

Michael Gatterer

Systementwicklung zur Erzeugung  
qualitativ hochwertiger Droge von *Verbena  
officinalis* L. (Eisenkraut) als Rohstoff  
für die pharmazeutische Industrie



Herbert Utz Verlag · Wissenschaft  
München

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme  
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist  
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2002

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2002

ISBN 3-8316-0148-8

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München  
Tel.: 089/277791-00 – Fax: 089/277791-01

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	ix
Tabellenverzeichnis.....	xiii
Glossar.....	xxi
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Zum Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen.....</b>	<b>3</b>
2.1 Die pharmazeutische Qualität von Arzneidrogen.....	3
2.2 Der Feldanbau von Heil- und Gewürzpflanzen.....	4
2.3 Die Bedeutung der Saatgutvorbehandlung für den Heil- und Gewürzpflanzenanbau .....	6
<b>3 Stand des Wissens bei Verbena officinalis L.....</b>	<b>11</b>
3.1 Botanik.....	11
3.2 Inhaltsstoffe und pharmazeutische Bedeutung .....	13
3.3 Pharmazeutische Qualität .....	17
3.4 Samenkeimung .....	18
3.5 Anbausituation.....	18
<b>4 Material und Methoden .....</b>	<b>20</b>
4.1 Laborversuche zur Saatgutvorbehandlung .....	20
4.1.1 Saatgut.....	20
4.1.2 Saatgutvorbehandlung.....	22
4.1.3 Saatgutrücktrochnung .....	24
4.1.4 Aussaat in Petrischalen .....	24
4.1.5 Keimbedingungen und Auswertung der Laborversuche.....	25
4.1.6 Chemikalien .....	25
4.1.7 Versuchsprogramm - Samenkeimung.....	25
4.2 Feldversuche zu Anbau und Ernte.....	27
4.2.1 Saatgut.....	27
4.2.2 Einquellung des Saatguts .....	28
4.2.3 Saatgutrücktrochnung .....	28
4.2.4 Jungpflanzenanzucht.....	28
4.2.5 Pflanzung .....	29
4.2.6 Drillsaat.....	29
4.2.7 Versuchsstandorte und Witterungsverläufe im Versuchszeitraum .....	30
4.2.7.1 Baumannshof.....	30
4.2.7.2 Puch.....	33
4.2.8 Nährstoffentzüge und Düngung .....	36
4.2.9 Pflegemaßnahmen.....	39

4.2.10	Beobachtungen und Bonituren.....	41
4.2.11	Ernte.....	42
4.2.12	Probennahme.....	42
4.2.13	Trocknung.....	43
4.2.14	Inhaltsstoffanalysen.....	43
4.2.15	Versuchsprogramm - Pflanzenentwicklung.....	44
4.2.16	Versuchsprogramm - Ernteverhalten.....	46
4.3	Statistische Auswertung der Versuche.....	47
<b>5</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>50</b>
5.1	Samenkeimung.....	50
5.1.1	Einquellen in Gibberellinsäure.....	50
5.1.2	Wechseltemperaturbehandlung.....	53
5.2	Pflanzenentwicklung.....	55
5.2.1	Herkünfte.....	55
5.2.1.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr.....	55
5.2.1.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr.....	58
5.2.1.3	Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr.....	61
5.2.1.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr.....	65
5.2.1.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	66
5.2.1.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	67
5.2.1.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr.....	68
5.2.1.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr.....	70
5.2.1.9	Austrieb.....	71
5.2.1.10	Frostresistenz.....	71
5.2.1.11	Krankheitsbefall.....	72
5.2.2	Pflanztermine.....	73
5.2.2.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr.....	73
5.2.2.2	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr.....	76
5.2.2.3	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	77
5.2.2.4	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr.....	78
5.2.2.5	Austrieb.....	78
5.2.2.6	Frostresistenz.....	79
5.2.2.7	Krankheitsbefall.....	79
5.2.3	Pflanzabstände.....	80
5.2.3.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr.....	80
5.2.3.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr.....	83
5.2.3.3	Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr.....	86
5.2.3.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr.....	88

5.2.3.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	89
5.2.3.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	89
5.2.3.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr .....	90
5.2.3.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr .....	91
5.2.3.9	Austrieb .....	92
5.2.3.10	Frostresistenz.....	92
5.2.3.11	Krankheitsbefall .....	92
5.2.4	Saattermine .....	93
5.2.4.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr .....	93
5.2.4.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr .....	94
5.2.4.3	Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr .....	95
5.2.4.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr .....	97
5.2.4.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	98
5.2.4.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	98
5.2.4.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr .....	99
5.2.4.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr .....	100
5.2.4.9	Austrieb .....	101
5.2.4.10	Frostresistenz.....	101
5.2.4.11	Krankheitsbefall .....	101
5.3	Ernteverhalten.....	102
5.3.1	Erntetermine (nach Blühstadium).....	102
5.3.1.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr .....	102
5.3.1.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr .....	105
5.3.1.3	Krauterträge pro Schnitt- erstes Standjahr .....	108
5.3.1.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr .....	110
5.3.1.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	111
5.3.1.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	112
5.3.1.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr .....	113
5.3.1.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr .....	115
5.3.1.9	Austrieb .....	115
5.3.1.10	Frostresistenz.....	116
5.3.1.11	Krankheitsbefall .....	116
5.3.2	Erntetermine (nach Bestandeshöhe) .....	117
5.3.2.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr .....	117
5.3.2.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr .....	118
5.3.2.3	Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr .....	120
5.3.2.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr .....	122
5.3.2.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	122

