchführung des Tukey-Groupings unzulässig war.

Mit Ausnahme der *Mentha* Nr. 1 wiesen die Öle aller anderen *Mentha*-Arten im 1. Schnitt höhere TE auf. Die TE der Öle von *Mentha* Nr. 10, 14, 3 und 11 waren im 1. und 2. Schnitt nahezu gleich.

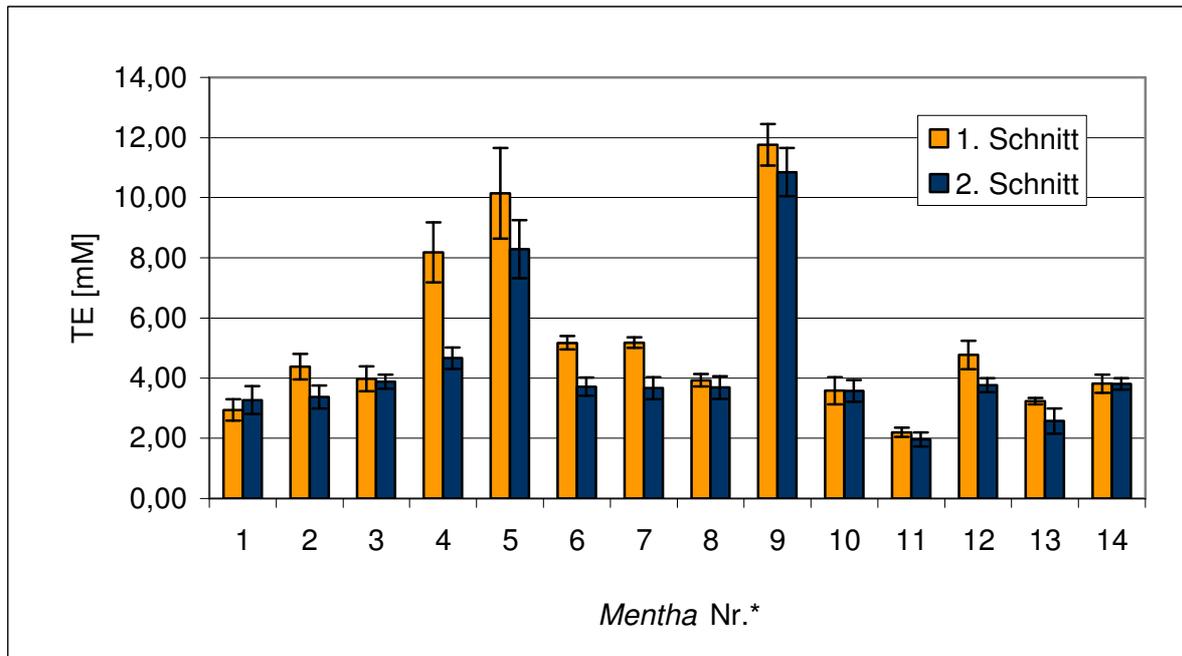


Abb. 51: TE der etherischen Öle, 1. und 2. Schnitt 2006

Anhand der Ölgehalte (Kap. 5.2.1) wurden die ermittelten TE umgerechnet und auf je 100 g Blattdroge der jeweiligen Minze bezogen (Abb. 52 und Anhang 11).

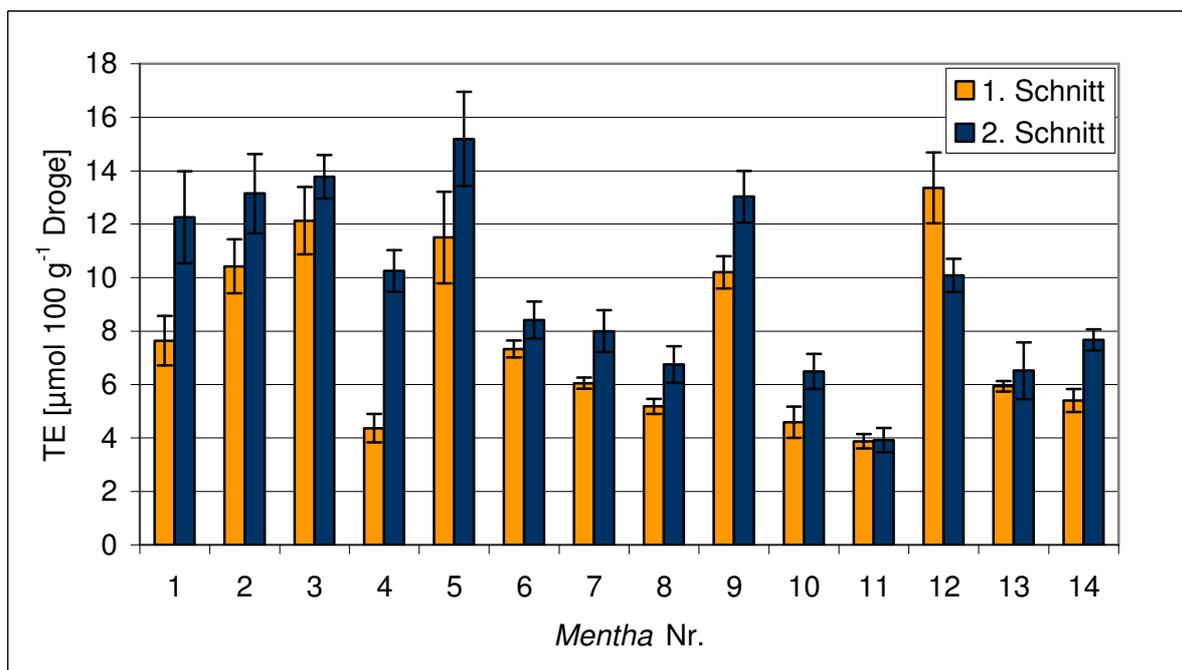


Abb. 52: TE der etherischen Öle in 100 g Blattdroge, 1. und 2. Schnitt 2006

Bezogen auf 100 g Blattdroge wies *Mentha* Nr. 5 im 2. Schnitt mit 15 µmol die insgesamt höchsten TE auf. Es folgten der 2. Schnitt von *Mentha* Nr. 3, der 1. Schnitt von *Mentha* Nr. 12, die 2. Schnitte von *Mentha* Nr. 2, 9 und 1 sowie der 1. Schnitt

von *Mentha* Nr. 3 mit TE zwischen 12 und 14 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge. Die TE des 2. Schnittes der *Mentha* Nr. 4 und 12 sowie der 1. Schnitt der *Mentha* Nr. 5, 9 und 2 lagen zwischen 10 und 12 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge. TE von weniger als 4 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge wies *Mentha* Nr. 11 in beiden Schnitten auf. Die TE der Öle anderer Minzen lagen im Bereich 4-10 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge.

Mentha Nr. 12, 3 und 5 gehörten im 1. Schnitt zu der Gruppe mit den höchsten TE. Im 2. Schnitt wies *Mentha* Nr. 5 die höchsten TE bezogen auf die Blattdroge auf, gefolgt von *Mentha* Nr. 2, 3 und 9. Die niedrigsten TE wies in beiden Schnitten *Mentha* Nr. 11 auf.

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse (siehe Anhang 11) zeigte erneut, dass „*Mentha*-Spezies“ und „Schnitt“ einen hoch signifikanten Einfluss auf die TE – bezogen auf die Blattdroge – ausübten und dass zwischen beiden Faktoren hoch signifikante Wechselwirkungen bestanden; die Berechnung von Mittelwerten über beide Schnitte und die Berechnung der Grenzdifferenz war daher nicht zulässig.

Bezogen auf die Blattdroge wurden im 2. Schnitt höhere TE erzielt als im 1. Schnitt. Lediglich *Mentha* Nr. 12 wies im 1. Schnitt höhere TE auf, *Mentha* Nr. 11 erzielte in beiden Schnitten etwa gleich hohe TE.

Vergleich zwischen Jahren und Schnitten

Sofern von den ausgewählten *Mentha*-Spezies Öl aus Blattdroge des Jahres 2005 vorhanden war, wurde dieses zum Vergleich beider Anbaujahre im ABTS-Testsystem eingesetzt. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abb. 53 im Vergleich mit den Ergebnissen des Jahres 2006 dargestellt.

Da nicht ausreichend Öl vorhanden war, konnten von *Mentha* Nr. 9, 1. Schnitt 2005 keine, von *Mentha* Nr. 5, 2. Schnitt 2005 lediglich drei anstelle von sechs Messungen durchgeführt werden. Aufgrund der fehlenden Werte konnte keine Varianzanalyse durchgeführt werden. *Mentha* Nr. 11 konnte im Jahr 2005 nur einmal geerntet werden.

Der Vergleich zwischen den Jahren 2005 und 2006 sowie den beiden Schnitten zeigt, dass sich alle ermittelten Werte für die einzelnen Spezies in etwa in der gleichen Größenordnung bewegten. Eine Ausnahme stellt das Öl der *Mentha* Nr. 4 dar: im Vergleich zu anderen Schnitten mit TE von etwa 4 mM waren die TE des Öls aus dem 1. Schnitt 2006 mit 8 mM etwa doppelt so hoch. Mit Ausnahme der *Mentha* Nr. 8 wiesen die Öle aller untersuchten *Mentha*-Arten im 1. Schnitt 2006 die jeweils

höchsten TE auf.

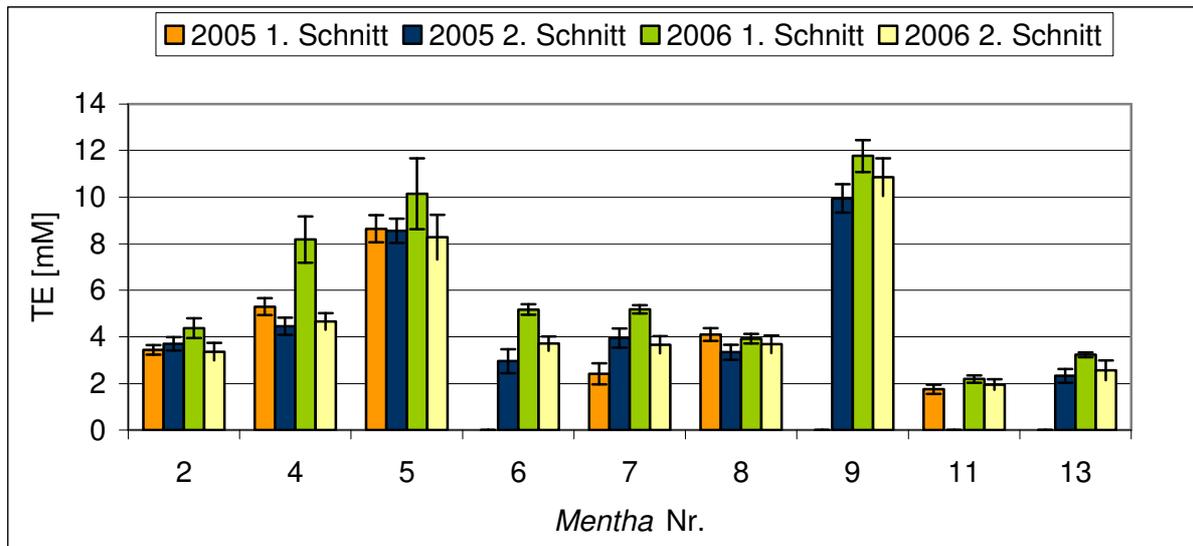


Abb. 53: TE der etherischen Öle, Jahre 2005 und 2006

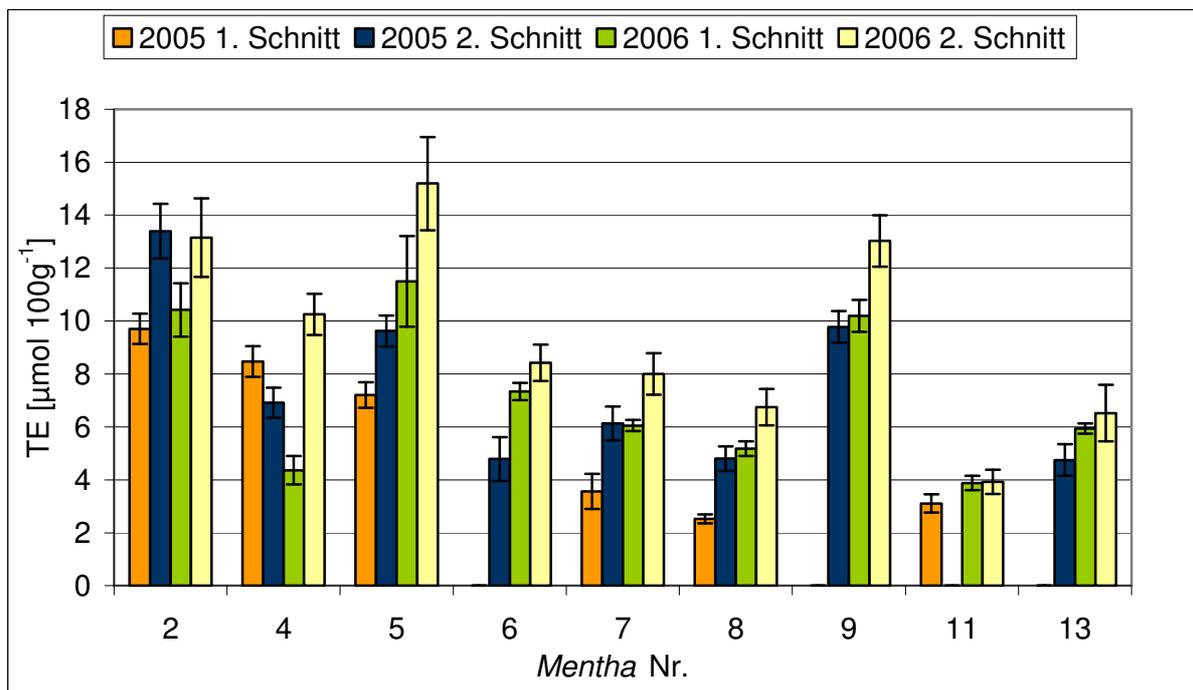


Abb. 54: TE der etherischen Öle mit Blattdroge als Bezugsbasis, Jahre 2005 und 2006

Tendenziell fielen die Werte von Ölen aus dem Jahr 2005 geringfügig niedriger aus, dies gilt jedoch nicht für die 2. Schnitte der *Mentha* Nr. 2, 5 und 7 sowie für den 1. Schnitt der *Mentha* Nr. 8, deren Öle aus dem Jahr 2005 bessere Ergebnisse zeigten.

Im Vergleich des 1. und 2. Schnittes 2005 fielen die TE der Öle von *Mentha* Nr. 4 und 8 im 1. Schnitt geringfügig höher aus; die Öle von *Mentha* Nr. 7 wiesen im 2. Schnitt deutlich höhere TE auf; die Öle der *Mentha* Nr. 2 und 5 unterschieden sich im 1. und 2. Schnitt 2005 nicht.

Bezogen auf die Blattdroge ergaben sich im Vergleich zwischen den Anbaujahren und Schnitten folgende Ergebnisse (Abb. 54):

Von den Ölen zweier Jahre erzielten *Mentha* Nr. 5 im 2. Schnitt 2006 mit etwa 15 μmol , *Mentha* Nr. 2 in beiden 2. Schnitten sowie *Mentha* Nr. 9 im 2. Schnitt 2006 mit ca. 13 μmol pro 100 g Blattdroge die höchsten TE. Es folgten der 1. Schnitt 2006 von *Mentha* Nr. 5 mit knapp 12 μmol . Die 1. Schnitte beider Jahre von *Mentha* Nr. 2, der 2. Schnitt 2006 von *Mentha* Nr. 4, der 2. Schnitt 2005 und der 1. Schnitt 2006 von *Mentha* Nr. 9 sowie der 2. Schnitt 2005 von *Mentha* Nr. 5 erzielten TE von etwa 10 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge. Die niedrigsten TE wiesen *Mentha* Nr. 8 und 7 im 1. Schnitt 2005 und *Mentha* Nr. 11 in allen Schnitten mit weniger als 4 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge auf. Die TE der weiteren Öle lagen im Bereich 4-10 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge.

Auch 2005 wiesen die Öle aus dem 2. Schnitt zumeist höhere TE pro 100 g Blattdroge auf als im 1. Schnitt; eine Ausnahme stellte *Mentha* Nr. 4 dar. Eine Erhöhung der TE um etwa 4 μmol im 2. Schnitt in beiden Anbaujahren verzeichnete *Mentha* Nr. 2. 100 g Blattdroge von *Mentha* Nr. 5, 6, 8, 9, 11 und 13 wiesen in beiden Schnitten 2006 höhere TE als in den 2005 geernteten Schnitten auf. Die TE des 2. Schnittes 2005 und des 1. Schnittes 2006 von *Mentha* Nr. 7 waren in etwa gleich.

Mentha Nr. 4 erzielte im 1. und 2. Schnitt 2005 um 4-2 $\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge höhere TE als im 1. Schnitt 2006. Im 2. Schnitt 2006 war ihre Blattdroge mit 10 $\mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ am stärksten wirksam.

5.3.2 Standardsubstanzen

Drei bis fünf Hauptsubstanzen der etherischen Öle, die in der Summe mindestens 60% der Gesamtpeakfläche einnahmen, wurden 10%ig in Ethanol verdünnt im ABTS-Testsystem eingesetzt, sofern sie als Standardsubstanzen erhältlich waren (Abb. 55). Der Peakflächenanteil der zum Vergleich von *Mentha* Nr. 9 verwendeten Substanzen betrug ca. 30%, da ihre Hauptkomponenten Piperitonoxid und D-Germacren nicht als Standards verfügbar waren. Aufgrund ihrer geringen Wirkung

wurden die Hauptkomponenten der Öle von *Mentha* Nr. 11 und 13 nicht eingesetzt. Der Reinheitsgrad der eingesetzten Substanzen lag – sofern Herstellerangaben darüber vorhanden waren – bei mindestens 90%. Lediglich Ocimen enthielt neben 70-75% cis-Ocimen auch 20-25% Limonen. Um auch prooxidative Effekte darstellen zu können, werden in den Abbildungen anstelle der TE die Absorptionsdifferenzen (AD) gezeigt.

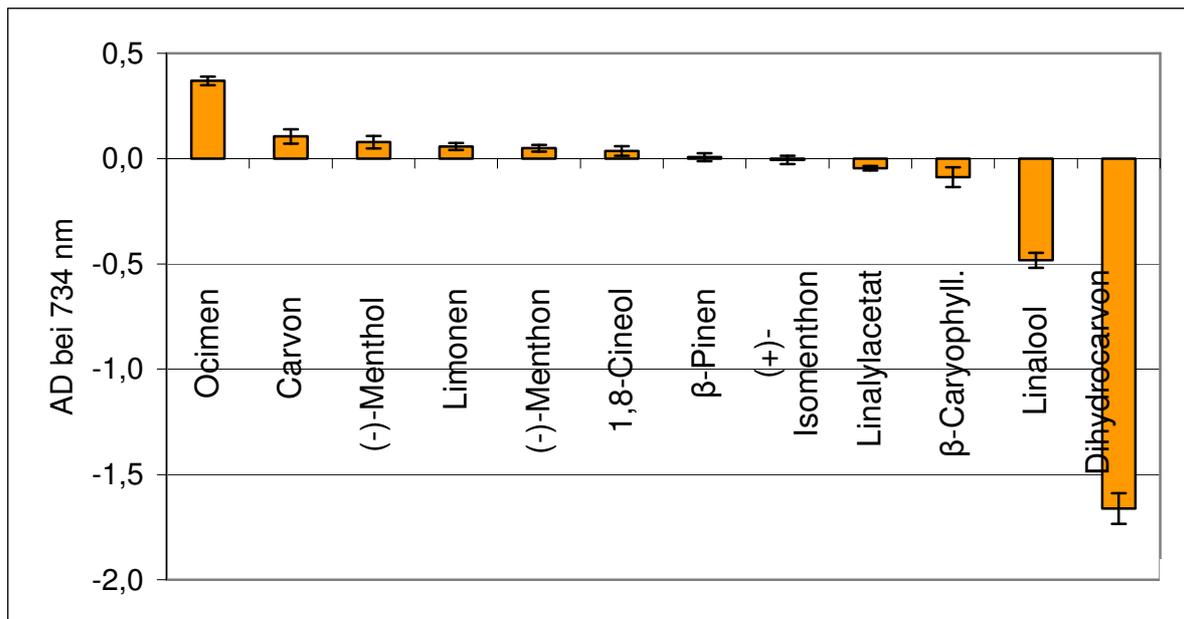


Abb. 55: Standardsubstanzen (10%ig) im ABTS-Testsystem

Deutlichen antioxidativen Effekt wies mit einer AD von 0,37 u (entspricht TE von ca. 200 μ M) ausschließlich Ocimen auf. Carvon und (-)-Menthol wirkten mit TE von etwa 30 bzw. 10 μ M tendenziell antioxidativ. Limonen, (-)-Menthon, 1,8-Cineol, β -Pinen und (+)-Isomenthon zeigten als Standardsubstanzen in 10%iger Verdünnung keine Effekte im ABTS-Testsystem.

Eine prooxidative Tendenz wurde bei Linalylacetat und β -Caryophyllen (AD -0,05 bzw. -0,09 u) beobachtet. Deutlich prooxidativ wirkte Linalool (AD -0,48 u). Eine sehr starke prooxidative Wirkung im ABTS-Testsystem wies Dihydrocarvon mit einer AD von -1,66 u auf.

Die Standards Linalool, Linalylacetat, Carvon, 1,8-Cineol, Ocimen, Dihydrocarvon und Menthol wurden außerdem in den Konzentration 0,1%, 0,5%, 1% und 5% im ABTS-Testsystem eingesetzt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

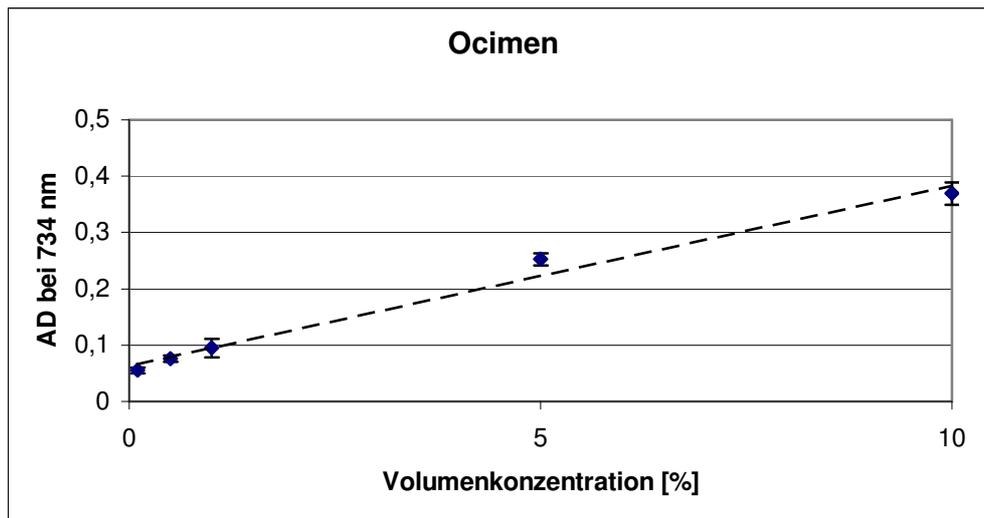


Abb. 56: ABTS-Testsystem: Einfluss von Ocimen

Ocimen (Abb. 56) zeigte als einzige der untersuchten Substanzen eine antioxidative Wirkung in linearem Zusammenhang mit der Konzentration. Bei einer Konzentration von 5% wurden TE von ca. 150 μM gemessen, bei 10% etwa 200 μM .

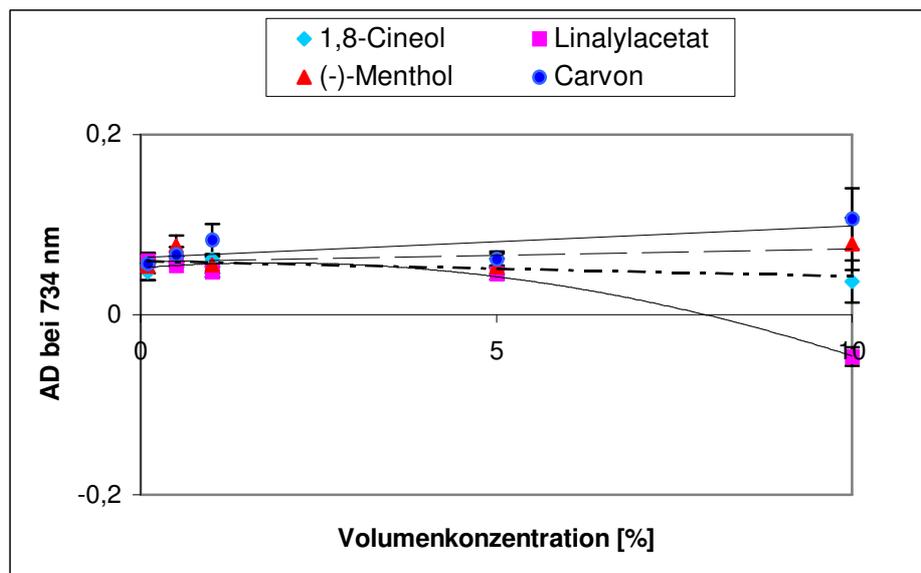


Abb. 57: ABTS-Testsystem: Einfluss von 1,8-Cineol, Linalylacetat, (-)-Menthol und Carvon

1,8-Cineol, (-)-Menthol und Carvon (Abb. 57) übten in keiner der eingesetzten Konzentrationen einen Einfluss aus. Linalylacetat zeigte in 10%iger Volumenkonzentration eine leicht prooxidative Tendenz, in niedrigeren Konzentrationen konnte kein Einfluss festgestellt werden.

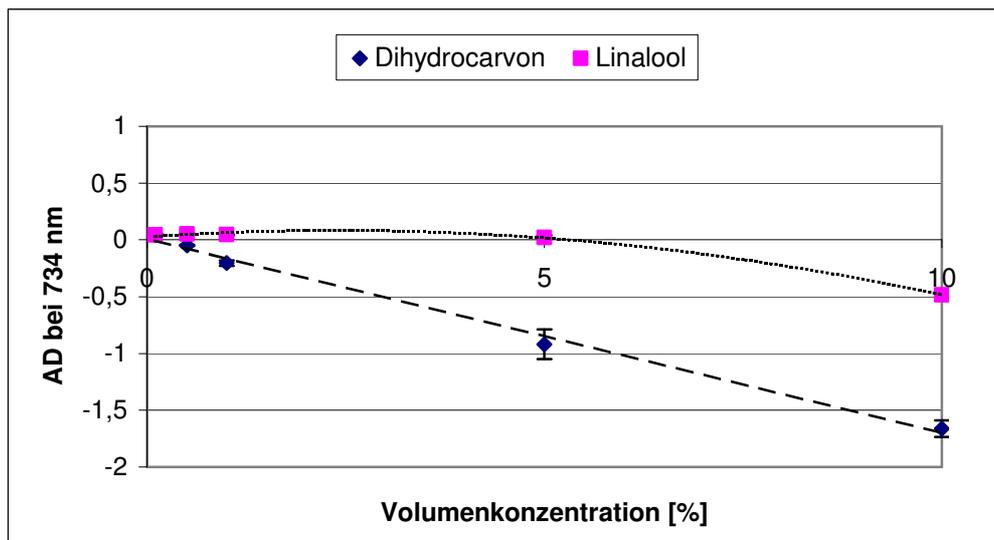


Abb. 58: ABTS-Testsystem: Einfluss von Linalool und Dihydrocarvon

Linalool (Abb. 58) wirkte in der Konzentration von 10% deutlich prooxidativ, bei Konzentrationen bis zu 5% war kein Effekt sichtbar.

Für Dihydrocarvon wurde ein linearer Zusammenhang zwischen Konzentration und Absorptionsdifferenz festgestellt. Während bei 0,1% kein Effekt messbar war, zeigten die höheren Konzentrationen eine prooxidative Wirkung.

5.3.3 Mischungen von Standardsubstanzen

Die Hauptsubstanzen der etherischen *Mentha*-Öle wurden als Mischungen von Standardsubstanzen, sofern diese vorhanden waren, im Verhältnis ihres Vorkommens im Öl im ABTS-Testsystem in 10%iger Konzentration eingesetzt.

Folgende Mischungen kamen zum Einsatz:

Mischung A: Linalool, Linalylacetat und 1,8-Cineol wurden im Verhältnis 8:4:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 eingesetzt.

Mischung B: (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, (-)-Menthol und 1,8-Cineol wurden im Verhältnis 10:2:2:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 eingesetzt.

Mischung C: (-)-Menthon, (-)-Menthol, 1,8-Cineol und (+)-Isomenthon wurden im Verhältnis 10:10:2:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 12 eingesetzt.

Mischung D: Linalool, β -Pinen, Ocimen und β -Caryophyllen wurden im Verhältnis 10:1:1:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 6 und 7 eingesetzt.

Mischung E: (-)-Menthon, Limonen, Ocimen und β -Caryophyllen wurden im Verhältnis 3:1:1:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 9 eingesetzt.

Mischung F: Carvon, Limonen, 1,8-Cineol, β -Caryophyllen und Dihydrocarvon wurden im Verhältnis 10:3:1:1:1 zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 4 eingesetzt.

Aufgrund der geringen Wirkung der Öle von *Mentha* Nr. 11 und 13 im ABTS-Testsystem wurde kein Vergleich mit Mischungen durchgeführt. Da Piperitenonoxid, die Hauptkomponente der *Mentha* Nr. 5 nicht erhältlich war, wurde auf einen Vergleich verzichtet. Auch D-Germacren, das im Öl von *Mentha* Nr. 4 und 9 in größerer Menge vorkommt, ist im Handel nicht erhältlich und konnte daher in den Mischungen nicht eingesetzt werden, ebenso Piperitonoxid, eine Komponente des Öls von *Mentha* Nr. 9.

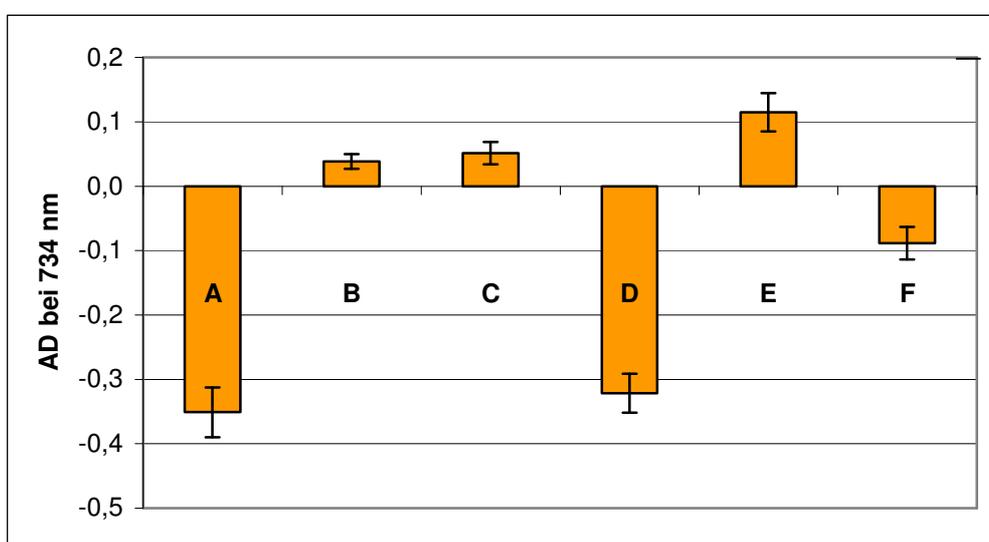


Abb. 59: ABTS-Testsystem: Einfluss der Mischungen von Reinsubstanzen

Die Mischungen A und D (Abb. 59) mit der Hauptkomponente Linalool zeigten deutlichen prooxidativen Einfluss. Tendenziell prooxidativ wirkte die Mischung F mit der Hauptkomponente Carvon sowie geringen Anteilen von Limonen, 1,8-Cineol, β -Caryophyllen und Dihydrocarvon. Die Mischung B, die vor allem (-)-Menthon enthielt, zeigte im ABTS-Testsystem keinen Effekt, ebenso die Mischung C mit (-)-Menthon und (-)-Menthol als Hauptkomponenten. Tendenziell antioxidativ wirkte die Mischung E, bestehend aus (-)-Menthon, Limonen, Ocimen und β -Caryophyllen, wobei die gemessene AD lediglich TE von etwa 35 μ M entspricht.

5.3.4 Einfluss der Ölkomponenten – Regressionsanalyse

Der Zusammenhang zwischen den Peakflächenanteilen der Ölkomponenten und den im ABTS-Testsystem ermittelten TE aller Öle wurde mittels Regressionsanalyse geprüft. Alle Komponenten, die in einem der Öle mehr als 1,0% der Gesamtfläche einnahmen, wurden auf einen linearen Zusammenhang mit den TE hin untersucht.

Dabei wurde festgestellt, dass zwischen den Peakflächenanteilen der meisten Ölkomponenten und den TE der Öle kein Zusammenhang besteht. Für β -Pinen, Ocimen, (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, β -Caryophyllen, (-)-Menthol sowie die Summe der häufig nicht getrennt integrierbaren Carvon und Piperiton wurden Bestimmtheitsmaße R^2 von weniger als 0,05 ermittelt. Auch zwischen den Peakflächenanteilen von Limonen ($R^2 = 0,14$, Steigung = 0,75) bzw. von 1,8-Cineol ($R^2 = 0,28$, Steigung = -0,37) und den TE der Öle konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Dies gilt auch für Linalool ($R^2 = 0,27$, Steigung = -4,96) und Linalylacetat ($R^2 = 0,15$, Steigung = -1,66), wobei dieses ausschließlich in den Ölen der *Mentha* Nr. 8, 10, 11, 13 und 14 vorkommt. Für Dihydrocarvon, das ausschließlich im Öl der *Mentha* Nr. 4 enthalten ist, konnte aufgrund zu weniger Werte keine Aussage getroffen werden, ebenso für Decylacetat, Terpinylacetat, Piperitonoxid, Piperitenonoxid sowie die n. i. Substanz Nr. 104.

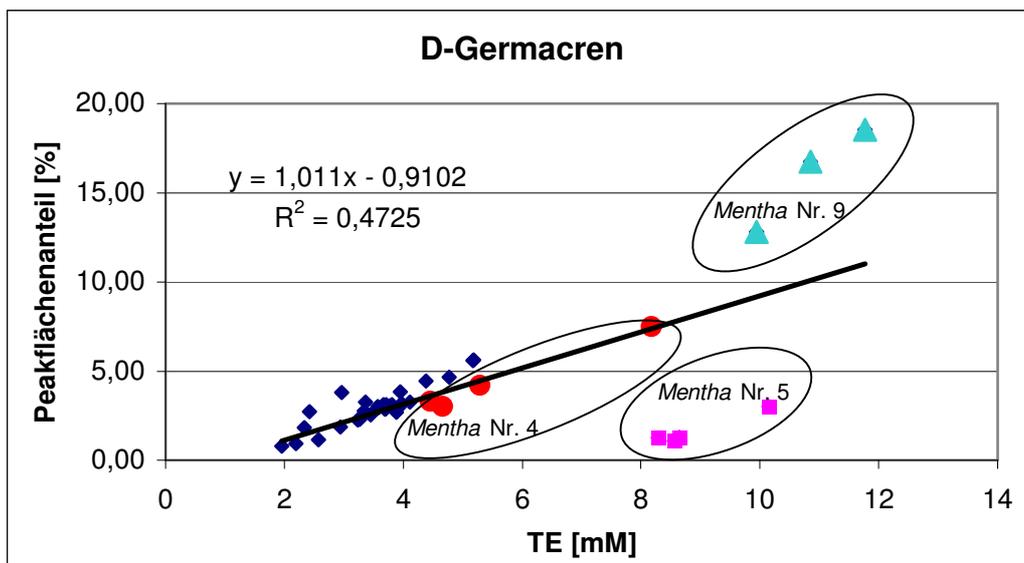


Abb. 60: Korrelation von D-Germacren-Gehalt und TE der etherischen Öle

Abb. 60 zeigt die Regressionsgerade der Peakflächenanteile von D-Germacren und der im ABTS-Testsystem ermittelten TE der etherischen Öle verschiedener *Mentha*-

Spezies. *Mentha* Nr. 9 wies gleichzeitig die höchsten TE und die höchsten Peakflächenanteile an D-Germacren auf. Auch das Öl aus dem 1. Schnitt 2006 der *Mentha* Nr. 4 wies gleichzeitig einen hohen D-Germacren-Anteil sowie hohe TE auf. Hohe TE bei gleichzeitig niedrigem D-Germacren-Gehalt zeigte *Mentha* Nr. 5. Ein Pulk mit TE zwischen 2 und 6 mM entspricht Peakflächenanteilen von 0,77-5,63%. Die TE und D-Germacren-Gehalte der etherischen Öle sind positiv korreliert.

5.4 LPO-Testsystem

Im LPO-Testsystem wurde untersucht, ob die etherischen Öle der ausgewählten *Mentha*-Arten die Lipidperoxidation im Blutplasma *in vitro* beeinflussen. Zum Vergleich wurde Trolox als Standard-Antioxidans in verschiedenen Konzentrationen im Testsystem eingesetzt.

Die an zwei Photometern bzw. Messtagen gemessenen Oxidationsverläufe der jeweils eingesetzten Testsubstanzen waren weitgehend gut reproduzierbar (Anhang 12). Bei Messungen in der Woche mit kühlen Außentemperaturen vom 13.02.2007 bis 18.02.2007 wurde am „Pharmacia LKB Biochrom“-Photometer im Vergleich zum „Thermo Spectronic Helios“-Photometer, an welchem die entsprechenden Messungen an späteren Terminen vorgenommen wurden, eine Verzögerung der Oxidation festgestellt. Dies betrifft die Öle der jeweils 2. Schnitte von *Mentha* Nr. 5, 6, 7, 8 und 9. Das „Thermo Spectronic Helios“-Photometer verfügt über eine Abdeckvorrichtung für die Messküvetten, weshalb durch die Aufheizung der Lampe höhere, doch weitgehend gleiche Temperaturbedingungen vorherrschen. Die Oxidationsverläufe im „Pharmacia LKB Biochrom“-Photometer werden durch die Temperatur im nicht klimatisierten Labor mit beeinflusst. Aufgrund der zum Teil schlechten Qualität der Deuterium-Lampe wurde am „Pharmacia LKB Biochrom“-Photometer häufig ein unruhiger Kurvenverlauf aufgezeichnet. Deshalb werden in der Folge ausschließlich die am Photometer „Thermo Spectronic Helios“ erzielten Ergebnisse dargestellt. Verglichen wurden bei jeder Messung jeweils zwei Ansätze von mit Öl inkubiertem Plasma und ein Kontrollansatz mit Plasma ohne Öl, welche mit Kupfer oxidiert wurden, außerdem die jeweiligen Ansätze ohne Kupferzusatz (Kontrollen).

Ziel war die Bestimmung der Lag-Phasen-Differenz von Ansätzen mit bzw. ohne Öl (Abb. 7). Da einige Oxidationskurven von Beginn der Messung an linear anstiegen

(Abb. 62), konnten für die verwendeten Öle bzw. Trolox-Konzentrationen keine Lag-Phasen-Differenzen bestimmt werden. Der Verlauf der Oxidationskurven im Vergleich zum Kontrollansatz mit Kupfer und ohne Öl- bzw. Trolox-Zusatz gibt jedoch Aufschluss über die antioxidativen Eigenschaften der Testsubstanz.

Die Ergebnisse der Trolox-Konzentrationen 0,005 mM, 0,05 mM, 0,1 mM, 0,25 mM, 0,5 mM und 2,5 mM im Blutplasma von zwei Messtagen sind in Abb. 61 zusammengefasst.

Bei Inkubation des Plasmas mit 0,005 mM, 0,05 mM und 0,1 mM Trolox war eine Bestimmung der Lag-Phase nicht möglich. Der Verlauf der Oxidationskurve mit 0,005 mM Trolox zeigte im Vergleich zur Kontrolle keinen Unterschied, während bei 0,05 mM die Oxidation verglichen mit der Kontrolle geringfügig, bei 0,1 mM etwas stärker verzögert wurde. Nach Inkubation mit Trolox in den Konzentrationen 0,25 mM und 0,5 mM wurde die Oxidation deutlich verzögert. Die entsprechenden Lag-Phasen-Differenzen (Mittelwerte) im Vergleich zum Kontrollansatz betrugen 133 ± 26 min bzw. 329 ± 36 min. Für die 2,5 mM Trolox-Lösung konnte aufgrund einer Veränderung der Kinetik keine Lag-Phase ermittelt werden. Die Kontrollansätze ohne Kupferzusatz wiesen keine Oxidation auf.

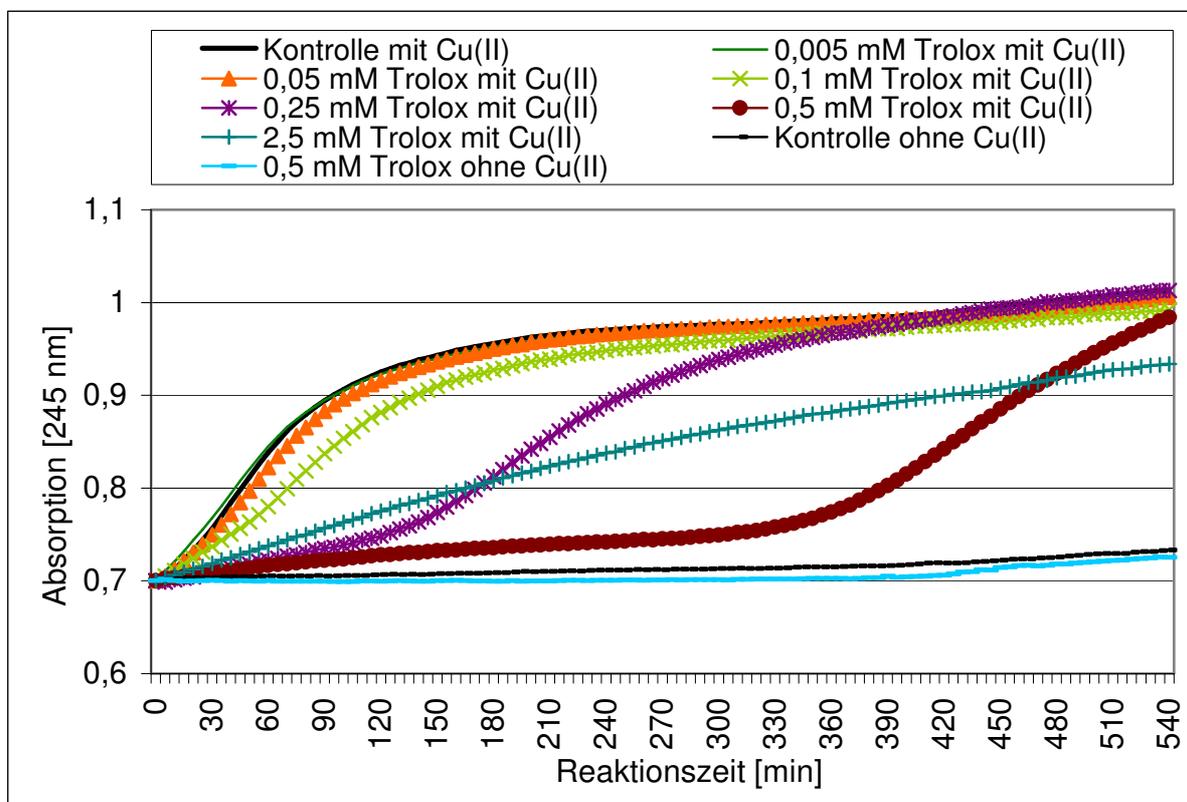


Abb. 61: Einfluss verschiedener Trolox-Konzentrationen im LPO-Testsystem

Die Konzentration der im Blutplasma inkubierten Öle betrug 0,1%. Das Öl der *Mentha* Nr. 4 wurde in 0,05%iger Konzentration inkubiert, da bei Konzentrationen von 0,1% im Plasma zu Messbeginn große Unterschiede im Absorptionsniveau auftraten.

Eine Bestimmung der Lag-Phasen war beim Einsatz der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 1, 3 und 14 (2. Schnitt) sowie 2 (1. Schnitt) nicht möglich. Bei Inkubation mit den genannten Ölen wurde jedoch eine geringfügige bis deutliche Verzögerung der Oxidation beobachtet, welche in etwa Trolox-Konzentrationen von 0,05-0,1 mM entspricht. Exemplarisch wird in Abb. 62 die Oxidationskurve von *Mentha* Nr. 1, 2. Schnitt dargestellt.

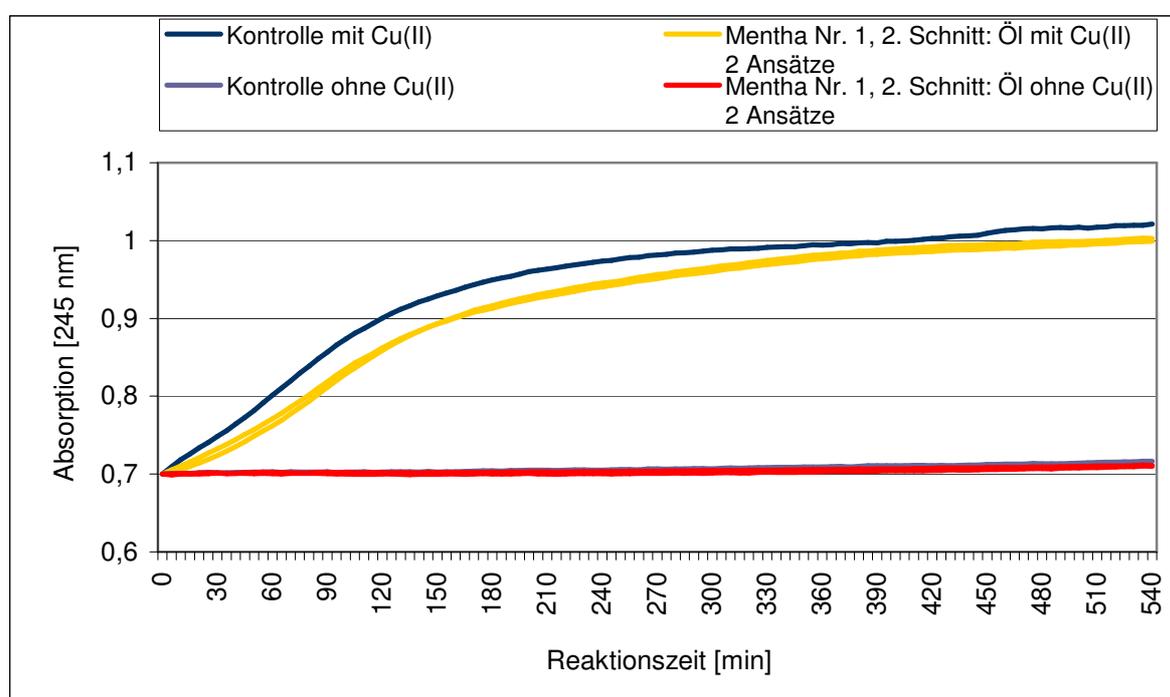


Abb. 62: Einfluss des etherischen Öls von *Mentha* Nr. 1, 2. Schnitt im LPO-Testsystem

Auch die Lag-Phasen der Öle von *Mentha* Nr. 5 und 9 konnten nicht bestimmt werden.

Das Öl von *Mentha* Nr. 9 zeigte eine sehr starke Hemmung der Oxidation (Abb. 63). Bei Inkubation mit dem Öl aus dem 1. Schnitt wurde in beiden Ansätzen mit Kupfer über den gesamten Messzeitraum von neun Stunden keine Zunahme der konjugierten Diene verzeichnet. Im Vergleich zur Absorption bei Messbeginn sank diese im Messverlauf ab. Auch beide Testansätze mit Öl ohne Kupfer wiesen im zeitlichen Verlauf im Vergleich mit dem Kontrollansatz ohne Kupferzugabe eine

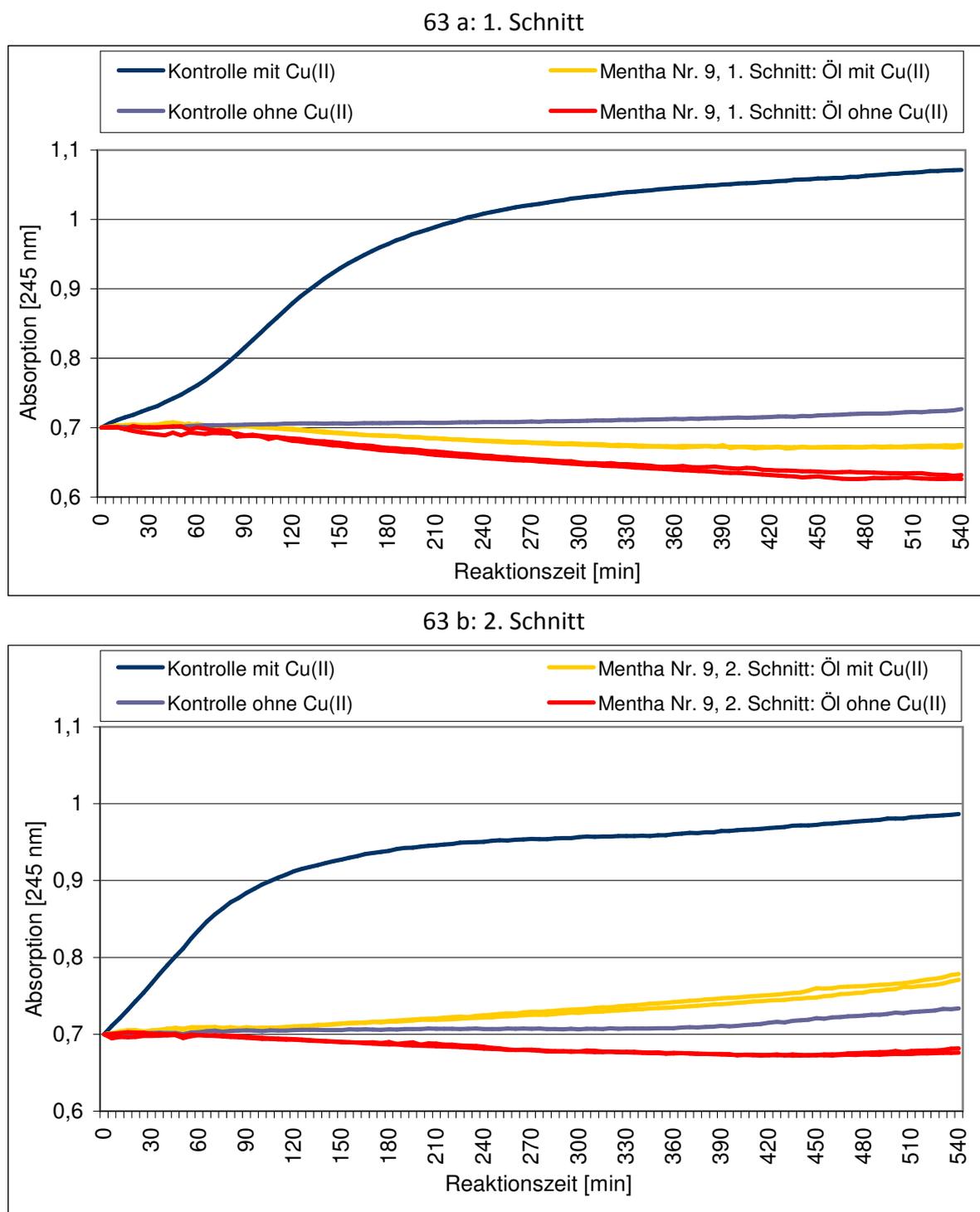


Abb. 63: (a + b) Einfluss der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 9 im LPO-Testsystem (1. und 2. Schnitt)

Abnahme der Absorption auf. Das Öl aus dem 2. Schnitt verzeichnete eine sehr starke Hemmung der Oxidation, wobei ein geringfügiger Anstieg der Absorption gegen Ende des Messzeitraumes erfolgte. Die Ansätze mit Öl ohne Kupfer wiesen im Vergleich zur Kontrolle eine niedrigere Absorption auf.

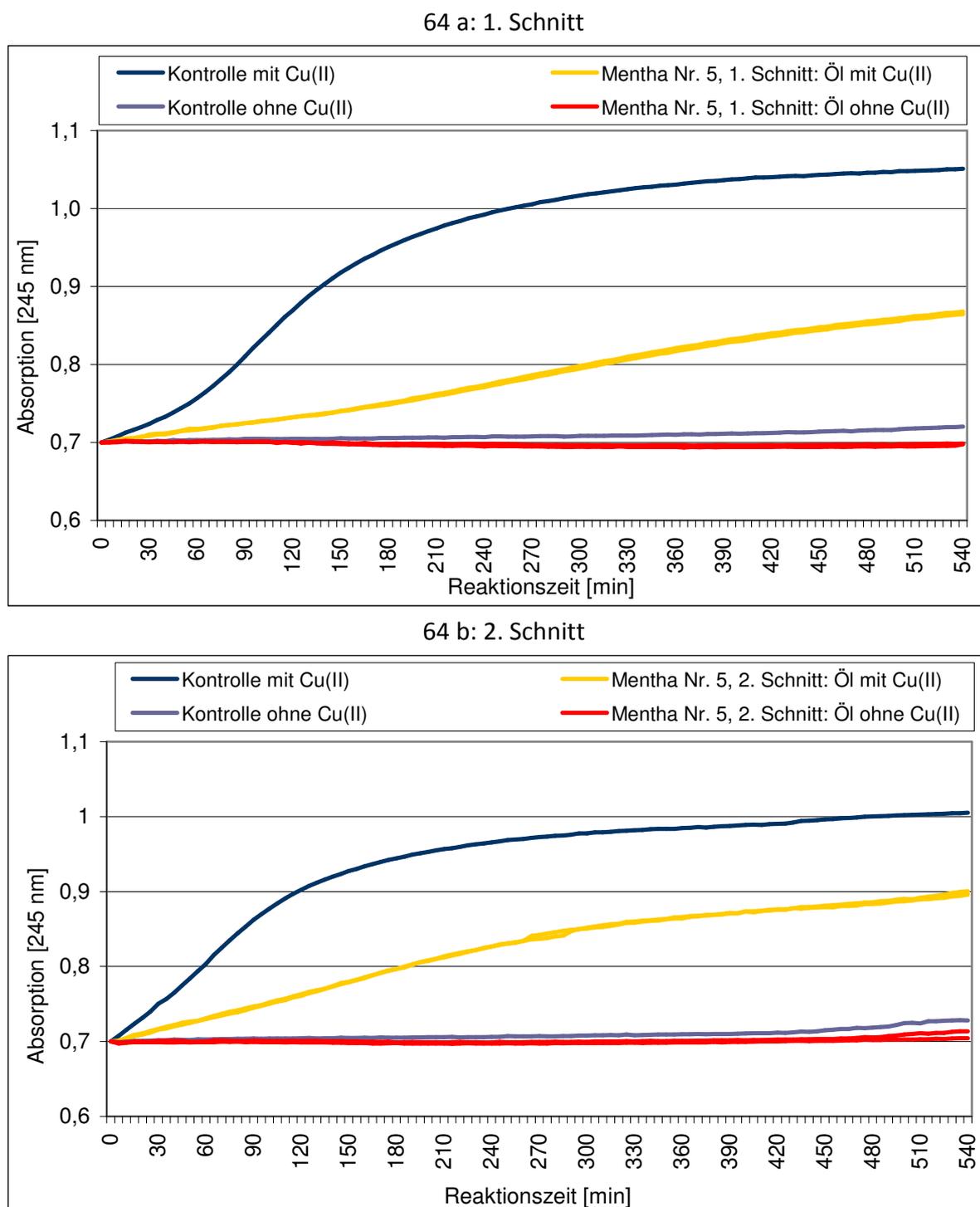
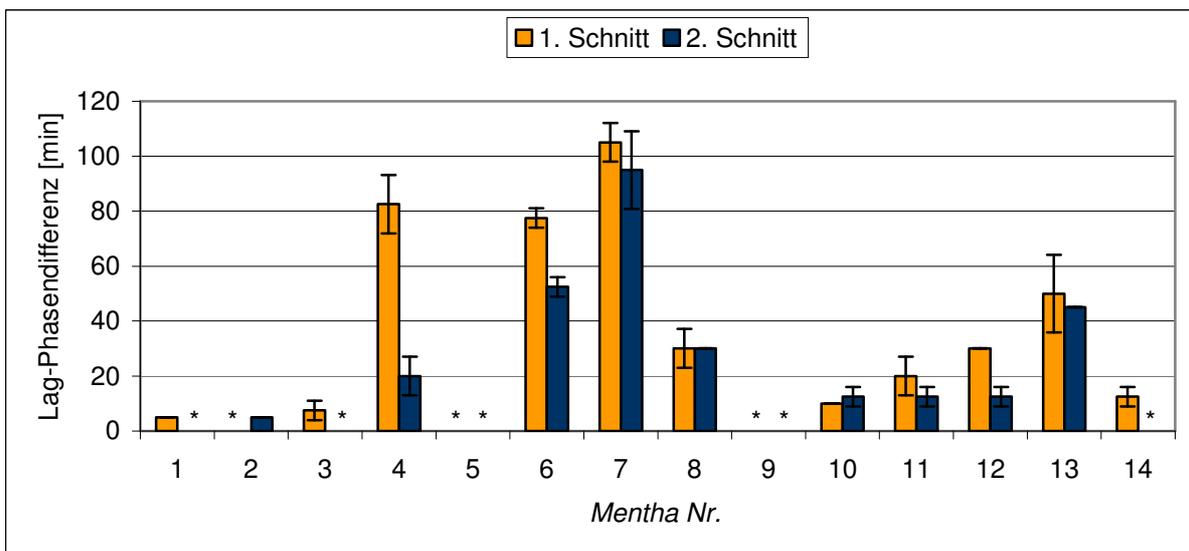


Abb. 64: (a + b) Einfluss der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 5 im LPO-Testsystem (1. und 2. Schnitt)

Die Öle beider Schnitte von *Mentha* Nr. 5 (Abb. 64) verzögerten die Oxidation im Vergleich zum Kontrollansatz beträchtlich, wobei die Verzögerung im 1. Schnitt deutlicher war als im 2. Schnitt. Durch die lineare Steigung der Oxidationskurven

konnten keine Lag-Phasen bestimmt werden. In den Kontrollansätzen ohne Kupfer wurde keine Veränderung der Absorption verzeichnet.

Der Vergleich der Lag-Phasen-Differenzen der weiteren *Mentha*-Spezies (Abb. 65) zeigt, dass die Öle aus 1. und 2. Schnitt der *Mentha* Nr. 7 mit einer Lag-Phasen-Differenz von ca. 100 min die Bildung konjugierter Diene am deutlichsten hemmten. Es folgten die Öle der *Mentha* Nr. 4, die anders als die Öle der anderen *Mentha*-Spezies in einer Konzentration von 0,05% statt 0,1% im Plasma eingesetzt wurden, und *Mentha* Nr. 6, jeweils 1. Schnitt, die die Lag-Phase um etwa 80 min verzögerten. Das Öl des 2. Schnittes von *Mentha* Nr. 6 wies eine Lag-Phasen-Differenz von etwa 50 min auf, die Öle beider Schnitte von *Mentha* Nr. 13 von 40-50 min. Mit 30-minütiger Verzögerung der Lag-Phase folgten die Öle beider Schnitte von *Mentha* Nr. 8 sowie der 1. Schnitt von *Mentha* Nr. 12. Die Öle der anderen *Mentha*-Spezies verzögerten die Lag-Phase um weniger als 20 min, wobei die Lag-Phase im 2. Schnitt von *Mentha* Nr. 10 sowie beider Schnitte von *Mentha* Nr. 11 sehr schwach ausgeprägt war. Die Öle der *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 wiesen mit wenigen Minuten Verzögerung die geringste Hemmung der Bildung konjugierter Diene auf.



* Lag-Phase nicht bestimmbar

Abb. 65: Einfluss der Öle verschiedener *Mentha*-Spezies im LPO-Testsystem

Die Öle aus dem 1. Schnitt der *Mentha* Nr. 4, 5, 6, 9 und 12 hemmten die Bildung konjugierter Diene stärker als die Öle aus dem 2. Schnitt. Besonders deutlich ausgeprägt war dieser Unterschied bei *Mentha* Nr. 4. Etwa gleich war die Wirkung der Öle beider Schnitte von *Mentha* Nr. 7, 8, 10, 11 und 13. In beiden Schnitten auf sehr niedrigem Niveau bewegte sich die Verzögerung durch die Öle von *Mentha* Nr.

1, 2, 3 und 14. Ein Vergleich der Oxidationskurven zeigt eine geringfügig stärkere Hemmung der Öle von *Mentha* Nr. 1 im 2. Schnitt, *Mentha* Nr. 2 im 1. Schnitt. Der Einfluss beider Schnitte der Öle von *Mentha* Nr. 3 und *Mentha* Nr. 14 war in etwa gleich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Öle der *Mentha* Nr. 5 und 9 die Lipidperoxidation im Blutplasma am stärksten hemmten. Eine starke Verzögerung der Oxidation bewirkten auch die Öle des 1. Schnittes 2006 von *Mentha* Nr. 4 sowie die Öle beider Schnitte von *Mentha* Nr. 6 und 7, etwas schwächer war der Einfluss von *Mentha* Nr. 13. Die Öle der weiteren untersuchten *Mentha*-Spezies wirkten sich im LPO-System lediglich geringfügig aus. Die Öle von *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 zeigten die geringste Wirkung.

Da lediglich für zwei der sechs Trolox-Vergleichslösungen im LPO-System eine Lag-Phase bestimmt werden konnte, war eine Berechnung der TE nicht möglich. Das Öl der *Mentha* Nr. 9 in einer Konzentration von 0,1% im Blutplasma verzögerte die Oxidation stärker als die 0,5 mM Trolox-Vergleichslösung. Die Oxidationsverzögerung der Öle von *Mentha* Nr. 4/1. Schnitt (0,05%ig im Blutplasma) sowie von *Mentha* Nr. 6, 7 und 13 (0,1%ig im Blutplasma) bewegte sich im Bereich zwischen den 0,1 mM und 0,25 mM Trolox-Lösungen.

6 Diskussion

6.1 Taxonomische Zuordnung

Die Gattung *Mentha* L. umfasst 25 Arten (Mabberley, 1987; Stahl-Biskup, 1993) mit ausgesprochen starker natürlicher, spontaner Hybridisierungstendenz (Senghas und Seybold, 1996). In ihrer Merkmalsausprägung schwanken die Hybriden zwischen den Eltern (Hammer, 2005). Obwohl die Bastarde weitgehend steril sind, sind sie durch starke Ausläuferbildung häufig vitaler als ihre Eltern und verdrängen diese. Das Vorkommen zahlreicher Sippen gestaltet die Bestimmung der Arten und Hybriden sehr schwierig. Senghas und Seybold (1996) verweisen im Bestimmungsbuch „Schmeil-Fitschen“ auf die beste neuere Zusammenfassung im Florenwerk „Rothmaler“ (Hammer, 2005).

Die eigene Bestimmung der ausgewählten *Mentha*-Spezies und -Hybriden anhand morphologischer Merkmale wurde daher größtenteils anhand von Hammer (2005) in „Rothmaler“ vorgenommen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Vertretern der Gattung *Mentha*, welche bei einer Verkostung frischer Minzen am Feld ein ungewöhnliches Aroma aufwiesen bzw. durch ihre Trivialnamen darauf schließen ließen. Eine Überprüfung der Richtigkeit ihrer botanischen Bezeichnung, sofern Angaben dazu vorlagen (siehe Tab. 2), war noch nicht erfolgt. Die zum Vergleich mit den *Mentha*-Spezies ausgewählten drei Pfefferminzen, *Mentha x piperita*, dürfen dagegen als taxonomisch zweifelsfrei identifiziert gelten.

Die mit den *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 gekennzeichneten Minzen weisen die nach Hammer (2005) typischen Merkmale der Pfefferminze, scheinährenförmige Blütenquirle und gestielte Blätter auf. Sie sind kaum behaart, die Blütenkelche sind am Grunde unbehaart. Das Aroma der Pflanzen ist typisch für Pfefferminze, was die Zusammensetzung ihrer etherischen Öle mit den Hauptkomponenten (-)-Menthon (etwa 50%) und (-)-Menthol (ca. 10-20%) bestätigt. Beide Ölkomponenten von Pfefferminze werden in der Literatur mehrfach genannt, so u. a. von Kokkini (1991), Court et al. (1993), Lawrence und Shu (1989) und Pank et al. (1994).

Auch bei der als „Schokoladenminze“ bezeichneten *Mentha* Nr. 12, für die kein botanischer Name angegeben wurde, handelt es sich um *Mentha x piperita*. Zwar lagen keine Blütenstände bzw. Einzelblüten für die taxonomische Bestimmung vor, die Pflanze weist jedoch einen ähnlichen Habitus wie *Mentha* Nr. 1, 2 und 3, gestielte

Blätter, kaum behaarte Stängel und Blätter sowie pfefferminztypisches Aroma auf. Ihre Haupt-Ölkomponenten sind (-)-Menthol und (-)-Menthon, wobei beide einen Peakflächenanteil von je ca. 30% aufweisen. Pfefferminzdroge mit ähnlicher Ölzusammensetzung, ebenfalls im Knospenstadium bzw. bei Blühbeginn geerntet, wird von Bomme et al. (2005), Pank et al. (1994) und Hölzl et al. (1974) beschrieben. (-)-Menthol und (-)-Menthon wurden bislang als Hauptinhaltsstoffe von *Mentha x piperita* und *Mentha arvensis* var. *piperascens* gefunden (Kokkini, 1991). Dass es sich bei *Mentha* Nr. 12 um *Mentha arvensis* handelt, wird ausgeschlossen, da diese größtenteils achselständige Infloreszenzen aufweist. Da im Knospenstadium geerntet wurde, hätten diese deutlich sichtbar sein müssen. *Mentha arvensis*-Öle weisen außerdem einen deutlich höheren (-)-Menthol-Anteil auf (Stahl-Biskup, 1993, Rajeswara Rao et al., 1999). Bei *Mentha* Nr. 12 handelt es sich demnach um eine *Mentha x piperita*, jedoch mit höherem (-)-Menthol-Gehalt als *Mentha* Nr. 1, 2 und 3.

Die Artenbezeichnungen von *Mentha* Nr. 4 und *Mentha* Nr. 5 lauteten „*Mentha rotundifolia*“, ihr Trivialname „Apfelminze“. Charakteristische morphologische Merkmale beider Minzen sind die als Scheinähren angeordneten Infloreszenzen, die sitzenden, höchstens kurz gestielten, rundlich-eiförmigen Blätter sowie der weichhaarig zottige Stängel, wobei *Mentha* Nr. 5 auch verzweigte Haare aufweist. Über die Fertilität von *Mentha* Nr. 4 und 5 liegen keine Kenntnisse vor. Während der Blattrand von *Mentha* Nr. 4 gesägt ist, ist jener von *Mentha* Nr. 5 scheinbar gekerbt mit nach unten gebogenen Zähnen. *Mentha* Nr. 4 weist weiße bis schwach lila gefärbte Blütenkronen auf, *Mentha* Nr. 5 weiße. Die Blattoberseite von *Mentha* Nr. 5 ist stark runzlig und weniger behaart, bei *Mentha* Nr. 4 glatter und stärker behaart. Bei *Mentha* Nr. 4 und 5 handelt es sich nach dem Bestimmungsschlüssel von Hammer (2005) nicht um die Hybride *Mentha x rotundifolia*, deren Blätter länglich-lanzettlich sind. *Mentha* Nr. 5 kann aufgrund ihrer morphologischen Merkmale der Art *Mentha suaveolens*, der Rundblättrigen Minze, zugeordnet werden. Früher wurde diese Art häufig mit dem Synonym *Mentha rotundifolia* bezeichnet. Bei *Mentha* Nr. 4 könnte es sich um die Hybride *Mentha x villosa*, die Apfelminze, handeln. Dafür sprechen ihre Blattrandsägung, Blütenfarbe und Behaarung. *Mentha x villosa*, eine Kreuzung *Mentha spicata x Mentha suaveolens*, ist in ihrem Äußeren sehr variabel, wobei alle Merkmalsstufen zwischen den Eltern vorkommen. Sie wird häufig mit *Mentha suaveolens* verwechselt, es kommen aber auch Ähnlichkeiten mit *Mentha x*

rotundifolia vor. Da *Mentha suaveolens* fertil, *Mentha x villosa* steril ist (Hammer, 2005), bedarf es für eine zweifelsfreie Zuordnung einer Überprüfung der Fertilität.

Die Betrachtung der Ölzusammensetzung ermöglicht im Hinblick auf die Bestimmung von *Mentha* Nr. 4 und 5 keine eindeutige Zuordnung. Hauptkomponente des Öls von *Mentha* Nr. 4 ist Carvon, Limonen ist die Komponente mit dem zweithöchsten Flächenanteil. Das Öl von *Mentha* Nr. 5 besteht dagegen zu über 80% aus Piperitenonoxid. Chemotypen mit hohem Anteil an Carvon werden in der Literatur für *Mentha suaveolens* (Kokkini, 1991), *Mentha x villosa* (Kokkini, 1991, de Abreu Matos et al., 1999) und weitere Minzen (Kokkini, 1991) beschrieben. Öle mit hohem Gehalt an Piperitenonoxid wurden u. a. bei *Mentha suaveolens* (Kokkini, 1991, Oumzil et al., 2002, Baser et al., 1999) und *Mentha x villosa* (de Abreu Matos et al., 1999) gefunden.

Mentha Nr. 6 und *Mentha* Nr. 7 wurden als Ingwerminzen mit dem botanischen Namen *Mentha gentilis* für diese Arbeit ausgewählt. Laut mündlicher Mitteilung der Fa. Martin Bauer GmbH & Co. KG vom Januar 2008 wurden *Mentha* Nr. 6 und 7 bei einer Clusteranalyse des Bundessortenamtes als *Mentha x gracilis* identifiziert. *Mentha x gracilis* ist der gebräuchliche Name für Hybriden von *Mentha arvensis x Mentha spicata*, häufig werden diese jedoch mit dem Synonym *Mentha x gentilis* auct. non L. benannt (Hammer, 2005).