5.3.2.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	123
5.3.2.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr .....	123
5.3.2.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr .....	124
5.3.2.9	Austrieb .....	124
5.3.2.10	Frostresistenz.....	125
5.3.2.11	Krankheitsbefall .....	125
5.3.3	Erntehorizonte.....	125
5.3.3.1	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - erstes Standjahr .....	126
5.3.3.2	Gesamter Krautertrag aus allen Aufwüchsen - zweites Standjahr .....	127
5.3.3.3	Krauterträge pro Schnitt - erstes Standjahr .....	129
5.3.3.4	Krauterträge pro Schnitt - zweites Standjahr .....	131
5.3.3.5	Eintrocknungsverhältnisse - erstes Standjahr.....	131
5.3.3.6	Eintrocknungsverhältnisse - zweites Standjahr.....	132
5.3.3.7	Verbenalingehalt in der Krautdroge - erstes Standjahr .....	132
5.3.3.8	Verbenalingehalt in der Krautdroge - zweites Standjahr .....	133
5.3.3.9	Austrieb .....	133
5.3.3.10	Frostresistenz.....	134
5.3.3.11	Krankheitsbefall .....	134
<b>6</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>135</b>
6.1	Samenkeimung .....	135
6.2	Ertragsverhalten.....	138
6.2.1	Versuchsübergreifende Einflussfaktoren.....	138
6.2.1.1	Standort .....	138
6.2.1.2	Pilzbefall.....	144
6.2.1.3	Eintrocknungsverhältnisse.....	146
6.2.2	Versuchsspezifische Einflussfaktoren .....	147
6.2.2.1	Herkunft.....	147
6.2.2.2	Pflanztermin .....	150
6.2.2.3	Pflanzabstand.....	152
6.2.2.4	Saattermin.....	155
6.2.2.5	Erntetermine (nach Blühbeginn) .....	159
6.2.2.6	Erntetermine (nach Bestandeshöhe).....	164
6.2.2.7	Erntehorizont .....	167
6.3	Inhaltsstoffgehalte.....	170
6.3.1	Versuchsübergreifende Einflussfaktoren .....	170
6.3.2	Versuchsspezifische Einflussfaktoren .....	170
6.3.2.1	Erntetermin (nach Blühbeginn) .....	171
6.3.2.2	Erntetermin (nach Bestandeshöhe).....	174
6.3.2.3	Herkunft.....	178
6.3.2.4	Pflanztermin .....	181
6.3.2.5	Pflanzabstand.....	183

6.3.2.6	Saattermin.....	184
6.3.2.7	Erntehorizont.....	185
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>189</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>198</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>210</b>
8.1	Weitere Informationsquellen .....	210
8.2	Materialien.....	211
8.2.1	Amorphes Aluminiumsilikagel.....	211
8.2.2	Petrischalen .....	212
8.2.3	Rundfilter .....	212
8.2.4	Torfkultursubstrat .....	213
8.2.5	Gibberellinsäure.....	213
8.2.6	Vefi-Zapfencontainer.....	213
8.2.7	Vermiculite .....	214
8.3	Maschinen und Geräte .....	214
8.3.1	BOSCH Leisehäcksler .....	214
8.3.2	Hamilton Natural Seeder.....	215
8.3.3	Hordentrocknungsanlage .....	215
8.3.4	Keimschränke .....	215
8.3.5	Anzuchtkasten.....	216
8.4	Ergebnistabellen mit statistischer Kennzeichnung .....	217
8.4.1	Samenkeimung.....	217
8.4.1.1	Einquellen in Gibberellinsäure.....	217
8.4.1.2	Wechseltemperaturbehandlung .....	219
8.4.2	Pflanzenentwicklung.....	220
8.4.2.1	Herkünfte.....	220
8.4.2.2	Pflanztermine.....	232
8.4.2.3	Pflanzabstände.....	237
8.4.2.4	Saattermine .....	246
8.4.3	Ernteverhalten .....	258
8.4.3.1	Erntetermine (nach Blühstadium) .....	258
8.4.3.2	Erntetermine (nach Bestandeshöhe).....	268
8.4.3.3	Erntehorizonte .....	274
8.5	Blühbeginn, Pflanz- und Erntetermine - Themenkomplex Pflanzenentwicklung.....	280
8.6	Blühbeginn, Pflanz- und Erntetermine - Themenkomplex Ernteverhalten .....	284





# Abbildungsverzeichnis

(Nummerierung nach Kapiteln)

Abb. 2.1	Wassergehalt des Samens während des Einquellens bei verschiedenen Wasserpotentialen (KIGEL und GALIL, 1995, verändert) .....	8
Abb. 3.1	Fremdbefruchtung einer Eisenkrautblüte durch eine Biene .....	11
Abb. 4.1	Darstellung und Spezifikation des Laborversuchssaatguts .....	20
Abb. 4.2	Chemische Reaktion vom farblosen Tetrazoliumsalz zum roten Formazan (nach COPELAND und MC DONALD, 1995) .....	21
Abb. 4.3	Vorbehandlungsanlage der LBP .....	22
Abb. 4.4	Bestandteile eines Vorbehandlungsaggregats mit Zubehör zum Entleeren des Saatguts .....	23
Abb. 4.5	Einquellen von Eisenkrautsamen .....	23
Abb. 4.6	Petrischale mit 50 Eisenkrautsamen .....	24
Abb. 4.7	Strukturformel der Gibberellinsäure ( $GA_3$ ) (nach TAIZ und ZEIGER, 1998) .....	25
Abb. 4.8	Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 1999 am Standort Baumannshof .....	31
Abb. 4.9	Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 1999 am Standort Baumannshof .....	32
Abb. 4.10	Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 2000 am Standort Baumannshof .....	32
Abb. 4.11	Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 2000 am Standort Baumannshof .....	33
Abb. 4.12	Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 1999 am Standort Puch .....	34
Abb. 4.13	Niederschlagsmengen im Versuchsjahr 1999 am Standort Puch .....	34
Abb. 4.14	Verlauf der mittleren Tagestemperaturen im Versuchsjahr 2000 am Standort Puch .....	35
Abb. 4.15	Niederschlagsmenge im Versuchsjahr 2000 am Standort Puch .....	35
Abb. 4.16	Ableitung des Stickstoffbedarfs (verändert nach DIE DÜNGUNG VON ACKER- UND GRÜNLAND, 1997) .....	37
Abb. 4.17	Formel zur Berechnung des CaO-Gehalts von kohlensauen Düngerkalken .....	39
Abb. 4.18	Mechnisierte Eisenkrauternte mit Grüngütertern vom Typ Hege (links) und Haldrup (rechts) .....	42
Abb. 4.19	Mathematische Formel zur Winkeltransformation (nach MUNZERT, 1992 und SACHS, 1978) .....	48
Abb. 5.1	Keimchnelligkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 8. Tag im Versuch Einquellen in Gibberellinsäure .....	51
Abb. 5.2	Keimfähigkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 18. Tag im Versuch Einquellen in Gibberellinsäure .....	52

Abb. 5.3	Keimschnelligkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 8.Tag im Versuch Wechseltemperaturbehandlung.....	53
Abb. 5.4	Keimfähigkeit des Eisenkrautsaatguts in Petrischalen am 18. Tag im Versuch Wechseltemperaturbehandlung.....	54
Abb. 5.5	Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr.....	55
Abb. 5.6	Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr .....	56
Abb. 5.7	Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr.....	57
Abb. 5.8	Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr.....	57
Abb. 5.9	Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	59
Abb. 5.10	Gesamter frischer Krautertrag der Herkünfte in Puch im zweiten Standjahr.....	59
Abb. 5.11	Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	60
Abb. 5.12	Gesamter Krautdrogenertrag der Herkünfte in Puch im zweiten Standjahr.....	60
Abb. 5.13	Frischer Krautertrag der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	61
Abb. 5.14	Frischer Krautertrag der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr .....	62
Abb. 5.15	Krautdrogenertrag der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	63
Abb. 5.16	Krautdrogenertrag der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr .....	64
Abb. 5.17	Verbenalingehalt in der Krautdroge bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	68
Abb. 5.18	Verbenalingehalt in der Krautdroge bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr .....	69
Abb. 5.19	Gesamter frischer Krautertrag (FM) und Krautdrogenertrag (DR) nach einer Frühjahrspflanzung am Baumannshof und in Puch im ersten Standjahr .....	73
Abb. 5.20	Gesamter frischer Krautertrag nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	74
Abb. 5.21	Gesamter frischer Krautertrag nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr.....	74
Abb. 5.22	Gesamter Krautdrogenertrag nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	75
Abb. 5.23	Gesamter Krautdrogenertrag nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr.....	75
Abb. 5.24	Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	80
Abb. 5.25	Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr.....	81
Abb. 5.26	Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	82

Abb. 5.27	Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr.....	82
Abb. 5.28	Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	83
Abb. 5.29	Gesamter frischer Krautertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im zweiten Standjahr.....	84
Abb. 5.30	Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	84
Abb. 5.31	Gesamter Krautdrogenertrag bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im zweiten Standjahr.....	85
Abb. 5.32	Frischer Krautertrag pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	86
Abb. 5.33	Krautdrogenertrag pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	87
Abb. 5.34	Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	90
Abb. 5.35	Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen in Puch im ersten Standjahr.....	91
Abb. 5.36	Gesamter frischer Krautertrag und gesamter Krautdrogenertrag nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr.....	93
Abb. 5.37	Frischer Krautertrag pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr.....	95
Abb. 5.38	Krautdrogenertrag pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr.....	96
Abb. 5.39	Verbenalingehalte in der Krautdroge nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr.....	99
Abb. 5.40	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	102
Abb. 5.41	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	103
Abb. 5.42	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	104
Abb. 5.43	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	104
Abb. 5.44	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	105
Abb. 5.45	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	106
Abb. 5.46	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	106