Teuscher (2003) beschreibt *Mentha x gentilis*-Hybriden als sehr formenreich. Eine Bestimmung der morphologisch sehr ähnlichen *Mentha* Nr. 6 und 7 nach dem Schlüssel von Hammer (2005) ist schwierig: Aufgrund der Anordnung der Blüten zu großteils achselständigen Scheinquirlen kann zunächst eine Zuordnung zur Hybridgruppe der Quirl-Minzen (*Mentha x verticillata* agg.) oder zu *Mentha arvensis* vorgenommen werden. Unterscheidungsmerkmale derselben sind für *Mentha arvensis* ein glockiger, kaum gefurchter Kelch mit dreieckig-eiförmigen Zähnen, die höchstens so lang wie breit sind, und eiförmige bis elliptisch-lanzettliche Blätter, die schwach gesägt bis gekerbt sind. Kennzeichen der Hybridgruppe *Mentha x verticillata* agg. ist dagegen ein röhriger bis glockiger, gefurchter Kelch mit dreieckig-lanzettlichen bis pfriemlichen Zähnen, die länger als breit sind. Die Blätter weisen abstehende Sägezähne auf. Die Blütenkelche von *Mentha* Nr. 6 und 7 sind ansatzweise glockig, kaum gefurcht mit eher lanzettlichen und etwa gleich langen wie breiten Zähnen. Die Blätter beider Minzen sind stark gesägt. Lässt man die

geringe Furchung der Blütenkelche außer Acht, so lassen die eher lanzettlichen als eiförmigen Zähne der Blütenkelche und die ausgeprägte Säugung auf eine Zugehörigkeit zur Hybridgruppe *Mentha x verticillata* agg. schließen.

Innerhalb der Hybridgruppe können *Mentha x verticillata* aufgrund des fehlenden Haarkranzes im Blütenschlund, *Mentha x dalmatica* und *Mentha x carinthiaca* aufgrund der am Grunde des Kelches fehlenden Behaarung ausgeschlossen werden. Als Alternativen verbleiben *Mentha x gracilis* und *Mentha x smithiana*, von denen *Mentha x gracilis* u. a. durch einen glockigen, seltener verlängert glockigen Kelch und mehr oder weniger dicht behaarte, oft verkahlende und am Grunde keilig verschmälerte Blätter gekennzeichnet ist. *Mentha x smithiana* hat röhrige Kelche und kahle oder fast kahle, am Grunde abgerundete Blätter. Die Stängel sind oft stark rot überlaufen (Hammer, 2005). Die Kelchform von *Mentha* Nr. 6 und 7 ist eher glockig als röhrig, die Blätter sind nahezu kahl. Die Stängel beider Minzen weisen eine rote Anthocyanfärbung auf, was typisch für *Mentha x smithiana* ist, als Bestimmungsmerkmal für *Mentha x gracilis* jedoch nicht erwähnt wird. Ein Merkmal von *Mentha* Nr. 6 und 7 ist der keilförmig verschmälerte Blattspreitengrund, aufgrund dessen sie als *Mentha x gracilis* identifiziert werden. Dies entspricht den Angaben des Bundessortenamtes und erklärt plausibel die ursprüngliche botanische Bezeichnung mit dem Synonym *Mentha x gentilis*.

Mentha Nr. 6 und 7 wiesen eine nahezu identische Ölzusammensetzung mit der Hauptkomponente Linalool und geringeren Anteilen cis-Ocimen, β -Pinen und β -Caryophyllen auf. Linaloolreiche Chemotypen werden von *Mentha arvensis* (Kokkini, 1991) und *Mentha x gentilis* (Lawrence und Morton, 1972) beschrieben. Ein von Sato et al. (1996) beschriebenes Öl einer Ingwerminze (*Mentha gentilis* L. cv. Variegata) ist mit ca. 60% Linalool, 7% β -Pinen, 5% cis-Ocimen und 3% β -Caryophyllen sowie 2% D-Germacren etwa gleich zusammengesetzt wie die Öle der *Mentha* Nr. 6 und 7.

Dass *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 einer und derselben Art angehören, zeigen fast identische Morphologie und Inhaltsstoffe. Die Angaben zum botanischen Namen und Trivialnamen von *Mentha* Nr. 8 lauteten *Mentha citrata* bzw. Orangenminze. *Mentha* Nr. 10 wurde als *Mentha x piperita officinalis* bezeichnet, es wurde kein Trivialname angegeben. Für *Mentha* Nr. 14 lagen keine Angaben zur botanischen oder deutschen Bezeichnung vor. Anhand ihrer Öl-Hauptinhaltsstoffe Linalool (ca. 40%) und Linalylacetat (ca. 20%) kann ausgeschlossen werden, dass es sich bei den drei

Minzen um *Mentha x piperita officinalis* handelt. Die Zusammensetzung lässt jedoch mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf eine Zugehörigkeit zur Art *Mentha citrata* schließen. Die Haupt-Ölkomponenten dieser Art sind Linalool und Linalylacetat (Teuscher, 2003, Stahl-Biskup, 1993).

Mentha citrata gilt heute als allein durch Selektion aus *Mentha aquatica* entstanden, von der sie sich nur durch ein Gen für die Linalool- statt der Menthofuranbiosynthese und ein Gen für männliche Sterilität unterscheidet. Das korrekte infraspezifische Taxon ist bisher nicht bekannt (Tucker, 1986). *Mentha citrata* wurde früher auch als Nothomorphe von *Mentha x piperita* betrachtet. Die Art wird als steril und der Wasserminze *Mentha aquatica* ähnlich mit eiförmigen bis herzförmigen, kahlen oder schwach behaarten Blättern beschrieben (Teuscher, 2003). Hammer (2005) gibt keine Beschreibung der *Mentha citrata*. Die Wasserminze weist in seiner Beschreibung einen fast regelmäßig fünfzähligen Kelch ohne Haarkranz auf. Die Scheinquirle sind voneinander entfernt und am Ende des Stängels kopfig, darunter befinden sich noch bis zu drei entfernte Scheinquirle in den Blattachseln. Die Blütenkronen weisen im Schlund meist einen dichten Haarring auf, die Blätter sind eiförmig bis eiförmig lanzettlich, am Grunde abgerundet, herzförmig bis verschmälert. Die Morphologie der *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 stimmt mit dieser Beschreibung sehr gut überein. Im Blütenschlund sind diese Minzen jedoch unbehaart, was ein Unterscheidungsmerkmal zwischen *Mentha aquatica* und *Mentha citrata* darstellen könnte. Auffallend sind die kahlen Blätter – wie von Teuscher (2003) beschrieben – und Stängel. *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 werden daher aufgrund ihrer morphologischen Eigenschaften und Ölzusammensetzung als *Mentha citrata* bestimmt.

Linalool und Linalylacetat waren auch die Hauptkomponenten der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 11. Der Linalool-Anteil lag wie bei *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 bei etwa 40%, der Anteil von Linalylacetat betrug dagegen etwa 30%. Die botanische Bezeichnung dieser Minze lautete *Mentha piperita nepetoides*, Angaben zur deutschen Bezeichnung lagen nicht vor.

Eine exakte Bestimmung der *Mentha* Nr. 11 wird dadurch erschwert, dass von dieser Minze keine Blüten zur Verfügung standen. Eine Angehörigkeit zur Gruppe der Quirlminzen sowie zur Art *Mentha arvensis* kann jedoch aufgrund der fehlenden Knospen in den Blattachseln ausgeschlossen werden. Kennzeichen der Artengruppe „Grüne Minze“ sind sitzende Blätter, höchstens die unteren Blätter sind kurz gestielt

(Hammer, 2005). Da die unteren und oberen Blätter von *Mentha* Nr. 11 deutlich gestielt sind, kann auf eine Zugehörigkeit zur Hybridgruppe Pfefferminze oder zur Art *Mentha aquatica* bzw. der ähnlichen *Mentha citrata* geschlossen werden. Zur Hybridgruppe *Mentha x piperita* agg. zählen neben der Pfefferminze auch *Mentha x suavis* und *Mentha x dumetorum*. Auch die der letztgenannten sehr ähnliche *Mentha x nepetoides*, eine Kreuzung aus *Mentha aquatica x Mentha longifolia x Mentha suaveolens*, kommt möglicherweise in Deutschland vor (Hammer, 2005).

Dass es sich bei *Mentha* Nr. 11 um eine Pfefferminze handelt, wird aufgrund des untypischen Aromas ausgeschlossen. Kennzeichen der anderen Minzen dieser Hybridgruppe ist eine flaumige bis wollige Behaarung (Hammer, 2005). Blätter und Stängel der *Mentha* Nr. 11 sind jedoch nahezu unbehaart. Die bisher verwendete Artenbezeichnung *Mentha piperita nepetoides* erscheint daher nicht plausibel. Dagegen ist aufgrund der Ölzusammensetzung – Linalool/Linalylacetat-Chemotypen wurden für die Arten *Mentha longifolia*, *Mentha x spicata*, *Mentha citrata* und *Mentha arvensis* beschrieben (Kokkini, 1991) – eine Zugehörigkeit zur Art *Mentha citrata* ziemlich sicher. Dafür sprechen auch die nahezu fehlende Behaarung und die breit eiförmigen, am Grunde herzförmigen Blätter. Eine eindeutige Zuordnung ist aufgrund der nicht bestimmbareren Blütenmerkmale jedoch nicht möglich.

Mentha Nr. 9 wurde als *Mentha x piperita* var. *citrata* mit der Trivialbezeichnung Limonenminze in diese Arbeit aufgenommen. Die scheinährenförmigen Infloreszenzen und die Ölzusammensetzung – Hauptkomponenten waren Piperitonoxid, (-)-Menthon und D-Germacren – zeigen jedoch, dass eine Zugehörigkeit zur Art *Mentha citrata* unwahrscheinlich ist. Mit Sicherheit kann diese Minze der Hybridgruppe *Mentha x piperita* agg. zugeordnet werden: neben der dafür typischen Form des Blütenstandes weist sie außerdem im oberen Stängelbereich gestielte Blätter auf, was eine Zugehörigkeit zur Artengruppe *Mentha spicata* agg. ausschließt.

Um eine Pfefferminze handelt es sich bei *Mentha* Nr. 9 nicht, da diese fast oder ganz kahl ist und eine andere Ölzusammensetzung aufweist. Hammer (2005) nennt *Mentha x dumetorum* (*Mentha aquatica x Mentha longifolia*) und *Mentha x suavis* (*Mentha aquatica x Mentha suaveolens*) als weitere Hybriden in dieser Gruppe. Die erstgenannte hat länglich-eiförmige bis elliptische Blätter, die vorne mehr oder weniger spitz, am Grunde verschmälert oder abgerundet und in der Behaarung sehr wechselnd sind, aber immer ohne verzweigte Haare. Die Scheinähren sind

verlängert und locker bis kurz und dick. *Mentha x suavis* hat breit eiförmige, mehr oder weniger runzelige Blätter mit stumpfer Spitze, herzförmigem Grund, die oberseitig zerstreut und unterseitig flaumig-filzig mit einfachen und verzweigten Haaren behaart sind. Die oberen Scheinquirle sind kopfig gedrängt.

Eine eindeutige Zuordnung zu einer Art bzw. Hybride anhand des Schemas von Hammer (2005) ist nicht möglich. *Mentha* Nr. 9 weist eine größere Ähnlichkeit mit *Mentha x dumetorum* auf, hat aber breit eiförmige Blätter, die am Grunde herzförmig oder abgerundet sind. Sie enden mehr oder weniger spitz und sind mit unverzweigten Haaren bedeckt. Die oberen Scheinquirle sind ährenförmig.

Baser et al. (1999) und Kokkini (1991) beschreiben Chemotypen von *Mentha x dumetorum*, deren Haupt-Ölkomponente Piperitonoxid ist. Eindeutige Rückschlüsse auf die verwandtschaftlichen Beziehungen der *Mentha* Nr. 9 lässt die Ölzusammensetzung nicht zu, da die Hauptkomponente Piperitonoxid in Chemotypen von *Mentha longifolia* (Teuscher, 2003, Kokkini, 1991, Baser et al., 1999), *Mentha suaveolens* (Teuscher, 2003, Kokkini, 1991, Hendriks und Van Os, 1976) und *Mentha x spicata* (Karousou et al., 1998, Kokkini, 1991) gefunden wurde. Dass das Öl von *Mentha* Nr. 9 Menthofuran enthält, weist auf eine Verwandtschaft mit *Mentha aquatica* hin. Hybriden von *Mentha aquatica* charakterisiert immer das Vorhandensein einer mehr oder weniger hohen Menge Menthofuran (Kokkini, 1992).

Für *Mentha* Nr. 13 mit der deutschen Bezeichnung Lavendel-Minze wurde kein botanischer Artname angegeben. Hauptkomponente des etherischen Öls dieser Minze war Linalool, gefolgt von Terpinylacetat. Aufgrund ihrer Scheinquirle in den Achseln von Laubblättern kann diese Minze zweifelsfrei der Hybridgruppe *Mentha x verticillata* agg. zugeordnet werden.

Von der Quirlminze *Mentha x verticillata*, einer Kreuzung aus *Mentha citrata* x *Mentha arvensis*, wird ein Chemotyp mit Terpinylacetat als Hauptkomponente beschrieben. Um die Quirlminze handelt es sich bei *Mentha* Nr. 13 jedoch nicht, da diese einen röhrigen Kelch, eiförmig-elliptische Blätter und keinen Zitronengeruch aufweist. Da die Blütenkelche bis zum Grunde behaart sind, kann auch die Zugehörigkeit zu *Mentha x gracilis* und *Mentha x smithiana* ausgeschlossen werden, obwohl die am Grunde keilig verschmälerte, zugespitzte und mehr oder weniger lanzettliche Blattform von *Mentha* Nr. 13 jener der *Mentha* Nr. 6 und 7 (*Mentha x gracilis*) sehr ähnlich ist. Auch der Hybride *Mentha x carinthiaca*, der Kärntner-Minze,

kann *Mentha* Nr. 13 nicht zugeordnet werden, da diese am Stängel verzweigte Haare und am Grund meist abgerundete Blätter mit stark hervortretendem Nervennetz aufweist.

Bei *Mentha* Nr. 13 könnte es sich daher um *Mentha x dalmatica*, die Dalmatiner-Minze handeln, eine Hybride aus *Mentha arvensis x Mentha longifolia*. Die Blätter dieser Hybride sind beiderseits behaart bis verkahlend, mit sehr schwachen oder ohne Netznerven. Am Grunde sind sie meist verschmälert. Der Stängel weist nur einfache, mehr oder weniger glatte Haare auf (Hammer, 2005). Für eine Verwandtschaft mit *Mentha longifolia* spricht der hohe Anteil an Terpinylacetat, da eine chemische Rasse dieser Art mit Anteilen von ca. 40% Terpinylacetat in der Literatur ebenso beschrieben wird wie Chemotypen mit hohem Linaloolgehalt (Baser et al., 1999). Von *Mentha x dalmatica* wird ein Carvon/Dihydrocarvon-Chemotyp (Kokkini, 1991) und ein Menthol/Menthon/Menthylacetat-Typ (Chopra et al., 1964) beschrieben.

Nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich sowohl bei *Mentha* Nr. 9 als auch bei *Mentha* Nr. 13 um eines der zahlreichen interspezifischen Kreuzungs- bzw. Rückkreuzungsprodukte handelt.

Tab. 25 gibt einen Überblick über die botanische Zuordnung anhand der Morphologie und Haupt-Ölkomponenten der untersuchten *Mentha*-Arten.

Tab. 25: Botanische Zuordnung und Haupt-Ölkomponenten der ausgewählten *Mentha*-Spezies

Mentha Nr.	Botanische Bezeichnung	Haupt-Ölkomponenten
1	<i>Mentha x piperita</i>	(-)-Menthon, (-)-Menthol
2	<i>Mentha x piperita</i>	(-)-Menthon, (-)-Menthol
3	<i>Mentha x piperita</i>	(-)-Menthon, (-)-Menthol
4	* <i>Mentha x villosa</i>	Carvon, Limonen
5	<i>Mentha suaveolens</i>	Piperitenonoxid
6	<i>Mentha x gracilis</i>	Linalool, cis-Ocimen, β -Pinen, β -Caryophyllen
7	<i>Mentha x gracilis</i>	Linalool, cis-Ocimen, β -Pinen, β -Caryophyllen
8	<i>Mentha citrata</i>	Linalool, Linalylacetat
9	* <i>Mentha x dumetorum</i>	Piperitenonoxid, (-)-Menthon, D-Germacren
10	<i>Mentha citrata</i>	Linalool, Linalylacetat
11	* <i>Mentha citrata</i>	Linalool, Linalylacetat
12	<i>Mentha x piperita</i>	(-)-Menthon, (-)-Menthol
13	* <i>Mentha x dalmatica</i>	Linalool, Terpinylacetat
14	<i>Mentha citrata</i>	Linalool, Linalylacetat

* nicht sicher identifiziert

Der Vergleich zeigt, dass Tab. 2 somit, zumindest für einige Spezies, besser aufgeklärt werden kann: Insgesamt können vier der bisher verwendeten botanischen Bezeichnungen bestätigt werden (*Mentha* Nr. 1, 2, 3, 8). Drei der ausgewählten Minzen wurden bisher mit Synonymen der heute offiziell verwendeten Artnamen benannt (*Mentha* Nr. 5, 6 und 7). Für *Mentha* Nr. 12, 13 und 14 lagen keine botanischen Bezeichnungen vor; sie wurden neu bestimmt, wobei *Mentha* Nr. 13 nicht mit Sicherheit identifiziert werden konnte. Von den weiteren ausgewählten Minzen wurde *Mentha* Nr. 10 einer Art zugeordnet, *Mentha* Nr. 4, 9 und 11 wurden versuchsweise bestimmt. Für eine sichere Zuordnung sind zumindest die Erfassung der Blütenmerkmale (*Mentha* Nr. 11) sowie Kenntnisse über Fertilität (*Mentha* Nr. 4) und Chromosomenanzahl (*Mentha* Nr. 9 und 13) erforderlich. Als weitere Möglichkeit zur Bestimmung von *Mentha x dumetorum* nennen Celenk et al. (2008) die lichtmikroskopische Untersuchung des Pollens; dieser ist von anderen *Mentha*-Arten deutlich unterscheidbar. Eventuell kann auch die Durchführung von AFLP-Cluster-Analysen mit geeignetem Vergleichsmaterial Aufschluss geben.

Die Betrachtung der ausgewählten Minzen unter dem Gesichtspunkt der botanischen Bestimmung verdeutlicht einerseits, dass die verwendeten Bezeichnungen von *Mentha*-Arten bzw. -Hybriden stets kritisch hinterfragt werden müssen. Andererseits zeigt sie auch, dass eine Bestimmung unter ausschließlicher Verwendung der gängigen Florenwerke aufgrund der Vielfalt von Arten und Formen in der Gattung *Mentha* häufig nicht möglich ist.

6.2 Eignung für gewerbsmäßigen Anbau

Die Bewertung der Anbauwürdigkeit der ausgewählten *Mentha*-Spezies wird anhand der Parameter Frischmasse- und Drogenertrag, Blattanteil, Eintrocknungsverhältnis sowie Beobachtungen zu Auswinterung und Krankheitsbefall vorgenommen. Aufgrund der großen Anzahl insgesamt geprüfter Linien wurden die Ertragszahlen an einem Standort und in einer Anbauperiode (1. und 2. Standjahr) ohne Parzellenwiederholungen erfasst. Rückschlüsse auf gesicherte Ertragswerte können nicht gezogen werden, da der Einfluss von Standort und Witterung eines Anbaujahres nicht durch Mittelwertbildung und Standardabweichung sowie durch statistische Verfahren zur Fehlerberechnung ausgeschlossen werden kann. Die Daten können somit nicht absolut, sondern nur im Vergleich der *Mentha*-Spezies

betrachtet werden. Sie liefern lediglich Hinweise über eine grundsätzliche Eignung für den gewerbsmäßigen Anbau.

Die Pflanzung der Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1 und 3 erfolgte im Jahr 2006, während die anderen ausgewählten *Mentha*-Spezies 2005 gepflanzt wurden. Nach Feldversuchen der LfL (Bomme, 2004) liegen die Frischmasseerträge von Pfefferminze im Pflanzjahr zwischen 135 und 230 dt ha⁻¹, im Folgejahr zwischen 575 und 725 dt ha⁻¹. Das Standjahr übt also einen stärkeren Einfluss auf den erzielten Ertrag aus als die Witterung eines Jahres. Trotz unterschiedlicher Pflanzjahre werden daher die im 1. und 2. Standjahr ermittelten Ertragswerte einander gegenüber gestellt. *Mentha* Nr. 2, 6, 8, 9 und 13 verdoppelten im 2. Standjahr ihren Frischmasseertrag im Vergleich zum Pflanzjahr, *Mentha* Nr. 4 und 7 verdreifachten ihn. Ein ähnliches Bild boten auch die Drogenerträge im Pflanz- und Folgejahr. Hauptertragsjahr der untersuchten Minzen war somit mit Ausnahme der durch Auswinterung geschwächten *Mentha* Nr. 5 das 2. Standjahr.

Im Vergleich der verschiedenen Minzen zeigten die Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 ihren züchterischen Vorsprung und schnitten erwartungsgemäß gut ab: *Mentha* Nr. 2 erzielte von den untersuchten *Mentha*-Spezies, summiert über beide Standjahre, die insgesamt höchsten Frischmasseerträge. Obwohl das Kraut von *Mentha* Nr. 2 im 2. Standjahr in beiden Schnitten 3-4% nicht marktfähige Blätter enthielt, erzielte sie mit die höchsten Drogenerträge. Im Pflanzjahr wies *Mentha* Nr. 3 die höchsten Frischmasse- und Drogenerträge auf. Ein Mehлтаubefall im 2. Standjahr wirkte sich ertragsmindernd aus. Insgesamt erzielte *Mentha* Nr. 3 – gemeinsam mit *Mentha* Nr. 4 – den zweithöchsten Frischmasseertrag sowie mit die höchsten Drogenerträge. Bei *Mentha* Nr. 1 handelt es sich um eine von 14 Pfefferminz-Herkünften mit besonders guten Qualitätseigenschaften, die im Rahmen einer vierjährigen Leistungsprüfung an der LfL geprüft und als zu den drei besten gehörend bewertet wurde. *Mentha* Nr. 1 wird derzeit auch kommerziell angebaut. Die Anbauwürdigkeit dieser Minze steht somit außer Frage, wenn sie auch in den eigenen Untersuchungen schlechter abschnitt als die anderen Pfefferminzen. Im vierjährigen Durchschnitt der LfL-Versuche lag ihr Frischmasseertrag aus zwei Schnitten bei 1,5 kg m⁻² im 1. Standjahr und bei über 6,0 kg m⁻² im 2. Standjahr (Bomme et al., 2001), während er in den eigenen Untersuchungen, erfasst in drei Schnitten pro Standjahr, 2,2 kg m⁻² bzw. 4,2 kg m⁻² betrug. Der Drogenertrag zweier Schnitte betrug im vierjährigen Durchschnitt etwa 175 g m⁻² im Pflanzjahr und 500 g

m⁻² im 2. Standjahr. Mit 166 g m⁻² bzw. 322 g m⁻² in je zwei Schnitten war der Ertrag an Blattdroge im Pflanzjahr somit in etwa vergleichbar mit den von Bomme et al. (2001) ermittelten Werten, im 2. Standjahr lag er deutlich darunter. Zum schlechten Abschneiden trug der Mehлтаubefall im 2. Standjahr ebenso bei wie der mit 7% sehr hohe Anteil vergilbter und damit nicht marktfähiger Blätter. Der Frischmasseeertrag von *Mentha* Nr. 12, von der lediglich Ertragsdaten aus dem 2. Standjahr erfasst wurden, lag unter jenem von *Mentha* Nr. 1. Dies ist darauf zurückzuführen, dass von *Mentha* Nr. 12 nur zwei Schnitte geerntet werden konnten. Aufgrund des geringen Anteils nicht marktfähiger Blätter und sehr guter Eintrocknungsverhältnisse trotz Regens erzielte sie jedoch den im Vergleich der ausgewählten *Mentha*-Spezies zweithöchsten Drogenertrag im 2. Standjahr. Vom Anbau der *Mentha* Nr. 12 wird dennoch abgeraten, da diese 2006 stark mit Rost befallen war. Rost wirkt sich bei Pfefferminze stark ertragsmindernd aus und kann binnen kürzester Zeit ganze Bestände vernichten (Heeger, 1989). Die weiteren Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 können laut bisherigen Ergebnissen für den Anbau empfohlen werden. Die Mehltauanfälligkeit von *Mentha* Nr. 1 und 3 sollte jedoch bei der Standortwahl und der Auswahl des Kulturverfahrens berücksichtigt werden.

Die Frischmasse- und Drogenerträge der *Mentha* Nr. 4, vermutlich eine Hybride *Mentha x villosa*, übertrafen jene der Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1 und 12 deutlich. Insgesamt zählte der Drogenertrag mit zu den höchsten, die in zwei Jahren geerntete Kraut-Frischmasse war die zweithöchste. Dies ist in erster Linie auf die hohen Erträge im 2. Standjahr zurückzuführen, die trotz starker Auswinterung nach dem harten Winter 2005/2006 erzielt wurden. In beiden Standjahren war ein dreimaliger Schnitt möglich, wobei im Pflanzjahr der Frischmasseeertrag mit jedem Schnitt anstieg, im 2. Standjahr war er in den drei Schnitten sehr ausgeglichen. Dass die Pflanzen keine Rost- oder Mehltauanfälligkeit zeigten, unterstreicht die Eignung von *Mentha* Nr. 4 für den Anbau.

Die als *Mentha suaveolens* bestimmte *Mentha* Nr. 5 schnitt sowohl im Frischmasse- als auch im Drogenertrag von den in zwei Anbaujahren untersuchten Minzen insgesamt am schlechtesten ab. Zwar lagen die Erträge im Pflanzjahr geringfügig über jenen der anderen *Mentha*-Spezies (außer *Mentha* Nr. 2 und 3), im 2. Standjahr fielen sie jedoch nur unwesentlich höher als im 1. Standjahr aus. Ein Grund dafür ist mit Sicherheit die schlechte Überwinterung der Pflanzen in dem durch viele Frosttage und tiefe Temperaturminima geprägten Winter 2005/2006. Auch der Blattanteil an

der Frischmasse war bei *Mentha* Nr. 5 im 2. Standjahr in beiden Schnitten sehr gering. Dieser sollte jedoch möglichst hoch sein, da der Ölgehalt in den Stängeln unbedeutend ist (Pank et al., 1994) und aus diesem Grunde für die Teezubereitung Blattdroge verwendet wird. In beiden Jahren wies *Mentha* Nr. 5 ein gutes Eintrocknungsverhältnis auf, und der Anteil nicht marktfähiger Blätter war gering. *Mentha* Nr. 5 konnte in beiden Standjahren dreimal geschnitten werden. Die Frischmasseerträge der 3. Schnitte übertrafen jene aus der Summe von 1. und 2. Schnitt. Dass der Drogenertrag nur im 1. und 2. Schnitt erfasst wurde, wirkte sich auf das schlechte Abschneiden von *Mentha* Nr. 5 in diesem Parameter aus. Von einem Anbau von *Mentha* Nr. 5 unter südbayerischen Verhältnissen wird abgeraten. Eine Kultivierung in wärmeren Klimaten könnte sich dahingehend auswirken, dass *Mentha* Nr. 5 bei wärmeren Wintern und längerer Vegetationszeit nicht erst im 3. Schnitt höhere Erträge erzielt.

Der Ertrag der Ingwerminzen *Mentha* Nr. 6 und 7 lag im Vergleich mit den anderen *Mentha*-Spezies im oberen Mittel: der Frischmasseertrag beider Minzen war etwas höher als jener von *Mentha* Nr. 1. Auch der Drogenertrag bewegte sich in etwa derselben Größenordnung. Die Erträge im Pflanzjahr zählten mit zu den niedrigsten, wurden allerdings durch gute Erträge im 2. Standjahr ausgeglichen. Beide Minzen zeigten ein ähnliches Ertragsverhalten, wiesen einen hohen Blattanteil und ein gutes Eintrocknungsverhältnis auf. Im Pflanzjahr wurde der sehr schwache und damit nicht praxistaugliche erste Aufwuchs von *Mentha* Nr. 6 zunächst zurückgeschnitten. Sie konnte jedoch drei weitere Male geerntet werden. In den drei Schnitten wurden sehr ausgeglichene Frischmasseerträge erzielt. Der erste Aufwuchs von *Mentha* Nr. 7 im Pflanzjahr war etwas ausgiebiger und wurde daher für die Untersuchungen herangezogen. Der Ertrag war jedoch gering, während im 2. und 3. Schnitt die Frischmasseerträge höher und relativ ausgeglichen waren. Auch im Folgejahr wurde in den 1. Schnitten ein niedrigerer Ertrag als in den weiteren Schnitten erzielt. Dies hängt damit zusammen, dass in beiden Standjahren ausschließlich der 1. Schnitt im Knospenstadium durchgeführt wurde. Eine Ernte vor der Blüte war im 2. und 3. Schnitt nicht möglich, da die Knospen in den Blattachsen aller Insertionen angelegt sind und die untersten Knospen zuerst aufblühen. Um einheitliches Drogenmaterial zu ernten und höhere Erträge zu erzielen, empfiehlt sich daher eine Ernte des ersten Aufwuchses nach Blühbeginn. Sofern für die Teeproduktion ausschließlich Blattdroge gewünscht wird, muss berücksichtigt werden, dass neben den Stängeln auch die

Blüten aussortiert werden müssen. Im harten Winter 2005/2006 überwinterten *Mentha* Nr. 6 und 7 im Vergleich der ausgewählten *Mentha*-Spezies am besten. Eine höhere Frostresistenz als *Mentha x gracilis* zeigten *Mentha arvensis*, *Mentha longifolia* und *Mentha x verticillata*, die unter 108 in Litauen geprüften Minzen, darunter auch *Mentha x piperita* und *Mentha x dalmatica*, am besten abschnitten (Zhvinene, 1986).

Im 2. Standjahr wurde an *Mentha* Nr. 6 ein geringfügiger Mehltaubefall beobachtet. Der Befall hatte jedoch keinen Einfluss auf den Ertrag von *Mentha* Nr. 6, der im Vergleich zur nicht erkrankten *Mentha* Nr. 7 sogar etwas höher war. Eine Rosterkrankung der beiden Ingwerminzen wurde nicht festgestellt. Zu bedenken gilt im Anbau jedoch, dass die Uredosporen von *Puccinia menthae*, dem Erreger des Pfefferminzrostes, auf *Mentha x gracilis* überwintern (Edwards et al., 1999). Aus der Literatur ist eine Anfälligkeit von *Mentha x gracilis* für Virusinfektionen ersichtlich (Samad et al., 2000, Postman et al., 2004, Tzanetakis et al., 2005, Tzanetakis et al., 2006a, Tzanetakis et al., 2007). Die sogenannten „Variegata“-Symptome, das sind Streifen und Verfärbungen entlang der Blattadern, werden mit dem 2006 erstmals beschriebenen „Mint Virus X“ in Zusammenhang gebracht (Tzanetakis et al., 2006b). *Mentha* Nr. 6 und die als „Variegata“ bezeichnete *Mentha* Nr. 7 wurden im August 2005 an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, auf Virusbefall untersucht, wobei auf elf verschiedene Virose getestet wurde. Ein Befall wurde nicht nachgewiesen. Das Wachstum von *Mentha* Nr. 6 und 7 scheint zwar nicht durch einen Virusbefall beeinträchtigt zu sein, ein Befall mit Mint Virus X würde das unregelmäßige Auftreten der gelben Panaschierung jedoch plausibel erklären.

Die Ingwerminzen *Mentha* Nr. 6 und 7 sind insgesamt für den Anbau sehr gut geeignet, zumal sie relativ ertragreich und winterhart sind. Mit dem Ziel einer Ertragssteigerung kann dennoch der Versuch lohnen, über eine Meristemkultur virusfreies Pflanzenmaterial zu regenerieren. Da vegetativ vermehrte Pflanzen für Viruserkrankungen anfällig sind, ist die Wichtigkeit von virusfreiem Pflanzgut ein Aspekt, der alle *Mentha*-Spezies betrifft.

Von den Zitronenminzen *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 wies *Mentha* Nr. 8 das beste Ertragsverhalten auf. Ihr Frischmasseeertrag war im Pflanz- und Folgejahr in etwa gleich wie jener von *Mentha* Nr. 1. Der Drogenertrag fiel trotz eines hohen Blattanteils und eines guten Eintrocknungsverhältnisses niedriger als bei *Mentha* Nr.

1 aus, da der nicht verarbeitete 3. Schnitt im Pflanzjahr mehr als 44%, im 2. Standjahr mehr als 61% des Frischmasseertrages ausmachte. Im 2. Schnitt 2006 enthielt das Kraut von *Mentha* Nr. 8 zudem, anders als bei den anderen Zitronenminzen, fast 4% nicht marktfähige Blätter.

Im 2. Standjahr wurden auch die Erträge von *Mentha* Nr. 10, 11 und 14 erfasst: Die Frischmasseerträge waren nur wenig mehr als halb so hoch wie bei *Mentha* Nr. 8. Die Drogenerträge von *Mentha* Nr. 10 und 14 waren um ein Viertel niedriger als bei *Mentha* Nr. 8, bei *Mentha* Nr. 11 dagegen um etwa ein Viertel höher. *Mentha* Nr. 10 und 14 erzielten in drei durchgeführten Schnitten ausgeglichen niedrige Frischmasseerträge. Ein Ertragsanstieg im 3. Schnitt wie bei *Mentha* Nr. 8 erfolgte nicht, was auf sehr starken Rostbefall zurückzuführen ist. An *Mentha* Nr. 8 und 11 wurde keine Rost-Erkrankung festgestellt. *Mentha* Nr. 11 konnte insgesamt nur zweimal geerntet werden. Der Ertrag erreichte insgesamt das Niveau von *Mentha* Nr. 10 und 14.

Sehr anfällig zeigten sich die vier Zitronenminzen für Auswinterung. Eine weitere Vertreterin dieser Art, die BLBP Nr. 124, konnte nach einem Totalausfall im Winter 2005/2006 nicht in diese Arbeit aufgenommen werden. Besonders betroffen waren auch *Mentha* Nr. 8, 10 und 14, wobei sich die spät gepflanzten *Mentha* Nr. 10 und 14 weniger schnell erholten. Der geringe Ertrag im 2. Standjahr kann auf die erlittene Schwächung ebenso zurückzuführen sein wie eine vermehrte Anfälligkeit für Rostbefall. Da Auswinterungen dieses Ausmaßes für den Landwirt beträchtliche Einbußen nach sich ziehen, wird ein großflächiger Anbau der Zitronenminzen in unseren Klimaten nicht empfohlen. Von den geprüften Zitronenminzen fällt die Wahl auf *Mentha* Nr. 8 und 11: *Mentha* Nr. 8 lieferte die besten Erträge und *Mentha* Nr. 11 gute Erträge in weniger Schnitten, was einen geringeren Arbeitsaufwand für die Ernte bedeutet.

Die Frischmasseerträge von *Mentha* Nr. 9, vermutlich eine *Mentha x dumetorum*, waren annähernd gleich wie jene von *Mentha* Nr. 1. *Mentha* Nr. 9 konnte jedoch im Gegensatz zu dieser in beiden Anbaujahren nur zweimal geerntet werden. Der Drogenertrag fiel im Vergleich entsprechend höher aus und war insgesamt der vierthöchste. In beiden Jahren wurde im 1. Schnitt ein höherer Ertrag als im 2. Schnitt erzielt. Der Blattanteil an der Frischmasse war im Pflanzjahr deutlich höher. Im 2. Standjahr wurden in beiden Schnitten etwa 5% nicht marktfähige Blätter aus der Frischmasse aussortiert. *Mentha* Nr. 9 überwinterte gut, zeigte aber eine geringe

Mehltauanfälligkeit. Für den Anbau ist sie geeignet. Empfehlenswert ist eine Prüfung, ob die Ertragsdepression nach dem 1. Schnitt auf einen erhöhten Stickstoffbedarf zurückzuführen ist und ob sich die Anzahl der Schnitte sowie der Ertrag durch eine Anpassung der Düngung oder andere Kulturmaßnahmen verbessern lassen.