Abb. 5.47	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	107
Abb. 5.48	Frischer Krautertrag pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	108
Abb. 5.49	Krautdrogenertrag pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	109
Abb. 5.50	Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	113
Abb. 5.51	Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	114
Abb. 5.52	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	117
Abb. 5.53	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	118
Abb. 5.54	Gesamter frischer Krautertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	119
Abb. 5.55	Gesamter Krautdrogenertrag nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	119
Abb. 5.56	Frischer Krautertrag pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	120
Abb. 5.57	Krautdrogenertrag pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	121
Abb. 5.58	Verbenalingehalt in der Krautdroge pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr.....	123
Abb. 5.59	Gesamter frischer Krautertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr.....	126
Abb. 5.60	Gesamter Krautdrogenertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr.....	126
Abb. 5.61	Gesamter frischer Krautertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	127
Abb. 5.62	Gesamter Krautdrogenertrag aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	128
Abb. 5.63	Frischer Krautertrag pro Schnitt aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr.....	129
Abb. 5.64	Krautdrogenertrag pro Schnitt aus verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im ersten Standjahr.....	130
Abb. 5.65	Verbenalingehalt in der Krautdroge aus verschiedenen Erntehorizonten pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	132
Abb. 6.1	Stengelfäulebefall an <i>Verbena officinalis</i> L.....	144
Abb. 6.2	Lichtmikroskopische Aufnahme eines Stengelquerschnitts von <i>Verbena officinalis</i> L.....	145
Abb. 6.3	Mathematische Formeln zur Volumenberechnung zylindrischer oder kegelförmiger Körper (nach BARTH et al., 1985).....	175

# Tabellenverzeichnis

(Nummerierung nach Kapiteln)

Tab. 3.1	Gehalte einzelner Inhaltsstoffe eines ethanolischen Extrakts aus <i>Verbena officinalis</i> L.....	15
Tab. 4.1	Ergebnisse der Beschaffenheitsprüfung für das in den Laborversuchen verwendete Eisenkrautsaatgut .....	22
Tab. 4.2	Einquellen in Gibberellinsäure - Versuchsbeschreibung .....	26
Tab. 4.3	Wechseltemperaturbehandlung - Versuchsbeschreibung.....	27
Tab. 4.4	Spezifikation des in den Feldversuchen verwendeten Eisenkrautsaatguts.....	27
Tab. 4.5	Nährstoffentzüge [kg/ha] des frischen blühenden Krauts von <i>Verbena officinalis</i> L. - berechnet für einen frischen Krautertrag von 450 dt/ha.....	37
Tab. 4.6	Nährstoffzufuhr durch Mineraldünger pro Vegetationsperiode .....	39
Tab. 4.7	Fungizidstrategie im Versuchsanbau von <i>Verbena officinalis</i> L. ....	40
Tab. 4.8	Skala für die Bonitur des Pilzbefalls .....	41
Tab. 4.9	Herkünfte - Versuchsbeschreibung .....	44
Tab. 4.10	Pflanztermine - Versuchsbeschreibung .....	44
Tab. 4.11	Pflanzabstände - Versuchsbeschreibung .....	45
Tab. 4.12	Saattermine - Versuchsbeschreibung .....	45
Tab. 4.13	Erntetermine (nach Blühstadium) - Versuchsbeschreibung.....	46
Tab. 4.14	Erntetermine (nach Bestandeshöhe) - Versuchsbeschreibung .....	46
Tab. 4.15	Erntehorizonte - Versuchsbeschreibung.....	47
Tab. 6.1	Nmin-Gehalte nach Vegetationsende im Oktober des ersten Standjahres - Durchschnittswerte aller Eisenkrautversuche des jeweiligen Standorts.....	139
Tab. 8.1	Keimrate des Eisenkrautsaatguts [%] in Petrischalen zu bestimmten Auszählterminen im Versuch Einquellen in Gibberellinsäure .....	217
Tab. 8.2	Keimrate des Eisenkrautsaatguts [%] in Petrischalen zu bestimmten Auszählterminen im Versuch Wechseltemperaturbehandlung .....	219
Tab. 8.3	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr.....	220
Tab. 8.4	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr.....	220
Tab. 8.5	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte am Baumannshof im ersten Standjahr.....	221
Tab. 8.6	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte in Puch im ersten Standjahr.....	221
Tab. 8.7	Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	222

Tab. 8.8	Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr.....	222
Tab. 8.9	Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	223
Tab. 8.10	Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr.....	224
Tab. 8.11	Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	224
Tab. 8.12	Frischer Krautertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr.....	225
Tab. 8.13	Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	225
Tab. 8.14	Krautdrogenertrag [dt/ha] der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr.....	226
Tab. 8.15	Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	226
Tab. 8.16	Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr.....	227
Tab. 8.17	Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	227
Tab. 8.18	Eintrocknungsverhältnisse der Herkünfte pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr.....	228
Tab. 8.19	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr.....	228
Tab. 8.20	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im ersten Standjahr.....	229
Tab. 8.21	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	229
Tab. 8.22	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei den untersuchten Herkünften pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr.....	230
Tab. 8.23	Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet).....	230
Tab. 8.24	Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] in Puch im ersten Standjahr (nicht verrechnet).....	231
Tab. 8.25	Bestandeshöhen der Herkünfte zur Ernte [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet).....	231
Tab. 8.26	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	232
Tab. 8.27	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr.....	232
Tab. 8.28	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	233

Tab. 8.29	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr .....	233
Tab. 8.30	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	234
Tab. 8.31	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach verschiedenen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr .....	234
Tab. 8.32	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei verschiedenen Pflanzterminen pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	235
Tab. 8.33	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] bei verschiedenen Pflanzterminen pro Schnitt in Puch im zweiten Standjahr.....	235
Tab. 8.34	Bestandeshöhen zur Ernte [cm] nach unterschiedlichen Pflanzterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet).....	236
Tab. 8.35	Bestandeshöhen zur Ernte [cm] nach unterschiedlichen Pflanzterminen in Puch im zweiten Standjahr (nicht verrechnet).....	236
Tab. 8.36	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	237
Tab. 8.37	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr .....	237
Tab. 8.38	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	238
Tab. 8.39	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr .....	238
Tab. 8.40	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	239
Tab. 8.41	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	239
Tab. 8.42	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	240
Tab. 8.43	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr .....	240
Tab. 8.44	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	241
Tab. 8.45	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr .....	241
Tab. 8.46	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	242
Tab. 8.47	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr .....	242
Tab. 8.48	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	243
Tab. 8.49	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr .....	243

Tab. 8.50	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr .....	244
Tab. 8.51	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im ersten Standjahr .....	244
Tab. 8.52	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	245
Tab. 8.53	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt bei verschiedenen Pflanzabständen [cm] in Puch im zweiten Standjahr .....	245
Tab. 8.54	Bestandeshöhen zur Ernte [cm] bei unterschiedlichen Pflanzabständen [cm] am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet) .....	246
Tab. 8.55	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	246
Tab. 8.56	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	247
Tab. 8.57	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	248
Tab. 8.58	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	249
Tab. 8.59	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	250
Tab. 8.60	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	251
Tab. 8.61	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	252
Tab. 8.62	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	253
Tab. 8.63	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	254
Tab. 8.64	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	255
Tab. 8.65	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach einer Frühjahrssaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut am Baumannshof im ersten Standjahr .....	256



Tab. 8.66	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach einer Aussaat von unbehandeltem und vorbehandeltem Saatgut zu verschiedenen Saatterminen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	257
Tab. 8.67	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	258
Tab. 8.68	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	258
Tab. 8.69	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	259
Tab. 8.70	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	259
Tab. 8.71	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	260
Tab. 8.72	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	260
Tab. 8.73	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	261
Tab. 8.74	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	261
Tab. 8.75	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	262
Tab. 8.76	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	262
Tab. 8.77	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	263
Tab. 8.78	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	263
Tab. 8.79	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	264
Tab. 8.80	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	264
Tab. 8.81	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im ersten Standjahr.....	265
Tab. 8.82	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im ersten Standjahr.....	265
Tab. 8.83	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr.....	266
Tab. 8.84	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten zu verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr.....	266

Tab. 8.85	Bestandeshöhen [cm] zur Ernte bei verschiedenen Blühstadien am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet) .....	267
Tab. 8.86	Bestandeshöhen [cm] zur Ernte bei verschiedenen Blühstadien in Puch im zweiten Standjahr (nicht verrechnet) .....	267
Tab. 8.87	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	268
Tab. 8.88	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	268
Tab. 8.89	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	269
Tab. 8.90	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	269
Tab. 8.91	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	270
Tab. 8.92	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	270
Tab. 8.93	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	271
Tab. 8.94	Eintrocknungsverhältnisse pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	271
Tab. 8.95	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im ersten Standjahr .....	272
Tab. 8.96	Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] pro Schnitt nach Versuchsernten bei verschiedenen Bestandeshöhen am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	272
Tab. 8.97	Bestandeshöhen [cm] zur Ernte im Versuch Erntetermin (nach Bestandeshöhe) am Baumannshof im ersten Standjahr (nicht verrechnet) .....	273
Tab. 8.98	Standardisierte Krautdrogenerträge pro Schnitt [dt/ha] im Versuch Erntetermin (nach Bestandeshöhe) am Baumannshof im zweiten Standjahr (nicht verrechnet) .....	273
Tab. 8.99	Gesamter frischer Krautertrag [dt/ha] verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr .....	274
Tab. 8.100	Gesamter Krautdrogenertrag [dt/ha] verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr .....	274
Tab. 8.101	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr .....	275
Tab. 8.102	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im ersten Standjahr .....	275
Tab. 8.103	Frischer Krautertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	276
Tab. 8.104	Krautdrogenertrag [dt/ha] pro Schnitt verschiedener Erntehorizonte am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	276