Mentha Nr. 13, bei der es sich um *Mentha x dalmatica* handeln könnte, erzielte Frischmasse- und Drogenerträge, die sich im Vergleich der untersuchten *Mentha*-Spezies im oberen Mittel befanden. Die Frischmasseerträge waren in ihrer Größenordnung vergleichbar mit jenen der Ingwerminzen, die Drogenerträge fielen geringfügig niedriger aus. Im Pflanzjahr wurden in drei Schnitten sehr ausgeglichene Erträge erzielt. Im Folgejahr wurde im zweiten von drei Schnitten der niedrigste Ertrag erzielt. Ein Einfluss durch die schlechte Überwinterung war nicht ersichtlich. Der Ende August 2006 beobachtete, leichte Mehltaubefall kann als Ursache für den geringen Ertrag im 2. Schnitt ausgeschlossen werden, da dieser am 18. Juli erfolgte. Außer im 1. Schnitt des 2. Standjahres, der ca. 3% nicht marktfähige Blätter enthielt, wies *Mentha* Nr. 13 einen hohen Blattanteil auf. Das Eintrocknungsverhältnis war – mit Ausnahme einer Ernte bei feuchter Witterung im 1. Schnitt des Pflanzjahres – gut. Wie die anderen Quirlminzen wurde *Mentha* Nr. 13 im 1. Schnitt bei Knospenansatz, im 2. Schnitt zur Blüte geerntet. Ein Anbau der *Mentha* Nr. 13 kann empfohlen werden. Um eine gleich bleibende Drogenqualität zu gewährleisten, sollte der 1. Schnitt jedoch zur Blüte erfolgen.

Da der Anbau der ausgewählten *Mentha*-Spezies nach einem für Pfefferminze optimierten Kulturverfahren (Bomme, 2004) erfolgte, kann eine Anpassung der Kulturmaßnahmen an die Spezies deutliche Verbesserungen im Ertrag bewirken. Bisherige Untersuchungen dazu beschränken sich nahezu auf Indien, wo Kothari et al. (1995) für *Mentha x gracilis* einen Reihenabstand von 60 cm und Stickstoffgaben von 245 kg ha⁻¹ empfehlen. Für *Mentha citrata* wird dagegen eine niedrigere Düngung angeraten: Die höchsten Krautfrischmasseerträge wurden bei Stickstoffgaben von 125 kg ha⁻¹ erzielt (Randhawa et al., 1984), die höchsten Kraut- und Ölerträge bei 100 kg ha⁻¹ (Singh et al., 1983). Die ausgewählten *Mentha*-Spezies wurden nach dem für Pfefferminze ermittelten Stickstoffentzug von 168 kg ha⁻¹ gedüngt (Bomme, 2001). Um z. B. eine Verbesserung des Ertragsverhaltens von *Mentha* Nr. 9 im 2. Schnitt und *Mentha* Nr. 8 in den frühen Schnitten zu erreichen, sollten vor Beginn eines Erwerbsanbaus Nährstoffbedarf und Anforderungen an das Kulturverfahren der *Mentha*-Arten unter hiesigen Bedingungen untersucht werden.

6.3 Etherische Öle

Allen Vertretern der Gattung *Mentha* L. ist gemeinsam, dass sie besonders in den Lamiaceendrüsenschuppen der Blätter etherische Öle enthalten (Wichtl, 2004; Stahl-Biskup, 1993). In den Drogen, die zur Herstellung wässriger Extrakte verwendet werden, nehmen etherische Öle als wertgebende Inhaltsstoffe einen bedeutenden Rang ein (Kiefl und Franz, 1998). Auch viele arzneilich genutzte *Mentha*-Arten, etwa Pfefferminze, Krauseminze, Rossminze, Bachminze und Japanische Minze (Stahl-Biskup, 1993), werden in Form eines Teeaufgusses von Blattdroge angewendet. Die Drogenqualität, also der Gehalt an etherischem Öl, wirkt sich dabei maßgeblich auf die Freisetzung des etherischen Öls in den Kräutertee aus (Kiefl und Franz, 1998). Aus Pfefferminz-Blattdroge geht das etherische Öl zu 21% (Duband et al., 1992), in einen optimalen Infus zu fast 50% und somit in therapeutisch relevanter Menge in den Tee über (Kiefl und Franz, 1998).

Zur Gewinnung der Blattdroge wurden die ausgewählten *Mentha*-Spezies im Knospenstadium geerntet. *Mentha* Nr. 4 und 5 befanden sich zum Zeitpunkt des 1. Schnittes 2005 bereits kurz vor der Blüte. Der 1. Schnitt 2006 von *Mentha* Nr. 4 erfolgte sehr früh im Knospenstadium. Bei Durchführung des 2. Schnittes standen die zur Gruppe der Quirlminzen gehörenden *Mentha* Nr. 6, 7 und 13 in der Blüte. Im Zuge dieser Arbeit wurden die etherischen Öle aus der Blattdroge zweier Schnitte 2006 von allen ausgewählten *Mentha*-Spezies, jene aus der Blattdroge zweier Schnitte 2005 von *Mentha* Nr. 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 13 quantitativ und qualitativ untersucht.

Ölgehalte

Die im Artenvergleich höchsten Ölgehalte erzielten mit deutlichem Abstand *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12, gefolgt von *Mentha* Nr. 13. Keine deutlichen Unterschiede im Ölgehalt wiesen *Mentha* Nr. 4, 6, 7, 8, 10, 11 und 14 auf. Am wenigsten Öl enthielt die Blattdroge von *Mentha* Nr. 5 und *Mentha* Nr. 9.

In den 1. Schnitten lagen die Ölgehalte der Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 bei ca. 2,4-3,1 ml 100 g⁻¹. In den 2. Schnitten enthielten *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 3,6-3,9 ml 100 g⁻¹, *Mentha* Nr. 12 ca. 2,7 ml 100 g⁻¹ Öl in der Blattdroge. Dies entspricht in etwa den Angaben von Bomme et al. (2001), die in einer mehrjährigen Leistungsprüfung von 14 Pfefferminzen im 1. Schnitt Ölgehalte von

2,2-2,9 ml 100 g⁻¹, im 2. Schnitt von 2,7-3,3 ml 100 g⁻¹ erzielten. Allgemein liegen die Angaben zum Ölgehalt von Pfefferminze bei 0,5-2 ml 100 g⁻¹ (Wichtl, 2004). Vereinzelt können auch hohe Ölerträge von über 4 ml 100 g⁻¹ (Stahn und Bomme, 1994), von speziellen Sorten von über 5 ml 100 g⁻¹ (Wichtl, 2004) erreicht werden. Die Ölgehalte der für diese Arbeit ausgewählten Pfefferminzen lagen somit im mittleren bis oberen Bereich der angegebenen Werte. Die als „Standardminze“ aus dem Sortiment der LfL ausgewählte *Mentha* Nr. 1 und die eigene Selektion vom Feld, *Mentha* Nr. 2, unterschieden sich im Ölgehalt kaum. Niedriger, aber in beiden Schnitten relativ einheitlich waren die Ölgehalte von *Mentha* Nr. 12. Einheitlich hohe Ölgehalte in beiden Schnitten wies die eigene Selektion aus Gewebekultur, *Mentha* Nr. 3 auf. Im Hinblick auf eine gleich bleibende Qualität der Blattdroge könnte dies, sofern es sich in weiteren Anbauversuchen bestätigt, einen Vorteil gegenüber anderen Pfefferminzen darstellen.

Mentha Nr. 13, bei der es sich um *Mentha x dalmatica* handeln könnte, schnitt nach den Pfefferminzen mit Ölgehalten von 1,8-2,5 ml 100 g⁻¹ am besten ab. Der im 1. Schnitt des 1. Standjahres gemessene, sehr niedrige Ölgehalt von etwa 0,3 ml 100 g⁻¹ ist mit Sicherheit auf die physiologische Unreife der Pflanzen zurückzuführen und kann durch eine spätere Ernte vermieden werden. Ein Zusammenhang der höheren Ölgehalte in den jeweils 2. Schnitten mit dem Pflanzenstadium ist wahrscheinlich, da die Pflanzen zu diesem Zeitpunkt in der Blüte standen. Mit zunehmender Wuchshöhe befinden sich bei dieser zur Gruppe der Quirlminzen gehörenden *Mentha*-Hybride Blüten unterschiedlichen physiologischen Alters in den Blattachsen, die im oberen Stängelabschnitt häufig noch im Knospenstadium, im mittleren und unteren Stängelbereich blühend oder bereits verblüht sind. Eine Ernte im Knospenstadium, wie sie bei der Gewinnung von Pfefferminz-Blattdroge zur Teeproduktion üblich ist, ist deshalb bei *Mentha* Nr. 13 – jedenfalls im 2. Schnitt – nicht möglich. Um eine möglichst einheitliche Drogenqualität zu erzielen, empfiehlt es sich daher, auch den 1. Ernteschnitt zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen. Vorteile eines später durchgeführten 1. Schnittes wären auch ein höherer Frischmasseertrag und ein höherer Ölgehalt der Pflanzen. Zur Ermittlung der optimalen Erntezeitpunkte bzw. -stadien sind in jedem Fall weitere Anbauversuche notwendig.

Die Blattdroge von *Mentha* Nr. 4, bei der es sich wahrscheinlich um *Mentha x villosa* handelt, enthielt 1,5 ml 100 g⁻¹ Öl in beiden Schnitten 2005 und 2,2 ml 100 g⁻¹ Öl im

2. Schnitt 2006. Die Ölausbeute zweier *Mentha x villosa*-Akzessionen lag bei 1,5% bzw. 1,4% (Gracindo et al., 2006), de Abreu Matos et al. (1999) fanden in 1 kg frischer Blätter 3 ml etherisches Öl. Bei einem angenommenen, bei dieser Art in eigenen Versuchen ermittelten Eintrocknungsverhältnis von 5:1 entspricht dies einem Ölgehalt von 1,5 ml 100 g⁻¹ Blattdroge und somit den eigenen Ergebnissen. Der Ölgehalt von 0,5 ml 100 g⁻¹ im 1. Schnitt 2006 ist sicherlich auf die Ernte im frühen Knospenstadium zurückzuführen. Während sich der frühe Schnitt auf die Ertragsparameter Kraut-Frischmasse- und Drogenenertrag zumindest nicht negativ auswirkte, zeigt sich, was den Ölgehalt betrifft, doch ein deutlicher Qualitätsunterschied zur kurz vor Blühbeginn geernteten Droge aus dem 1. Schnitt 2005.

Mentha Nr. 6 und 7, beide als *Mentha x gracilis* identifiziert, erzielten in den 1. Schnitten Ölgehalte von 1-1,5 ml 100 g⁻¹, in den 2. Schnitten von 1,5-2,2 ml 100 g⁻¹. Die bei voller Blüte gewonnene Blattdroge von *Mentha x gentilis* (syn. *Mentha x gracilis*) enthielt lediglich 0,3% Öl (Lawrence und Morton, 1972). Dies lässt vermuten, dass mittlerweile öltreichere Selektionen von *Mentha x gracilis* angebaut werden. Wie bei *Mentha* Nr. 13 ist auch bei beiden *Mentha x gracilis*-Hybriden ein Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsstadium der Pflanzen im 2. Schnitt und dem höheren Ölgehalt wahrscheinlich. Dass im Pflanzjahr keine Auswirkungen des Entwicklungsstadiums auf den Ölgehalt zu beobachten waren, kann damit zusammenhängen, dass die Pflanzen bei festgestellter Blüte baldmöglichst geerntet wurden. Für die Gewinnung von Ware bester Qualität ist die Untersuchung der Ölgehaltsentwicklung im Verlauf der Ontogenese und vor allem während verschiedener Blühstadien erforderlich.

Die als *Mentha citrata* bestimmten Mentha Nr. 8, 10, 11 und 14 enthielten im 1. Schnitt 2006 1,2-1,8 ml 100 g⁻¹ Öl in der Blattdroge, im 2. Schnitt 2006 1,8-2,0 ml 100 g⁻¹. Die Ölgehalte der vier untersuchten Zitronenminzen waren also relativ ähnlich, lediglich *Mentha* Nr. 11 enthielt geringfügig mehr Öl als die anderen Minzen. Ähnliche Ölgehalte erzielten die von Gracindo et al. (2006) untersuchten, *Mentha aquatica* zugeordneten Lavendel- bzw. Zitronenminzen mit 1,7% bzw. 1,3%. Der auch 2005 erfasste Ölgehalt von *Mentha* Nr. 8 betrug im 1. Schnitt sehr geringe 0,5 ml 100 g⁻¹, im 2. Schnitt etwa 1,5 ml 100 g⁻¹. Da die Blüte von *Mentha citrata* im Langtag induziert wird (Farooqi et al., 1999), besteht die Möglichkeit, dass eine frühere Pflanzung den Zeitraum bis zum Knospenansatz verlängert und folglich in

der Pflanze bis zum 1. Schnitt mehr Öl angereichert werden kann. Allgemein blieben die Ölgehalte der vier Zitronenminzen hinter den von Teuscher (2003) genannten 2,5% zurück. Dies könnte auf die günstigeren klimatischen Bedingungen in den Hauptanbauländern dieser Art, Italien und USA, zurückzuführen sein. Die Ernte von Zitronenminze erfolgt laut Teuscher (2003) vor Blühbeginn, was den eigenen Versuchen entspricht. Ein Zusammenhang der niedrigeren etherischen Ölgehalte mit dem Erntestadium kann also ausgeschlossen werden.

Die Ölgehalte von Mentha Nr. 5, einer *Mentha suaveolens*, lagen im Bereich von 0,8-1,1 ml 100 g⁻¹ in den 1. und 1,1-1,8 ml 100 g⁻¹ in den 2. Schnitten. Dass sich *Mentha* Nr. 5 zum Zeitpunkt des 1. Schnitts 2005 kurz vor der Blüte befand, wirkte sich – verglichen mit dem 2. Standjahr – auf den Ölgehalt nicht aus. Im Vergleich der *Mentha*-Arten befindet sich der Ölgehalt von *Mentha* Nr. 5 im unteren Bereich. Er bewegt sich jedoch im Rahmen der Literaturangaben für diese Art von 0,7% (Baser et al., 1999), 0,8% bzw. 0,9% (Gracindo et al., 2006), ca. 1% (Teuscher, 2003) und 1,2% (w/w) (Oumzil et al., 2002).

Mentha Nr. 9, vermutlich eine Hybride *Mentha x dumetorum*, wies im Artenvergleich die jeweils niedrigsten Ölgehalte von lediglich etwa 0,9-1,2 ml 100 g⁻¹ Blattdroge, im 1. Schnitt des 1. Standjahres enthielt sie nur 0,2 ml 100 g⁻¹ Öl. Ähnliche Ölgehalte für *Mentha x dumetorum* erwähnen Baser et al. (1999) mit 0,2-1,5%.

Aussagen über signifikante Unterschiede zwischen den Ölgehalten der *Mentha*-Arten können nicht abgeleitet werden, da aufgrund hochsignifikanter Wechselwirkungen mit den Faktoren „Schnitt“ und „Jahr“ keine Grenzdifferenz berechnet werden durfte. Auch ein klarer Einfluss des Schnittes und des Standjahres auf alle *Mentha*-Arten lässt sich wegen der hochsignifikanten Wechselwirkungen nicht ableiten. Tendenziell wurden in den 2. Schnitten jedoch höhere Ölgehalte als in den 1. Schnitten erzielt; im 2. Standjahr wurden höhere Ölgehalte als im 1. Standjahr gemessen.

Das Europäische Arzneibuch (PhEur, 2002) schreibt für Pfefferminzdroge einen Mindest-Ölgehalt von 1,2 ml 100 g⁻¹ Blattdroge vor. Dieser wird von den Pfefferminzen in allen untersuchten Proben deutlich überschritten. *Mentha* Nr. 2 lieferte im 1. Schnitt 2006 die Pfefferminz-Blattdroge mit dem niedrigsten Ölgehalt, der mit ca. 2,4 ml 100 g⁻¹ doppelt so hoch war wie vom Arzneibuch gefordert.

Setzt man den geforderten Ölgehalt für Pfefferminze auch als Qualitätskriterium für die anderen *Mentha*-Arten an, so stellt man fest, dass dieser vor allem in den 1. Schnitten häufig nicht eingehalten bzw. nur knapp überschritten wird. Die Öle von

Mentha Nr. 9 erreichten den geforderten Gehalt ausschließlich im 2. Schnitt 2006 mit 1,2 ml 100 g⁻¹, ebenso jene von *Mentha* Nr. 5 mit ca. 1,7 ml 100 g⁻¹. Auch die Ölgehalte von *Mentha* Nr. 8 und 13 lagen im 1. Schnitt 2005, jene von *Mentha* Nr. 4 und 7 im 1. Schnitt 2006 unter den Anforderungen.

Dies verdeutlicht den Züchtungs- und Forschungsvorsprung von Pfefferminze, bei der die Selektion auf hohen Ölgehalt bereits seit Jahrzehnten ein wichtiges Kriterium ist (Hölzl et al., 1974, Heeger, 1989), gegenüber den anderen untersuchten *Mentha*-Arten. Steigerungspotential für die Ölgehalte der untersuchten Minzen liegt vor allem in der Wahl des Erntezeitpunktes, insbesondere beim 1. Schnitt. Die 1. Ernte der zur Quirlminz-Gruppe gehörenden *Mentha* Nr. 6, 7 und 13 sollte nicht vor Blühbeginn erfolgen, zumal auch der 2. Schnitt nicht im Knospenstadium durchgeführt werden kann.

Zur Gewinnung von Blattdroge sollten die anderen *Mentha*-Arten weiterhin im Knospenstadium geschnitten werden. Sofern Witterung und Arbeitskapazität dies erlauben und die Blätter im unteren Stängelbereich noch nicht vergilben, empfiehlt sich eine Ernte möglichst kurz vor Blühbeginn. Die Ölgehalte von Pfefferminze, Krauseminze und Poleiminze sind zu Blühbeginn am höchsten (Heeger, 1989). Einen Anstieg des Ölgehaltes bis zum Blühbeginn/zur vollen Blüte stellten auch Hendriks und van Os (1976) bei *Mentha suaveolens* fest, wobei jedoch der Ölgehalt von Blättern einzelner Insertionen und nicht der gesamten Pflanze untersucht wurde. Der deutlich niedrigere Ölgehalt von *Mentha* Nr. 4 im 1. Schnitt 2006 ist durch eine spätere Ernte, jener von *Mentha* Nr. 8 im 1. Schnitt 2005 durch eine frühere Pflanzung wahrscheinlich vermeidbar. Die in beiden Schnitten beider Standjahre niedrigen Ölgehalte von *Mentha* Nr. 5 und 9 sind sicherlich genetisch bedingt und daher in erster Linie durch züchterische Maßnahmen zu verbessern.

Ölzusammensetzung

In den etherischen Ölen der untersuchten *Mentha*-Arten wurden insgesamt 107 verschiedene Komponenten detektiert, von denen 64 eindeutig und weitere sieben versuchsweise identifiziert wurden. Von zwölf Ölkomponenten war die Identifizierung des korrekten Isomers nicht möglich. Alle Ölkomponenten mit einem Flächenanteil von über 4% wurden zugeordnet. Schwierig gestaltete sich die Identifizierung vieler Sesquiterpene, welche häufig ein sehr uniformes Massenspektrum aufweisen und jeweils nur in sehr geringer Menge in den Ölen vorkamen.

Charakteristisch für die etherischen Öle von *Mentha x piperita* sind die Terpene der *p*-Menthanreihe (-)-Menthol, (-)-Menthon und Menthylacetat, die zusammen 50-70% des Öls ausmachen (Stahl-Biskup, 1993). Dies bestätigten die Ölanalysen der vier im Zuge dieser Arbeit untersuchten Pfefferminzen. Die etherischen Öle von Mentha Nr. 1, 2 und 3, die sich kaum in ihrer Ölzusammensetzung unterschieden, bestanden etwa zur Hälfte aus (-)-Menthon. (+)-Isomenthon war zu etwa 10% im Öl vorhanden, der (-)-Menthol-Anteil war mit 9-20% eher gering. Mentha Nr. 12 wies mit ca. 30% einen höheren (-)-Menthol-Gehalt auf, der (-)-Menthon-Gehalt betrug etwa 30%. Das Sesquiterpen Viridiflorol, das als eine Schlüsselsubstanz zur Unterscheidung von Pfefferminzölen von *Mentha arvensis*-Ölen gilt (Rojahn et al., 1977), wurde nur in *Mentha* Nr. 2 und 12 nachgewiesen.

Die Öle aus Blattdroge zweier Standjahre von *Mentha* Nr. 2 zeigten ein sehr einheitliches Bild. Auch zwischen den etherischen Ölen verschiedener Schnitte gab es bei keiner der vier Pfefferminzen große Unterschiede. 2006 enthielten die Öle der *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 im 2. Schnitt mehr (-)-Menthon als im 1. Schnitt, *Mentha* Nr. 12 dagegen im 1. Schnitt. 2005 enthielt auch *Mentha* Nr. 2 im 1. Schnitt mehr (-)-Menthon. Deutlich wurde, dass – im Vergleich zweier Schnitte eines Jahres – ein höherer (-)-Menthon-Anteil immer mit einem niedrigeren (-)-Menthol-, Menthylacetat- und Neomenthol-Anteil einherging. Die (-)-Menthon-Gehalte von Pfefferminz-Herkünften können über Jahre und Schnitte beträchtliche Schwankungen aufweisen, wobei der Charakter der Herkunft erhalten bleibt. Pfefferminzen mit höheren (-)-Menthon-Gehalten zeigen dabei niedrigere (-)-Menthol-Anteile und umgekehrt (Bomme et al., 2005). (-)-Menthol wird in Minzen des Genotyps RR oder Rr aus (-)-Menthon (Murray et al., 1988) vom Enzym (-)-Menthonreduktase gebildet (Mahmoud und Croteau, 2003). Der (-)-Menthon-Anteil geht unter südbayerischen Standortverhältnissen ab dem Stadium „Knospen sichtbar“ zurück bis zur Vollblüte. Eine Differenz weniger Tage im Entwicklungsstadium kann bereits Änderungen in der Ölzusammensetzung bewirken (Bomme et al., 2000). Junge, apikale Blätter enthalten mehr Monoterpene einer höheren Oxidationsstufe, etwa (-)-Menthon, als alte, bodennähere Blätter, die einen höheren Gehalt an reduzierten Monoterpenen wie (-)-Menthol und Menthylacetat aufweisen (Kokkini, 1991). Unterschiede zwischen den (-)-Menthon-Gehalten einer Herkunft in der Blattdroge verschiedener Standjahre und Schnitte sind in der Regel auf das Entwicklungsstadium zurückzuführen (Bomme et al., 2000). Dies erklärt, weshalb in einer mehrjährigen Leistungsprüfung der LfL

das Öl von *Mentha* Nr. 1 (-)-Menthon-Gehalte von 36-50% sowie (-)-Menthol-Gehalte von 22-33% aufwies (Bomme et al., 2005). Die Unterschiede zu den eigenen Untersuchungen mit 53-57% (-)-Menthon und 9-12% (-)-Menthol sind auf eine spätere Ernte im Knospenstadium bzw. zu Blühbeginn zurückzuführen.

Keine der vier untersuchten Pfefferminzen lieferte im Knospenstadium ein Arzneibuch konformes Pfefferminzöl. Die deutlichsten Abweichungen traten bei den Komponenten (-)-Menthon (Anforderung des PhEur, 2004: 14-32%), (-)-Menthol (30-55%) und (-)-Menthylacetat (2,8-10%) auf. Die Anwesenheit von Menthofuran und Pulegon im etherischen Öl ist unerwünscht, da sich diese geschmacklich bzw. diätetisch ungünstig auswirken (Pank et al., 1994). Menthofuran ist jedoch wichtig für die Unterscheidung von Blattdroge und Öl der Pfefferminzen von *Mentha arvensis* L. (Bomme et al., 2005). Das PhEur (2004) schreibt daher Wertebereiche von 1-9% für Menthofuran und von maximal 4% für Pulegon vor. Die untersuchten Pfefferminzen wiesen maximal 3,2% Menthofuran auf, *Mentha* Nr. 2 unterschritt den geforderten Mindestwert 2006 in beiden Schnitten. *Mentha* Nr. 1 enthielt in beiden Schnitten 2006, *Mentha* Nr. 3 im 2. Schnitt 2006 mehr als 4% Pulegon. Für das Öl aus der Droge schreibt das Arzneibuch keine Wertebereiche vor. Sie dienen daher nur als Anhaltspunkte, zumal Pfefferminzen für die Ölgewinnung während der Blüte und nicht wie für die Blattdrogengewinnung im Knospenstadium geerntet werden.

Das etherische Öl von *Mentha* Nr. 4, vermutlich eine Hybride *Mentha x villosa*, wird charakterisiert durch die zwei Hauptsubstanzen Carvon mit Peakflächenanteilen von 50-64% und Limonen mit 13-20% sowie D-Germacren und 1,8-Cineol in geringerer Menge. Es handelt sich bei *Mentha* Nr. 4 somit um einen Carvon-Chemotyp, der auch in der Literatur beschrieben wird (Kokkini, 1991, Gracindo et al., 2006).

Dass der 1. Schnitt 2006 sehr früh im Knospenstadium erfolgte, wirkte sich im Vergleich zu den anderen Schnitten vor allem durch niedrigere Carvon- und Limonenanteile aus. Der Peakflächenanteil von 1,8-Cineol war dagegen geringfügig erhöht, jener von Dihydrocarvon fast verdoppelt. Die Anteile der Sesquiterpene β -Caryophyllen mit ca. 4%, D-Germacren mit ca. 7,5% und Viridiflorol mit ca. 1,7% waren im Vergleich zu den Ölen aus den 2. Schnitten beider Standjahre mehr als doppelt so hoch. Mit Ausnahme von 1,8-Cineol wirkten sich die genannten Verschiebungen – jedoch in weit geringerem Maße – auch im 1. Schnitt 2005 aus, obwohl dieser durchgeführt wurde, als die Pflanzen bereits kurz vor der Blüte standen. Dies zeigt, dass vom 1. zum 2. Schnitt Umlagerungen im etherischen Öl

stattfinden, Unterschiede durch einen möglichst späten 1. Schnitt jedoch minimiert werden können. Da die Flächenanteile in ihrer groben Größenordnung in beiden Schnitten beider Jahre übereinstimmten, muss durch eine Verkostung abgeklärt werden, ob sich die Unterschiede auf das Aroma auswirken.

Das etherische Öl von *Mentha* Nr. 5 wird von Piperitenonoxid mit einem Peakflächenanteil von 84-90% dominiert. In geringer Menge kommen Limonen, D-Germacren und cis-Ocimen vor. Piperitenonoxid-Chemotypen von *Mentha suaveolens* werden in der Literatur u. a. von Baser et al. (1999), Oumzil et al. (2002) sowie Gracindo et al. (2006) beschrieben. Hauptkomponenten in kultivierten Rassen sind Piperitenonoxid mit 13-87% und trans-Piperitenonoxid mit 25-48%. Daneben gibt es chemische Rassen, in denen Carvon, Dihydrocarvon oder Pulegol und Neoisopulegol dominieren (Teuscher, 2003).

Die etherischen Öle der *Mentha* Nr. 5 unterschieden sich von jenen der anderen *Mentha*-Arten darin, dass sie bei der Volumenmessung im Anschluss an die Destillation im Messröhrchen der PhEur-Apparatur absanken. Dies zeigt, dass das Öl von *Mentha* Nr. 5 eine höhere relative Dichte als die anderen untersuchten *Mentha*-Öle aufweist. Die relative Dichte etherischer Öle liegt im Intervall 0,690-1,118 (Sticher, 1999a). Pfefferminzöl muss nach PhEur (2004) eine relative Dichte von 0,900-0,916 aufweisen. Das Absinken des Öls wurde ausschließlich bei Durchführung der Destillationen ohne Xylolvorlage beobachtet. Für die Gehaltsbestimmung von *Mentha* Nr. 5 wird daher zur einfacheren Handhabung die Destillation nach Vorschrift des Arzneibuches mit Xylolvorlage (PhEur, 2002) angeraten.

Das etherische Öl von *Mentha* Nr. 5 konnte nicht mit dem für die *Mentha*-Spezies entwickelten GC-Temperaturprogramm aufgetrennt werden, da es zu Überlagerungen im Bereich der Hauptkomponente kam. Es wurde daher mit einem anderen Temperaturprogramm aufgetrennt. Dieses verwendete ab einer Ofentemperatur von 120 °C bis 170 °C (statt bis 136 °C) eine Aufheizrate von 1 °C min⁻¹ statt 3 °C min⁻¹.

Die GC-Analysen ergaben, dass der Anteil an Piperitenonoxid in den 2. Schnitten höher war als in den 1. Schnitten, der Anteil von Limonen und D-Germacren dagegen niedriger. Der 1. Schnitt 2005, kurz vor der Blüte durchgeführt, wirkte sich im Vergleich zum 1. Schnitt 2006 vor allem durch höhere Anteile an Piperitenonoxid und Limonen und einen niedrigeren D-Germacren-Anteil aus. Im Jahr 2005 war die

Ölzusammensetzung im 1. und 2. Schnitt einheitlicher als 2006. Dass die jeweils 2. Schnitte im Knospenstadium kurz vor der Blüte erfolgten, zeigt den Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Ölzusammensetzung. Untersuchungen über die Entwicklung der Ölzusammensetzung von *Mentha suaveolens* während der Ontogenese wurden von Hendriks und van Os (1976) durchgeführt, allerdings mit einem Piperitenonoxid-Chemotyp, welcher weniger als 10% (w/w) Piperitenonoxid enthielt. Der höchste Piperitenonoxid-Gehalt von Blättern einer Insertion wurde im Knospenstadium festgestellt, zu Blühbeginn war der Gehalt geringfügig niedriger. Dass sich dies nicht mit den eigenen Ergebnissen deckt, liegt vermutlich daran, dass Hendriks und van Os den Gehalt der Blätter einer Insertion darstellten. Blätter verschiedener Insertionen einer Pflanze können wie bei Pfefferminze (Hefendehl, 1962, Kokkini, 1991) jedoch eine durchaus unterschiedliche Ölzusammensetzung aufweisen.

Hauptkomponente der etherischen Öle von Mentha Nr. 6 und 7, welche als *Mentha x gracilis* identifiziert wurden, war Linalool mit Peakflächenanteilen von 49-58%, gefolgt von geringeren Mengen cis-Ocimen, β -Pinen, β -Caryophyllen, 1,8-Cineol und D-Germacren. Eine Ingwerminze mit sehr ähnlicher Ölzusammensetzung beschreiben Sato et al. (1996). Teuscher (2003) nennt Piperitenonoxid und Pulegon sowie Eugenol als Hauptkomponenten von *Mentha x gracilis*, von welchen *Mentha* Nr. 6 und 7 ausschließlich Piperitenonoxid in geringer Menge enthielten. Eine von Lawrence und Morton (1972) analysierte *Mentha x gentilis* (syn. *Mentha x gracilis*) enthielt neben 48% Linalool auch 13% 3-Dodecanon, 10% 3-Octanol und 7% Terpinolen, von welchen in den Ölanalysen von *Mentha* Nr. 6 und 7 nur 3-Octanol in geringer Menge gefunden wurde.

Die Öle von *Mentha* Nr. 6 und 7 unterschieden sich in den Peakflächenanteilen ihrer Inhaltsstoffe nur geringfügig. So wurde im Öl von *Mentha* Nr. 7 in beiden Schnitten 2005 weniger als 1% Carvon detektiert, die Öle von *Mentha* Nr. 6 enthielten in den 2. Schnitten 2005 und 2006 Spuren von Geraniol. Auch der Vergleich von Ölen aus verschiedenen Standjahren und Schnitten ergab eine sehr große Übereinstimmung, obwohl der 1. Schnitt im Knospenstadium, der 2. während der Blüte erfolgte. Im Vergleich wurden in den Ölen beider Minzen in den 1. Schnitten geringfügig höhere Gehalte an D-Germacren und β -Caryophyllen, aber niedrigere Gehalte an Linalool gemessen. Ungewöhnlich ist, dass sich im 1. Schnitt 2005 die Ölkomponenten der *Mentha* Nr. 7 gegenläufig verhielten, dass also niedrigere D-Germacren- und

β -Caryophyllen-Gehalte sowie höhere Linalool-Gehalte gefunden wurden. Zur Ermittlung der Ursachen dafür bedarf es weiterer Anbauversuche mit Analysen der etherischen Öle verschiedener Wuchsstadien.

In den etherischen Ölen der als *Mentha citrata* bestimmten Mentha Nr. 8, 10, 11 und 14 betrug der Linalool-Anteil 35-48%. Die Öle von *Mentha* Nr. 11 enthielten mit 28-31% etwas mehr Linalylacetat als jene der *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 mit 21-26%. Auch Teuscher (2003) und Stahl-Biskup (1993) nennen Linalool und Linalylacetat als Hauptkomponenten von *Mentha citrata*.

Die etherischen Öle von *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 wiesen eine große Übereinstimmung auf und unterschieden sich vor allem durch Substanzen im Spurenbereich und geringfügige Unterschiede der Peakflächenanteile von Linalool und 1,8-Cineol. Das Vorhandensein von (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, (-)-Menthol und Menthylacetat im 2. Schnitt 2005 von *Mentha* Nr. 8 lässt sich ausschließlich durch eine Verunreinigung der Drogenprobe mit einer geringen Menge Pfefferminze erklären. (+)-Isomenthon und (-)-Menthylacetat wurden in keiner weiteren *Mentha citrata*, (-)-Menthol und (-)-Menthon in diesen ausschließlich in geringerer Menge gefunden. *Mentha* Nr. 11 unterschied sich von den anderen Zitronenminzen deutlicher. Ihre Öle enthielten u. a. geringe Mengen Menthofuran, Pulegon, α -Humulen und Terpinylacetat, halb soviel 1,8-Cineol und – wie bereits erwähnt – deutlich mehr Linalylacetat. Wie aus der Morphologie der vier Zitronenminzen kann auch aus der Ölzusammensetzung der Schluss gezogen werden, dass zwischen *Mentha* Nr. 8, 10 und 14 eine enge Verwandtschaft besteht oder dass es sich um verschiedene Herkünfte des gleichen Genotyps handelt. *Mentha* Nr. 11 dagegen ist von den genannten Minzen sowohl morphologisch als auch durch die Inhaltsstoffe deutlich unterscheidbar.

Die Öle verschiedener Jahre und Schnitte unterschieden sich bei den vier Zitronenminzen nur geringfügig. Die in den 1. Schnitten der Öle von *Mentha* Nr. 8, in geringerem Maße von *Mentha* Nr. 10, festgestellten niedrigeren Linalool- und höheren Linalylacetat-Anteile fanden in den Ölen der anderen Zitronenminzen keine Übereinstimmung. Die Peakflächenanteile von *Mentha* Nr. 14 waren in beiden Schnitten fast identisch. *Mentha* Nr. 11 dagegen enthielt im 1. Schnitt 2006 mehr Linalool als im 2. Schnitt 2006. Die im 1. Schnitt 2005 von *Mentha* Nr. 11 gemessenen Anteile zeigten eine größere Übereinstimmung mit dem 2. als mit dem 1. Schnitt 2006, was wohl auf den späten Erntetermin 07. September 2005

zurückzuführen ist. Der 2. Schnitt 2006 erfolgte am 21. August. Tageslänge oder klimatische Bedingungen scheinen also die Ölzusammensetzung, wenn auch in geringem Maße, zu beeinflussen. Bekannt ist zumindest, dass im Langtag die Blüte von *Mentha citrata* induziert wird (Farooqi et al., 1999). Dass der Linalool-Anteil einer Zitronenminze vom Zeitpunkt der Blüte bis nach der Blüte anstieg, der Linalylacetat-Gehalt dagegen sank (Malizia et al., 1996), zeigt jedoch auch einen Einfluss der Ontogenese auf die Ölzusammensetzung. Welchen Einflüssen Linalool und Linalylacetat in den Ölen von *Mentha* Nr. 8 und 10 unterliegen, kann ohne weitere Anbauversuche nicht ausgesagt werden. Wie bei Malizia et al. (1996) scheint jedoch im Verlauf der Ontogenese Linalool akkumuliert und Linalylacetat abgebaut zu werden. Da die beschriebenen Schwankungen von geringem Ausmaß sind, kann für die vier Zitronenminzen insgesamt geschlussfolgert werden, dass bei Durchführung der Ernte im Knospenstadium Teedroge mit einheitlicher Ölqualität gewonnen werden kann.

Die Öle von *Mentha* Nr. 9, bei der es sich um eine Hybride *Mentha x dumetorum* handeln könnte, enthielten 29-37% Piperitonoxid mit geringem Piperiton-Anteil, 11-20% (-)-Menthon, 13-19% D-Germacren sowie geringere Anteile von β -Caryophyllen, Limonen und cis-Ocimen.

Nach bisheriger Erkenntnis handelt es sich bei *Mentha x dumetorum* um eine Hybride aus *Mentha aquatica* und *Mentha longifolia* (Fagbemi und Morton, 1982). Kreuzungsversuche eines Menthofuran-Genotyps von *Mentha aquatica* und *Mentha longifolia* vom Typ Piperitonoxid (66%) und Piperiton (4-5%) lieferten Kreuzungsprodukte mit Menthon, Menthol, Menthylacetat und Menthofuran als Ölkomponten (Murray und Lincoln, 1972). Lawrence (1989) nennt das Öl der Hybride als mögliche Quelle für Menthylacetat mit 10-30%, Chopra et al. (1964) beschreiben einen Menthol/Menthylacetat-Chemotyp, eine norddeutsche *Mentha x dumetorum* enthielt neben Limonen und 1,8-Cineol größere Mengen Menthol und Menthylacetat. Einige der Hauptpeaks des Chromatogramms wurden jedoch nicht identifiziert (Baquar und Reese, 1965). Unter den von Baser et al. (1999) untersuchten sieben Vertretern der Hybride war neben einem Menthofuran/Pulegon-Typ, vier Menthofuran/1,8-Cineol-Chemotypen und einem trans-Sabinenhydrat/Menthon/trans-Piperitonoxid/Isomenthon-Typ auch ein Piperitonoxid-Chemotyp. Einen Piperitonoxid-Chemotyp erwähnt auch Kokkini (1991).

Die Peakflächenanteile der Ölkomponten von *Mentha* Nr. 9 stimmten im Vergleich

der Jahre und Schnitte in ihrer groben Größenordnung überein. Ein deutlicher Einfluss des Schnittes zeigte sich an höheren D-Germacren- und Linalool-Anteilen in den 1. Schnitten sowie an höheren Piperitonoxid- und Menthofuran-Gehalten in den 2. Schnitten. Die Abweichungen der Peakflächenanteile von (-)-Menthon, cis-Ocimen, Limonen und β -Caryophyllen verschiedener Ernten unterliegen scheinbar keinem Jahres- oder jahreszeitlichen Einfluss: So wurden etwa im 1. Schnitt 2005 die höchsten, im 1. Schnitt 2006 die niedrigsten (-)-Menthon-Gehalte gemessen. In beiden Schnitten 2005 waren die Anteile höher als 2006. Genauere Untersuchungen dieser Minze wären daher besonders interessant, zumal für *Mentha x dumetorum*, als welche sie bestimmt wurde, wie auch für *Mentha x dalmatica* kaum Literatur vorhanden ist.

Das etherische Öl von *Mentha* Nr. 13, bei der es sich um *Mentha x dalmatica* handeln könnte, bestand wie die Öle der Zitronenminzen zu 45-49% aus Linalool. Mit Peakflächenanteilen von 14-18% folgte Terpinylacetat. Terpinylacetat wurde in den etherischen Ölen der anderen untersuchten Minzen lediglich im Öl von *Mentha* Nr. 11 im 2. Schnitt 2006 in Spuren nachgewiesen. Terpinylacetat ist im Öl von *Mentha verticillata* mit einem Flächenanteil von 75% enthalten (Lawrence, 1989), im Öl von *Mentha longifolia* kann es Flächenanteile von ca. 40% einnehmen (Teuscher, 2003). Ungewöhnlich ist im Öl der *Mentha* Nr. 13, dass die Peakflächenanteile von trans-Ocimen mit 2-3% im Vergleich zu den anderen Minzen relativ hoch ausfielen und um etwa ein Drittel höher waren als jene von cis-Ocimen. Dies konnte ausschließlich bei den Ölen der vier Zitronenminzen beobachtet werden, wobei diese meist weniger als 1% trans-Ocimen enthielten. Auch 3-Octylacetat, welches Anteile von 1-2% innehatte, wurde ausschließlich in den Ölen dreier Zitronenminzen gefunden, wo es in ähnlicher Größenordnung vorlag.

In der Literatur wird von *Mentha x dalmatica* ein Carvon/Dihydrocarvon-Typ (Kokkini, 1991) sowie ein Menthol/Menthon/Menthylacetat-Typ (Chopra et al., 1964) erwähnt. Dass es sich bei *Mentha* Nr. 13 tatsächlich um *Mentha x dalmatica* handelt, kann trotz dieser Angaben aufgrund des häufigen Auftretens von Chemotypen in der Gattung *Mentha* nicht ausgeschlossen werden, zumal mit *Mentha longifolia* für einen Elter der Hybride ein Terpinylacetat-Chemotyp beschrieben wird (Teuscher, 2003). Ähnlichkeiten mit den Ölen von *Mentha citrata* lassen jedoch auch eine Verwandtschaft mit diesen in Frage kommen.

Im Vergleich der Jahre und Schnitte zeigte das Öl der *Mentha* Nr. 13 – trotz der

Durchführung der 1. Schnitte im Knospenstadium und der 2. Schnitte nach Blühbeginn – ein sehr einheitliches Bild. Die Peakflächenanteile von β -Caryophyllen und D-Germacren waren in den jeweils 1. Schnitten höher, jene der Substanz Nr. 104 niedriger. Die geringfügigen Schwankungen von Terpinylacetat und α -Terpineol waren unabhängig von Jahr und Schnitt.

6.4 Antioxidative Eigenschaften von *Mentha*-Ölen

Etherische Öle zeigen neben antimikrobiellen (Smith-Palmer et al., 1998, Hammer et al., 1999) und entzündungshemmenden (Pongprayoon et al., 1996, Martin et al., 1993) auch deutliche antioxidative Effekte (Graßmann et al., 2000, Lee und Shibamoto, 2002, Mantle et al., 1998). In verschiedenen biochemischen Modellsystemen zur Simulation von pathologischen Situationen wurde nachgewiesen, dass einige etherische Öle und deren Komponenten hohe antioxidative Kapazität gegenüber Lipidperoxidation aufweisen (Graßmann, 2000, Teissedre und Waterhouse, 2000). Lipidperoxidation kann zur Beschädigung von Membransystemen und in der Folge zum Zelltod führen (Graßmann und Elstner, 2003).

Starke antioxidative Eigenschaften etherischer Öle wurden vor allem auf die Ölkomponenten Thymol, Carvacrol (Lee und Shibamoto, 2002, Schwarz et al., 1996, Teissedre und Waterhouse, 2000), p-Cymen-2,3-diol (Schwarz et al., 1996), Eugenol (Lee und Shibamoto, 2002, Teissedre und Waterhouse, 2000), Zimtaldehyd, Cuminal (Teissedre und Waterhouse, 2000) und trans- γ -Bisabolen (Habegger und Schnitzler, 2007) zurückgeführt. Auch α -Terpinen, α -Terpinolen (Kim et al., 2004) und γ -Terpinen (Kim et al., 2004, Foti und Ingold, 2003, Graßmann, 2000) tragen zur antioxidativen Wirkung etherischer Öle bei.

Die Anwendung der ausgewählten *Mentha*-Spezies erfolgt sowohl als reines etherisches Öl als auch als Infus. Die empfohlene Dosierung für Pfefferminzblätter liegt bei drei- bis viermal täglich eine Tasse, wobei ein Esslöffel Pfefferminzblätter mit 150 ml heißem Wasser übergossen werden (Stahl-Biskup, 1993). Bei der Verabreichung von Teeaufguss muss berücksichtigt werden, dass in den wässrigen Extrakt neben etherischem Öl weitere Pflanzeninhaltsstoffe übergehen. Bei Pfefferminze sind dies Polyphenole, Flavonoide und Phenolsäuren (Duband et al., 1992). Die antioxidative Wirkung wässriger Extrakte ist meist mit dem Phenolgehalt

korreliert (Pokorny, 2005, Dorman et al., 2003). Dieser liegt für Pfefferminze im Vergleich mit anderen Tees im mittleren Bereich (Pokorny, 2005). In verschiedenen Testsystemen erzielten die wasserlöslichen Extrakte von *Mentha x piperita* bessere Effekte als jene anderer Minzen, etwa *Mentha x dalmatica*, *Mentha aquatica*, *Mentha arvensis* und *Mentha x verticillata* (Dorman et al., 2003).

Aus einer Arzneibuchmonographie entsprechenden Pfefferminzdroge werden auch bis zu 10 mg etherisches Öl in eine Tasse Tee freigesetzt (Kiefl und Franz, 1998). Die in diesem Fall systemisch wirkenden etherischen Öle werden im Körper langsam angeflutet und gelangen in sehr niedriger Konzentration zu ihren Zielorganen, wo sie, etwa durch die Wechselwirkung mit Lipiden des Blutplasmas, z. B. Lipoproteinen, gebremst, spezifische Effekte entfalten (Teuscher et al., 1990).

Ob die etherischen Öle der ausgewählten *Mentha*-Spezies antioxidativ wirksam sind, wurde im ABTS-Testsystem und einem System zur Lipidperoxidation im Blutplasma untersucht. Dazu wurden im ABTS-System auch die Hauptkomponenten der etherischen Öle als Einzelsubstanzen sowie Mischungen derselben eingesetzt.

ABTS-Testsystem

Im ABTS-System wird der erste Schritt der Lipidperoxidation, die Wasserstoffabstraktion nachempfunden. Mit Hilfe von Peroxidase und Wasserstoffperoxid wird durch Wasserstoffabstraktion das grüne ABTS-Kationradikal erzeugt, das durch Zugabe von Antioxidantien wieder entfärbt wird. Der Grad der Entfärbung ist dabei ein Maß für die antioxidative Kapazität der untersuchten Substanz (Miller und Rice-Evans, 1996; Cano et al., 2000). Die antioxidative Kapazität im ABTS-Entfärbungs-Assay beruht auf Radikalfänger-Eigenschaften der Testsubstanzen, die auf ihre Fähigkeit zur Wasserstoffabstraktion zurückzuführen sind. Radikalfänger-Kapazität wurde den etherischen Ölen von *Mentha arvensis* (Kumar et al., 2007), *Mentha x piperita*, *Mentha aquatica* und *Mentha longifolia* (Mimica-Dukic et al., 2003) nachgewiesen, ebenso dem etherischen Öl einer *Mentha x piperita* mit je 20%igem Anteil an α -Terpinen und Piperitenonoxid (Yadegarinia et al., 2006). Die Radikalfänger-Kapazität eines etherischen Öls von *Mentha longifolia* mit den Hauptkomponenten cis-Piperitenonoxid, Pulegon und Piperitenonoxid war schwächer als jene des synthetischen Standard-Antioxidans BHT (Butyliertes Hydroxytoluol) (Gulluce et al., 2007).

In den eigenen Untersuchungen schnitten im ABTS-Testsystem die Öle von *Mentha*

Nr. 9 und 5 in allen Schnitten und von *Mentha* Nr. 4 im 1. Schnitt 2006 am besten ab. In den weiteren Schnitten wies *Mentha* Nr. 4 ebenso wie *Mentha* Nr. 6 und 7 im 1. Schnitt 2006 und *Mentha* Nr. 12 im 2. Schnitt 2006 bereits eine deutlich niedrigere antioxidative Kapazität auf. Die TE der Öle der weiteren *Mentha*-Spezies lagen darunter, wobei *Mentha* Nr. 11 am schlechtesten abschnitt.

Die für die Öle der *Mentha*-Spezies ermittelten TE bewegten sich zwischen 2 und 12 mM. Bei Untersuchungen einer Vielzahl etherischer Öle im ABTS-System erzielte z. B. Lavendelöl TE von weniger als 0,1 mM, Kamillenöl von 0,81 mM und Melissenöl von 1,14 mM (Mantle et al., 1998). Die Öle der ausgewählten Minzen wiesen somit höhere TE als die erwähnten und viele weitere Öle auf; an die TE der Öle von Zimt (2120 mM), Myrrhe (316 mM), Lorbeer (252 mM) und Thymian (33,5 mM) (Mantle et al., 1998) reichten sie jedoch nicht heran. Die TE von Möhrenölen lagen je nach Sorte zwischen 2 und 34 mM (Habegger und Schnitzler, 2007) und schnitten somit gleich oder besser als die Öle der *Mentha*-Spezies ab.

Für die antioxidative Wirkung des Öls im Teeaufguss ist neben der Wirkung des Öls auch dessen Gehalt in der Blattdroge entscheidend. Nimmt man die Blattdroge als Bezugsbasis, so zählen *Mentha* Nr. 5 und 9 trotz niedriger Ölgehalte weiterhin zu den Minzen mit der höchsten antioxidativen Kapazität. Aufgrund ihres hohen Ölgehaltes schneiden aber auch die Pfefferminzen ähnlich gut ab, wobei sich dies bei *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 vor allem im 2. Schnitt, bei *Mentha* Nr. 12 im 1. Schnitt auswirkte. *Mentha* Nr. 4, deren Öl im 1. Schnitt 2006 gute Ergebnisse erzielte, wies in der Blattdroge aufgrund des hohen Ölgehaltes im 2. Schnitt 2006 eine deutlich stärkere antioxidative Kapazität auf als im 1. Schnitt 2006 mit sehr niedrigem Ölgehalt von 0,5 ml 100 g⁻¹. Mit Ölgehalten im mittleren Bereich und niederen TE des etherischen Öls waren die Öle der *Mentha* Nr. 8, 10, 11, 13 und 14 bezogen auf die Blattdroge am wenigsten antioxidativ wirksam.

In der Folge werden die Komponenten der *Mentha*-Öle im Hinblick auf ihre antioxidative Wirkung diskutiert. Einen Überblick über die Ölkomponenten der *Mentha*-Spezies gibt hierfür Tab. 26.

Hauptkomponenten der stark antioxidativ wirksamen Öle von *Mentha* Nr. 9 waren mit etwa 30% Piperitonoxid, 20% (-)-Menthon und 15% D-Germacren. (-)-Menthon zeigte im ABTS-System keinen Effekt, ebenso die je mit einem Anteil von ca. 5% vorkommenden Limonen und β -Caryophyllen. Das ebenfalls zu etwa 5% im Öl vorhandene cis-Ocimen wirkte im ABTS-Testsystem als einzige der eingesetzten

Standardsubstanzen antioxidativ. Es trägt auch zur tendenziell antioxidativen Wirkung der zum Vergleich mit *Mentha* Nr. 9 im ABTS-System eingesetzten Mischung von Einzelsubstanzen bei. Die antioxidative Kapazität des etherischen Öls ist daher sehr wahrscheinlich auf die im Öl in größerer Menge vorhandenen Substanzen Piperitonoxid oder D-Germacren zurückzuführen. Diese waren als Standards nicht erhältlich und konnten daher nicht im ABTS-System untersucht werden.

Auch Piperitenonoxid, mit einem Peakflächenanteil von 83-90% Hauptkomponente der Öle von *Mentha* Nr. 5, war als Standardsubstanz nicht erhältlich. Das Öl der *Mentha* Nr. 5 wurde daher nicht mit einer Mischung der Hauptkomponenten verglichen. Mit weniger als 5% war Limonen die Komponente mit dem zweithöchsten Flächenanteil. Limonen zeigte im ABTS-Testsystem keine Wirkung. Die weiteren Komponenten, darunter das antioxidativ wirksame Eugenol (Lee und Shibamoto, 2002, Teissedre und Waterhouse, 2000), nahmen noch geringere Flächenanteile im Öl ein. Es liegt daher nahe, dass die antioxidative Kapazität der Öle von *Mentha suaveolens* vor allem auf der Wirkung von Piperitenonoxid beruht.

Mentha Nr. 4 mit der Hauptkomponente Carvon mit einem Gehalt von 50-64%, 13-20% Limonen, und Gehalten von weniger als 10% an D-Germacren, 1,8-Cineol, β -Caryophyllen und Dihydrocarvon schnitt im ABTS-System im 1. Schnitt 2006 besonders gut ab. Die Flächenanteile von Carvon und Limonen waren in diesem Öl deutlich niedriger als in den Ölen aus den anderen Schnitten. Im ABTS-System zeigten die Hauptkomponenten ohne D-Germacren mit Ausnahme des in linearer Abhängigkeit von der Konzentration stark prooxidativ wirksamen Dihydrocarvon keinen Effekt. Auch die Mischung der Hauptkomponenten ohne D-Germacren wirkte im ABTS-System prooxidativ. Das stark antioxidativ wirksame Öl aus dem 1. Schnitt 2006 enthielt einen höheren Peakflächenanteil an Dihydrocarvon als die Öle der anderen Schnitte. Ein Dihydrocarvon-Anteil in der gemessenen Höhe beeinflusst also die antioxidative Kapazität des Öls nicht. Für die antioxidative Wirkung des Öls von *Mentha* Nr. 4 im ABTS-Testsystem ist somit mit großer Wahrscheinlichkeit D-Germacren verantwortlich, welches im Öl aus dem 1. Schnitt 2006 mit 7,5%, in den weiteren Ölen mit 3,0-4,2% Peakflächenanteil vorkam.

Tab. 26: Vergleich der Peakflächenanteile ausgewählter Ölkomponenten der untersuchten *Mentha*-Spezies im Hinblick auf ihre antioxidative Wirksamkeit

Ölkomponente	Schnitt	<i>Mentha</i> Nr.													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Peakflächenanteil [%]													
β-Pinen	1		0,8		1,1	0,9		7,8	0,5	0,6		0,2		1,0	
	2		0,7		1,1	0,9	7,5	7,4	0,5	0,7				1,0	
	3	0,7	0,5	0,8	1,0	0,9	8,3	8,4	0,5	0,6	0,5	0,3	1,1	1,0	0,5
	4	0,7	0,6	0,6	0,9	0,7	7,5	7,4	0,5	0,6	0,5	0,2	0,9	0,9	0,5
Limonen	1		1,1		20,2	4,2		0,6	0,3	4,1		0,3		0,3	
	2		0,9		18,1	2,9	0,4	0,3	0,3	7,1				0,3	
	3	1,3	0,9	1,3	13,6	3,5	0,4	0,4	0,2	6,2	0,2	0,3	1,6	0,2	0,2
	4	1,5	0,7	0,7	18,2	2,6	0,5	0,4	0,2	5,9	0,2	0,3	1,5	0,3	0,2
1,8-Cineol	1		4,1		4,1	Sp		3,4	5,9	1,8		2,9		3,4	
	2		3,7		4,2	/	3,6	3,6	5,5	1,7				3,1	
	3	3,5	3,7	4,0	5,4	/	3,7	4,0	5,9	2,5	6,2	3,8	7,0	3,2	6,3
	4	3,8	4,1	3,3	4,0	Sp	3,4	3,5	5,7	2,0	6,2	3,3	6,3	2,9	6,3
cis-Ocimen	1		0,4		0,5	1,4		10,0	0,5	2,8		0,7		1,4	
	2		0,5		0,5	1,4	10,6	10,4	0,5	4,0				2,1	
	3	0,3	0,8	0,4	0,7	1,9	10,6	8,8	0,4	6,2	0,4	0,5	0,4	1,7	0,3
	4	0,3	0,3	0,2	0,5	1,1	9,6	8,8	0,4	4,4	0,3	0,6	0,4	1,9	0,4
(-)-Menthon	1		50,8		0,0			/	Sp	19,7		/		0,1	
	2		44,4		0,2		0,1	0,1	1,4	18,4				Sp	
	3	53,4	44,9	45,0	0,9		0,4+	0,4+	/	11,4	0,3	0,1	33,6	0,4+	0,2
	4	56,8	54,8	57,0	0,2		0,7+	1,0+	Sp	15,6	Sp	0,2	32,3	0,8+	Sp
Isomenthon	1		12,0						/	0,5				/	
	2		11,8						0,3	0,5				/	
	3	9,3	10,1	10,8					/	0,2			4,2	/	
	4	10	12,0	9,9					/	0,4			3,8	0,1	

		<i>Mentha</i> Nr.													
Ölkomponente	Schnitt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Peakflächenanteil [%]													
Linalool	1		0,4		0,2+	0,2+		58,8	35,1	1,8+		39,2		44,7	
	2		0,3		0,2+	0,2+	53,7	56,0	41,0	0,5+				45,5	
	3	0,2	/	0,2	1,9+	0,7+	49,0	49,6	41,6	0,6	44,6	43,6	0,5	46,3	44,6
	4	0,3	0,3	0,1	0,9+	0,1+	57,7	57,8	47,9	0,4	46,0	41,7	0,2	48,6	44,1
Linalylacetat	1								23,4			30,8		2,3	
	2								22,1					1,7	
	3								25,9		22,4	28,8		1,8	22,9
	4								21,6		21,4	30,4		1,4	22,5
β-Caryophyllen	1		1,9		2,7			5,0	0,1	7,9		1,7		4,0	
	2		1,9		1,8		6,0	6,1	0,2	4,7				3,3	
	3	1,6	2,6	2,1	4,0		9,2	9,2	0,1	7,1	0,1	2,5	3,0	5,0	0,1
	4	1,9	2,5	1,9	1,9		5,5	5,7	Sp	6,9	0,1	2,0	1,7	3,2	Sp
Dihydrocarvon	1				1,9										
	2				1,5										
	3				2,9										
	4				1,3										
(-)-Menthol	1		11,7		0,1	/		Sp	0,1	1,9		0,1		0,1	
	2		16,3		0,1	/	Sp	Sp	0,5	2,2				/	
	3	11,7	10,1	14,4	0,2	/	/	/	/	2,5	0,2	0,2	27,4	/	0,2
	4	8,9	13,4	10,2	0,1	Sp	0,2	0,3	Sp	2,4	/	0,2	33,6	0,2	Sp
Pulegon	1		2,1							0,1		/			
	2		1,3+							0,1					
	3	5,3	0,2+	3,6+						/	0,1	Sp	0,7+		
	4	4,7	0,9	4,3						/	0,1	0,1	0,7+		

		<i>Mentha</i> Nr.													
Ölkomponente	Schnitt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Peakflächenanteil [%]													
Terpinylacetat	1											/		17,6	
	2													15,1	
	3											/		14,1	
	4											0,1		15,5	
D-Germacren	1		2,6		4,2	1,3		2,7	3,3	16,4		2,6+		2,1+	
	2		2,9		3,3	1,1	3,8	3,8	2,8	12,8				1,8+	
	3	1,9	4,4	3,2	7,5	1,9	5,6	5,6	3,0	18,5	2,9	1,0	4,6	2,3	3,1
	4	2,3	3,3	2,7	3,0	1,1	3,1	3,1	2,9	16,7	3,0	0,8	3,0	1,2	3,1
Carvon	1				54,2	0,4		0,4						1,5+	
	2				59,9	/		0,3						1,5+	
	3				50,4+	/		/						1,3	
	4				63,9+	/		/						1,1	
Piperitonoxid	1									29,8+					
	2									36,8+					
	3									29,6+					
	4									33,0+					
Piperitenonoxid	1				Sp	86,3		1,4		/				/	
	2				0,1	89,9	1,0	0,7		Sp				Sp	
	3				/	83,8	/	Sp		Sp				Sp	
	4				/	90,2	1,8	1,6		Sp				Sp	

1... 1. Schnitt 2005

2... 2. Schnitt 2005

3... 1. Schnitt 2006

4... 2. Schnitt 2006

+... Peakfläche enthält weitere Substanz

Eine dunkle Schraffur hebt die in beiden Testsystemen wirksamen *Mentha*-Spezies hervor, eine helle Schraffur die nur im LPO-System wirksamen *Mentha*-Spezies. Die Wirksamkeit der Öle wird auf die umrahmten Komponenten zurückgeführt.

Den Ölen von *Mentha* Nr. 4, 5 und 9 war ein im Vergleich mit den anderen Minzen höherer Limonen-Anteil gemeinsam. Inwieweit Limonen antioxidativ wirkt, ist jedoch zumindest fraglich, da es – wie erwähnt – als Einzelsubstanz kaum Wirkung zeigte und im Öl der *Mentha* Nr. 4 im 1. Schnitt 2006 geringere Anteile als in den anderen Schnitten aufwies.

Weiterhin enthielten *Mentha* Nr. 4, 5 und 9 ebenso wie die Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 weniger Linalool, welches als Einzelsubstanz prooxidativ war. Im Falle der *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 ist das schlechte Abschneiden im ABTS-System darauf zurückzuführen, dass eine antioxidativ wirksame Substanz fehlte. Die Hauptkomponenten (-)-Menthol, (-)-Menthon, (+)-Isomenthon, Limonen und 1,8-Cineol sowie Mischungen derselben zeigten im ABTS-Testsystem keinen Effekt. In keinem der Öle von *Mentha* Nr. 6, 7, 8, 10, 11, 13 und 14 mit hohem Linalool-Anteil wurde im ABTS-System eine gute Wirkung gemessen.

Die antioxidative Kapazität der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 9, 5 und 4/1. Schnitt 2006 ist also sehr wahrscheinlich auf die Substanzen D-Germacren, Piperitenonoxid und Piperitonoxid zurückzuführen. Antioxidative Eigenschaften dieser Substanzen sind bisher nicht bekannt.

Der Zusammenhang der Flächenanteile von D-Germacren mit den im ABTS-System ermittelten TE der etherischen Öle wurde auch anhand einer Regressionsanalyse festgestellt. Das niedrige Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,47 der Regressionsgerade mit der Steigung 1,01 (Abb. 60) ist darauf zurückzuführen, dass die Gerade auch die für *Mentha* Nr. 5 ermittelten Werte mit einbezieht. Die hohen TE der *Mentha* Nr. 5 bei gleichzeitig niedrigem D-Germacren-Anteil sind jedoch auf den Einfluss einer anderen Substanz zurückzuführen. Wird *Mentha* Nr. 5 in der Regressionsanalyse unberücksichtigt gelassen, erhöht sich das Bestimmtheitsmaß R^2 auf 0,94 und die Steigung der Geraden beträgt 1,66.

Der Zusammenhang der Flächenanteile von D-Germacren (0,77-18,54%) mit den TE der etherischen Öle besteht nicht nur bei Betrachtung der Gesamtheit der untersuchten *Mentha*-Spezies mit Ausnahme der *Mentha* Nr. 5. Auch innerhalb der Arten gehen höhere D-Germacren-Anteile in der Regel mit höheren TE einher. Dies zeigt sich vor allem an *Mentha* Nr. 4, deren Öl aus dem 1. Schnitt 2006 einen deutlich höheren D-Germacren-Gehalt und höhere TE aufwies als die Öle aus den anderen Schnitten. Trotz insgesamt niedrigerer D-Germacren-Anteile weist auch *Mentha* Nr. 5 einen Zusammenhang des Gehaltes dieser Substanz mit den

gemessenen TE auf.

Ebenso wie die antioxidative Kapazität des Öls waren die Peakflächenanteile von D-Germacren meist in Blattdroge des 1. Schnittes höher als im 2. Schnitt. Die Öle von *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 verzeichneten 2006 in beiden Schnitten ähnliche D-Germacren-Gehalte bzw. antioxidative Kapazität, ebenso *Mentha* Nr. 5 im Jahr 2005. Höhere D-Germacren-Anteile bzw. bessere antioxidative Eigenschaften in den 2. Schnitten fanden sich lediglich bei *Mentha* Nr. 2 und 7 im Jahr 2005 sowie bei *Mentha* Nr. 1 im Jahr 2006. Eine Erklärung für den höheren Gehalt im Öl von *Mentha* Nr. 7 aus dem 1. Schnitt 2005 ist schwierig. In diesem Öl wurden jedoch entgegen den sonstigen Beobachtungen auch höhere Linalool- und niedrigere β -Caryophyllen-Anteile gemessen. Bei *Mentha* Nr. 1 und 2 gingen die höheren D-Germacren-Gehalte im 2. Schnitt mit höheren (-)-Menthon-Anteilen einher. Da dieser bei Pfefferminze bis zum Erreichen der Vollblüte sinkt (Bomme et al., 2000), spricht dies für eine Durchführung des 2. Schnittes in einem früheren Entwicklungsstadium als im 1. Schnitt. Die Ernte des ersten Aufwuchses erfolgte bei Knospenansatz, der inhomogenere zweite Aufwuchs wurde bei Knospenansatz bzw. kurz vor Blühbeginn geerntet, bei den Quirlminzen während der Blüte. Höhere D-Germacren-Gehalte der *Mentha*-Spezies finden sich also häufig in Zusammenhang mit einem früheren Entwicklungsstadium. Französische Pfefferminze enthielt vor Blühbeginn höhere D-Germacren-Gehalte als zum Zeitpunkt der Blüte (Lawrence, 1993). Court et al. (1993) beobachteten in Pfefferminzöl an verschiedenen Ernteterminen – ohne Angabe des Entwicklungsstadiums – im Verlauf dreier Vegetationsperioden schwankende D-Germacren-Anteile, wobei diese gegen Ende der Vegetationszeit tendenziell abfielen.

D-Germacren spielt, wie weitere Sesquiterpene mit Germacran-Grundgerüst, eine wichtige Rolle als Vorläufer weiterer Substanzen. Die Oxidation und Laktонisation des Germacradien-Grundgerüsts führt zur großen Gruppe der Sesquiterpenlactone (Fischer, 1991). Eine andere Variationsmöglichkeit ist die Ausbildung von Furanringen unter Einbeziehung der Isopropylgruppe von Sesquiterpenen des Germacrantyps (Sticher, 1999b). D-Germacren ist Vorläufer der Amorphen-, Cadinen- und Muurolen-Derivate (Saritas, 2000). Bülow und König (2000) zeigten, dass D-Germacren im sauren Milieu sowie photochemisch und thermisch induziert zu einer Vielzahl natürlich vorkommender Sesquiterpene umgelagert wird, wobei die Umlagerungsprodukte von den Reaktionsbedingungen abhängen. D-Germacren ist

also instabil und reaktionsfreudig. Dies ist mit Sicherheit im Hinblick auf die antioxidative Kapazität der Substanz von Bedeutung.

Piperitenonoxid und Piperitonoxid unterscheiden sich in ihrer Struktur ausschließlich durch eine Doppelbindung an der Isopropylgruppe von Piperitenonoxid. In der Literatur wird die Entstehung von Piperitonoxid einerseits durch Reduktion von Piperitenonoxid (Tétényi, 1986, Hendriks und van Os, 1976) diskutiert. Denselben Entstehungsweg nennt Lawrence (1978, zitiert in Kokkini, 1991) für cis-Piperitonoxid, für das trans-Isomer nimmt er andererseits die Bildung aus Piperiton an. Die antioxidative Wirkung von Piperitenonoxid im Öl von *Mentha* Nr. 5 steht aufgrund des hohen Flächenanteils wohl außer Frage. Aufgrund der Strukturähnlichkeit mit Piperitenonoxid lässt sich vermuten, dass auch Piperitonoxid neben D-Germacren zur antioxidativen Kapazität des Öls von *Mentha* Nr. 9 beiträgt. Piperitonoxid ist mit Ausnahme des Epoxidringes strukturgleich mit (-)-Menthon, welches im ABTS-System keinen Effekt zeigte. Die antioxidative Kapazität von Piperitonoxid und Piperitenonoxid könnte daher auf eine Reaktion an deren Epoxidring zurückzuführen sein.

Linalool wirkte als Einzelsubstanz im ABTS-Testsystem prooxidativ, ein Einfluss war jedoch erst ab einer Konzentration von 10% bemerkbar. Auch die Mischungen von Standardsubstanzen, welche 60-75% Linalool enthielten, zeigten prooxidative Effekte. Die Regressionsanalyse der Linalool-Anteile und der im ABTS-Testsystem ermittelten TE der etherischen Öle ergab keine Korrelation der beiden Parameter. Alle Öle mit bedeutenden Linalool-Gehalten von 35-60%, das sind die Öle der *Mentha* Nr. 6, 7, 8, 10, 11, 13 und 14, wiesen relativ niedrige TE zwischen 2 und 5 mM auf. Bemerkenswert ist, dass diese Öle trotz ihrer hohen Gehalte an prooxidativ wirkendem Linalool im ABTS-System antioxidativ wirkten. Standard-Mischungen mit Linalool-Komponenten schnitten, wenn auch prooxidativ, so doch besser ab als Linalool als Einzelsubstanz. Dies lässt vermuten, dass Synergieeffekte bei der Wirksamkeit etherischer Öle eine wichtige Rolle spielen. Das komplexe Zusammenspiel einzelner Substanzen der Vielstoffgemische sowie der Einfluss von im Spurenbereich vorliegenden Substanzen bedürfen jedoch weiterer Untersuchungen.

Testsystem zur Lipidperoxidation im Blutplasma

Wirklichkeitsnäher, jedoch komplexer als das ABTS-System stellt sich das

Testsystem der Lipidperoxidation im Blutplasma dar. Die Oxidierbarkeit von menschlichem Blutplasma ist positiv mit dem Gehalt oxidierbarer Fettsäuren und negativ mit dem Plasma-Antioxidantien-Gehalt korreliert und wird als relevantes Modell für die Lipoprotein-Oxidation in Arterienwänden angesehen (Kontush et al., 1997, Spranger et al., 1998). An der Entstehung von Atherosklerose ist die Oxidation von Low Density Lipoprotein (LDL) und anderer Plasma-Lipoproteine wie High Density Lipoprotein (HDL) und Very Low Density Lipoprotein (VLDL) beteiligt (Kontush et al., 1997). Die Lipidperoxidation im Blutplasma wird durch Zugabe von Kupferchlorid zum Testansatz ausgelöst und im Photometer über einen Zeitraum von neun Stunden beobachtet (Schnitzer et al., 1998). Die Oxidation des mit etherischem Öl inkubierten Plasmas wird mit der Oxidation von nicht inkubiertem Blutplasma verglichen. Die Verzögerung der Anlaufphase der Oxidation ist dabei ein Maß für die Oxidations-Resistenz und damit für die antioxidative Kapazität (Schnitzer et al., 1995).