Tab. 8.105 Eintrocknungsverhältnisse des Krauts verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr .....	277
Tab. 8.106 Eintrocknungsverhältnisse des Krauts verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	277
Tab. 8.107 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im ersten Standjahr .....	278
Tab. 8.108 Verbenalingehalt in der Krautdroge [%] verschiedener Erntehorizonte pro Schnitt am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	278
Tab. 8.109 Bestandeshöhen zur Ernte [cm] bei verschiedenen Erntehorizonten am Baumannshof im zweiten Standjahr .....	279
Tab. 8.110 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Herkünfte .....	280
Tab. 8.111 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Pflanztermine .....	281
Tab. 8.112 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Pflanzabstände .....	282
Tab. 8.113 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Saattermine .....	283
Tab. 8.114 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Erntetermine (nach Blühstadium) .....	284
Tab. 8.115 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Erntetermine (nach Bestandeshöhe) .....	285
Tab. 8.116 Zeitpunkt der Pflanzung, Schnittdatum und Blühbeginn der einzelnen Aufwüchse im Versuch Erntehorizonte .....	286



## Glossar

adstringierend	wirkt zusammenziehend durch Reaktion mit dem Eiweiss oberster Gewebsschichten zur Verdichtung des kolloidalen (fein zerteilten) Gefüges mit Bildung einer fest zusammenhängenden oberflächlichen Membran
AMG	Arzneimittelgesetz
analgetisch	schmerzstillend
antiallergisch	wirkt auf Teile der allergischen Reaktionskaskade ein und beugt den klinischen Symptomen vor, schwächt sie ab, oder unterdrückt sie
antibakteriell	wirkt bakteriellen (von Bakterien hervorgerufenen) Erkrankungen entgegen
Antidiarrhoika	gegen Durchfall wirksame Medikamente
Antidot	Gegengift
antihepatotoxisch	wirkt gegen leberschädigende Substanzen
antioxidativ	kann die Entstehung freier Radikale verhindern; Antioxidantien: leicht oxidierbare Stoffe (reagieren leicht mit Sauerstoff), die durch ihr niedriges Redoxpotential andere Stoffe vor unerwünschter Oxidation schützen
antiperistaltisch	wirkt der physiologisch von oral nach anal gerichteten Bewegung des Verdauungstrakts entgegen
antiphlogistisch	entzündungshemmend
antiproliferativ	wirkt Wucherungen entgegen
antisekretorisch	wirkt einer Absonderung von Molekülen oder Flüssigkeiten aus Zellen entgegen
atoxisch	ungiftig
antitumoral	wirkt der Bildung von Tumoren entgegen; Tumor: jede Art von Geschwulst
antitussiv	hustenhemmend
antiviral	wirkt viralen (von Viren hervorgerufenen) Erkrankungen entgegen

BAH	Bundesfachverband der Arzneimittelhersteller
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte
CAB	Chinesisches Arzneibuch
choleretisch	regt die Leberzellen zur vermehrten Sekretion von Gallensäuren an; galletreibend
coronarerweiternd	erweitert die Herzkranzgefäße
d	Tage
DAB	Deutsches Arzneibuch
DAC	Deutscher Arzneimittelcodex
Darmmotilität	(vegetativ reguliertes) Bewegungsvermögen des Darms
diuretisch	fördert indirekt (über eine verstärkte Ausscheidung von Natrium-, Chlorid- und Hydrogencarbonationen) eine erhöhte Ausscheidung von Wasser und senkt dadurch das Plasmavolumen und verbessert Stauungssymptome
Droge	getrocknete Pflanzenteile (ursprünglich vom Begriff <i>Drogerie</i> abgeleitet)
ESCOF	European Scientific Cooperative on Phytotherapy
EUROPAM	European Herb Growers Association - Association Européenne des Producteurs de Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales
FAH	Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller
GAP	Good Agricultural Practice
GMP	Good Manufacturing Practice
h	Stunden
HAB	Homöopathisches Arzneibuch
hepatoprotektiv	leberschützend
Insuffizienz	Schwäche; ungenügende Leistung eines Organs oder Organsystems
kanzerogen	Krebs erzeugend
LBP	Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau

min	Minuten
Monographie	Einzeldarstellung
MW	Mittelwert
NN	Null Niveau = Höhenlage, von der aus kartographische Messungen vorgenommen werden
N <sub>min</sub>	mineralisierter Stickstoff
offizinelle Drogen	Drogen, die in Apotheken (lateinisch: officin) erhältlich sind
parasympathomimetisch	ahmt die Wirkung des Parasympathikus nach
PEG	Polyethylenglycol
PH.EUR.	Europäisches Arzneibuch (Pharmacopoea Europaea)
Phytopharmaka	Pflanzliche Arzneimittel
sekretolytisch	wirkt verflüssigend auf das Bronchialsekret
spasmolytisch	setzt den Tonus der glatten Muskulatur (Magen-Darm-Trakt, Gefäße, Bronchien) herab; wirkt krampflösend auf die glatte Muskulatur
TCM	Traditionelle Chinesische Medizin
topisch	örtlich
Toxizität	Giftigkeit
TTC	2,3,5 Triphenyltetrazoliumchlorid