Der Wirkmechanismus etherischer Öle in Testsystemen zur Lipidperoxidation wird neben der Fähigkeit zur Wasserstoffabstraktion auch auf das Abfangen reaktiver Sauerstoffspezies, die Reaktion mit Zwischenprodukten der Lipidperoxidation wie Lipidhydroperoxiden an Doppelbindungen sowie die Fähigkeit, mesomeriestabilisierte Radikale zu bilden, zurückgeführt. So beruht etwa der Schutz des LDL vor Oxidation durch Zitronenöl und das darin enthaltene γ -Terpinen auf dessen Fähigkeit, die Kettenreaktion der Lipidperoxidation zu unterbrechen (Graßmann, 2000). γ -Terpinen wird peroxidiert und das entstehende Hydroperoxyradikal stoppt die Radikal-Kettenreaktion (Foti und Ingold, 2003). Die Struktur einer Substanz spielt für ihren Wirkmechanismus eine entscheidende Rolle, ebenso wie ihre Lipophilität: Je lipophiler eine Substanz ist, umso effektiver ist der Schutz vor Lipidperoxidation (Graßmann, 2000). So zeigte Pfefferminzöl mit den Hauptkomponenten α -Terpinen und Piperitenonoxid im β -Carotin/Linolensäure-Assay bessere Ergebnisse als bei der Radikalfänger-Aktivität. Dies wird auf die höhere Spezifität des β -Carotin/Linolensäure-Assays für lipophile Testsubstanzen zurückgeführt (Yadegarinia et al., 2006). Pfefferminzöl mit Menthol und Menthon als Hauptinhaltsstoffen zeigte keinerlei Effekt im β -Carotin/Linolensäure-Assay (Marotti et al., 1994), während das etherische Öl von *Mentha longifolia* mit den Hauptkomponenten cis-Piperitenonoxid, Pulegon und Piperitenonoxid geringe antioxidative Kapazität aufwies (Gulluce et al., 2007).

Die Öle von *Mentha* Nr. 9 und 5 sowie *Mentha* Nr. 4 im 1. Schnitt 2006 schnitten von den eingesetzten Minze-Ölen in diesem Testsystem am besten ab. Die Öle von *Mentha* Nr. 9 konnten die Lipidperoxidation über den gesamten Messzeitraum verhindern. Bei den Ölen von *Mentha* Nr. 5 wurde die Reaktionskinetik so verändert, dass keine Lag-Phase bestimmbar war. Am Endpunkt der Messung war die Absorption im Vergleich zur Oxidation ohne Öl im 1. Schnitt um mehr als die Hälfte und im 2. Schnitt um etwa ein Drittel niedriger. Dies verdeutlicht, dass die Öle von *Mentha* Nr. 5 die Lipidperoxidation wirkungsvoll hemmten. *Mentha* Nr. 7 und 6 zeigten im LPO-Testsystem eine gute antioxidative Kapazität und hoben sich aus der Gruppe der weiteren *Mentha*-Spezies deutlich hervor. Auch *Mentha* Nr. 13 schnitt besser ab als die weiteren Minzen, verzögerte die Lag-Phase jedoch nur halb so lange wie das Öl von *Mentha* Nr. 7. Die Verzögerung der Oxidation durch das Öl der *Mentha* Nr. 9 entspricht einer Trolox-Konzentration von mehr als 500 mM, bei den Ölen von *Mentha* Nr. 4/1. Schnitt, 6, 7 und 13 liegt sie zwischen 100 mM und 250 mM.

Die antioxidative Wirkung des Öls von *Mentha* Nr. 5 im LPO-System beruht – wie im ABTS-System – vermutlich auf der Wirkung der Substanz Piperitenonoxid. Bei den Ölen von *Mentha* Nr. 9 und dem 1. Schnitt von *Mentha* Nr. 4 ist sie sehr wahrscheinlich auf D-Germacren zurückzuführen. Für die antioxidative Kapazität des Öls von *Mentha* Nr. 9 könnte außerdem, wie oben diskutiert, Piperitonoxid verantwortlich sein.

In den Ölen von *Mentha* Nr. 6 und 7 sind Piperitonoxid und Piperitenonoxid nicht in deutlich höheren Mengen enthalten als in den anderen Ölen. Ein höherer D-Germacren-Anteil in den Ölen aus den 1. Schnitten erklärt die in beiden Schnitten stärkere antioxidative Kapazität nicht hinreichend. Das zu etwa 50% im Öl enthaltene Linalool war auch in den Ölen der *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 in größerer Menge enthalten, welche jedoch im LPO-System schlecht abschnitten. Zumindest im ABTS-Testsystem wirkte Linalool außerdem prooxidativ. Weitere in den Ölen von *Mentha* Nr. 6 und 7 in vergleichsweise größerer Menge vorhandene Substanzen waren *cis*-Ocimen, β -Pinen und β -Caryophyllen. Einen etwas höheren Anteil an β -Caryophyllen wies auch das Öl von *Mentha* Nr. 13 auf. Gemeinsam war den *Mentha* Nr. 6, 7 und 13 auch, dass sie zwar etwa gleich viel Linalool wie *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14, aber im Gegensatz zu diesen kaum Linalylacetat enthielten.

cis-Ocimen wirkte als einzige der im ABTS-Testsystem eingesetzten Reinsubstanzen

in linearer Abhängigkeit von der Konzentration antioxidativ. 1:10 verdünnt erzielte es TE von 200 μM , was dem Ergebnis von *Mentha* Nr. 11 in derselben Konzentration entspricht. Eine Korrelation zwischen den Flächenanteilen der etherischen Öle von cis-Ocimen und den im ABTS-System ermittelten TE war nicht feststellbar. cis-Ocimen besitzt eine bisallylische H-Atom-Struktur, an der Radikale gebildet werden können (Graßmann, 2000). In beiden Testsystemen ist ein Beitrag von cis-Ocimen zur antioxidativen Kapazität der Öle von *Mentha* Nr. 6 und 7 denkbar. Für das im LPO-Testsystem vergleichsweise bessere Ergebnis von *Mentha* Nr. 6 und 7 bietet die Lipophilie der Substanz eine plausible Erklärung.

β -Pinen übte als Einzelsubstanz keinen Einfluss im ABTS-System aus. LDL aus mit β -Pinen vorinkubiertem Plasma zeigte in Versuchen von Graßmann (2000) eine geringe Oxidationsresistenz. Eine Beteiligung von β -Pinen an der stärkeren antioxidativen Wirkung der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 6 und 7 im LPO-System ist daher denkbar.

Als Reinsubstanz im ABTS-System zeigte auch β -Caryophyllen keine Wirkung. β -Caryophyllen war in den Ölen der *Mentha* Nr. 6, 7, 9 und 4/1. Schnitt sowie auch im Öl der *Mentha* Nr. 13 in vergleichsweise größerer Menge enthalten. Ein Beitrag zur starken antioxidativen Wirkung von *Mentha* Nr. 9 und 4/1. Schnitt im LPO-System ist denkbar. Eine antioxidative Wirkung von β -Caryophyllen im LPO-System bei fehlender oder geringerer Wirkung im ABTS-System bietet eine Erklärung für das gute Abschneiden von *Mentha* Nr. 6 und 7 im LPO-System. Auch die im LPO-System relativ guten Ergebnisse der Öle von *Mentha* Nr. 13, die im ABTS-System sehr schlecht abschnitt, könnten darauf zurückzuführen sein.

Schlussfolgerungen

Die etherischen Öle der untersuchten *Mentha*-Spezies zeigten also, wenn auch in unterschiedlichem Maße, antioxidative Eigenschaften. Während die Öle der mutmaßlichen *Mentha x dumetorum* (*Mentha* Nr. 9), der *Mentha suaveolens* (*Mentha* Nr. 5) sowie der *Mentha x villosa* (*Mentha* Nr. 4) im 1. Schnitt 2006 in beiden Testsystemen sehr gut abschnitten, zeigten die der Gruppe der Quirlminzen angehörenden Hybriden *Mentha x gracilis* (*Mentha* Nr. 6 und 7), in geringerem Ausmaß auch die eventuelle *Mentha x dalmatica* (*Mentha* Nr. 13) im LPO-System deutlich bessere antioxidative Eigenschaften als im ABTS-System. Die Öle von Pfefferminzen und Zitronenminzen wiesen in beiden Testsystemen gleichermaßen

geringe antioxidative Eigenschaften auf.

Im LPO-System sind also z. T. andere Substanzen wirksam als im ABTS-Testsystem. Aussagen über die antioxidative Kapazität von Testsubstanzen können daher immer erst nach der Verwendung mehrerer Testsysteme getroffen werden.

Die ermittelten TE waren bei Umrechnung auf denselben Basiswert im LPO-System etwa 25- bis mehr als 50-mal so hoch wie im ABTS-System. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Mantle et al. (1998), welche im Vergleich der antioxidativen Kapazität etherischer Öle gegenüber dem ABTS-Radikal und dem Oxoferryl-Radikal um etwa 50-100-fach höhere TE im letzteren Testsystem feststellten. Ein Vergleich von in verschiedenen Testsystemen ermittelten TE ist also nicht möglich. Die Lipophilie einer Substanz ist für ihren Schutz vor Lipidperoxidation mit entscheidend (Graßmann, 2000). Dies erklärt, weshalb die lipophilen etherischen Öle verglichen mit dem wasserlöslichen Trolox im LPO-Testsystem besser abschnitten als im ABTS-Testsystem.

Eine wichtige Rolle bei der antioxidativen Kapazität der etherischen Öle spielte das Sesquiterpen D-Germacren. Da dieses ein Vorläufer weiterer Sesquiterpene ist (Saritas, 2000, Bülow und König, 2000), lassen die in früheren Stadien gemessenen höheren Gehalte auf eine Umlagerung im Verlauf der Ontogenese schließen. Ein diesbezüglicher Abgleich der Öle von *Mentha* Nr. 4 zeigt jedoch, dass im Öl des früh geernteten 1. Schnittes 2006 neben D-Germacren auch die Sesquiterpene α -Humulen, β -Elemen, β -Bourbonen, Viridiflorol, β -Caryophyllen sowie weitere nicht identifizierte Sesquiterpene in größerer Menge als im 2. Schnitt 2006 vorkamen. Eine Umlagerung von D-Germacren zu anderen Sesquiterpenen ist in diesem Fall daher unwahrscheinlich. Ob in der Pflanze eine Umbildung von D-Germacren zu höhermolekularen Substanzen erfolgt oder ob D-Germacren während der Lagerung der Blattdroge oder des reinen etherischen Öls umgelagert wird, bedarf ebenso weiterer Untersuchungen, wie die Frage, ob D-Germacren in den Ölen der *Mentha*-Spezies auch als Kommunikations- und Botenstoff wirksam ist. Eine solche Funktion wird in der Literatur diskutiert: Mehrere Motten-Arten besitzen Geruchsrezeptor-neuronen mit hoher Selektivität für D-Germacren (Stranden et al., 2003). Weiterhin wird vermutet, dass D-Germacren bei der Symbiose von *Tilia americana* und dem Pilz *Tuber borchii* zur Entstehung von Trüffeln eine Rolle spielt (Gioacchini et al., 2002).

Höhere D-Germacren-Gehalte bei gleichzeitig höherer antioxidativer Kapazität wiesen die etherischen Öle der ausgewählten *Mentha*-Arten in der Regel im 1. Schnitt auf, wobei der Einfluss des Schnittes in beiden Testsystemen der jeweils gleiche war. Eine niedrigere antioxidative Kapazität im 2. Schnitt wird durch höhere Ölgehalte meist mehr als kompensiert.

Das Beispiel der *Mentha* Nr. 4/1. Schnitt 2006 zeigt, dass eine Ernte im frühen Knospenstadium einen höheren D-Germacren-Anteil und höhere antioxidative Kapazität des etherischen Öls erwarten lässt. Bei der Gewinnung von Blattdroge ist eine verfrühte Ernte dennoch nicht empfehlenswert, da in der Blattdroge ein höherer Ölgehalt kurz vor der Blüte die niedrigere antioxidative Kapazität ausgleicht. Eine zu frühe Ernte bringt in der Regel auch Ertragseinbußen mit sich. Um hohen Drogenenertrag und etherischen Ölgehalt mit starker antioxidativer Kapazität der Blattdroge zu vereinen, empfiehlt sich daher eine Ernte im späten Knospenstadium, ehe die basalen Laubblätter vergilben.

7 Zusammenfassung

Vierzehn Vertreter der Gattung *Mentha* L. wurden im Hinblick auf mögliche antioxidative Eigenschaften ihrer etherischen Öle untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Öle durch Destillation aus der Blattdroge gewonnen und quantitativ sowie qualitativ durch Gaschromatographie/Massenspektrometrie analysiert. Die Öle wurden in zwei *in vitro*-Testsystemen zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität eingesetzt, einem Testsystem zur Lipidperoxidation im Blutplasma sowie dem ABTS-System, in welchem auch Hauptkomponenten der etherischen Öle als Einzelsubstanzen und Mischungen von Einzelsubstanzen geprüft wurden.

Die taxonomische Bestimmung der einzelnen Minzen als *Mentha x piperita* (*Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12), *Mentha citrata* (*Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14), *Mentha x gracilis* (*Mentha* Nr. 6 und 7) und *Mentha suaveolens* (*Mentha* Nr. 5) sowie die vermutliche Identifizierung als *Mentha x villosa* (*Mentha* Nr. 4), *Mentha x dumetorum* (*Mentha* Nr. 9) und *Mentha x dalmatica* (*Mentha* Nr. 13) erfolgte unter Einbeziehung der Chemotaxonomie und botanischer Merkmale.

Die höchsten Ölgehalte erzielten *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12, gefolgt von *Mentha* Nr. 13. *Mentha* Nr. 6 und 7, *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 sowie *Mentha* Nr. 4 unterschieden sich in ihrem Ölgehalt nur geringfügig. Am wenigsten Öl enthielten *Mentha* Nr. 5 und *Mentha* Nr. 9.

Hauptinhaltsstoffe der Öle von *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 waren Menthon, Menthol und Isomenthon, die Öle der *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 enthielten vor allem Linalool und Linalylacetat. In den Ölen von *Mentha* Nr. 6 und 7 kamen Linalool und in geringerem Maße cis-Ocimen, β -Pinen und β -Caryophyllen vor. Hauptkomponente der *Mentha* Nr. 4 war Carvon, gefolgt von Limonen. Bei *Mentha* Nr. 5 handelt es sich um einen Piperitenonoxid-, bei *Mentha* Nr. 9 um einen Piperitonoxid-Chemotyp. Das Öl von *Mentha* Nr. 13 wies neben Linalool einen höheren Terpinylacetat-Anteil auf.

Die Ölzusammensetzung der untersuchten *Mentha*-Arten war über Jahre und Schnitte relativ einheitlich. Die vier Zitronenminzen wiesen die geringsten Unterschiede auf, weshalb bei Durchführung der Ernte im Knospenstadium Teedroge mit einheitlicher Ölqualität gewonnen werden kann. Die Verschiebungen in der Ölzusammensetzung der Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 sowie der *Mentha* Nr. 5 sind hauptsächlich auf das Entwicklungsstadium zum Erntezeitpunkt

zurückzuführen. Dies gilt auch für *Mentha* Nr. 6 und 7 und *Mentha* Nr. 13, deren 1. Schnitt im Knospenstadium, der 2. Schnitt während der Blüte erfolgte. Ein Zusammenhang der Ölzusammensetzung mit dem Schnitt ist bei *Mentha* Nr. 4 erkennbar. Die größten Unterschiede, die zum Teil in keinem Zusammenhang mit Schnitt bzw. Anbaujahr standen, wies *Mentha* Nr. 9 auf.

Die hohe antioxidative Kapazität in beiden Testsystemen der etherischen Öle von *Mentha* Nr. 9, 5 sowie von *Mentha* Nr. 4 im 1. Schnitt 2006 wird auf die Ölkomponenten D-Germacren, Piperitenonoxid und Piperitonoxid zurückgeführt, wobei ein maßgeblicher Einfluss des D-Germacren-Anteils auf die antioxidative Kapazität nahezu aller untersuchten *Mentha*-Öle sehr wahrscheinlich ist. Im Testsystem zur Lipidperoxidation im Blutplasma erzielten auch die Öle von *Mentha* Nr. 6 und 7 gute Ergebnisse. Vermutet wird ein Zusammenhang mit einer im LPO-System höheren antioxidativen Kapazität von β -Pinen und β -Caryophyllen – diese zeigten im ABTS-System als Einzelsubstanzen keine Wirkung – sowie von cis-Ocimen, das im ABTS-Testsystem als einzige Standardsubstanz antioxidativ wirkte. Das schlechte Abschneiden der Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 in beiden Testsystemen wird auf das Fehlen einer wirksamen Substanz im Öl zurückgeführt. Ursache für die geringe Wirkung der Zitronenminz-Öle von *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 in beiden Systemen ist vermutlich ihr hoher Gehalt an Linalool, das im ABTS-System prooxidativ wirkte.

Bezogen auf die Blattdroge zählten *Mentha* Nr. 5 und 9 trotz niedriger Ölgehalte zu den Minzen mit der höchsten antioxidativen Kapazität im ABTS-Testsystem, aufgrund ihres hohen Ölgehaltes schnitten die Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2, 3 und 12 jedoch ähnlich gut ab.

Die Erfassung von Ertragsparametern ergab Hinweise über eine grundsätzliche Eignung aller ausgewählten *Mentha*-Spezies für den Anbau. Die Pfefferminzen *Mentha* Nr. 1, 2 und 3 sind für einen Anbau unter bayerischen Verhältnissen erwartungsgemäß geeignet. Ihnen ist gegenüber der rostanfälligen *Mentha* Nr. 12 der Vorzug zu geben. Eine Kultivierung in wärmeren Klimaten scheint für *Mentha* Nr. 5 und die Zitronenminzen *Mentha* Nr. 8, 10, 11 und 14 wegen ihrer Frostempfindlichkeit angebracht zu sein. Anbauwürdig zeigten sich *Mentha* Nr. 4, 9, 6, 7 und 13. Für die Minzen der Quirlminzgruppe, *Mentha* Nr. 6, 7 und 13, muss allerdings der optimale Erntezeitpunkt ermittelt werden.

8 Anhang

ANHANG 1: Bodenuntersuchungen der Anbaustandorte

	Pflanzung 2005		Pflanzung 2006	
	Anbaujahr	Folgejahr	Anbaujahr	Folgejahr
	2005	2006	2006	2007
Bodenart	Sand	Sand	Sand	Sand
pH	5,2	5,5	5,3 / 5,5	5,0
P₂O₅ [mg 100 g⁻¹ Boden]	14	13	9 / 7	10
K₂O [mg 100 g⁻¹ Boden]	13	12	8 / 9	7
Mg [mg 100 g⁻¹ Boden]	11	14	9 / 10	9
Humus [%]	2,9	3,6	3,0 / 3,4	3,1
Cd [mg 100 g⁻¹ Boden]	0,2	---	< 0,2	---
N_{min} [kg N ha⁻¹] 0-30 cm	23,8	---	18,7	---
	(07.04.2005)		(18.04.2006)	
N_{min} [kg N ha⁻¹] 30-60 cm	11,4	---	14,0	---
	(07.04.2005)		(18.04.2006)	

ANHANG 2: Bodenbearbeitungs- und Pflegemaßnahmen

	Pflanzung 2005		Pflanzung 2006	
Pflug	29.10.2004		02.11.2005	
Kompaktor	04.04.2005 02.05.2005		19.04.2006	
Grubber	---		10.05.2006	
Fräse	---		08.06.2006	
	Jahr 2005	Jahr 2006	Jahr 2006	Jahr 2007
Handhacke	19.05.2005	19.04.2006	12.06.2006	16.03.2007
	06.06.2005	08.05.2006	03.07.2006	19.04.2007
	17.06.2005	09.06.2006	28.07.2006	14.06.2007
	28.06.2005	21.06.2006	17.08.2006	12.07.2007
	15.07.2005	04.07.2006	14.09.2006	
	21.09.2005		12.10.2006	
Beregnung	24.06.2005	14.06.2006	12.07.2006	01.05.2007
	30.06.2005	08.07.2006	18.07.2006	
	07.09.2005	19.07.2006	21.07.2006	
		25.07.2006	14.09.2006	

ANHANG 3: Pflanztermine

Pflanztermin	04.05.2005	31.05.2005	20.07.2005	16.05.2006	20.05.2006
Mentha Nr.	2	4, 8, 13, 6, 9, 7, 5	12, 10, 14, 11	1	3

ANHANG 4: Düngemaßnahmen

Gedüngte Nährstoffe	Pflanzung 2005			Folge- jahr 2006	Pflanzung 2006	
	Anbaujahr 2005				Anbaujahr 2006	Folgejahr 2007
	Pflanztermin					
	04.05.	31.05.	20.07.			
	[kg ha ⁻¹] (Zeitpunkt der Düngung)					
N als KAS	110	110	50	115	132	80
2 Gaben	(09.05., 14.06.)	(08.06., 27.06.)	(25.07.)	(07.04., 08.05.)	(24.05., 23.06.)	(27.03., 08.05.)
P₂O₅	45	45	45	45	45	45*
als Novaphos	(11.04.)	(11.04.)	(11.04.)	(23.03.)	(06.04.)	(13.03.)
* als Superphosphat						
K₂O als 40er Kornkali mit 6% MgO	260	260	260	260	260	312
	(11.04.)	(11.04.)	(11.04.)	(23.03.)	(06.04.)	(13.03.)
N nach 1. Schnitt als KAS	30	30	---	30	30	30
	(05.07.)	(25.07.)		(13.06.)	(12.07.)	(14.06.)
N nach 2. Schnitt als KAS	---	---	---	---	20	30
					(10.08.)	(10.07.)

ANHANG 5: Erntetermine

<i>Mentha</i> Nr.	Pflanzjahr			Folgejahr		
	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt
1	28.06.06	27.07.06	29.09.06	23.05.07	10.07.07	13.09.07
2	04.07.05	04.08.05	15.09.05	13.06.06	18.07.06	07.09.06
3	10.07.06	03.08.06	29.09.06	23.05.07	10.07.07	13.09.07
4	29.06.05	21.07.05	26.08.05	13.06.06	10.07.06	25.08.06
5	29.06.05	21.07.05	26.08.05	29.06.06	18.07.06	25.08.06
6	04.08.05	07.09.05	15.09.05	13.06.06	10.07.06	25.08.06
7	29.06.05	04.08.05	15.09.05	13.06.06	12.07.06	25.08.06
8	08.07.05	04.08.05	15.09.05	29.06.06	18.07.06	25.08.06
9	08.07.05	04.08.05	---	29.06.06	27.07.06	---
10	---	---	---	28.06.06	27.07.06	07.09.06
11	07.09.05	---	---	10.07.06	21.08.06	---
12	---	---	---	10.07.06	21.08.06	---
13	08.07.05	04.08.05	15.09.05	29.06.06	18.07.06	25.08.06
14	---	---	---	28.06.06	27.07.06	07.09.06

ANHANG 6: Klimadaten Versuchsstation Baumannshof
Jahr 2005

Niederschläge [mm]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	16	11	2	16	23	15	65	49	16	45	12	11
11.-20.	13	22	18	45	8	33	35	38	17	1	11	16
21.-31.	22	5	10	28	24	19	28	46	11	2	12	11
1.-31.	51	38	30	89	55	67	128	133	44	48	35	38
Mittel*	53	46	65	46	71	71	108	79	76	80	70	55

*Mittel der letzten 10 Jahre

Durchschnittliche mittlere Tagestemperatur 2 m über dem Boden [°C]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	3,7	-2,8	-5,8	8,1	11,4	13,3	15,9	15,4	18,2	12,3	6,4	-0,1
11.-20.	0,0	0,0	3,9	10,0	10,5	17,3	19,6	16,1	13,6	6,8	3,0	-0,7
21.-31.	-3,8	-6,6	7,9	10,2	17,1	22,0	19,5	17,4	12,2	10,1	-1,8	-1,6
1.-31.	-0,2	-2,9	2,2	9,4	13,1	17,5	18,4	16,3	14,7	9,7	2,5	-0,8
Mittel*	-1,1	-0,1	4,5	8,8	13,6	17,3	17,8	18,6	13,5	9,1	3,5	0,0

*Mittel der letzten 10 Jahre

Absolut tiefste Temperatur 20 cm über dem Boden [°C]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	-6,2	-15,4	-15,6	-6,8	-1,5	-1,0	4,4	4,1	4,7	1,8	-0,4	-9,1
11.-20.	-10,3	-7,4	-12,0	-1,5	-4,0	3,6	8,5	3,1	0,1	-1,6	-6,4	-8,8
21.-31.	-21,1	-14,7	-5,7	-6,6	1,9	7,1	9,5	6,1	-1,3	-0,5	-15,4	-18,6
1.-31.	-21,1	-15,4	-15,6	-6,8	-4,0	-1,0	4,4	3,1	-1,3	-1,6	-15,4	-18,6

Anzahl Frosttage

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	8	10	10	6	2	5	0	0	0	0	1	10
11.-20.	10	8	8	2	5	0	0	0	0	10	5	10
21.-31.	11	8	2	3	0	0	0	0	1	1	10	10
1.-31.	29	26	20	11	7	3	0	0	1	11	16	30

Jahr 2006

Niederschläge [mm]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	1	10	49	38	3	11	10	50	1	13	8	27
11.-20.	13	24	4	16	52	26	0	23	5	1	11	3
21.-31.	3	1	34	29	41	65	37	78	3	6	7	2
1.-31.	17	35	87	83	96	102	47	151	9	20	26	32
Mittel*	55	48	73	53	74	85	99	83	72	77	65	54

*Mittel der letzten 10 Jahre

Durchschnittliche mittlere Tagestemperatur 2 m über dem Boden [°C]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	-0,6	-3,2	-0,9	6,6	13,7	11,4	20,6	16,1	17,4	12,1	4,3	5,6
11.-20.	-4,3	0,1	-0,5	8,7	14,6	20,6	22,0	15,7	16,8	9,3	6,8	1,1
21.-31.	-5,3	-0,7	7,4	11,3	12,9	20,5	23,3	14,2	14,6	11,8	5,0	-0,4
1.-31.	-3,4	-1,3	2,2	8,9	13,7	17,5	22,0	15,3	16,3	11,1	5,4	2,0
Mittel*	-1,1	0,1	4,6	8,9	14,2	17,3	18,4	18,4	14,0	9,3	3,6	0,6

*Mittel der letzten 10 Jahre

Absolut tiefste Temperatur 20 cm über dem Boden [°C]

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	-7,7	-12,9	-12,9	-6,4	-1,9	-0,5	10,0	6,3	2,1	0,5	-6,6	-3,1
11.-20.	-13,3	-16,2	-7,7	-1,2	-0,6	3,9	6,0	7,0	5,7	-4,4	-6,1	-6,2
21.-31.	-12,6	-15,8	-4,4	-3,2	2,3	11,0	12,4	6,1	5,5	-1,2	-4,4	-7,5
1.-31.	-13,3	-15,8	-12,9	-6,4	-1,9	-0,5	6,0	6,1	2,1	-4,4	-6,6	-7,5

Anzahl Frosttage

Monate	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.-10.	10	9	10	3	1	3	0	0	0	0	7	3
11.-20.	10	7	10	3	1	0	0	0	0	2	2	9
21.-31.	10	8	3	3	0	0	0	0	0	3	2	11
1.-31.	30	24	23	9	2	3	0	0	0	5	11	23

**ANHANG 7: Statistische Auswertung des
Vorversuchs zur Gehaltsbestimmung des etherischen Öls**

Ölgehalt [ml 100 g ⁻¹]				
<i>Mentha</i> Nr. (n)	Destillation mit Xylol (n)		Destillation ohne Xylol	
1. Schnitt 2005				
2	3	2,73±0,08	3	2,82±0,06
4	2	1,63±0,04	2	1,60±0,00
5	3	0,98±0,03	3	0,83±0,03
7	2	1,45±0,00	2	1,48±0,04
8	3	0,50±0,00	3	0,62±0,03
9	2	0,20±0,00	2	0,23±0,04
11	3	1,73±0,08	3	1,77±0,06
13	2	0,28±0,04	2	0,33±0,04
2. Schnitt 2005				
2	3	3,63±0,18	3	3,62±0,13
4	2	1,58±0,04	2	1,55±0,00
5	2	1,23±0,11	2	1,13±0,18
6	3	1,55±0,05	3	1,62±0,03
7	3	1,48±0,06	3	1,55±0,00
8	3	1,37±0,08	3	1,43±0,03
9	3	0,95±0,00	3	0,98±0,03
13	3	2,05±0,00	3	2,03±0,03
Mittelwert	42	1,533	42	1,5155
		a		a
GD = 0,3755 (Tukey p<0,05)				

**ANHANG 8: Statistische Auswertung der
etherischen Ölgehalte von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes 2006**

Schnitt <i>Mentha</i> Nr.	Ölgehalt [ml 100 g⁻¹]	
	1	2
1	2,60±0,09	3,75±0,05
2	2,38±0,03	3,90±0,09
3	3,05±0,05	3,55±0,00
4	0,53±0,03	2,20±0,00
5	1,13±0,03	1,83±0,08
6	1,42±0,03	2,27±0,03
7	1,17±0,03	2,18±0,03
8	1,32±0,03	1,83±0,03
9	0,87±0,03	1,20±0,00
10	1,28±0,03	1,82±0,03
11	1,77±0,03	2,00±0,05
12	2,80±0,05	2,68±0,13
13	1,83±0,03	2,53±0,03
14	1,42±0,03	2,02±0,08

Aufgrund hoch signifikanter Wechselwirkungen zwischen den Faktoren war das Tukey-Grouping zur Kennzeichnung signifikanter Unterschiede mit Hilfe von Buchstaben nicht zulässig.

**ANHANG 9: Statistische Auswertung der
Etherischen Ölgehalte von Blattdroge des 1. und 2. Schnittes 2005 und 2006**

Jahr Schnitt <i>Mentha</i> Nr.	Ölgehalt [ml 100 g⁻¹]			
	2005 1	2005 2	2006 1	2006 2
2	2,80±0,07	3,68±0,11	2,38±0,04	3,93±0,11
4	1,60±0,00	1,55±0,00	0,53±0,04	2,20±0,00
5	0,83±0,04	1,13±0,18	1,13±0,04	1,80±0,07
7	1,48±0,04	1,55±0,00	1,18±0,04	2,18±0,04
8	0,63±0,04	1,45±0,00	1,33±0,04	1,85±0,00
9	0,23±0,04	0,98±0,04	0,88±0,04	1,20±0,00
13	0,33±0,04	2,03±0,04	1,83±0,04	2,53±0,04

Aufgrund hoch signifikanter Wechselwirkungen zwischen den Faktoren war das Tukey-Grouping zur Kennzeichnung signifikanter Unterschiede mit Hilfe von Buchstaben nicht zulässig.

**ANHANG 10: Statistische Auswertung der
TE der etherischen Öle - 1. und 2. Schnittes 2006**

Schnitt <i>Mentha</i> Nr.	TE [mM]	
	1	2
1	2,94±0,36	3,27±0,46
2	4,38±0,42	3,37±0,38
3	3,98±0,41	3,88±0,23
4	8,18±1,00	4,66±0,35
5	10,14±1,51	8,28±0,96
6	5,17±0,23	3,71±0,31
7	5,18±0,18	3,66±0,36
8	3,92±0,21	3,68±0,38
9	11,77±0,69	10,85±0,81
10	3,58±0,45	3,57±0,36
11	2,20±0,15	1,96±0,23
12	4,77±0,48	3,76±0,23
13	3,24±0,11	2,57±0,42
14	3,81±0,30	3,81±0,19

Aufgrund hoch signifikanter Wechselwirkungen zwischen den Faktoren war das Tukey-Grouping zur Kennzeichnung signifikanter Unterschiede mit Hilfe von Buchstaben nicht zulässig.

**ANHANG 11: Statistische Auswertung der
TE der etherischen Öle bezogen auf Blattdroge - 1. und 2. Schnittes 2006**

Schnitt <i>Mentha</i> Nr.	TE [$\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$ Blattdroge]	
	1	2
1	7,64 \pm 0,92	12,26 \pm 1,72
2	10,42 \pm 1,00	13,14 \pm 1,48
3	12,13 \pm 1,26	13,77 \pm 0,82
4	4,36 \pm 0,53	10,25 \pm 0,78
5	11,50 \pm 1,71	15,19 \pm 1,76
6	7,33 \pm 0,32	8,42 \pm 0,69
7	6,05 \pm 0,21	8,00 \pm 0,79
8	5,18 \pm 0,28	6,74 \pm 0,69
9	10,20 \pm 0,60	13,02 \pm 0,97
10	4,59 \pm 0,58	6,49 \pm 0,66
11	3,88 \pm 0,27	3,92 \pm 0,46
12	13,36 \pm 1,33	10,09 \pm 0,62
13	5,93 \pm 0,19	6,52 \pm 1,06
14	5,40 \pm 0,43	7,68 \pm 0,39

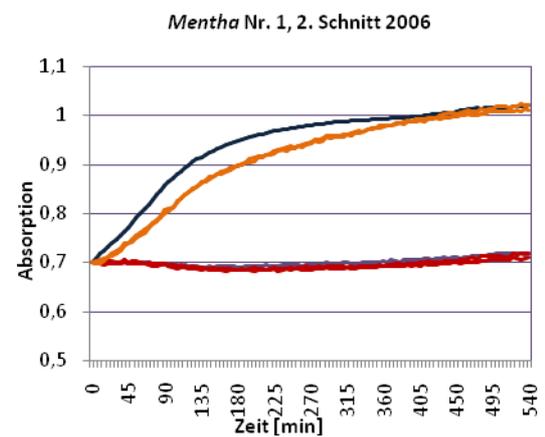
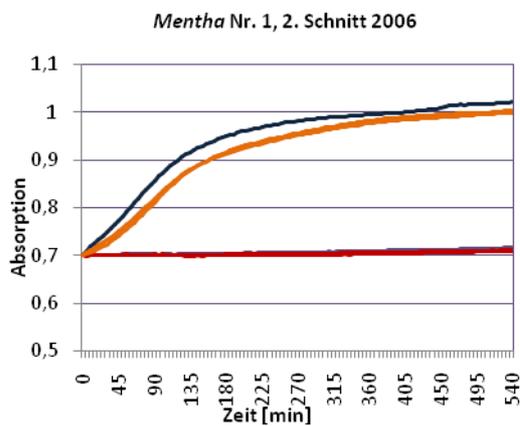
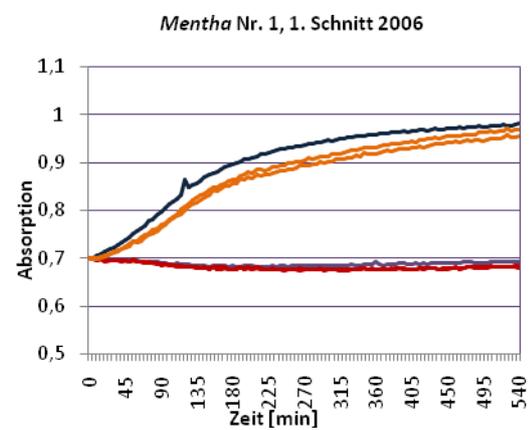
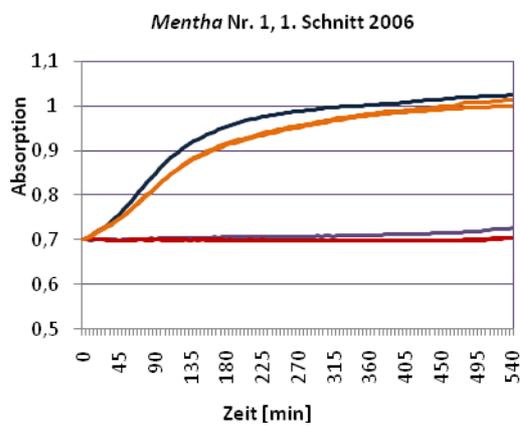
Aufgrund hoch signifikanter Wechselwirkungen zwischen den Faktoren war das Tukey-Grouping zur Kennzeichnung signifikanter Unterschiede mit Hilfe von Buchstaben nicht zulässig.

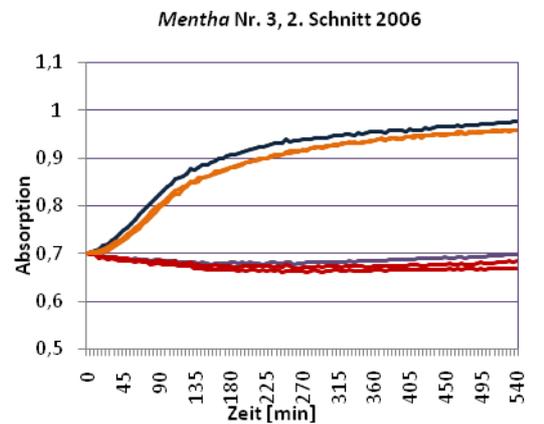
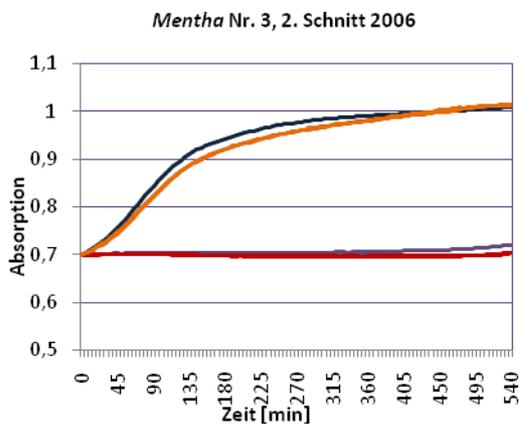
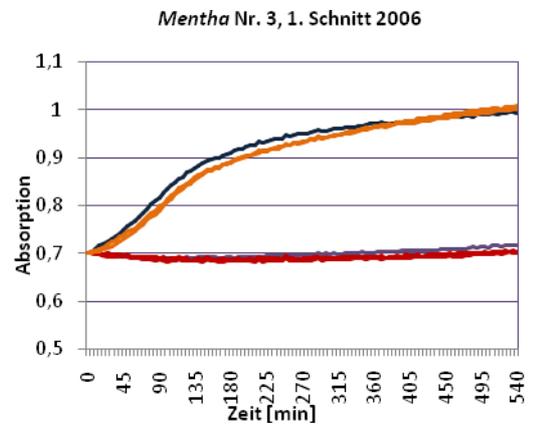
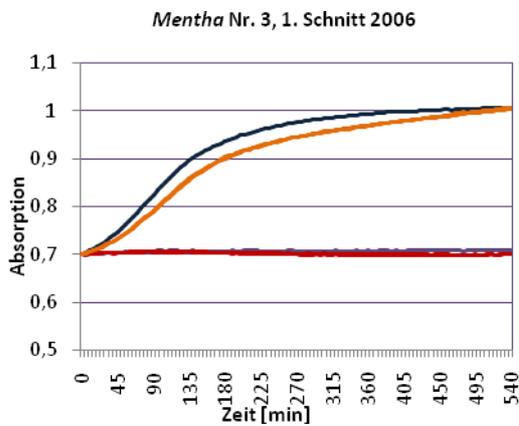
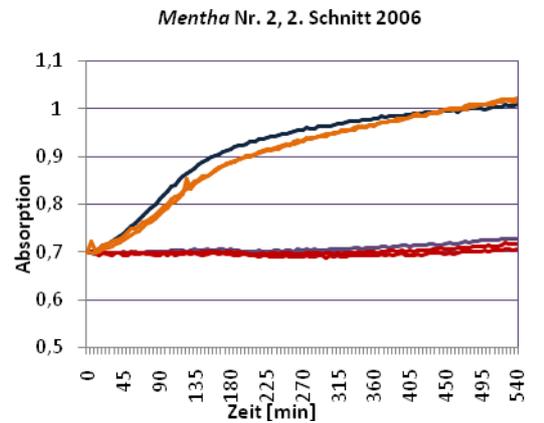
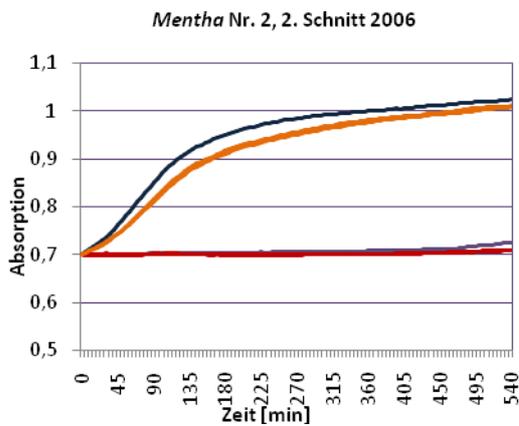
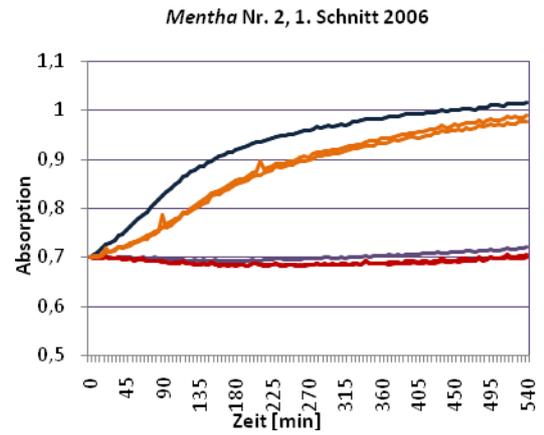
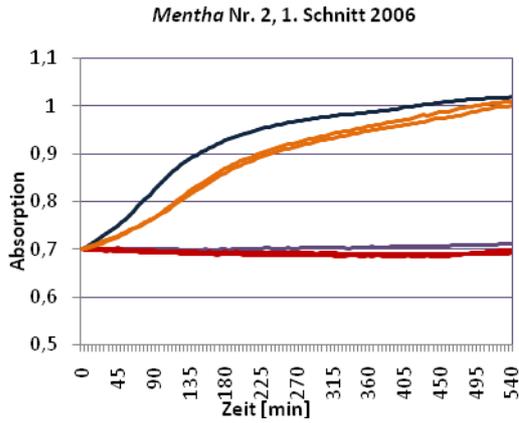
ANHANG 12: Lipidperoxidation im Blutplasma – Oxidationskurven ermittelt an zwei verschiedenen Photometern bzw. Messtagen

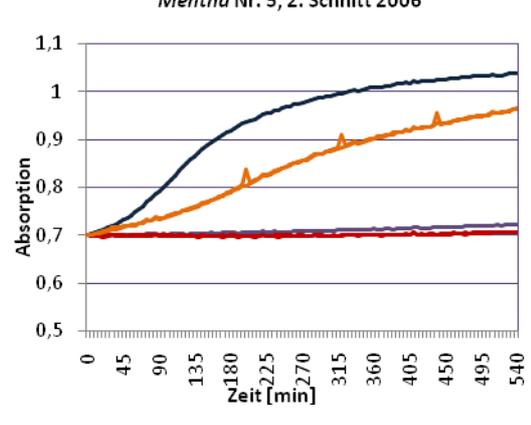
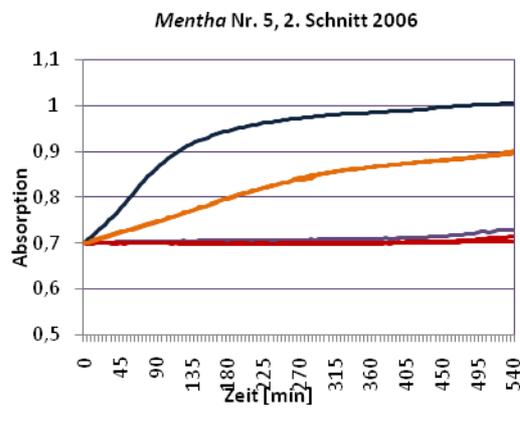
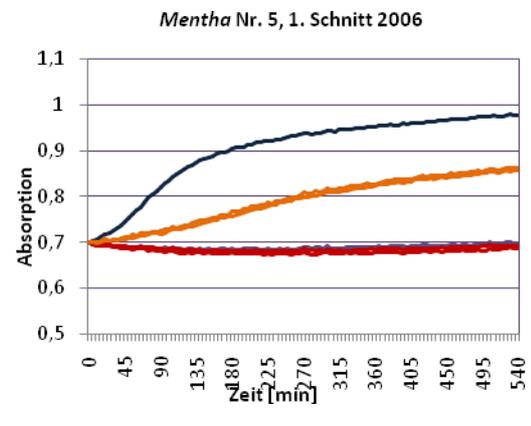
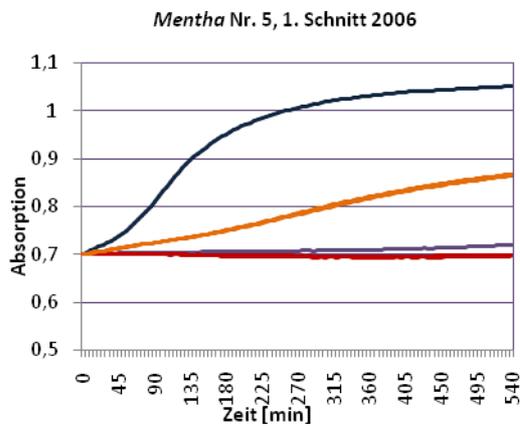
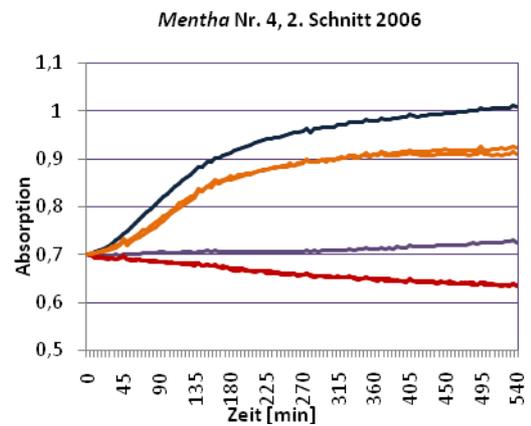
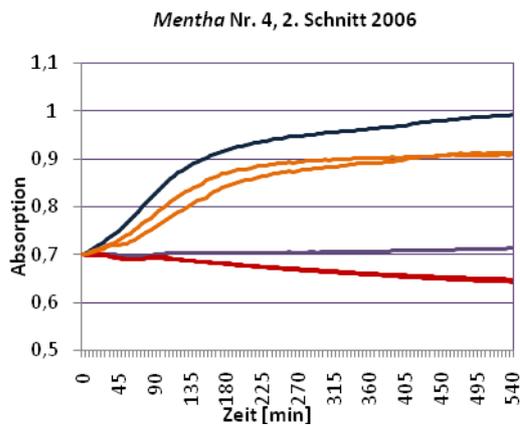
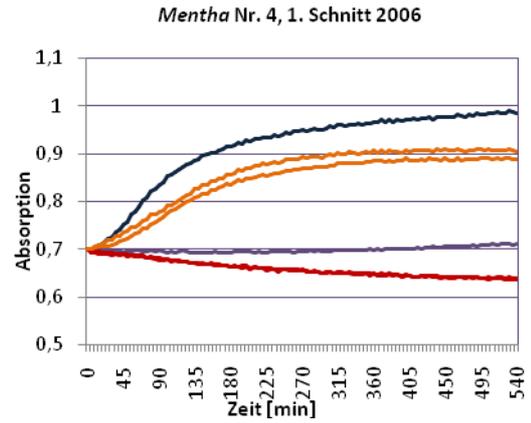
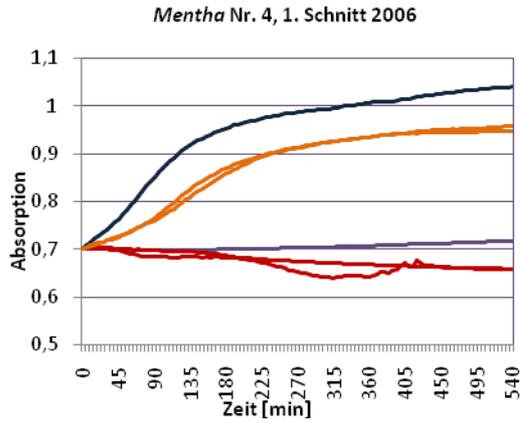
Thermo Spectronic Helios

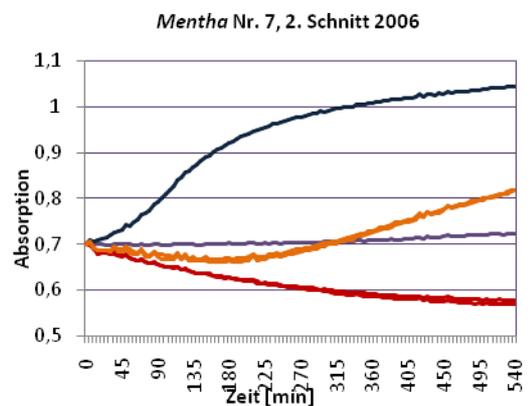
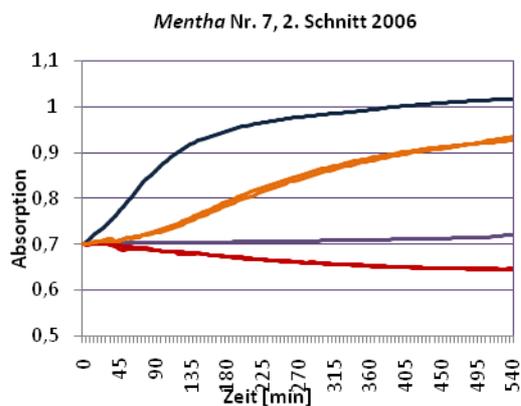
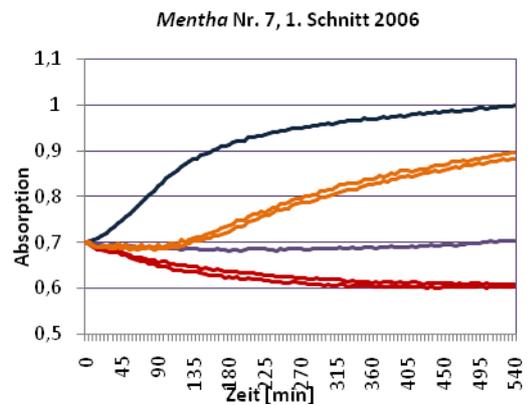
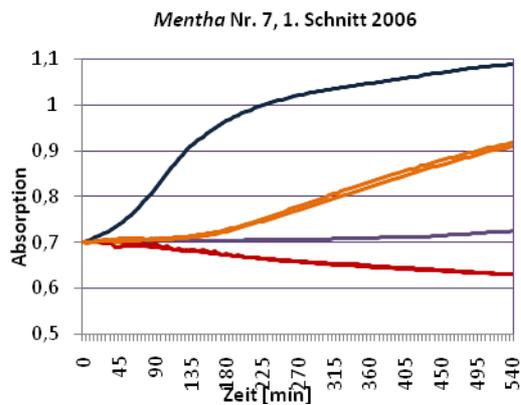
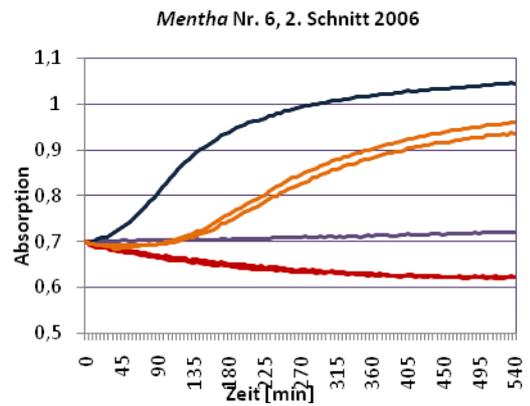
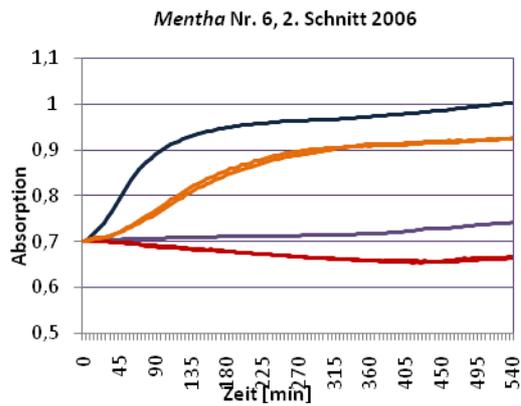
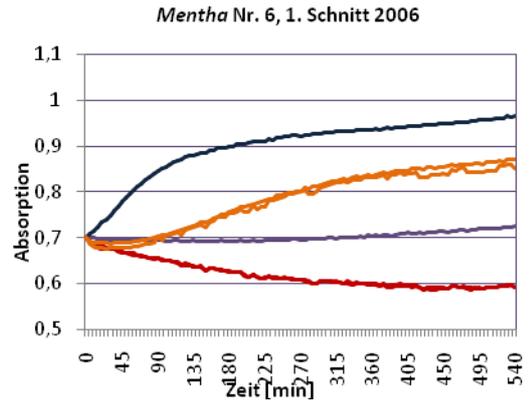
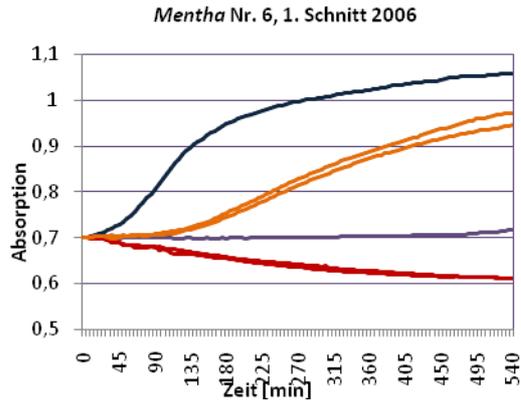
Pharmacia LKB Biochrom

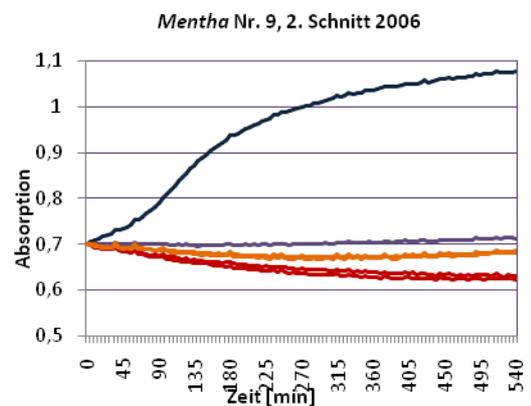
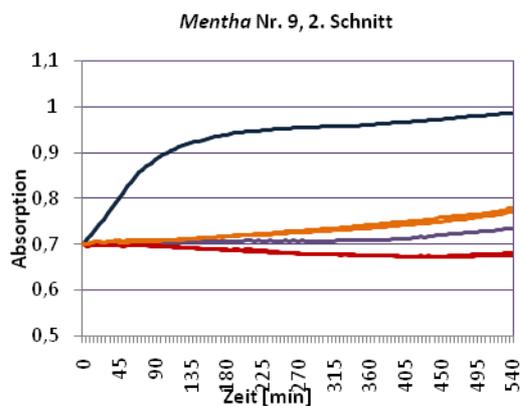
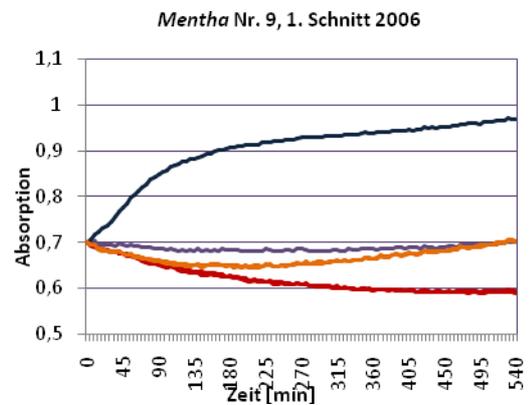
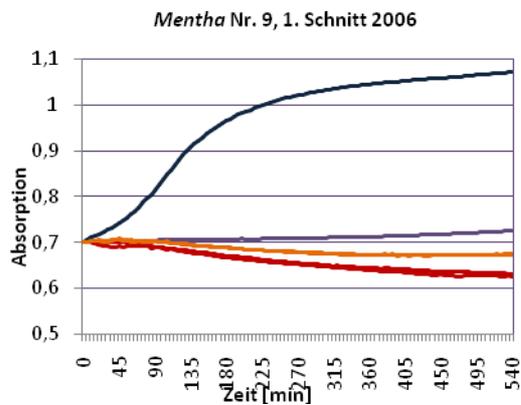
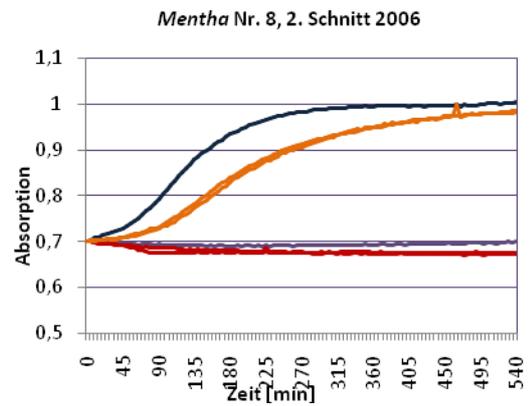
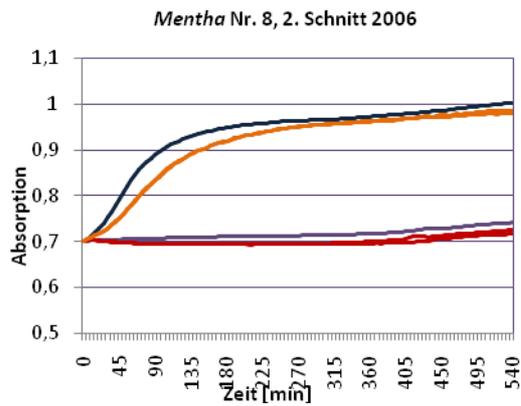
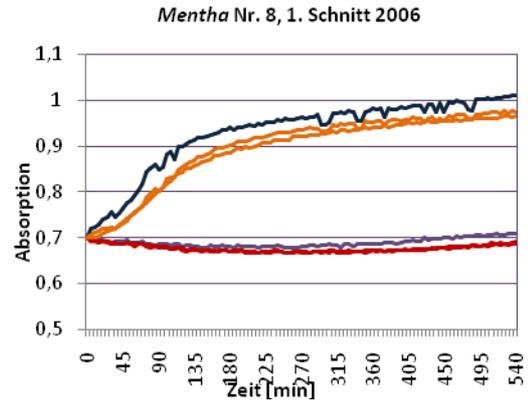
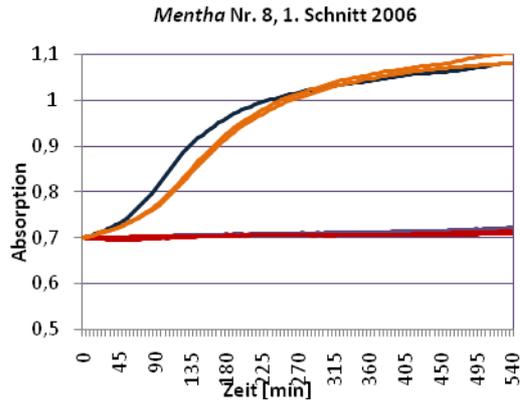
- ohne Öl, ohne Kupfer
- ohne Öl, mit Kupfer
- mit Öl, ohne Kupfer (2 Oxidationskurven)
- mit Öl, mit Kupfer (2 Oxidationskurven)

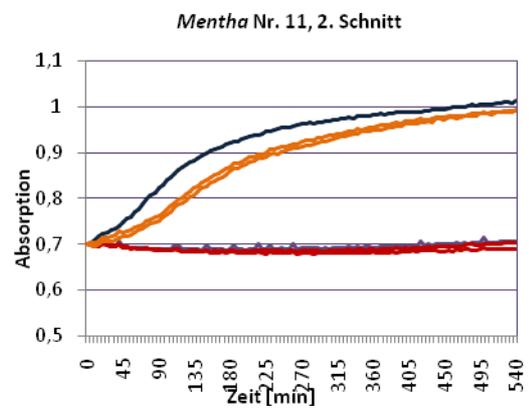
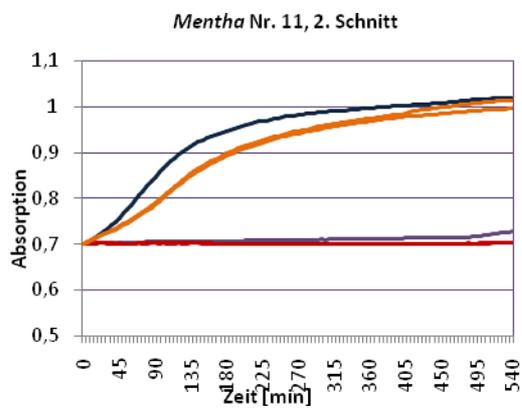
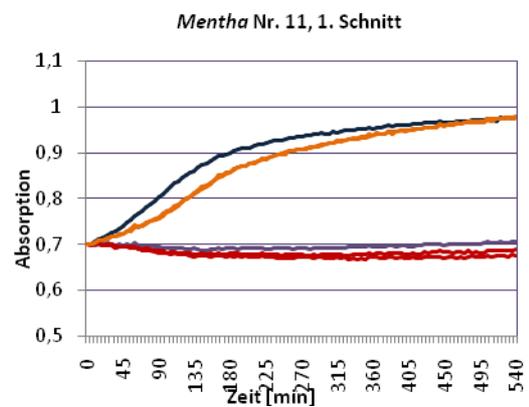
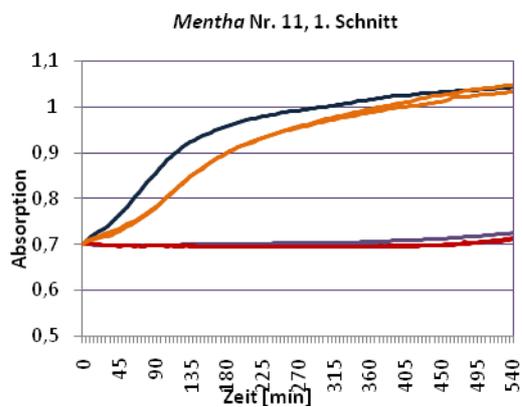
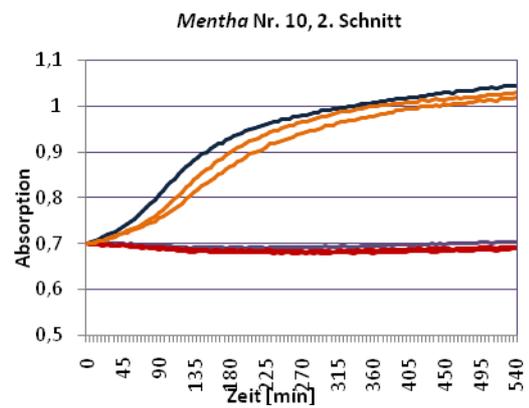
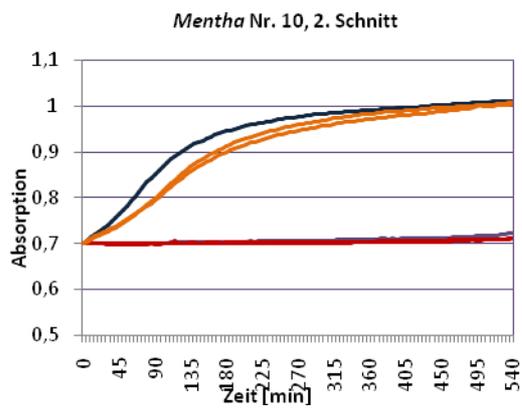
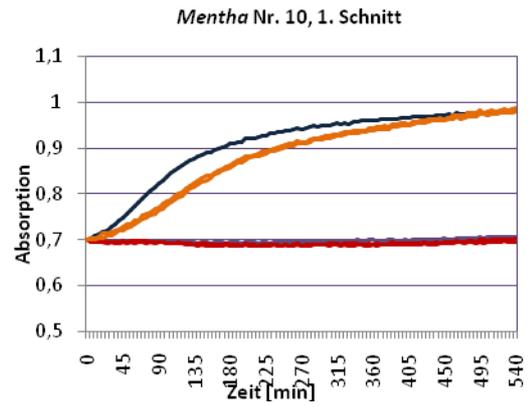
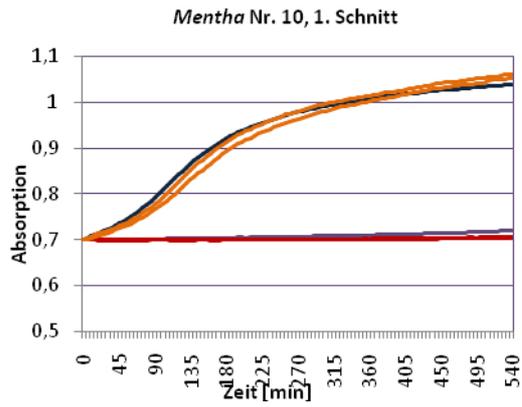


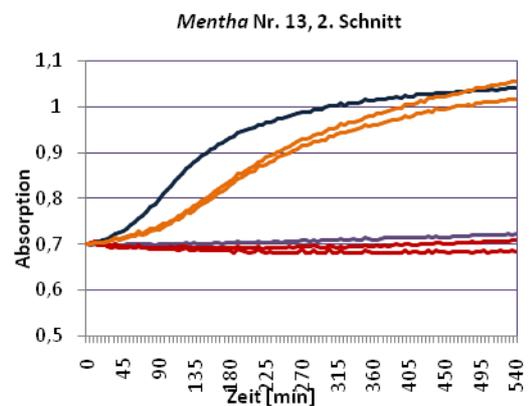
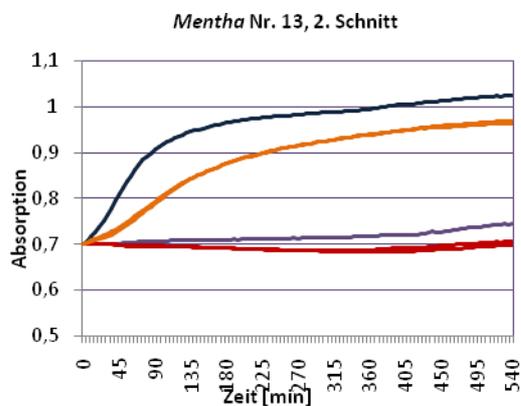
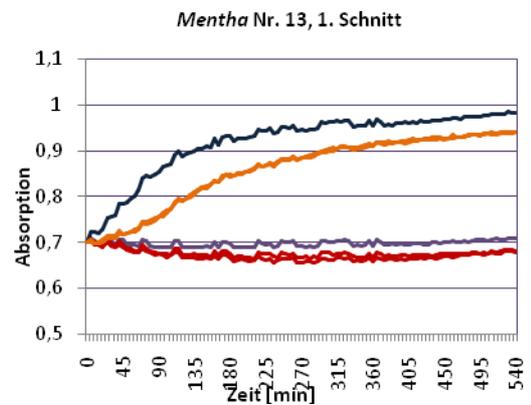
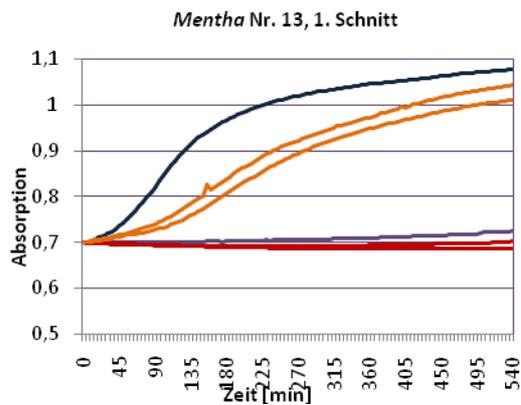
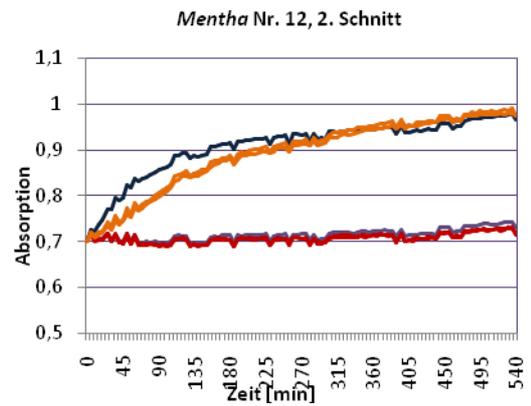
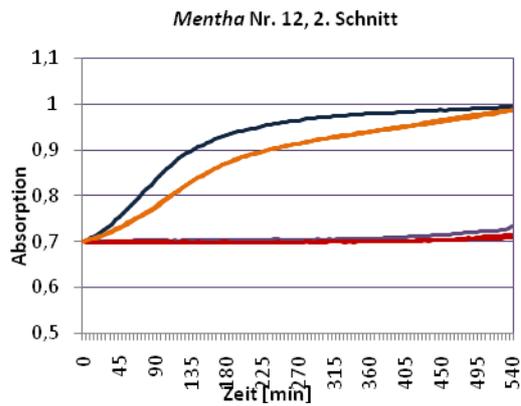
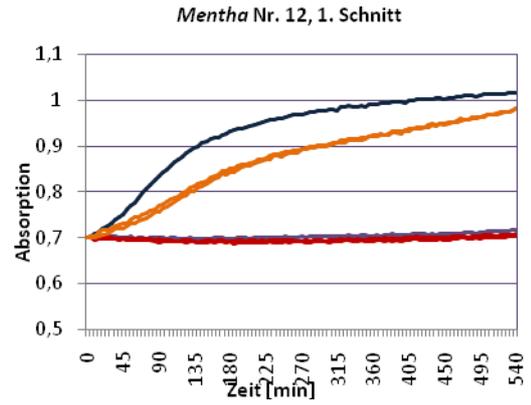
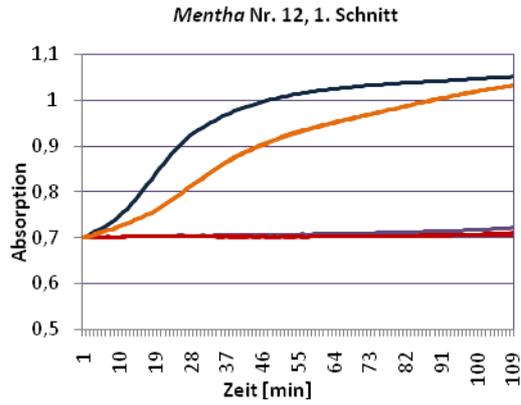