# 1 Einleitung

Pflanzliche Arzneimittel (Phytopharmaka) dürfen, wie alle anderen Arzneimittel auch, erst dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie durch die zuständige Bundesoberbehörde, das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), zugelassen sind. Im Zulassungsantrag, der vom pharmazeutischen Unternehmer zu stellen ist, müssen dabei seit 1990 unter anderem die pharmazeutische Qualität, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit des Phytopharmakons nach den Vorgaben des §26 des inzwischen mehrfach novellierten Arzneimittelgesetzes von 1976 (ARZNEIMITTELGESETZ, 1976) belegt und dokumentiert sein (BAH, 1999; BOMME, 2000; BOMME, 1992; BOMME, 1988).

Pflanzliche Arzneimittel enthalten nun im Vergleich zu chemisch-synthetischen Arzneimitteln pharmazeutisch bearbeitete Zubereitungen aus Pflanzen. In der Phytotherapie kommt also das gesamte Stoffgemisch der Pflanze zum Einsatz (BAH, 1999). Dies hat zur Folge, dass die Qualität der Phytopharmaka im Wesentlichen von der Qualität der verwendeten Arzneidrogen abhängt. Die Arzneidrogen unterliegen aber naturgegeben beträchtlichen Schwankungen im Gehalt von Wirk- und Begleitstoffen sowie im Anteil verschiedener Verunreinigungen. Die Einflussfaktoren auf die Qualität der Arzneidrogen sind mannigfaltig und reichen von Klima und Bodenbeschaffenheit über Sorteneigenschaften, Wahl des Erntezeitpunkts und Art der Drogen-gewinnung bis hin zur Nacherntebehandlung und Lagerung (BAH, 1999). Aus diesem Grund muss für jede Arzneidroge durch Standardisierung und - wenn möglich - durch eine sich daran anschließende Normierung ein Qualitätsstandard geschaffen werden, der eine reproduzierbare therapeutische Wirksamkeit gewährleistet (GAEDCKE und STEINHOFF, 2000). Sind bei einer Arzneipflanze die wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffe bekannt, so legt man deren Gehalt in der Droge, beziehungsweise im Extrakt und damit im Fertigarzneimittel fest. Die Droge, beziehungsweise der Extrakt, wird damit auf einen bestimmten Gehalt an wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffen eingestellt, das heißt normiert. Dazu wird der Droge, beziehungsweise dem Nativextrakt eine bestimmte Menge an Normierungsmaterial (meist inerte Substanz wie zum Beispiel Dextrin oder Lactose oder, wenn möglich, Droge beziehungsweise Extrakt mit höherem oder niedrigerem Gehalt) zugesetzt, um in jeder Charge eine definierte Menge an wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffen zu garantieren. Die zum Einsatz kommende Menge Droge beziehungsweise Nativextrakt in normierten Phytopharmaka kann damit variabel sein - die wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffe dagegen nicht.

In den meisten anderen Fällen ist zwar die Wirkung und die Wirksamkeit der Droge sehr gut bekannt, über die wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffe liegen aber im Einzelnen oft keine oder noch keine detaillierten Kenntnisse vor (STEINHOFF, 1997). In diesem Fall gilt die gesamte Droge beziehungsweise der Nativextrakt in seiner Gesamtheit als wirksamer Bestandteil. Der Arzneimittelhersteller kann dann, stellvertretend für das gesamte Stoffgemisch (den Gesamtextrakt), eine oder mehrere Leitsubstanzen für die Standardisierung auswählen. Leitsubstanzen sind Indikatoren für die pharmazeutische Qualität der Droge und gleichzeitig Hilfsmittel der Qualitätskontrolle im gesamten Herstellungsprozess, von der Rohdroge bis zum fertigen Phytopharmakon. Ziel der Qualitätskontrolle mit Hilfe von Leitsubstanzen ist es, eine gleichmäßige standardisierte Drogenqualität und durch einen standardisierten Herstellungsprozess

auch eine gleichmäßige und standardisierte Arzneimittelqualität zu gewährleisten (STEINHOFF, 1997). Eine weitergehende Normierung auf Leitsubstanzen ist nicht erlaubt (GAEDCKE und STEINHOFF, 2000).

In standardisierten Arzneimitteln wirken sich Qualitätsschwankungen der Rohware direkt auf die Qualität der Arzneimittel aus. Da die Qualitätsschwankungen bei Wildsammeldroge deutlich höher sind als bei Droge aus kontrolliertem Anbau, bietet der kontrollierte Anbau heute eine gute Möglichkeit, die Variabilität in der Zusammensetzung der pflanzlichen Arzneimittel zu verringern und damit in gewissen Grenzen eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten (FREUDENSTEIN, 1997).

*Verbena officinalis* L. gehört zur großen Gruppe der Arzneipflanzen, deren wirksamkeitsbestimmende Inhaltsstoffe noch nicht zweifelsfrei bekannt sind. Deshalb war es Ziel dieser Arbeit, in Zusammenarbeit mit der BIONORICA AG, der Staatlichen Versuchsgüterverwaltung in München und der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) in Freising Weihenstephan, ein System zu entwickeln, mit dessen Hilfe eine stets gleichbleibend hohe Qualität des Rohstoffs *Verbenae herba* (blühendes Kraut des Eisenkrauts) durch kontrollierten Anbau erzeugt und die Versorgung mit qualitativ hochwertiger Droge langfristig gesichert werden kann.

## 2 Zum Anbau von Heil- und Gewürzpflanzen

### 2.1 Die pharmazeutische Qualität von Arzneidrogen

In Deutschland gilt für alle Drogen (= getrocknete Pflanzenteile), die im Arzneimittelbereich verarbeitet oder gehandelt werden (und für alle daraus hergestellten Phytopharmaka), das zweite Arzneimittelgesetz (AMG) vom 24.8.1976 (ARZNEIMITTELGESETZ, 1976), das am 1.1.1978 in Kraft trat, als gesetzliche Grundlage (DACHLER und PELZMANN, 1999; KELLER, 1997). Im §4, Absatz 15 dieses Gesetzes wird der Begriff *Qualität* als die Beschaffenheit eines Arzneimittels definiert, „die nach Identität, Gehalt, Reinheit und sonstigen chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften oder durch das Herstellungsverfahren bestimmt wird“. Damit hat der pharmazeutische Qualitätsbegriff arzneimittelrechtlich also einen rein deskriptiven Charakter (KELLER, 1997). Er beinhaltet eine Beschreibung aller Anforderungen, die eine Arzneidroge erfüllen muss, um in der Phytotherapie verwendet werden zu dürfen. Die Qualitätsanforderungen sind in den Arzneibüchern in entsprechenden Arzneibuchmonographien zu den Einzeldrogen zusammengefasst. Speziell für die in der Phytotherapie eingesetzten offizinellen Drogen finden sich diese Qualitätsanforderungen im Europäischen Arzneibuch (PHEUR., 2001), dessen Ausarbeitung mit dem Ziel einer Standardisierung der Qualitätsvorschriften für pharmakologische Wirkstoffe und Zubereitungen bereits 1964 im Rahmen des Europarates beschlossen und unterzeichnet wurde (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 a). Nur wenn im Europäischen Arzneibuch für eine Arzneidroge oder Zubereitung keine Monographie existiert, gilt in Übereinstimmung mit den Gemeinschaftsrichtlinien die Monographie des nationalen Arzneibuchs des Herstellerlandes (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1989 a). In Deutschland finden sich diese Arzneibuchmonographien im Deutschen Arzneibuch (DAB, 2001). Zusätzlich wird von der Bundesvereinigung deutscher Apothekerverbände der Deutsche Arzneimittelcodex (DAC, 2000) herausgegeben, in dem alle weiteren offizinellen Drogen aufgeführt sind, die nicht im DAB enthalten sind. Der DAC ist ein ergänzendes Fachwerk zum DAB mit einer Sammlung von Monographien und Vorschriften (DACHLER und PELZMANN, 1999). Auch für andere Therapierichtungen, zum Beispiel die der Homöopathie oder der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM), gibt es mit dem Homöopathischen Arzneibuch (HAB, 2000) oder dem Chinesischen Arzneibuch (STÖGER, 1991) spezielle Werke, in denen die Qualitätsanforderungen an Drogen, die in diesen Bereichen verwendet werden, zusammengefasst sind. Nicht enthalten sind in den Arzneibüchern die Angaben zur Wirksamkeit und Unbedenklichkeit (Ausnahme: DAC). Diese Angaben sind Bestandteil von speziellen Aufbereitungsmonographien, die bis Mitte 1994 (BAH, 2001; WICHTL, 1997) von einer Expertenkommission, der Kommission E, im Auftrag des damaligen Bundesgesundheitsamtes für jede Einzeldroge erarbeitet und nach einer Diskussion mit der Fachöffentlichkeit bezüglich der pharmazeutischen Wirkung im Bundesanzeiger als sogenannte Positiv-, Negativ oder Nullmonographien publiziert wurden (BAH, 1999). Ab 1995 übernahm dann das BfArM die Aufgaben des Bundesgesundheitsamtes. Die Kommission E wurde mit anderen Aufgaben im Bereich der Zulassung neuer pflanzlicher Arzneimittel betraut (BAH, 2001; WICHTL, 1997). Die ursprünglichen Aufgaben der Kommission