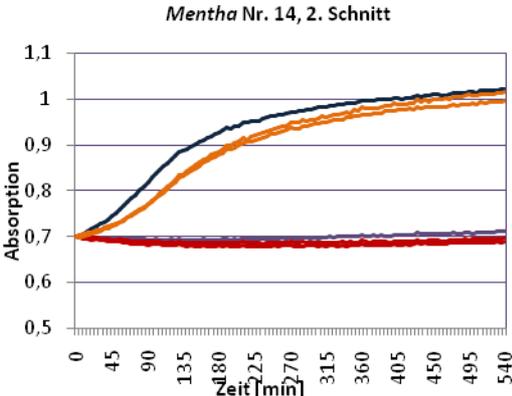
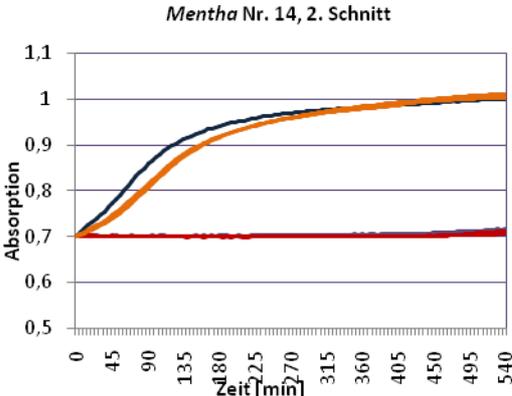
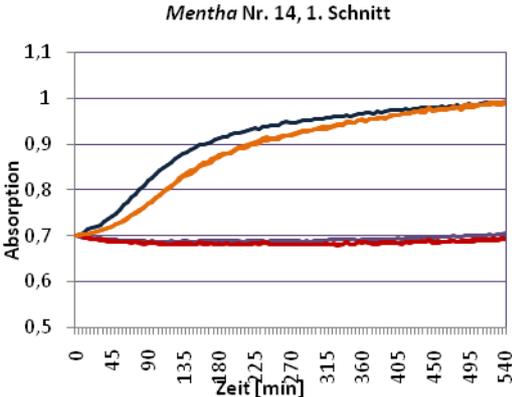
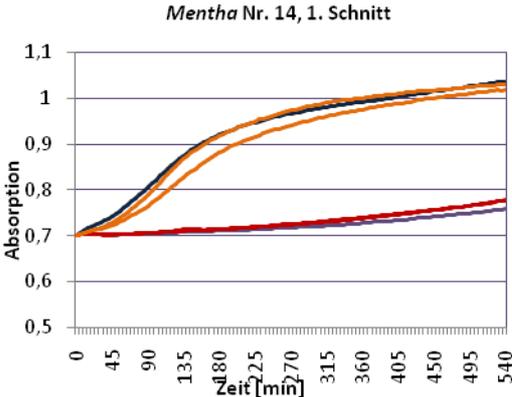












9 Literaturverzeichnis

- Adams R P, 1989. Identification of Essential Oils by Ion Trap Mass Spectroscopy. Academic Press San Diego
- Areias F M, Valentao P, Andrade P B, Ferreres F, Seabra R M, 2001. Phenolic fingerprint of peppermint leaves. Food chemistry 73, 307-311
- Bader A, Flamini G, Cioni P L, Morelli I, 2003. Essential oil composition of *Achillea santolina* L. and *Achillea biedersteinii* Afan. collected in Jordan. Flavour and Fragrance Journal 18, 36-38
- Baquer S R, Reese G, 1965. Cytotaxonomische und gaschromatographische Untersuchungen an norddeutschen *Mentha*-Formen. 2. Teil Gaschromatographische Untersuchungen. Pharmazie 20, 214-220
- Baser K H C, Kirimer N, Duman H, 1997. Composition of the Essential Oil of *Micromeria dolichodontha* P. H. Davis. Flavour and Fragrance Journal 12 (4), 289-291
- Baser K H C, Kürkcüoğlu M, Tarımcılar G, Kaynak G, 1999. Essential Oils of *Mentha* Species from Northern Turkey. Journal of Essential Oil Research 11, 579-588
- Blum C, 1999. Analytik und Sensorik von Gewürzextrakten und Gewürzölen. Dissertation an der Universität Hamburg. Veröffentlichung online
- Bomme U, 2001. Kulturanleitung für Pfefferminze. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Hrsg.), Freising, 4. Auflage
- Bomme U, 2004. Kultur, Anbau und Ernte der Pfefferminze. Zeitschrift für Phytotherapie 25, 147-152
- Bomme U, Feicht E, Schilling W, 2001. Ergebnisse aus mehrjährigen Leistungsprüfungen mit ausgewählten Herkünften von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.) – Erste Mitteilung: Erträge, Ätherisch-Öl-Gehalt, agronomische und morphologische Merkmale. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 6, 202-208
- Bomme U, Gatterer M, Hillenmeyer G, Kärner C, 2005. Ergebnisse aus mehrjährigen Leistungsprüfungen mit ausgewählten Herkünften von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.) – Zweite Mitteilung: Zusammensetzung der ätherischen Öle. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 10, 73-81
- Bomme U, Hillenmeyer G, 2001. Einfluss von Sorte und Herkunft auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls von Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.). Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung, XXXVI. Vortragstagung Jena 2001
- Bomme U, Hillenmeyer G, Reiter H, Rinder R, 2000. Optimiertes Verfahren zur praxisnahen Wasserdampf-Destillation ätherischer Öle aus frischen Pflanzenteilen. 1. und 2. Mitteilung. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 5, 71-79 und 132-144
- Braun M, 2002. Verbesserung der Arzneibuchvorschriften und ihre Angleichung an das Europäische Arzneibuch am Beispiel von ätherischen Ölen. Dissertation an der Universität Regensburg. Veröffentlichung online

- Bruneton J, 1999. Pharmacognosy – Phytochemistry – Medicinal Plants. Lavoisier, Paris, 2. Ausgabe
- Buchbauer G, 2003. Biologische Wirkungen von Ätherischen Ölen und Duftstoffen. Plenarvortrag im Rahmen des 33. Internationalen Symposiums über Ätherische Öle (ISEO), Lissabon. ÖAZ Aktuell 14, Veröffentlichung online <http://www.oeaz.at/zeitung.html>
- Bülow N, König W A, 2000. The role of germacrene D as a precursor in sesquiterpene biosynthesis: investigations of acid catalyzed, photochemically and thermally induced rearrangements. *Phytochemistry* 55, 141-168
- Bünau v G, Schade G, Gollnick K, 1967. Massenspektrometrische Untersuchungen von Terpenen. I. Monoterpenaldehyde und –ketone. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 227 (3), 173-187
- Cano A, Acosta M, Arnao M B, 2000. A method to measure antioxidant activity in organic media: application to lipophilic vitamins. *Redox Report* 5 (6), 365-370
- Catizone P, Marotti M, Toderi G, Tetenyi P, 1990. Coltivazione delle piante medicinali e aromatiche. Patron editore Bologna, 5. Auflage
- Celenk S, Tarimcilar G, Bicakci A, Kaynak G, Malyer H, 2008. A palynological study of the genus *Mentha* L. (Lamiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 157, 141-154
- Chalchat J C, Garry R P, Michet A, 1997. Variation of the Chemical Composition of Essential Oil of *Mentha piperita* L. during the Growing Time. *Journal of Essential Oil Research* 9, 463-465
- Chopra M M, Vashist V N, Handa K L, 1964. The Essential Oils of the Species of Genus *Mentha*. *Perfumery and essential oil record* 55, 323-329
- Conforti F, Sosa S, Marrelli M, Menichini F, Statti G A, Uznov D, Tubaro A, Menichini F, Della Loggia R, 2008. In vivo anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of Mediterranean dietary plants. *Journal of Ethnopharmacology* 116, 144-151
- Court W A, Roy R C, Pocs R, 1993. Effect of harvest date on the yield and quality of the essential oil of peppermint. *Canadian Journal of Plant Science* 73, 815-824
- Cross C E, van der Vliet A, Louie S, Thiele J J, Halliwell B, 1998. Oxidative Stress and Antioxidants at Biosurfaces: Plants, Skin and Respiratory Tract Surfaces. *Environmental Health Perspectives* 106 (Suppl 5), 1241-1251
- Croteau R, Karp F, Wagschal K C, Satterwhite D M, Hyatt D C, Skotland C B, 1991. Biochemical Characterization of a Spearmint Mutant That Resembles Peppermint in Monoterpene Content. *Plant Physiology* 96, 744-752
- Dachler M, Pelzmann H, 1999. Arznei- und Gewürzpflanzen. Anbau Ernte Aufbereitung. Österreichischer Agrarverlag Klosterneuburg, 2. Auflage
- de Abreu Matos F J, Lacerda Machado M I, Aragao Craveiro A, Alencar Wilson J, Barbosa J M, Leitao da Cunha E V, Akiko Hiruma C, 1999. Essential Oil of *Mentha x villosa* Huds. from Northeastern Brazil. *Journal of Essential Oil Research* 11, 41-44
- Demirci B, Demirci F, Baser K H C, 2005. Headspace-SPME and hydrodistillation of two fragrant *Artemisia* sp. *Flavour and Fragrance Journal* 20, 395-398

- Dix T A, Aikens J, 1993. Mechanisms and Biological Relevance of Lipid Peroxidation Initiation. *Chemical Research in Toxicology* 6, 2-18
- Dorman H J D, Kosar M, Kahlos K, Holm Y, Hiltunen R, 2003. Antioxidant Properties and Composition of Aqueous Extracts from *Mentha* Species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 4563-4569
- Duband F, Carnat A P, Carnat A, Petitjean-Freytet C, Clair G, Lamaison J L, 1992. Composition aromatique et polyphénolique de l'infusé de Menthe, *Mentha x piperita* L. *Ann. pharmaceutiques francaises* 50 (3), 146-155
- Edwards J, Parbery D, Taylor P A, Halloran G M, 1999. Disease cycles of *Puccinia menthae* on commercial *Mentha* species growing in north-east Victoria, Australia. *Australasian Plant Pathology* 28 (3), 200-204. Abstract in CAB Abstracts
- Elstner E F, 1990. *Der Sauerstoff: Biochemie, Biologie, Medizin.* Wissenschaftsverlag Mannheim
- Fagbemi B O B, Morton J K, 1982. Studies on *Mentha x dumetorum* Schult. (Labiatae) to confirm its presumed parentage – *M. aquatica* Linn. x *M. longifolia* (Linn.) Huds. *Rhodora* 84, 439-445
- FAO, 2005. Compendium of food additive specifications – Addendum 13: Spectra of certain flavouring agents:
<http://www.fao.org/docrep/008/a0044e/a0044e07.htm> (11.10.2007)
- Farooqi A H A, Sangwan N S, Sangwan R S, 1999. Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in *Mentha* species. *Plant Growth Regulation* 29, 181-187
- Fischer N H, 1991. Sesquiterpenoids. In: Charlwood B V, Banthorpe D V (Hrsg.). Volume 7 Terpenoids In: Dey P M, Harborne J B (Hrsg.). *Methods in Plant Biochemistry.* Academic Press London, 187-211
- Foti M C, Ingold K U, 2003. Mechanism of Inhibition of Lipid Peroxidation by γ -Terpinene, an Unusual and Potentially Useful Hydrocarbon Antioxidant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 2758-2765
- Fricke G, 2002. Vergleich der Qualität von CO₂-Hochdruckextrakten ausgewählter Apiaceen und Asteraceen mit Destillaten und Lösungsmittelextrakten. Dissertation an der Technischen Universität München. Veröffentlichung online
- Frohne D, Jensen U, 1998. Systematik des Pflanzenreichs unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 5. Auflage
- Gancel A-L, Ollé D, Ollitrault P, Luro F, Brillouet J-M, 2002. Leaf and peel volatile compounds of an interspecific citrus somatic hybrid [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing. + *Citrus paradise* Macfayden]. *Flavour and Fragrance Journal* 17, 416-424
- Gasic O, Mimica-Dukic N, Adamovic D, Borojevic K, 1987. Variability of Content and Composition of Essential Oil in Different Genotypes of Peppermint. *Biochemical Systematics and Ecology* 15 (3), 335-340
- Gaydou E M, Randriamiharisoa R, Bianchini J-P, 1986. Composition of the Essential Oil of Ylang-Ylang (*Cananga odorata* Hook Fil. et Thomson forma genuina) from

- Madagascar. Journal of Agricultural and Food Chemistry 34, 481-487
- Gioacchini A M, Menotta M, Polidori E, Giomaro G, Stocchi V, 2002. Solid-phase microextraction gas chromatography/ion trap mass spectrometry and multistage mass spectrometry experiments in the characterization of germacren D. Journal of Mass Spectrometry 37, 1229-1235
- Göbel H, Heinze A, Dworschak M, Heinze-Kuhn K, Stolze H, 2004. Oleum menthae piperitae in der Akuttherapie von Migräne und Kopfschmerz vom Spannungstyp. Zeitschrift für Phytotherapie 25, 129-139
- Gracindo L A M B, Grisi M C M, Silva D B, Alves R B N, Bizzo H R, Vieira R F, 2006. Chemical characterization of mint (*Mentha* spp.) germplasm at Federal District, Brazil. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu 8, 5-9
- Graßmann J, 2000. Antioxidative Eigenschaften etherischer Öle. Dissertation an der Technischen Universität München. Herbert Utz Verlag – Wissenschaft München
- Graßmann J, Elstner E F, 2003. Essential Oils/Properties and Uses. In: Caballero B, Trugo L, Finglas P (Hrsg.) Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Academic Press London, 2177-2184
- Graßmann J, Hippeli S, Dornisch K, Rohnert U, Beuscher N, Elstner E F, 2000. Antioxidant Properties of Essential Oils. Possible explanations for their anti-inflammatory effects. Arzneimittel-Forschung 50 (I), 135-139
- Guédon D J, Pasquier B P, 1994. Analysis and Distribution of Flavonoid Glycosides and Rosmarinic Acid in 40 *Mentha x piperita* Clones. Journal of Agricultural and Food Chemistry 42, 679-684
- Gulluce M, Sahin F, Sokmen M, Ozer H, Daferera D, Sokman A, Polissiou M, Adiguzel A, Ozkan H, 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*. Food Chemistry 103 (4), 1449-1456
- Guterman I, Shalit M, Menda N, Piestun D, Dafny-Yellin M, Shalev G, Bar E, Davydov O, Ovadis M, Emanuel M, Wang J, Adam Z, Pichersky E, Lewinsohn E, Zamir D, Vainstein A, Weiss D, 2002. Rose Scent: Genomic Approach to Discovering Novel Floral Fragrance-Related Genes. The Plant Cell 14, 2325-2338
- Habegger R, Schnitzler W H, 2007. Essential oils as antioxidants of different coloured carrot cultivars (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* Hoffm.). Journal of Applied Botany and Food Quality 81, 132-135
- Hammer K A, Carson C F, Riley T V, 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. Journal of Applied Microbiology 86, 985-990
- Hammer K, 2005. *Mentha* L. – Minze. In: Jäger E J, Werner K (Hrsg.). Exkursionsflora von Deutschland. Band 4 Gefäßpflanzen: Kritischer Band. Spektrum Akademischer Verlag Elsevier GmbH München, 10. Auflage, 626-629
- Hänsel R, 1999. Phytochemische Grundlagen. In: Hänsel R, Sticher O, Steinegger E (Hrsg.). Pharmakognosie – Phytopharmazie. Springer Verlag Berlin, 6. Auflage
- Hänsel R, Spieß E, 1999. Allgemeines über pflanzliche Arzneimittel. In: Hänsel R, Sticher O, Steinegger E (Hrsg.). Pharmakognosie – Phytopharmazie. Springer Verlag Berlin, 6. Auflage
- Heeger E F, 1989. Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues –

- Drogengewinnung. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 2. Auflage
- Hefendehl F W, 1962. Zusammensetzung des ätherischen Öls von *Mentha piperita* im Verlauf der Ontogenese und Versuche zur Beeinflussung der Ölkomposition. *Planta Medica* 13, 241-266
- Hendriks H, Van Os F H L, 1976. Essential oil of two chemotypes of *Mentha suaveolens* during ontogenesis. *Phytochemistry* 15, 1127-1130
- Hölzl J, Fritz D, Franz Ch, Garte L, 1974. Vergleichende Untersuchungen verschiedener Herkünfte und Sorten von *Mentha piperita* L. *Deutsche Apotheker-Zeitung* 114 (14), 513-517
- Intert F, 1991. Einige Untersuchungen zum Stoffwechsel des ätherischen Öls bei *Mentha piperita* L. unter besonderer Berücksichtigung der Cytologie. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität Kiel. Veröffentlichung online
- Jennings W, Shibamoto T, 1980. Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography. Academic Press New York
- Joulain D, 1994. Modern Analysis Methodologies: Use and Abuse. *Perfumer & Flavorist* 19 (2), 5-17
- Kaack K, Christensen L P, Hughes M, Eder R, 2005. The relationship between sensory quality and volatile compounds in raw juice processed from elderberries (*Sambucus nigra* L.). *European Food Research and Technology* 221, 244-254
- Kanatt S R, Chander R, Sharma A, 2007. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chemistry* 100, 451-458
- Karousou R, Grammatikopoulos G, Lanaras T, Manetas Y, Kokkini S, 1998. Effects of enhanced UV-B Radiation on *Mentha Spicata* Essential Oils. *Phytochemistry* 49 (8), 2273-2277
- Kiefl B, Franz G, 1998. Nur heißes Wasser? Untersuchungen zur Freisetzung von ätherischen Ölen aus Drogen bei der Herstellung wässriger Extrakte. *Zeitschrift für Phytotherapie* 19, 31-36
- Kim H-J, Chen F, Wu C, Wang X, Chung H Y, Jin Z, 2004. Evaluation of Antioxidant Activity of Australian Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) Oil and its Components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 2849-2854
- Kokkini S, 1991. Chemical Races Within the Genus *Mentha* L. In: Linskens H F, Jackson J F (Hrsg). *Modern Methods of Plant Analysis. New Series Volume 12. Essential Oils and Waxes*. Springer Verlag Berlin; 63-78
- Kokkini S, 1992. Essential Oils as taxonomic markers in *Mentha*. In: Harley R M, Reynolds T (Hrsg.). *Advances in Labiate Science*. Royal Botanic Gardens Kew, 325-334
- Kollmannsberger H, Nitz S, Drawert F, 1992. Über die Aromastoffzusammensetzung von Hochdruckextrakten I. Pfeffer (*Piper nigrum*, Var. muntok). *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung* 194, 545-551
- Kontush A, Spranger T, Reich A, Djahansouzi S, Karten B, Braesen J H, Finckh B, Kohlschütter A, Beisiegel U, 1997. Whole plasma oxidation assay as a measure of lipoprotein oxidizability. *BioFactors* 6, 99-109
- Kothari SK, Singh U B, 1995. The effect of row spacing and nitrogen fertilization on

- Scotch spearmint (*Mentha gracilis* Sole). Journal of Essential Oil Research 7 (3), 287-297. Abstract in CAB Abstracts
- Kovats E, 1958. Gas-chromatographische Charakterisierung organischer Verbindungen. Teil 1: Retentionsindices aliphatischer Halogenide, Alkohole, Aldehyde und Ketone. Helvetica Chimica Acta 41, 1915-1932
- Kumar R, Dubey N K, Tiwari O P, Tripathi Y B, Sinha K K, 2007. Evaluation of some essential oils as botanical fungitoxicants for the protection of stored food commodities from fungal infestation. Journal of the Science of Food and Agriculture 87, 1737-1742
- Lawrence B M, 1978. A study of the monoterpene interrelationship in the genus *Mentha* with special reference to the origin of pulegone and menthofuran. Dissertation an der Groningen State University Groningen
- Lawrence B M, 1989. Labiatae Oils – Mother Nature's Chemical Factory. 11th International Congress New Delhi, India.
- Lawrence B M, 1993. Progress in Essential Oils. Perfumer & Flavorist 18, 59-73
- Lawrence B M, Morton J K, 1972. 3-Dodecanone in *Mentha x gentilis*. Phytochemistry 11, 2639-2640
- Lawrence B M, Shu C-K, 1989. Peppermint Oil Differentiation. Perfumer & Flavorist 14, 21-30
- Lee K-G, Shibamoto T, 2002. Determination of Antioxidant Potential of Volatile Extracts Isolated from Various Herbs and Spices. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 4947-4952
- Mabberley D J, 1987. The plant-book: a portable dictionary of higher plants. Cambridge University Press Cambridge
- Maffei M, 1999. Sustainable Methods for a Sustainable Production of Peppermint (*Mentha x piperita* L.) Essential Oil. Journal of Essential Oil Research 11, 267-282
- Mahmoud S S, Croteau R B, 2003. Menthofuran regulates essential oil biosynthesis in peppermint by controlling a downstream monoterpene reductase. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100 (24) 14481-14486
- Malizia R A, Molli J S, Cardell D A, Retamar J A, 1996. Essential oil of *Mentha citrata* Grown in Argentina. Variation in the Composition and Yield at Full- and Post-Flowering. Journal of Essential Oil Research 8, 347-349
- Mantle D, Anderton J G, Falkous G, Barnes M, Jones P, Perry E K, 1998. Comparison of methods for determination of total antioxidant status: application to analysis of medicinal plant essential oils. Comparative Biochemistry and Physiology Part B 121, 385-391
- Marotti M, Dellacecca V, Piccaglia R, Giovanelli E, 1993. Effect of harvesting stage on the yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.). Acta horticulturae 344, 370-379
- Marotti M, Piccaglia R, Giovanelli E, 1994. Effects of Planting Time and Mineral Fertilization on Peppermint (*Mentha x piperita* L.) Essential Oil Composition and its Biological Activity. Flavour and Fragrance Journal 9, 125-129

- Martin L D, Krunkosky T M, Voynow J A, Adler K B, 1998. The Role of Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Airway Epithelial Gene Expression. *Environmental Health Perspectives Supplements* 106 (S5), 1197-1203
- Martin S, Padilla E, Ocete M A, Galvez J, Jimenez J, Zarzuelo A, 1993. Anti-Inflammatory Activity of the Essential Oil of *Bupleurum fruticosens*. *Planta Medica* 59, 533-536
- Mayer J G, 2004. *Mentha x piperita* L. – Die Pfefferminze und die Minz-Arten in der Geschichte der europäischen Phytotherapie. *Zeitschrift für Phytotherapie* 25, 140-146
- Mestri S D, 2005. Quality Aspects in Mint Oils. *Fafai Journal* 7 (4), 53-59
- Miller N J, Rice-Evans CA, 1996. Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Report* 2 (3), 161-171
- Mimica-Dukic N, Bozin B, Sokovic M, Mihajlovic B, Matavulj M, 2003. Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Planta Medica* 69, 413-419
- Miyoshi N, Takabayashi S, Osawa T, Nakamura Y, 2004. Benzyl isothiocyanate inhibits excessive superoxide generation in inflammatory leukocytes: implication for prevention against inflammation-related carcinogenesis. *Carcinogenesis* 25, 567-575
- Murray M J, Lincoln D E, 1972. Oil composition of *Mentha aquatica*-*Mentha longifolia* F1 Hybrids and *Mentha dumetorum*. *Euphytica* 21, 337-343
- Murray M J, Marble P, Lincoln D, Hefendehl F W, 1988. Peppermint oil quality differences and the reasons for them. In: Lawrence B M, Mookherjee B D, Willis B J (Hrsg.) *Flavours and Fragrances: A World Perspective*. Elsevier Press, Amsterdam 189-210
- Olivero J, Garcia T, Payares P, Vivas R, Diaz D, Daza E, Geerlings P, 1997. Molecular Structure and Gas Chromatographic Retention Behavior of the Components of Ylang-Ylang Oil. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 86 (5), 625-630
- Oumzil H, Ghouami S, Rhajaoui M, Ildrissi A, Fkih-Tetouani S, Faid M, Benjouad A, 2002. Antibacterial and Antifungal Activity of Essential Oils of *Mentha suaveolens*. *Phytotherapy Research* 16, 727-731
- Pank F, Schmidt W, Schrader O, 1994. Qualität gegenwärtig genutzter Pfefferminzsorten (*Mentha x piperita* L.) und ihre Eignung für die Produktion von Teedroge. *Herba Germanica* 2, 69-77
- PhEur (Europäisches Arzneibuch), 2002. Amtliche deutsche Ausgabe. 4. Ausgabe, Grundwerk 2002. Deutscher Apotheker Verlag/Govi Verlag Stuttgart/Eschborn, 227-228; 2640-2641
- PhEur (Europäisches Arzneibuch), 2004. Amtliche deutsche Ausgabe. 4. Ausgabe, 6. Nachtrag. Deutscher Apotheker Verlag/Govi Verlag Stuttgart/Eschborn, 5231-5233
- Pino J A, Rosado A, Fuentes V, 1999. Chemical Composition of the Leaf Oil of *Mentha rotundifolia* (L.) Hudson from Cuba. *Journal of Essential Oil Research* 11, 241-242

- Pokorny O, 2005. Antioxidativ wirksame Verbindungen in Brombeerblättern, *Cistus incanus*, Himbeerblättern, Pfefferminze und anderen Kräuter- und Früchtetees. Dissertation an der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina Braunschweig. Veröffentlichung online
- Pongproyoon U, Soontornsaratune P, Jarikasem S, Sematong T, Wasuwat S, Claeson P, 1996. Topical antiinflammatory activity of the major lipophilic constituents of the rhizome of *Zingiber cassumunar*. Part I: The essential oil. *Phytomedicine* 3 (4), 319-322
- Postman J D, Tzanetakis I E, Martin R R, 2004. First report of Strawberry latent ringspot virus in a *Mentha* sp. from North America. *Plant Disease* 88 (8), 907. Abstract in CAB Abstracts
- Rajeswara Rao B R, Bhattacharya A K, Singh K, Kaul P N, 1999. Comparative Composition of Coriander Oils Produced in North and South India. *Journal of Essential Oil Research* 11, 54-56
- Randhawa G S, Mahey R K, Sidhu B S, Saini S S, 1984. Effect of nitrogen application on herb and oil yield of *Mentha citrata*. *Indian Perfumer* 28 (2), 105-107. Abstract in CAB Abstracts
- Rojahn W, Hammerschmidt F-J, Ziegler E, Hefendehl F W, 1977. Über das Vorkommen von Viridiflorol im Pfefferminzöl (*Mentha piperita* L.). *Dragoco Report* 10, 230-232
- Romero F J, Bosch-Morell F, Romero M J, Jareno E J, Romero B, Marin N, Romà J, 1998. Lipid Peroxidation Products and Antioxidants in Human Disease. *Environmental Health Perspectives* 106 (Suppl 5), 1229-1234
- Samad A, Zaim M, Ajayakumar P V, Garg I D, 2000. Isolation and characterization of a TMV isolate infecting scotch spearmint (*Mentha gracilis* Sole) in India. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 107 (6), 649-657. Abstract in CAB Abstracts
- Saritas Y, 2000. Isolierung, Strukturaufklärung und stereochemische Untersuchungen von sesquiterpenoiden Inhaltsstoffen aus ätherischen Ölen von Bryophyta und höheren Pflanzen. Dissertation an der Universität Hamburg. Veröffentlichung online
- Sato H, Yamada K, Mii M, Hosomi K, Okuyama S, Uzawa M, Ishikawa H, Ito Y, 1996. Production of an interspecific somatic hybrid between peppermint and gingermint. *Plant Science* 115, 101-107
- Schnitzer E, Pinchuk I, Bor A, Fainaru M, Samuni A M, Lichtenberg D, 1998. Lipid oxidation in unfractionated serum and plasma. *Chemistry and Physics of Lipids* 92, 151-170
- Schnitzer E, Pinchuk I, Fainaru M, Schafer Z, Lichtenberg D, 1995. Copper-induced Lipid oxidation in unfractionated plasma: the lag preceding oxidation as a measure of oxidation-resistance. *Biochemical and biophysical Research communications* 216 (3), 854-861
- Schwarz K, Ernst H, Ternes W, 1996. Evaluation of Antioxidative Constituents from Thyme. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 70, 217-223
- Senghas K, Seybold S, 1996. Schmeil-Fitschen. Flora von Deutschland und angrenzender Länder. Quelle und Meyer Verlag Wiesbaden, 90. Auflage

- Singh V P, Bhattacharya A K, Singh A K, Singh K, Singh J P, 1983. Effect of N and P fertilizers on the herb and oil yields and the quality of *Mentha citrata* oil. Indian Perfumer 27 (1), 24-27. Abstract in CAB Abstracts
- Sitzmann J, Weber R, Habegger R, Schnitzler WH, 2007. Wasserdampfdestillation von Pfefferminzblättern mit und ohne Xylolvorlage zur Bestimmung des etherischen Ölgehaltes. 17. Bernburger Winterseminar – Tagungsband
- Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L, 1998. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. Letters in Applied Microbiology 26, 118-122
- Spranger T, Finckh B, Fingerhut R, Kohlschütter A, Beisiegel U, Kontush A, 1998. How different constituents of human plasma and low density lipoprotein determine plasma oxidizability by copper. Chemistry and Physics of Lipids 91, 39-52
- Stahl-Biskup E, 1993. *Mentha*. In: Hänsel R, Keller K, Rimpler H, Schneider G (Hrsg.) Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis. Bd. 5 Drogen E-O, Springer Verlag Berlin, 5. Auflage, 821-848
- Stahn T, Bomme U, 1994. Erste Ergebnisse der Sortimentssichtungen bei Pfefferminze und Zitronenmelisse. Herba Germanica 2 (2), 78-91
- Stashenko E E, Torres W, Martinez Morales J R, 1995. A Study of the Compositional Variation of the Essential Oil of Ylang-ylang (*Cananga odorata* Hook Fil. et Thomson, forma genuine) during Flower Development. Journal of High Resolution Chromatographie 18, 101-104
- Steinberg D, Parthasarathy S, Carew, T E, Khoo, J C, Witztum J L, 1989. Beyond cholesterol. Modifications of low-density lipoprotein that increase its atherogenicity. The New England Journal of Medicine 320, 915-924
- Sticher O, 1999a. Ätherische Öle und Drogen, die ätherische Öle enthalten. In: Hänsel R, Sticher O, Steinegger E (Hrsg.). Pharmakognosie – Phytopharmazie, Springer-Verlag Berlin, 6. Auflage, 629-769
- Sticher O, 1999b. Isoprenoide als Inhaltsstoffe. In: Hänsel R, Sticher O, Steinegger E (Hrsg.). Pharmakognosie – Phytopharmazie, Springer-Verlag Berlin, 6. Auflage, 429-628
- Stranden M, Liblikas I, König WA, Almaas TJ, Borg-Karlson, A-K, Mustaparta H, 2003. (-)-Germacrene D receptor neurones in three species of heliothine moths: structure-activity relationships. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology 189, 563-577
- Teissedre P L, Waterhouse A L, 2000. Inhibition of Oxidation of Human Low-Density Lipoproteins by Phenolic Substances in Different Essential Oils Varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 3801-3805
- Tétényi P, 1986. Chemotaxonomic Aspects of Essential Oils. In: Craker L E, Simon J E (Hrsg.) Herbs, Spices, and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology Volume 1. Oryx Press Phoenix, 11-32
- Teuscher E, 2003. Gewürzdrogen. Ein Handbuch der Gewürze, Gewürzkräuter, Gewürzmischungen und ihrer ätherischen Öle. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

- Teuscher E, Melzig M, Villmann E, Möritz K U, 1990. Untersuchungen zum Wirkmechanismus ätherischer Öle. *Zeitschrift für Phytotherapie* 11, 87-92
- Tressl R, Friese L, 1978. Gaschromatographisch-massenspektrometrische Untersuchung der Aromastoffe von Spalter Hopfen. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und –Forschung* 166, 350-354
- Tucker A O, 1986. Botanical Nomenclature of Culinary Herbs and Potherbs. In: Craker L E, Simon J E (Hrsg.). *Herbs, Spices and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology Volume 1*. Oryx Press Phoenix
- Tzanetakis I E, Postman J D, Gergerich R C, Martin R R, 2006a. A virus between families: nucleotide sequence and evolution of Strawberry latent ringspot virus. *Virus research* 121 (2), 199-204. Abstract in CAB Abstracts
- Tzanetakis I E, Postman J D, Martin R R, 2005. Characterization of a novel member of the family Closteroviridae from *Mentha* spp. *Phytopathology* 95 (9), 1043-1048. Abstract in CAB Abstracts
- Tzanetakis I E, Postman J D, Martin R R, 2006b. Mint virus X: a novel potexvirus associated with symptoms in “Variegata” mint. *Archives of Virology* 151 (1), 143-153. Abstract in CAB Abstracts
- Tzanetakis I E, Postman J D, Martin R R, 2007. Identification, detection and transmission of a new Vitivirus from *Mentha*. *Archives of Virology* 152 (11), 2027-2033. Abstract in CAB Abstracts
- Vallyathan V, Shi X, 1997. The Role of Oxygen Free Radicals in Occupational and Environmental Lung Diseases. *Environmental Health Perspectives* 105 (Suppl 1), 165-177
- Vallyathan V, Shi X, Castranova V, 1998. Reactive Oxygen Species: Their Relation to Pneumoconiosis and Carcinogenesis. *Environmental Health Perspectives* 106 (Suppl 5), 1151-1155
- Wichtl M, 2004. Pfefferminze - Arzneipflanze des Jahres 2004. *Zeitschrift für Phytotherapie* 25, 153-158
- Wiley J, 1990. Wiley 138 K mass spectral database. J. Wiley and Sons New York
- Wörner M, Schreier P, 1991. Über die Aromastoff-Zusammensetzung von Waldmeister (*Galium odoratum* L. Scop.). *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und –Forschung* 193, 317-320
- Wright D T, Cohn L A, Li H, Fischer F, Li C M, Adler K B, 1994. Interactions of Oxygen Radicals with Airway Epithelium. *Environmental Health Perspectives Supplement* 102 (S10), 85-90
- Yadegarinia D, Gachkar L, Rezaei M B, Taghizadeh M, Astaneh S A, Rasooli I, 2006. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. *Phytochemistry* 67, 1249-1255
- Yu E J, Kim T H, Kim K H, Lee H J, 2004. Aroma-active compounds of *Pinus densiflora* (red pine) needles. *Flavour and Fragrance Journal* 19, 532-537
- Zhang J, Jiang, S, Watson R R, 2001. Antioxidant Supplementation Prevents Oxidation and Inflammatory Responses Induced by Sidestream Cigarette Smoke in Old Mice. *Environmental Health Perspectives* 109 (10), 1007-1009

Zhvinene N A, 1986. Frost resistance of mint rhizomes growing in the Lithuanian SSR. *Lekarstvennye Rasteniya – Narodnomu Khozyaistvu. Tezisy Respublikanskogo Soveshchaniya*, Kaunas, 16-17 Sentyabr, 38-39. Abstract in CAB Abstracts

10 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Judith Sitzmann
geboren: am 11. Juni 1975 in Bruneck (I)
Familienstand: verheiratet mit Dominik Gastel, ein Sohn
Nationalität: italienische Staatsbürgerin

Schulische Ausbildung:

1981-1986 Grundschule Dietenheim
1986-1989 Mittelschule der Ursulinen, Bruneck
1989-1994 Realgymnasium Bruneck

Ausbildung:

1994-1996 Wirtschaftsinformatik: Lehrgang der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol in Zusammenarbeit mit der Europäischen Union-Europäischer Sozialfonds

Berufstätigkeit:

Juni 1996 Verwaltungsassistentin in der Marktgemeinde St. Lorenzen
bis April 1999 und in der Gemeinde Kiens (befristet)

April 1999 Verwaltungsassistentin in der Marktgemeinde St. Lorenzen
bis Oktober 2000 (Stammrolle)

Studium:

Oktober 2000 Studium der Agrarwissenschaften an der Technischen
bis August 2004 Universität München – Wissenschaftszentrum Weihenstephan

Wissenschaftliche Tätigkeit:

September 2004 wissenschaftliche Mitarbeiterin/Doktorandin am Lehrstuhl für
bis Juni 2008 Gemüsebau der Technischen Universität München

ab Juli 2008 Mutterschutz